

Penerbit

TOHAR MEDIA

TEKNIK SIPIL

(SEBUAH PENGANTAR)

Sri Gusty, Franky Edwin Lopian, Tamrin Tamim, Mansyur Miswar Tumpu, **Muhammad Syarif**, Anriani Safar, Alpius Muhammad Yusril Raynonto, I Wayan Muliawan, Parea Rusan Rangan **Ari Kusuma**, Helen Adry, **Irene Sopacua**, Johra Fathur Rahman Rustan, **Muhammad Syahrir** Louise Elizabeth Radjawane, Rusli Mallatong

TEKNIK SIPIL

(SEBUAH PENGANTAR)

Penulis

Sri Gusty, Franky Edwin Lopian, Tamrin Tamimjji, Mansyur,
Miswar Tumpu, Muhammad Syarif, Anriani Safar, Muhammad
Yusril Raynonto, I Wayan Muliawan, Parea Rusan Rangan, Ari
Kusuma, Helen Adry Irene Sopacua, Fathur Rahman Rustan,
Alpius, Muhammad Syahrir, Louise Elizabeth Radjawane, Rusli
Mallatong, Johra

Editor

Miswar Tumpu, Tamrin Tamim, Mansyur

Penerbit

TOHAR MEDIA

Teknik Sepil (Sebuah Pengantar)

Penulis :

Sri Gusty, Franky Edwin Lopian, Tamrin Tamimjji, Mansyur, Miswar Tumpu, Muhammad Syarif, Anriani Safar, Muhammad Yusril Raynonto, I Wayan Muliawan, Parea Rusan Rangan, Ari Kusuma, Helen Adry Irene Sopacua, Fathur Rahman Rustan, Alpius, Muhammad Syahrir, Louise Elizabeth Radjawane, Rusli Mallatong, Johra

ISBN :

978-623-5603-48-3

Editor :

Miswar Tumpu, Tamrin Tamim, Mansyur

Desain Sampul dan Tata Letak

Ai Siti Khairunisa

Penerbit

CV. Tohar Media

Anggota IKAPI No. 022/SSL/2019

Redaksi :

JL. Rappocini Raya Lr 11 No 13 Makassar

JL. Hamzah dg. Tompo. Perumahan Nayla Regency Blok D No.25 Gowa

Telp. 0852-9999-3635/0852-4352-7215

Email : toharmedia@yahoo.com

Website : <https://toharmedia.co.id>

Cetakan Pertama April 2022

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik termasuk memfotocopy, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak **Rp. 5.000.000.000,00 (Lima Miliar Rupiah)**
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat 1, dipidana paling lama 5 (**lima tahun**) dan/atau denda paling banyak **Rp. 500.000.000,00 (Lima Ratus Juta Rupiah)**

DAFTAR ISI

Halaman Depan _i

Halaman Penerbit _ii

Kata Pengantar _iii

Daftar Isi _iv

Bab 1. Jalan Raya

1.1. Pengantar _1

1.2. Pengertian Jalan Raya dan Bagian-bagiannya _2

1.3. Klasifikasi Jalan _5

1.4. Penutup _8

Bab 2. Transportasi _11

2.1. Pengantar _11

2.2. Polusi Udara _12

2.3. Eco Driving _15

2.4. Perilaku Perjalanan _16

2.5. Penutup _17

Bab 3. Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA) _19

3.1. Pengantar _19

3.2. Jaringan dan Sistem Irigasi _21

3.3. Ketersediaan Air _25

3.4. Kehilangan Air _26

3.5. Efisiensi Irigasi _31

3.6. Penutup _33

Bab 4. Geoteknik/Mekanika Tanah _35

4.1. Pendahuluan _35

4.2. Permasalahan Strategis Perkerasan Jalan yang
Sering Terendam Air _38

4.3. Interaksi Mekanis Tanah _40

4.4. Modulus Elastisitas Tanah dan Modulus Reaksi
Subbase _41

4.5. Langkah-Langkah Pengujian _45

4.6. Pengujian Siklus Basah-Kering _47

4.7. Penutup _48

Bab 5. Struktur _49

5.1. Pengantar _49

5.2. Lebar Retak dan Defleksi _50

5.3. Detail Penulangan: Hubungan Balok-Kolom _50

5.4. Efek Dari Penggunaan Komputer dalam
Perencanaan dan Perhitungan _51

5.5. Pengenalan Analisa Struktur dengan Komputer _53

5.6. Penutup _58

Bab 6. Manajemen Konstruksi _59

6.1. Pengantar _59

6.2. Pekerjaan Pembangunan _60

6.3. Penutup _68

Bab 7. Perencanaan Wilayah dan Kota _69

7.1. Pengantar _69

7.2. Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota pada
Perguruan Tinggi _70

7.3. Mata Kuliah Pada Jurusan Perencanaan Wilayah
Dan Kota _71

7.4. Peluang Kerja _79

7.5. Karir Lulusan Planologi _81

7.6. Penutup _83

Bab 8. Konstruksi dan K3 _85

8.1. Pengantar _85

8.2. Pengertian K3 Konstruksi _87

8.3. Tujuan dan Manfaat _90

8.4. SMK 3 _94

8.5. Prinsip Kerja K3 Konstruksi _96

8.6. Implementasi K3 _98

8.7. Penutup _100

Bab 9. Sanitasi Lingkungan Perkotaan _103

9.1. Pengantar _103

9.2. Sanitasi Kota Merupakan Tantangan Kesehatan
Lingkungan _105

9.3. Permasalahan Sanitasi Lingkungan _107

9.4. Upaya Membina Lingkungan Sehat Melalui
Sanitasi Lingkungan _109

9.5. Lingkungan Bersih dan Sehat _111

- 9.6. Manfaat Lingkungan Bersih dan Sehat _112
- 9.7. Cara Menjaga Kelestarian Lingkungan _113
- 9.8. Penutup _115

Bab 10. Sains dan Teknologi Ketekniksipilan _117

- 10.1. Pengantar _117
- 10.2. Berbasis Sains _118
- 10.3. Pengembangan Teknologi Teknik Sipil _120
- 10.4. Pengaruh Sains dan Teknologi di Dunia
Teknik Sipil _123
- 10.5. Inovasi Teknologi Konstruksi _124
- 10.6. Penutup _126

Bab 11. Manajemen Infrastruktur _129

- 11.1. Pengantar _129
- 11.2. Manajemen Infrastruktur Teknologi Informasi _134
- 11.3. Penutup _137

Bab 12. Manajemen Peralatan Konstruksi _139

- 12.1. Pengantar _139
- 12.2. Manajemen Peralatan Konstruksi _139
- 12.3. Pengenalan Peralatan Konstruksi _143
- 12.4. Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Peralatan
Konstruksi _147
- 12.5. Penutup _150

Bab 13. Drainase Perkotaan _151

- 13.1. Pengantar _151
- 13.2. Pengertian Drainase Perkotaan _151
- 13.3. Jenis Drainase _152
- 13.4. Bentuk (Struktur) Jaringan Drainase _154
- 13.5. Parameter Geometrik Saluran Terbuka _157
- 13.6. Parameter Statistik Distribusi Probabilistik _162
- 13.7. Peneraan Pemodelan dalam Analisis Perencanaan
Drainase Perkotaan _162

Bab 14. Pelabuhan _169

- 14.1. Pengantar _169
- 14.2. Sejarah dan Perkembangan Pelabuhan _170
- 14.3. Klasifikasi Pelabuhan _171
- 14.4. Persyaratan Pelabuhan _173
- 14.5. Kapal-kapal _176
- 14.6. Pemilihan Lokasi Pelabuhan _177
- 14.7. Ukuran dan Bentuk Pelabuhan _179
- 14.8. Angin, Pasang Surut dan Gelombang _180
- 14.9. Dermaga _183
- 14.10. Penutup _185

Bab 15. Ekotoksikologi Lingkungan _187

15.1. Pengantar _187

15.2. Perkembangan Awal Toksikologi _188

15.3. Perkembangan Terbaru dalam Toksikologi _191

15.4. Klasifikasi Racun _195

15.5. Faktor Fisik Bersama Kimia Polutan _199

15.5. Penutup _108

Bab 16. Bandar Udara _211

16.1. Pengantar _211

16.2. Operasi dan Organisasi Penerbangan _214

16.3. Daerah Lingkungan Kerja Bandar Udara _216

16.4. Karakteristik Pesawat _220

16.5. Aspek Kelayakan Perencanaan Bandar Udara _220

16.6. Penutup _222

Bab 17. Embung _223

17.1. Pengantar _223

17.2. Data Curah Hujan _224

17.3. Pembangunan Embung _226

17.4. Penutup _230

Bab 18. Konstruksi Bangunan Gedung _231

18.1. Pengantar _231

18.2. Definisi, Fungsi dan Klasifikasi Bangunan
Gedung _231

18.3. Struktur Bangunan Gedung _235

18.4. Permasalahan dan Solusi Pada Konstruksi
Bangunan Gedung _235

18.5. Penutup _236

Daftar Pustaka

TEKNIK SIPIL

(SEBUAH PENGANTAR)

Penulis

Sri Gusty, Franky Edwin Lapian, Tamrin Tamimijj, Mansyur,
Miswar Tumpu, Muhammad Syarif, Anriani Safar, Muhammad
Yusril Raynonto, I Wayan Muliawan, Parea Rusan Rangan, Ari
Kusuma, Helen Adry Irene Sopacua, Fathur Rahman Rustan,
Alpius, Muhammad Syahrir, Louise Elizabeth Radjawane, Rusli
Mallatong, Johra

Editor

Miswar Tumpu, Tamrin Tamim, Mansyur

Bab 1

Jalan Raya

1.1. Pengantar

Dulu orang merasa cukup dengan menggunakan jalan tanah yang dipadatkan sebagai sarana transportasi. Dengan meningkatnya volume dan beban lalu lintas maka tanah yang diperkeras saja sangat tidak mencukupi. Oleh karena itu maka dibuatlah konstruksi perkerasan. Perkerasan adalah lapisan-lapisan bahan perkerasan yang memenuhi persyaratan tertentu yang dihamparkan diatas tanah dasar dan kemudian dipadatkan dengan persyaratan tertentu.

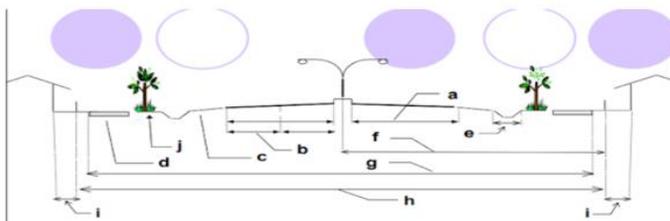
Volume dan beban lalu lintas yang tinggi kemudian menuntut adanya jalan raya. Jalan raya secara umum didefinisikan sebagai salah satu jalan utama yang menghubungkan satu daerah dengan daerah yang lain. Perkembangan jalan raya merupakan salah satu hal yang selalu beriringan dengan kemajuan teknologi dan pemikiran manusia yang menggunakannya, karena jalan merupakan fasilitas penting bagi manusia supaya dapat mencapai suatu daerah yang ingin dikehendaki. Pembuatan jalan raya bertujuan untuk pemerataan perekonomian suatu daerah dan sebagai jalur penghubung antara suatu daerah dengan daerah yang lain. Secara umum laju pertumbuhan dan perkembangan biasanya tidak terlepas dari tuntutan

pengembangan wilayah, akan membawa perubahan pada kondisi angkutan barang dan jasa yang semakin meningkat pula baik volume maupun berat bebannya. Untuk mendukung hal tersebut perlu dilakukan suatu perencanaan yang baik, yaitu menyediakan prasarana yang berfungsi untuk mendistribusikan berbagai kebutuhan masyarakat. Sehingga dengan kata lain keberadaan jalan raya sangatlah penting dalam menopang aktivitas manusia, oleh karena itu dianggap penting membahas terkait jalan raya sebagaimana yang akan dipaparkan dalam bab ini.

1.2. Pengertian Jalan Raya dan Bagian-bagiannya

Jalan adalah suatu jalur yang berfungsi sebagai penghubung sebuah daerah ke daerah lain sebagai sarana dan prasarana transportasi. Pada era modern sekarang sarana dan prasarana jalan sangat berguna sekali apalagi di era modern sekarang transportasi sangat berguna untuk kebutuhan manusia bukan hanya sebagai sarana penghubung jalan juga berfungsi untuk mempermudah menjangkau daerah-daerah terpencil.

Jalan juga mempunyai beberapa bagian-bagian yang menyusun jalan tersebut.



Gambar 1.1. Bagian-Bagian Jalan (Acing, 2020)

Berikut adalah Bagian – bagian dari jalan:

- Damaja

Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA) dibatasi oleh:

- a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan,
- b. Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan, dan
- c. Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.

- Damija

Ruang Daerah Milik Jalan (Damija) dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter.

- Dawasja

Ruang Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah ruang sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan sebagai berikut:

- a. Jalan Arteri minimum 20 meter.
- b. Jalan Kolektor minimum 15 meter.
- c. Jalan Lokal minimum 10 meter.

Untuk keselamatan pemakai jalan, Dawasja di daerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.

- Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Batas jalur lalu lintas dapat berupa: Median, Bahu, Trotoar, Pulau jalan; dan Separator.

- a. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur.
- b. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe

- 1 jalur - 2 lajur - 2 arah (2/2 TB)
- 1 jalur - 2 lajur - 1 arah (2/1 TB)
- 2 jalur - 4 lajur - 2 arah (4/2 B)
- 2 jalur - n lajur - 2 arah (n/2 B),

di mana

n = jumlah lajur.

TB = tidak terbagi.

B = terbagi

Lebar Jalur-Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur peruntukannya. Lebar jalur minimum adalah 4.5 meter, memungkinkan 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu-waktu dapat menggunakan bahu jalan.

- Bahu jalan

Daerah yang disediakan ditepi luar jalan antara lapis perkerasan dengan kemiringan badan jalan (talud) yang bermanfaat bagi lalu lintas. Bahu jalan mempunyai kemiringan untuk keperluan pengaliran air dari permukaan jalan dan juga untuk memperkuat konstruksi jalan. Penempatan bahu jalan pada sisi kiri dan kanan dalam untuk jalan dengan kelengkapan median.

Fungsi Bahu Jalan

Bahu jalan dibuat untuk memberikan sokongan samping terhadap konstruksi perkerasan. Bahu jalan dapat juga terdapat ditepi dalam badan jalan, khususnya pada jalan yang menggunakan median. Disamping itu bahu jalan juga bermanfaat sebagai ruang untuk menempatkan rambu-rambu lalu lintas, sebagai tempat parkir sementara saat-saat darurat dan sebagai tempat untuk menempatkan material atau alat-alat saat perbaikan jalan untuk memberikan kenyamanan dan kebebasan samping.

- Median

Median adalah bagian bangunan jalan yang secara fisik memisahkan dua jalur lalu lintas yang berlawanan arah. Fungsi median adalah untuk:

- Memisahkan dua aliran lalu lintas yang berlawanan arah
- Ruang lapak tunggu penyeberang jalan
- Penempatan fasilitas jalan
- Tempat prasarana kerja sementara
- Penghijauan
- Tempat berhenti darurat (jika cukup luas)
- Cadangan lajur (jika cukup luas) dan
- Mengurangi silau dari sinar lampu kendaraan dari arah yang berlawanan.

Jalan 2 arah dengan 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median. Median dapat dibedakan atas:

- Median direndahkan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang direndahkan.
- Median ditinggikan, terdiri atas jalur tepian dan bangunan pemisah jalur yang ditinggikan.

Lebar minimum median terdiri atas jalur tepian selebar 0,25-0,50 meter dan bangunan pemisah jalur.

1.3. Klasifikasi Jalan

1.3.1. Klasifikasi menurut fungsi jalan sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997 terbagi atas:

1. Jalan Arteri: jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor: jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal: jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi

1.3.2. Menentukan kelas jalan yang berdasarkan volume serta sifat lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang besarnya menunjukkan jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) untuk kedua jurusan:

- LHR > 50.000 smp, termasuk jalan kelas I
- LHR 30.000 smp sampai dengan 50.000 smp, termasuk jalan kelas II
- LHR 10.000 smp sampai dengan 30.000 smp, termasuk jalan kelas III
- LHR 1.000 smp sampai dengan 10.000 smp, termasuk jalan kelas IV
- LHR 10.000 smp sampai dengan 100.000 smp, termasuk jalan kelas V

1.3.3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997

- Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 1.1.
- Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel 1.1. Klasifikasi Medan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	0 - 9,9 %
2	Perbukitan	B	10 – 24,9 %
3	Pegunungan	G	> 25,0 %

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997

1.3.4. Klasifikasi Jalan Menurut Jaringan

- Jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa, distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.
- Jalan sekunder merupakan jalan sitem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

1.3.5. Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan sesuai PP.No.26/1985 adalah sebagai berikut:

- 1) Jalan Nasional/Jalan Negara
- 2) Jalan Propinsi/Jalan Tingkat I
- 3) Jalan Kabupaten/Jalan Tingkat II
- 4) Jalan Desa
- 5) Jalan Khusus/Toll

1.3.6. Menurut Jenis Konstruksi Perkerasannya

- Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah.
- Konstruksi perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan
- Konstruksi perkerasan komposit, perkerasan kaku dikombinasikan dengan perkerasan lentur. (Silvia Sukirman, 1994).

1.4. Penutup

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau di air, serta di permukaan air. Perencanaan jalan raya merupakan suatu langkah memenuhi kenyamanan dan efisiensi pada jalan dan meningkatnya pengguna jalan serta diupayakan agar menghasilkan jalan yang berkualitas baik. Jalan yang direncanakan diharapkan mampu memberikan efisiensi, keamanan dan kenyamanan yang cukup

memadai sesuai dengan kondisi daerah setempat, baik secara ekonomi dan sosial. (PU Bina Marga Kota Kuala Kapuas, 2012)

Transportasi

2.1. Pengantar

Pertumbuhan dan perkembangan suatu wilayah perkotaan pada umumnya dicirikan dengan pesatnya penambahan jumlah penduduk dan perkembangan kegiatan yang tersebar dalam penggunaan tanah wilayah tersebut. Jumlah penduduk yang bertambah pada suatu wilayah mempunyai keinginan dan kebutuhan untuk mendatangi sebuah tempat yang dianggap tempat yang banyak dikunjungi oleh kebanyakan orang-orang pada waktu yang bersamaan. Dalam pergerakannya, penduduk kota akan sangat bergantung pada kendaraan dan jaringan jalan yang ada. Dengan demikian karakteristik jaringan jalan turut mempengaruhi kondisi lalu lintas di jalan.

Dewasa ini, permasalahan transportasi yang terdampak akibat perkembangan sebuah kota di mana disebabkan oleh transportasi perkotaan yang semakin berkembang. Berbagai permasalahan transportasi yang umum terjadi di daerah perkotaan adalah lalu lintas yang menjadi padat dan bermuara pada kemacetan, ruang parkir yang semakin berkurang, angkutan umum yang secara semrawut di jalan, udara tidak menjadi sehat lagi dan lalu lintas yang tidak tertib. Penurunan kualitas lingkungan akan sangat rentan terjadi akibat bertambahnya kendaraan bermotor dari tahun ke tahun yang tidak terkontrol. Polusi udara atau kebisingan menjadi salah satu contoh dari terjadinya penurunan kualitas lingkungan. Setiap

jalan akan berbeda tingkat dan karakteristik kebisingan yang diakibatkan oleh volume lalu lintas pada jalan tersebut. Tingkat kebisingan lalu lintas yang berbeda pada setiap jalan yang akan menentukan jalan tersebut masih sehat atau tidak. Faktor utama yang menyebabkan hal ini adalah kendaraan bermotor yang melalui jalan tersebut, yaitu: total jumlah kendaraan per jam, perbandingan setiap jenis kendaraan dan kecepatan rata-rata. Volume lalu lintas yang tinggi biasanya terjadi di jalan arteri dan kolektor. Volume lalu lintas dapat berbanding lurus dengan tingkat kebisingan. Artinya, Semakin tinggi volume lalu lintas maka tingkat kebisingan yang dihasilkan akan semakin besar pula. Berbagai studi telah dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh karakteristik lalu lintas terhadap tingkat kebisingan.

2.2. Polusi Suara

Kata bising merupakan sumber dari kebisingan (polusi suara) yang mempunyai pengertian yaitu seluruh suara (bunyi) yang mengusik, ataupun beresiko untuk aktivitas tiap hari, bising biasanya didefinisikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan dan bisa menimbulkan polusi (Davis Comwell, 1998). Gelombang-gelombang suara yang dihasilkan oleh organ manusia, dapat berupa indra perasa dengan getaran yang terjadi di sekitar manusia dengan menghasilkan sensasi ataupun rasa merupakan bunyi atau suara. Gelombang bunyi dengan arah longitudinal adalah gelombang yang dapat didengarkan oleh manusia melalui telinga dengan frekuensi dua puluh hingga dua puluh ribu Hz ataupun bisa juga dikatakan sehingga jangkauan tersebut dapat didengar. Tingkatan kebisingan suara dapat dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Suara yang terdengar ke telinga manusia yang tidak diinginkan serta mengganggu ketenangan manusia dapat dinyatakan sebagai polusi suara kebisingan yang terjadi. Sehingga sebagian besar ataupun kelembutan suara dapat terdengar. Bila perihal tersebut merupakan hal yang dapat mengganggu manusia dapat disebut sebagai kebisingan.

Perlengkapan standar buat pengukuran kebisingan yaitu Sound Tingkat M (SLM). SLM bisa mengukur 3 tipe kepribadian reaksi banyaknya jumlah getaran, yang ditunjukkan dalam besaran A, B dan C. Besaran A dapat dikatakan sangat mewakili batas pendengaran manusia serta respons dari gendang telinga terhadap polusi suara yang terjadi, terdapat polusi suara akibat kemudian lintas, dan polusi suara yang bisa memunculkan kendala tidak dapat mendengar apapun. Besaran A dinyatakan dalam satuan dBA.

1. Jenis-Jenis Polusi Suara

Tipe– tipe polusi suara bersumber pada karakter serta spektrum bunyi bisa dipecah sebagai berikut:

a. Bising yang kontinyu

Bising di mana fluktuasi dari intensitasnya tidak lebih dari 6 dB serta tidak putus-putus. Bising kontinyu dipecah jadi 2 yaitu:

- 1) *Wide Spectrum* merupakan polusi suara dengan spectrum frekuensi yang luas. Polusi suara ini relatif senantiasa dalam batasan kurang dari 5 dB buat periode 0,5 second berturut-turut, seperti suara kipas angin.
- 2) *Narrow Spectrum* merupakan polusi suara yang relatif senantiasa, dengan frekuensi tertentu saja (frekuensi 500, 1000, 4000) misalnya gergaji sirkuler.

b. Bising terputus– putus

Polusi suara tipe ini sering disebut pula *intermittent noise*, ialah polusi suara yang berlangsung secara tidak terus-menerus, melainkan terdapat periode relatif tenang. Misalnya lalu lintas, kendaraan serta kapal terbang.

c. Bising Impulsif

Polusi suara tipe ini mempunyai pergantian keseriusan suara melebihi 40 dB dalam waktu sangat kilat serta umumnya mengejutkan pendengarnya semacam suara tembakan, suara ledakan mercon.

d. Bising Impulsif Berulang

Sama dengan polusi suara impulsif, cuma saja bising ini terjadi kesekian kalinya, misalnya mesin tempa.

Berdasarkan pada pengaruhnya terhadap kegiatan serta kesehatan manusia, kebisingan bisa dipecah atas:

a. Kebisingan yang mengganggu

Polusi suara yang mengusik merupakan polusi suara yang intensitasnya tidak sangat keras namun terasa lumayan mengusik kenyamanan manusia. Polusi suara ini biasa terjadi di dalam ruangan semacam mengorok.

b. Kebisingan yang menutupi

Polusi suara yang menutupi ialah bunyi yang menutupi runggu yang jelas. Polusi suara ini umumnya terjadi di pabrik yang mana polusi suara berasal dari suara mesin yang terdapat di pabrik. Secara tidak langsung bunyi ini membahayakan kesehatan serta keselamatan tenaga kerja, sebab isyarat yang menciri bahaya tidak terdengar sebab tenggelam dalam kebisingan dari sumber lain.

c. Kebisingan yang merusak

Polusi suara ialah bunyi yang intensitasnya sudah lewat ambang batasan wajar serta merendahkan fungsi pendengaran dan mengganggu pendengaran.

2. Pengaruh Polusi Suara Terhadap Kesehatan

Polusi suara menimbulkan bermacam kendala terhadap manusia meliputi masalah organ-organ tubuh, kendala mental, kendala proses penyampaian informasi serta terganggunya pendengaran. Permasalahan tersebut dapat dikategorikan yaitu auditory semacam gangguan pendengaran serta kendala non auditory semacam komunikasi tersendat, ancaman bahaya keselamatan serta stress.

Riset yang dicoba Tanvir serta Rahman (2011) di Kota Dhaka, Bangladesh, mengatakan kalau paparan tingkatan kebisingan bisa menimbulkan gangguan kehamilan, gangguan komunikasi, stress berat pada sistem syaraf serta pendengaran manusia paling utama anak– anak.

2.3. Eco Driving

Eco Driving merupakan suatu metode mengemudi yang bisa mengirit mengkonsumsi BBM, pengurangan emisi gas buang, polusi suara serta pengurangan efek kecelakaan di jalur raya (Tipsone.com, 2011). Prinsip-prinsip kerja eco driving adalah:

- 1) Mengantisipasi arus lalu lintas,
- 2) Pertahankan kecepatan Stabil,
- 3) Periksa tekanan ban,
- 4) Kurangi beban mobil,
- 5) Usahakan kendaraan tidak berhenti total,
- 6) Hindarai menyetir dengan gigi tinggi pada kecepatan rendah,
- 7) Hindari menyalakan AC saat bisa menikmati udara luar,
- 8) Hindari agresif driving,
- 9) Perhatikan keadaan psikologis saat berkendara,
- 10) Matikan mesin saat berhenti sesaat,
- 11) Lakukan pengisian BBM pada saat cuaca sejuk atau pada malam hari untuk mencegah penguapan,

12) Pemeliharaan kendaraan.

2.4. Perilaku Perjalanan

Perkara inti dalam pendekatan perilaku perjalanan yaitu bagaimana kita mengukur nilai penggunaan utilitas/ fitur dari tiap metode lain yang dapat dimanfaatkan. Nilai pemakaian fitur tersebut ialah sesuatu nilai guna dari sebagian atribut pelayanan yang bisa ditafsirkan secara berbeda, bergantung dari banyaknya data yang sanggup diterima serta latar belakang sosial ekonomi orang tersebut. Proses yang mendasari perilaku ekspedisi dibedakan antara elemen eksternal serta internal (Pearmain, 1991). Elemen eksternal ataupun luar ialah elemen yang diperhitungkan, yang dihitung secara langsung. Sebaliknya elemen internal ataupun dalam ialah elemen yang tidak bisa diamati yang ialah anggapan terhadap perilaku pengguna transportasi. Meski demikian elemen pemikiran, perilaku, preferensi, ataupun sikap juga mempunyai akibat dalam pengaruhi tingkah perbuatan dari pelakon ekspedisi.

Menurut Miro (2011), ada 4 aspek yang dianggap besar pengaruhnya serta akibatnya terhadap tingkah laku pemakai ataupun calon pengguna. Setiap aspek ini dipecah menjadi beberapa variabel yang berhubungan satu sama lain kemudian diidentifikasi. Variabel ini dinilai secara kualitatif serta kuantitatif. Aspek ataupun variabel tersebut merupakan:

- a. Aspek ciri perjalanan, ialah; waktu ekspedisi tempuh, jarak tempuh ekspedisi, serta destinasi perjalanan
- b. Ciri pelakon ekspedisi, yaitu pemasukan (*income*), kepemilikan kendaraan (*car ownership*), keadaan kendaraan individu, kepadatan permukiman, sosial-ekonomi lainnya
- c. Aspek ciri sistem transportasi semacam waktu perjalanan, bayaran relatif perjalanan, tingkatan pelayanan relatif, tingkatan akses/ indeks, tingkatan kehandalan angkutan universal.

- d. Aspek ciri kota serta zona semacam variabel jarak daerah pemukiman dengan tempat tujuan (CBD) serta variabel nilai kepadatan penduduk daerah (*population density*).

2.5. Penutup

Ciri pelaku perjalanan bisa diukur dengan posisi tempat tinggal, profesi/pekerjaan, umur, pembelajaran, tingkatan pemasukan masing-masing bulannya kepemilikan kendaraan individu, ketersediaan angkutan saat sebelum serta setelah melaksanakan ekspedisi. Aspek ciri pergerakan bisa diukur dengan, asal ekspedisi, iktikad serta tujuan pelaku perjalanan, alibi memakai angkutan sungai, tarif ataupun ongkos yang di keluarkan untuk melaksanakan satu kali perjalanan, kesesuaian jadwal angkutan sungai di tiap-tiap dermaga, waktu menunggu, waktu yang di tempuh angkutan sungai, beban benda yang dapat di angkut oleh angkutan sungai, keadaan perlengkapan transportasi sungai, serta ketersediaan moda lanjutan. Skenario dalam kenaikan keseriusan daerah moda transportasi sungai dapat dicoba dengan pemberian dana dari pihak yang berwenang sehingga bayaran pemakaian moda transportasi ini bisa dikurangi, memaksimalkan mutu moda transportasi, serta pembuatan jadwal moda transportasi yang terstruktur serta sistematis.

Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA)

3.1. Pengantar

Indonesia adalah negara agraris, sehingga masuk akal untuk mencoba mengembangkan sektor pertanian sebagai prioritas utama dalam rencana pembangunan nasional dan berkomitmen untuk mengembangkan ketahanan pangan. Banyak UU yang mengatur tentang pangan diantaranya UU No. 7 Tahun 1996 berkaitan dengan keharusan dan sinergitas yang harus dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat untuk mengembangkan ketahanan pangan (Priyonugroho, 2014). Ketersediaan pangan baik kuantitas, kualitas keamanan, pemerataan dan harga yang bersahabat dengan masyarakat ekonomi kecil merupakan faktor-faktor yang harus dipenuhi oleh ketahanan pangan sebagai status kepuasan pangan oleh masing-masing keluarga. Keberlanjutan sistem irigasi sebagai salah satu pendukung produktivitas usaha tani di sebutkan dalam UU No. 20 Tahun 2006 guna meningkatkan produksi pertanian dalam rangka menunjang ketahanan pangan nasional dan kesejahteraan masyarakat. Sistem pengairan yang kontinyu dicapai seraya mengembangkan beserta mengelola sistem pengairan yang didedikasikan untuk keunggulan pasokan air, keunggulan infrastruktur pengairan dan dapat menambah penghasilan warga dalam bidang pertanian dengan meningkatnya produksi pertanian.

Upaya pengembangan sektor agraria untuk menaikkan pabrikasi produk pertanian di Negara Indonesia adalah upaya menaikkan pabrikasi produk pertanian melalui perluasan zona budidaya serta upaya menaikkan intensifikasi pabrikasi produk pertanian pada lokasi yang memiliki luas lahan besar, antara lain upaya hingga dengan menggunakan benih unggul, pemupukan yang benar, dan dengan jaringan pengairan yang bagus untuk mendistribusikan air secara meluas di setiap terusan tersier sawah. Pengairan untuk bercocok tanam padi dengan maksud menyediakan air yang berkecukupan dan memiliki kestabilan untuk mendukung pabrikasi padi. Luas tanahnya adalah tanah sawah, tanah ladang, irigasi, tanah kosong, dibagi untuk memperlancar distribusi air. Namun, sistem distribusi air yang ada perlu dipertimbangkan kembali. Hal ini dikarenakan volume air yang tertampung di bendungan irigasi mengalami pengurangan seiring dengan bertambahnya waktu tinggal, sedangkan keperluan air semakin bertambah (Hariyanto, 2018).

Keandalan air irigasi dalam sebuah sistem irigasi dapat tercapai jika air irigasi tetap terjamin ketersediaannya. Oleh karena itu, air merupakan unsur terpenting dalam menjamin keberlanjutan sistem irigasi. Secara khusus, ada kebutuhan untuk mendistribusikan dan menggunakan air secara lebih rasional karena permintaan air meningkat selama musim kemarau, sawah diperbesar dan diperluas, dan pasokan air untuk keperluan irigasi terbatas. air irigasi. efisien dan efektif. Penyediaan air irigasi menentukan jumlah air per satuan waktu yang dialihkan dari sumber air ke daerah irigasi menurut waktu, kuantitas dan kualitasnya sesuai dengan Peraturan Pemerintah 20/2006 untuk mendukung pertanian dan tujuan lainnya. Karena air irigasi yang mengalir ke hilir dari saluran primer ke saluran sekunder dan saluran tersier dari saluran primer kehilangan air, rencana selalu mengasumsikan bahwa seperempat hingga sepertiga dari air yang surut akan hilang sebelum air mencapai ladang.

Kehilangan air yang dihasilkan berhubungan erat dengan efisiensi.

Jumlah efektif air dan jumlah air yang hilang berbanding terbalik. Ketika laju kehilangan air meningkat, efisiensi menurun dan sebaliknya. Efisiensi irigasi mengukur jumlah air yang tersedia, yang merupakan perbandingan antara jumlah air yang digunakan dan jumlah air yang ditambahkan. Di sisi lain, kehilangan air adalah perbedaan antara jumlah air yang dipasok dan jumlah air yang digunakan. (Jurnal Informasi Teknik, 8/199: 89). Penggunaan air irigasi yang efisien sangat penting di daerah dengan persediaan air yang terbatas. Merupakan jumlah air yang hilang ke jaringan irigasi karena penguapan, tangkapan untuk tujuan lain, atau kebocoran saluran. Kehilangan air pada jaringan irigasi dapat diminimalisir dengan memperbaiki sistem pengelolaan air dan prasarana irigasi sesuai dengan standar perencanaan irigasi untuk ruas saluran (KP03). Banyaknya air yang hilang dalam saluran menentukan nilai efektif saluran irigasi dan nilai efektif saluran irigasi menentukan efisiensi sistem irigasi. Pengelolaan pertanian intensif membutuhkan harga efisiensi irigasi yang tinggi untuk menyediakan air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Efisiensi saluran irigasi biasanya mencakup efisiensi drainase dari 4.444 jaringan utama dan efisiensi dari 4.444 sub-jaringan (dari lokasi konstruksi hingga sawah). Efektivitas saluran irigasi didasarkan pada asumsi bahwa sebagian air yang mengalir di hilang di saluran.

3.2. Jaringan dan Sistem Irigasi

UU No. 20 pada tahun 2006, irigasi adalah upaya untuk menyediakan, mengatur dan mengairi air untuk mendukung sektor pertanian termasuk irigasi permukaan, air tanah, pompa air penyiraman. Peran irigasi untuk tanah dapat digambarkan diantaranya :

- a. Mempertahankan jumlah air yang dapat meresap masuk ke dalam air guna untuk menyeimbangkan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.
- b. Panen dapat dilakukan 2 hingga 3 kali dalam setahun walaupun terjadi musim kemarau.
- c. Menjaga suhu pada tanah dan atmosfer agar lebih stabil yang sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman dengan lingkungan yang terjaga.
- d. Pembekuan yang terjadi dapat dikurangi.
- e. Garam-garam mineral yang banyak terdapat di dalam tanah dapat dikurangi.
- f. Memperkecil terjadinya erosi pada tebing akibat irigasi yang lancar.
- g. Tanah yang keras dapat menjadi lunak dan memudahkan proses pembajakan tanah.
- h. Penguapan yang besar dapat terjadi sehingga pertumbuhan tunas baru dapat ditekan.

Jaringan irigasi menurut Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2006 merupakan saluran, bangunan dan bangunan pelengkap sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari suplai. Peraturan Pemerintah mengklasifikasikan jaringan irigasi menjadi lima, yaitu:

1. Jaringan irigasi primer merupakan jaringan irigasi utama yang terdapat dalam sistem jaringan irigasi. Jaringan irigasi ini memberikan suplai air ke jaringan irigasi sekunder. Sarana dan prasarana serta pengoperasiannya yang dimiliki oleh jaringan irigasi primer telah diatur dalam kriteria perencanaan.
2. Jaringan irigasi sekunder merupakan jaringan irigasi yang menerima suplai air dari jaringan irigasi primer di mana mensuplai air ke jaringan irigasi tersier atau jaringan irigasi

desa. Sarana dan prasarana serta pengoperasiannya yang dimiliki oleh jaringan irigasi sekunder telah diatur dalam kriteria perencanaan.

3. Jaringan Irigasi Desa (JIDES) merupakan jaringan irigasi yang menerima hasil suplai air oleh jaringan irigasi sekunder, jaringan irigasi ini mempunyai skala yang kecil. Sarana dan prasarana serta pengoperasiannya yang dimiliki oleh jaringan irigasi sekunder telah diatur dalam kriteria perencanaan. Pengoperasian dan pengelolaan jaringan irigasi ini dilakukan oleh warga desa setempat.

(Ansori, Ariyanto dan Syahroni, 2014) memaparkan terkait jaringan irigasi memiliki 4 kemampuan dasar, yaitu:

1. Dapat menyadap air atau membendung air serta dapat mengalirkannya (*diversion or intake structure*).
2. Dapat mengalirkan air ke daerah tujuan (*conveyance structure*).
3. Dapat mendistribusikan air (*distribution structure*).
4. Dapat memberikan pengelolaan air yang terkoneksi secara terpadu dan menyeluruh.

Jaringan irigasi dapat dibedakan menjadi:

1. Jaringan irigasi teknis merupakan jaringan irigasi yang dikerjakan dan dibangun sesuai dengan kaidah-kaidah keteknikan sehingga pengelolaan dan penyediaan air serta pengaturan dapat terpenuhi dengan baik dan tepat.
2. Jaringan irigasi semi teknis merupakan jaringan irigasi yang dikerjakan dan dibangun tidak secara keseluruhan berdasarkan kaidah-kaidah keteknikan namun tetap memberikan pelayanan seperti pengelolaan, penyediaan dan pengaturan air dapat terpenuhi dengan baik dan tepat.
3. Jaringan irigasi sederhana merupakan jaringan irigasi yang dibangun dan dikerjakan tidak sesuai dengan kaidah-kaidah

keteknikan sehingga pengelolaan, penyediaan dan pengaturan air tidak dapat terpenuhi dengan baik (Ansori et al., 2014).

Undang-undang Nomor 20 Tahun 2006 menjelaskan terkait dengan sistem irigasi yaitu terdiri dari sarana/prasarana, air yang mengalir, metode pengelolaan, pengaturan struktur organisasi yang mengelola dan masyarakat yang mengelola. Proses pengelolaan air yang mengalir pada salura irigasi dari hulu ke hilir tentunya membutuhkan sarana/prasarana yang mencukupi dan baik. Memerlukan sarana dan prasarana irigasi yang memadai. Sarana dan prasarana tersebut adalah:

1. Bendungan

Bendungan adalah suatu usaha meninggikan tinggi muka air dengan melakukan pembendungan dengan sumber air yang berasal dari sungai serta dapat mengumpulkannya pada suatu media pengumpulan yang dinamakan reservoir sebelum digelontorkan ke saluran irigasi. Dengan terkumpulnya air tersebut pada musim hujan maka pada saat terjadinya musim kemarau air tersebut dapat dimanfaatkan untuk air untuk membasahi tanaman, air baku dan sumber energi (Sardi, Kironoto, & Jayadi, 2008).

2. Bendung

Bendung adalah upaya menaikkan muka air dengan cara membuat bendungan di sungai tanpa penampung agar air sungai dapat mengalir. Volume dan ketinggian permukaan bumi dipengaruhi oleh aliran sungai pada saat musim hujan dan kekeringan.

3. Saluran Irigasi

Jaringan irigasi yang terdapat di bawah tanah juga merupakan saluran yang pembangunannya dimulai dari pompa hingga tanah yang dapat dialirkan dengan air. Saluran irigasi meliputi pembangunan saluran dan fasilitas tambahan yang

berhubungan dengan penyediaan, pendistribusian, pengelolaan, penggunaan dan pengolahan air irigasi. Saluran irigasi dibagi menjadi :

a. Saluran Irigasi Primer

Saluran irigasi primer adalah saluran irigasi yang dapat mensuplai air ke saluran irigasi sekunder di mana sumber airnya adalah dari bendung atau bendungan.

b. Saluran Irigasi Sekunder

Saluran sekunder adalah saluran dengan mengalirkan air untuk irigasi guna menampung air dari lokasi pembangunan saluran utama jaringan irigasi.

c. Saluran Irigasi Tersier

Kanal Level 3 adalah kanal yang mengalirkan air dari pekerjaan cekungan level 3 ke sel level 3.

d. Saluran Irigasi Kwarter

Saluran irigasi kabupaten adalah saluran irigasi yang mengalirkan air dari mobil tingkat 3 ke sawah. (Ansori et al., 2013).

3.3. Ketersediaan Air

Selama periode waktu eksklusif, estimasi debit air yang terdapat secara permanen di suatu bendung/bendungan atau bangunan air yang lain disebut dengan ketersediaan air (Anonim, 1986). Dari segi sumber daya air, ketersediaan air terutama disediakan oleh hujan (atmosfer), air terdapat di permukaan tanah dan air yang terdapat di dalam tanah. Hujan yang turun di permukaan Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Daerah Aliran Sungai (WS) separuh akan diuapkan ulang sebagai akibat dari alur iklim, separuh dialirkan di atas serta di bawah permukaan ke kanal, sungai atau telaga dan sebagian lagi menyusup ke dalam tanah yang dapat meningkatkan kadar air (*water content*) air tanah (Anonim, 2006).

Pada umumnya kuantitas air yang terdapat di dalam bumi hanya terlihat kadang-kadang konstan (Suripin, 2002). Ketersediaan air, yang merupakan bagian dari fenomena alam, seringkali sulit, hingga diatur, dan diprediksi, dan hingga akurat. Fenomena alam yang terjadi sebagai bagian dari jumlah air yang dapat tersimpan dan tersedia sulit untuk diprediksi, diatur dan tidak akurat setiap tahunnya. Persentase air yang tersedia selalu berubah setiap tahunnya. Hal ini karena ketersediaan air mengandung komponen dengan heterogenitas yang sangat tinggi. Konsep daur air adalah kuantitas air yang terdapat pada area tertentu dari ruang tanah yang dapat meresap oleh aliran masuk dan keluar secara terus menerus dapat terjadi. Keinginan untuk pemanfaatan air dalam kehidupan manusia sangat kompleks dan selalu diharapkan dapat dimanfaatkan dalam jumlah yang sesuai pada waktu yang tepat. Dengan demikian, untuk memperoleh informasi yang akurat untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, analisis kuantitatif dan kualitatif harus dilakukan secermat mungkin.

Untuk penggunaan air, perlu diketahui informasi tentang ketersediaan air yang dapat diandalkan. Aliran utama dapat digunakan untuk berbagai keperluan karena berpotensi untuk diisi kembali dengan debit aliran minimum tertentu (Triatmodjo, 2010).

3.4. Kehilangan Air

Indikasi besarnya kapasitas infiltrasi terlihat pada peta atau pola persebaran yang tersedia. Survei kondisi pola persebaran infiltrasi dapat dilakukan dengan mengebor dan menggali lubang uji atau dengan menggunakan alat geolistrik di lokasi survey yang akan memberikan informasi tambahan tentang permeabilitas yang terjadi. Survei dan pemetaan yang dilakukan mungkin diperlukan hanya untuk bagian saluran dengan panjang terbatas. Dugaan kehilangan air di saluran dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

- a) Dengan melakukan pengukuran di lapangan, antara lain:
1. Untuk mengukur terjadinya kehilangan air dari suatu saluran dapat dilakukan dengan survei dengan mengukur selisih antara debit air yang masuk dan debit air yang keluar dalam saluran.
 2. Banjir yang terjadi di waktu tertentu dapat digunakan untuk melakukan pengukuran kehilangan air yang merupakan perbandingan periode waktu dengan luas penampang basah saluran dengan hasil kehilangan air dengan satuan /m². Selain itu, bisa juga menggunakan jumlah infiltrasi dari pengukuran sebelumnya untuk kondisi tanah yang sama.

Tabel 3. 1. Data Rembesan Berdasarkan Hasil Pengukuran

Tipe Material	Banyaknya Rembesan Per 24 Jam yang Melalui Keliling Basah (m ³ /hari)
Kerikil yang menjadi satu dan tanah keras	0,00963
Tanah liat	0,01161
<i>Sandy loam</i>	0,01872
Abu vulkanis	0,01925
Abu vulkanis dengan pasir	0,02775
Pasir dan abu vulkanis atau liat	0,03398
Tanah berpasir dengan cadas	0,04757
Tanah berkerikil dan berpasir	0,06230

Sumber: KP.03 Saluran, 2013

Data-data rembesan tersebut dapat digunakan sebagai nilai input dalam merencanakan dimensi saluran dengan menggunakan batas rembesan sebanyak $0,157 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$. Jika rembesan yang terjadi melampaui nilai tersebut maka seharusnya saluran tersebut wajib menggunakan pasangan batu.

a) Menggunakan rumus rembesan dari Moritz (USBR)

Besarnya nilai rembesan dari dapat dihitung dengan rumus Moritz (USBR), sebagai berikut:

$$S=0,035C \sqrt{Q/V} \dots \dots \dots (3.1)$$

S = Kehilangan akibat rembesan (m^3/dt per km panjang saluran)

Q = Debit, (m^3/dt);

V = Kecepatan (m/dt)

C = Koefisien tanah rembesan (m/hari)

0,035 = Faktor konstanta

Nilai C sebagai koefisien tanah rembesan dapat diambil seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Nilai Koefisien Tanah Rembesan (C)

Jenis Tanah	Harga C (m/hari)
Kerikil sementasi dan lapisan penahan (<i>hardpan</i>) dengan geluh pasir	0,10
Lempung dengan geluh lempungan	0,12
Geluh pasir	0,20
Abu vulkanik	0,21

Pasir dan abu vulkanik atau lempung	0,37
Lempung pasiran dengan batu	0,51
Batu pasiran dan kerikilan	0,67

Sumber :KP.03, Saluran (2013)

Kecepatan aliran yang melebihi kecepatan maksimum yang diizinkan untuk material tanah sangat dipengaruhi oleh kemiringan atau besaran sudut yang terjadi di lapangan. Biaya produksi pasangan saluran harus dijaga agar tetap rendah. Jika ini tidak memungkinkan, lebih baik membuat saluran lebih lembut dan melengkapi peredam. Secara umum kehilangan air pada jaringan irigasi dapat dirinci sebagai berikut:

- a) 12,5% - 20,0% di petak tersier, antara bangunan sadap tersier dan sawah
- b) 5,0% - 10,0% di saluran sekunder, dan
- c) 5,0% - 10,0% di saluran utama

Hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti dan hasil survei yang dilakukan dapat mendukung perhitungan besarnya kehilangan air yang terjadi jaringan irigasi. Dengan tidak adanya waktu, tenaga dan biaya, kehilangan air yang terjadi pada jaringan irigasi dapat diperkirakan dengan preferensi-preferensi berikut:

- a. Hasil penelitian yang berkaitan dengan kehilangan air irigasi pada daerah yang lain dapat digunakan asalkan daerah tersebut memiliki sifat dan ciri-ciri serta memiliki karakteristik yang sama.
- b) Nilai kehilangan air yang terjadi pada irigasi secara aktual dapat mengadopsi nilai pada daerah irigasi yang terdekat.

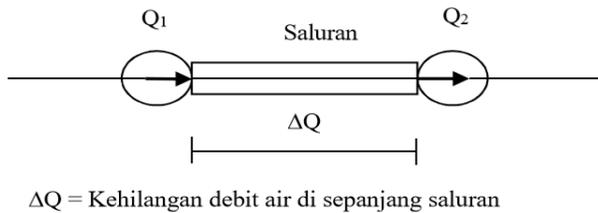
Kehilangan-kehilangan air dapat diperkecil persentase maupun jumlahnya melalui:

1. Restorasi sistem manajemen air:
 - a) Meningkatkan secara efektif tugas dan fungsi operasional dan pemeliharaan (O & P).
 - b) Meningkatkan tugas dan tanggung jawab dari petugas-petugas operasional dan pemeliharaan (O & P).
 - c) Institusi Balai Wilayah Sungai yang mengurus operasional dan pemeliharaan (O & P) di setiap daerah perlu ditingkatkan dan diperkuat dari segi institusi.
 - d) Dalam melakukan penyadapan air perlu diberikan regulasi dan aturan.
 - e) P3A melalui Balai Wilayah Sungai perlu ditingkatkan lagi tingkat partisipasinya.
2. Perbaikan fisik prasarana irigasi :
 - a) Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada saluran perlu diperbaiki khususnya bocor yang terjadi.
 - b) Meminimalkan penguapan. Penguapan yang terjadi harus dikurangi.
 - c) Sistem irigasi yang berkelanjutan dapat diterapkan dan manfaatnya bisa dirasakan oleh masyarakat.

3.5. Efisiensi Irigasi

Efisiensi adalah suatu parameter yang biasa digunakan untuk memberikan penilaian terhadap pemakaian air apakah digunakan secara efektif atau efisien pemanfaatannya. Jika melihat pengertian efisiensi berdasarkan dari sisi Teknik Sipil, disebutkan bahwa fenomena air yang dapat disadap dan

tersimpan pada bangunan penyadap dan didistribusikan ke petak-petak sawah melalui saluran primer ke saluran sekunder dan saluran tersier terdapat air yang hilang atau berkurang (Chow,1989).



Gambar 3.1. Skema Kehilangan Debit di Sepanjang Saluran
 Sumber :KP.03, Saluran (2013)

Usahatani intensif memerlukan efisiensi biaya penyediaan dan pemanfaatan irigasi agar penyediaannya dapat sesuai dengan pemanfaatan untuk tanaman. Air yang bersumber dari bangunan air yang tersimpan dan dialirkan ke saluran irigasi tidak semuanya dapat digunakan untuk membasahi tanaman namun ada juga peruntukan lain, bahkan ada kekurangan yang dimiliki oleh air irigasi. Banyak penyebab dari hilangnya air dalam saluran irigasi, diantaranya proses penguapan, rembesan yang besar dan disadap oleh masyarakat untuk keperluan rumah tangga. Perbandingan antara jumlah air yang melewati dan air yang keluar dalam sebuah saluran disebut dengan efisiensi irigasi dalam satuan persen. Lenka, 1991 dalam bukunya memberikan penjelasan bahwa efisiensi yang terjadi di saluran irigasi merupakan perbandingan antara debit air yang dapat disediakan dan dimanfaatkan oleh pertumbuhan tanaman dan dinyatakan dalam bentuk persentase. Pada prinsipnya persamaan dalam menentukan besaran efisiensi adalah:

$$Ef = \left(\frac{A_{dbk} - A_{hl}}{A_{dbk}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

Dengan

E_f = Efisiensi

A_{dbk} = Air yang diberikan

A_{hl} = Air yang hilang

Efisiensi irigasi meliputi efisiensi drainase yang biasa terjadi pada saluran primer dan efektif pada cabang saluran (sekunder dan tersier) yaitu dari saluran irigasi desa yang berdekatan dengan persawahan. Asumsi yang dapat digunakan sebagai logika dalam memahami efisiensi irigasi adalah tidak semua air yang masuk akan sama dengan air yang keluar, pasti akan ada yang hilang di saluran maupun di persawahan. Efisiensi secara lengkap dan terintegrasi dapat dirumuskan yaitu efisiensi yang terjadi pada jaringan tersier (E_t) dikali dengan efisiensi yang terjadi pada jaringan sekunder (E_s) dikali dengan efisiensi yang terjadi pada jaringan primer (E_p). Nilai yang telah disepakati harus sebesar 0,65 sampai dengan 0,79. Oleh karena itu, kebutuhan air untuk persawahan (NFR) harus dibagi dengan besaran nilai E dengan tujuan bisa mendapatkan kuantitas air yang dibutuhkan di intake sumber air. (Sumber: Departemen Umum Pekerjaan Umum, Departemen Umum Sumber Daya Air, Zona 03, 2013). Jika efisiensi penyediaan air irigasi kurang dari 60% maka irigasi ini masih tergolong kurang terdistribusi Hansen (1992).

3.6. Penutup

Ilmu irigasi adalah ilmu yang mempelajari tentang irigasi mendistribusikan air di atas tanah, serta membahas dan menjelaskan metode dan bisnis yang terlibat dalam membawa air dari berbagai sumber dan menyimpannya di waduk atau menaikkan permukaan air. Meliputi segala upaya yang berkaitan dengan pengendalian banjir, pengendalian sungai, dan pemeliharaan serta perlindungan

sungai untuk keperluan pertanian, serta pengalihan kelebihan air yang tidak lagi memerlukan pengolahan.

Bab 4

Geoteknik/ Mekanika Tanah

4.1. Pendahuluan

Penurunan mutu pada perkerasan jalan saat ini sangat didominasi oleh kerusakan-kerusakan yang terjadi pada struktur perkerasan jalan, dapat disebabkan oleh banyak faktor diantaranya kombinasi pembebanan lalu lintas dan juga didukung oleh kondisi lingkungan yang terjadi di sekitar jalan. Tentunya penurunan mutu perkerasan jalan ini akan berdampak negatif terhadap tingkat pelayanan, keselamatan dan kualitas dari pengguna jalan dalam berkendara. Biasanya, perkerasan jalan yang baru difungsikan untuk masyarakat akan mengalami penurunan mutu dan penurunan fungsi jika sudah digunakan 10 hingga 15 tahun pada awal dari umur rencana (*service life*). Penurunan mutu ini disebabkan oleh proses penuaan jangka pendek pada perkerasan jalan apalagi didukung oleh program-program pemeliharaan yang tidak dijalankan sesuai dengan tingkat kerusakan yang terjadi (Yi *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2015; Sukmak *et al.*, 2015).

Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya telah ditemukan bahwa penurunan mutu perkerasan jalan umumnya disebabkan oleh berbagai macam alasan: (Onyejekwe *et al.*, 2015). Implementasi pada program-program pemeliharaan jalan yang tidak dilaksanakan sesuai dengan aturan yang berlaku.

- a. Program perencanaan dan pelaksanaan di lapangan kurang diperhatikan dengan baik sehingga kesannya asal kerja dan selesai.

- b. Pengujian mutu yang dilakukan tidak sesuai dengan standar/aturan. Hal ini didukung lagi dengan physical properties dari tanah dasar yang kurang baik dengan nilai CBR yang rendah.

Setidaknya ada dua kondisi yang menyebabkan dan mempunyai pengaruh terhadap penurunan mutu dan fungsi perkerasan jalan, diantaranya kapasitas dari daya dukung tanah dasar yang kurang mampu memikul beban lalu lintas yang seharusnya dilakukan treatment terlebih dahulu serta terjadi deformasi yang berlebihan pada saat jalan di operasionalkan dan digunakan oleh masyarakat. Daya dukung tanah yang rendah tidak akan mampu melawan penyebaran tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur perkerasan selama bekerjanya beban lalu lintas dan selanjutnya akan mengakibatkan lapisan perkerasan amblas. Deformasi yang terjadi secara fluktuatif karena adanya repetisi beban lalu lintas menyebabkan lapisan struktur perkerasan akan lebih cepat mengalami kelelahan (*fatigue*) dan selanjutnya dapat menimbulkan retakan-retakan pada lapis perkerasan (Sudhakaran *et al.*, 2018; Fasihnikoutalab *et al.*, 2017; Henzinger *et al.*, 2018).

Telah banyak penelitian yang mengungkapkan bahwa tanah yang distabilisasi dengan kapur maupun semen atau bahkan kedua material ini dapat meningkatkan kinerja dari tanah lunak (Nguyen *et al.*, 2018; Yi *et al.*, 2015; Thygaraj *et al.*, 2014; Latifi *et al.*, 2018; Chttoori *et al.*, 2017; Rezaeimalek *et al.*, 2018). Secara mendasar karakteristik geoteknik (*geotechnical properties*) ditentukan oleh 3 komponen utama, yaitu: beban yang bekerja, jenis dan sifat material tanah itu sendiri, serta air yang berpengaruh dalam badan atau lapisan tanah tersebut. Sedikit lebih terfokus tentang pentingnya peranan komponen air dalam pembentukan karakteristik geoteknik, bisa dilihat dalam pernyataan yang tertulis dalam kata pengantar buku manual *Vadose Zone Modeling with Vadose/W 2007* (Anonymous, 2008) sebagai berikut: “*In fact, if water were not present in the soil, there*

would not be a need for geotechnical engineering. This is a nonsensical statement: if there were no water in the soil, there would be no way to sustain an ecosystem, no humans on earth and no need for geotechnical and geo-environmental engineering. However, the statement does highlight the importance of water in working with soil and rock". Jadi sangatlah jelas bahwa komponen air sangat berpengaruh pada pembentukan karakteristik geoteknik, sedang air ini juga bergantung pada kondisi iklim dan lingkungan dari waktu ke waktu mengakibatkan karakteristik geoteknik pun akan bervariasi sesuai iklim, lingkungan dan waktu yang silih berganti. Pada daerah-daerah tropis di mana kadar air di dalam tanah dasar relatif lebih ekstrim berfluktuasi dari musim panas dan musim hujan secara bergantian akan menimbulkan fenomena sebagai salah satu penyebab yang cukup signifikan terhadap kerusakan dini infrastruktur, khususnya perkerasan jalan. Kenyataan ini memberikan inspirasi dalam mengajukan topik penelitian untuk mendapatkan "prilaku" karakteristik mekanis tanah dasar di bawah struktur perkerasan jalan akibat fluktuasi perubahan kadar air dari musim ke musim disepanjang tahun masa layanannya. Pertanyaan yang muncul kemudian adalah: "Apa signifikansi dari topik penelitian ini?". Argumentasi yang dapat dikemukakan antara lain bahwa, sebagaimana diketahui kebanyakan metode analisa struktur perkerasan merupakan metode empiris yang diadopsi dari standar luar di mana sebagian besar berada pada daerah non-tropis. Memang ada penyesuaian terhadap beberapa parameter di dalamnya, seperti faktor iklim yang disesuaikan. Selain kekuatan, kestabilan dan keawetan dari perkerasan beton tersebut, keberhasilannya tentu saja banyak bergantung pada prilaku karakteristik mekanis dari lapisan tanah pendukungnya, berikut resistensinya terhadap perubahan kondisi basah dan kering secara berulang yang terjadi pada saat musim hujan dan kemarau secara bergantian di sepanjang tahun. Suatu hipotesa yang muncul di sini dapat dikemukakan dalam pertanyaan penelitian: "Apakah ada perubahan secara signifikan perilaku

karakteristik mekanis dari lapisan tanah pendukung perkerasan jalan beton yang memikul beban lalu lintas selama terjadinya proses basah dan kering sebagaimana proses/siklus pergantian musim berlangsung?" Hipotesa ini akan diuji melalui pembuatan model fisik/eksperimental di laboratorium yang kemudian akan memunculkan sub-permasalahan penelitian dengan fokus pada perilaku karakteristik tegangan dan deformasi elastis lapisan tanah pendukung di bawah lapis perkerasan jalan beton yang dibebani dengan menerapkan skenario siklus pembasahan dan pengeringan.

4.2. Permasalahan Strategis Perkerasan Jalan yang Sering Terendam Air

Di daerah-daerah tropis banyak kejadian di mana badan jalan terendam air dimusim hujan, baik karena intensitas curah hujan yang tinggi maupun kondisi drainase jalannya yang buruk. Kondisi ini berdampak sangat merugikan, karena akan menurunkan performa infrastruktur jalan dan juga akan menjadi pemborosan konsumsi sumber daya yang berujung pada pengalokasian biaya pemeliharaan maupun rehabilitasi yang relatif besar (Mehdipour *et al.*, 2017). Kebijakan yang berkaitan denganantisipasi kerusakan jalan akibat pengaruh air dituangkan dalam Manual Perencanaan Jalan diantaranya:

- a. Penetapan ketinggian minimum tinggi tanah dasar di atas muka air tanah minimum 400 mm.
- b. Anjuran untuk menggunakan koefisien drainase yang tinggi dalam perencanaan tebal perkerasan.

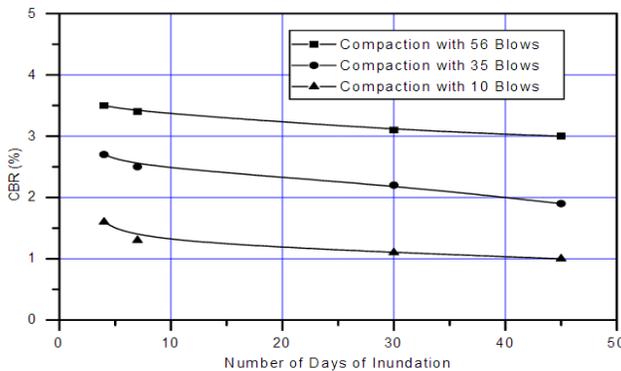
Tabel 4.1. Efek Genangan Air oleh Banjir pada Satuan Berat Material Sub grade (Yi Y., Li C., & Liu S. (2015)

Kompaksi (jumlah)	Berat isi rata-rata (pcf)			
	4 hari	7	30	45
56	108	106	104	103

35	103	100	98	97
10	94	89	86	84

Tabel 4. 2. Efek Genangan Air oleh Banjir Terhadap Nilai CBR Material Sub Grade (Yi Y., Li C., & Liu S. (2015))

Kompaksi (Jumlah tumbukan)	Rata-rata Nilai California Bearing Ratio (CBR)			
	4 hari	7	30	45
56	3.5	3.4	3.1	3.0
35	2.7	2.5	2.2	1.9
10	1.6	1.2	1.1	1.0

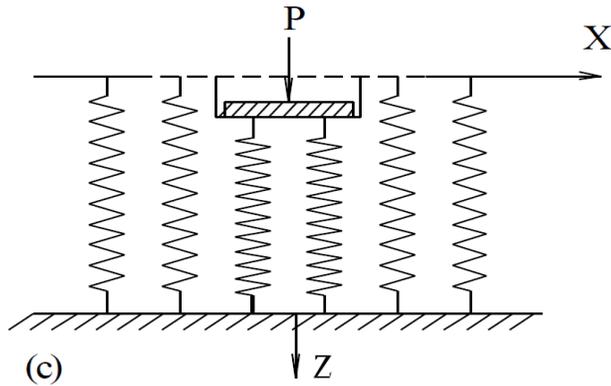


Gambar 4. 1. Efek Genangan Air Akibat Banjir Terhadap Nilai CBR Subgrade (Yi Y., Li C., & Liu S. (2015))

Hasil penelitian yang berkaitan dengan jalan terendam air akibat genangan telah dilakukan di banyak negara, diantaranya penelitian yang dilakukan di Bangladesh mencoba menyelidiki hubungan efek genangan air pada perkerasan jalan terhadap kepadatan tanah lapisan *subgrade* dan hubungan dampak genangan air terhadap nilai CBR yang tertuang di dalam Tabel 4.1, 4.2 serta Gambar 4.1 (Kim *et al.*, 2014 & Mehdipour *et al.*, 2017).

4.3. Interaksi Mekanis Tanah

Interaksi mekanis tanah yang terjadi secara alamiah terhadap lapis perkerasan di atasnya banyak dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya (i) bentuk, ukuran dan sifat mekanik dari partikel tanah (2) konfigurasi dari struktur tanah (iii) riwayat tegangan dan tegangan antar partikel tanah (iv) kandungan air, tingkat kejenuhan dan permeabilitas tanah (Selvadurai & Gladwell, 1980 dalam Thygaraj *et al.*, 2014). Ada beberapa model interaksi antara tanah dan lapisan perkerasan jalan yang telah lama dikenal dengan menganggap tanah sebagai medium elastis yaitu: model Winkler, model elastis continuum dan model elastis dua parameter. Satu kekurangan dari model Winkler adalah bahwa *displacement* yang nampak tidak menerus diantara bagian yang dibebani dan tidak dibebani pada permukaan tanah di bawah lapisan perkerasan beton. Model ideal media tanah yang diprakarsai oleh Winkler mengasumsikan bahwa defleksi, w , media tanah pada setiap titik di permukaan proporsional secara langsung terhadap tegangan, q diterapkan pada titik itu dan bebas dari tekanan yang terjadi pada lokasi lain. Dimana k disebut modulus reaksi tanah dasar dengan satuan tegangan per satuan panjang. Secara fisik, idealisasi Winkler untuk media tanah terdiri dari suatu sistem elemen pegas yang bebas secara sempurna dengan konstanta pegas k . Salah satu ciri penting model tanah ini adalah *displacement* terjadi tepat di bawah area yang dibebani dan di luar daerah ini *displacement*-nya adalah nol. Juga, dapat dilihat bahwa, untuk model Winkler, *displacement* pada suatu daerah pembebanan akan konstan apabila tanah dibebani untuk suatu beban kaku yg terbatas atau beban fleksibel yg seragam (Prof. P.C. Vasani, n.d.)



Gambar 4. 2. Model Winkler Interaksi Tanah dan Perkerasan Kaku Dengan Sistem Pegas Yi Y., Li C., & Liu S. (2015)

4.4. Modulus Elastisitas Tanah dan Modulus Reaksi Subbase

Berbicara mengenai penurunan tanah dan analisa deformasi elastis tidak terlepas dari parameter modulus young (E) yang biasanya disebut sebagai modulus elastisitas tanah yang merupakan parameter elastisitas tanah dan suatu ukuran dari kekakuan tanah. Modulus elastisitas tanah didefinisikan sebagai ratio antara tegangan dan regangan pada suatu sumbu di dalam tanah dalam batasan kelakuan elastisitas dari tanah. Modulus elastisitas tanah dapat interpretasi dari laboratorium atau pengujian lapangan atau berdasarkan korelasi dengan sifat-sifat tanah lainnya. Untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas tanah bisa diperoleh dengan cara **Pengukuran tidak langsung (*Indirect measurement*)**, diperoleh dengan cara melihat hubungan empirik antara jenis material dan tingkat kepadatannya terhadap besaran modulus elastisitas tanah sebagaimana yang tertera pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3. Tipikal Nilai dari Modulus Young untuk Material Granular (MPa) (Yi et al., 2014; Zhao et al., 2015; Sukmak et al., 2015)

Klasifikasi Sistem USCS	Uraian	Tingkat Kepadatan		
		Lepas	Sedang	Padat
GW, SW	Gravels/Sand well-graded	30-80	80-160	160-320
SP	Sand, uniform	10-30	30-50	50-80
GM, SM	Sand/Gravel silty	7-12	12-20	20-30

Tabel 4. 4 Tipikal Nilai dari Modulus Young untuk Material Kohesif (MPa) (Yi et al., 2014; Zhao et al., 2015; Sukmak et al., 2015)

Klasifikasi sistem USCS	Uraian	Tingkat Kepadatan			
		Very soft to soft	Medium	Stiff to very stiff	Hard
ML	Silts with slight plasticity	2.5 - 8	10 - 15	15 - 40	40 - 80
ML, CL	Silts with low plasticity	1.5 - 6	6 - 10	10 - 30	30 - 60
CL	Clays with low-medium plasticity	0.5 - 5	5 - 8	8 - 30	30 - 70
CH	Clays with high plasticity	0.35 - 4	4 - 7	7 - 20	20 - 32
OL	Organic silts	-	0.5 - 5	-	-
OH	Organic clays	-	0.5 - 4	-	-

Pengukuran langsung, dapat diinterpretasikan di laboratorium melalui percobaan triaxial dan di lapangan dapat diinterpretasikan dengan percobaan odometer. Modulus reaksi subgrade adalah hubungan konseptual antara tekanan tanah dengan defleksi (Nguyen *et al.*, 2018). Berdasarkan uji beban pelat, nilai modulus reaksi subgrade dapat diketahui melalui persamaan 4.1.

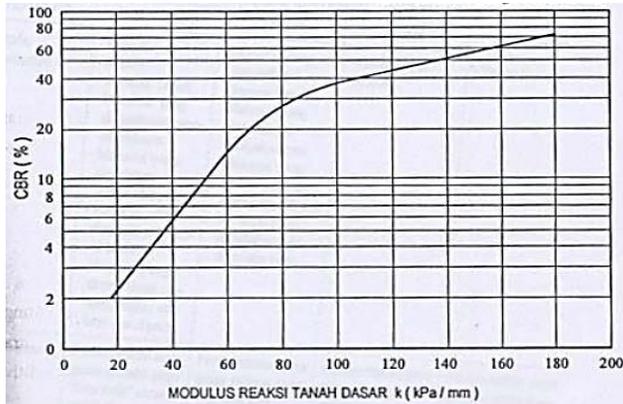
$$K_s = \frac{P}{\Delta} \quad (4.1)$$

Dimana:

P = Tekanan yang diterima pelat (kN/m²)

Δ = Defleksi yang terjadi pada plat (m)

Berdasarkan uji CBR, nilai k_s dapat diperoleh secara grafis dan analitis. Secara grafis, dapat diperoleh melalui Gambar 4.3.



Gambar 4. 3. Grafik Hubungan k_s dan CBR (Sukmak et al., 2015)

Modulus reaksi *subgrade* (k_s) dapat juga dinyatakan dalam persamaan yang diperoleh dari teori elastisitas tanah, yaitu persamaan 4.2.

$$k_s = 1.13 \frac{E}{(1-\nu^2)} \frac{1}{\sqrt{A}} \quad (4.2)$$

Dimana :

K_s = Modulus reaksi *subgrade* (kN/m³)

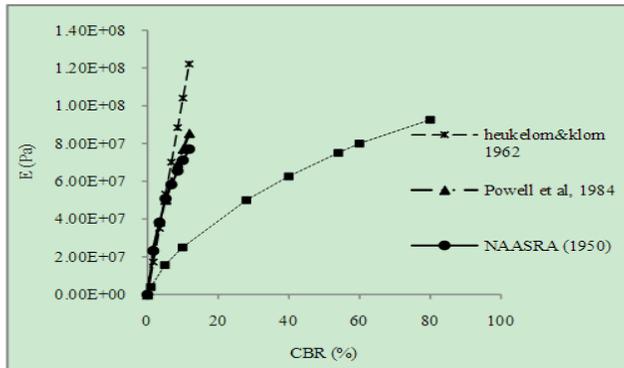
V = Poisson's ratio CBR (m²)

A = Luas penampang pendorong pada uji CBR (m²)

E = Modulus elastisitas tanah (kPa)

1. Hubungan Empirik Nilai CBR dengan Elastisitas Tanah/Modulus Reaksi *Subbase*

Beberapa studi telah dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara nilai Modulus elastisitas tanah dan nilai CBR diantaranya oleh Terzaghi (1995), Heukelom and Klomp (1962), Powell et al (1984) dan NAASRA (1950) sebagaimana terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Nilai CBR Versus Modulus Elastisitas (Yi Y., Li C., & Liu S. (2015)

Penelitian Heukelom and Klomp (1962), hubungan nilai CBR dengan modulus elastisitas sebagai berikut : $E = 1500 \text{ CBR (Psi)}$. Penelitian Powell et.al (1984), hubungan nilai CBR dengan modulus elastisitas adalah : $E = 17.6 \text{ CBR}^{0.64} \text{ (MPa)}$. Penelitian yang terkini berdasarkan analisa numerik dengan metode finite elemen (FEM) menyatakan bahwa model terzaghi yang paling sesuai Zhao et al., 2015. Hasil penelitian berdasarkan metode finit elemen didapatkan hasil sebagai berikut : $E = 863.82 \text{ CBR (kPa)}$, $\nu = 0.0, 2.E = 840.53 \text{ CBR (kPa)}$, $\nu = 0.3 E = 751 \text{ CBR (kPa)}$, $\nu = 0.4$. Jika nilai poisson ratio tidak diketahui, dapat digunakan nilai $E = 810 \text{ CBR (kPa)}$.

4.5. Langkah-Langkah Pengujian

4.5.1. Langkah-Langkah Penelitian

- a. Melakukan pengujian awal untuk mengidentifikasi karakter fisik dan mekanis sampel tanah laterit yang akan distabilisasi dengan kapur dan semen.
- b. Melakukan pengujian karakteristik fisik dan kimia kapur dan semen yang akan digunakan untuk menstabilisasi tanah laterit.
- c. Pembuatan model uji di laboratorium dengan variasi waktu siklus basah-kering.
- d. Melakukan pengujian karakteristik fisik dan mekanis material tanah laterit yang distabilisasi dengan kapur dan semen akibat siklus basah-kering yaitu pengujian batas-batas Atterberg, UCS, CBR laboratorium dan kompaksi.
- e. Melakukan pengamatan dan pengujian karakteristik pola deformasi elastis lapisan subbase model perkerasan jalan akibat siklus basah dan kering
- f. Analisis hasil pengujian, perumusan model numerik perubahan perilaku karakteristik deformasi elastis lapisan subbase model perkerasan jalan dengan siklus basah dan kering dan tingkat validitasnya dibandingkan dengan hasil eksperimental.

4.5.2. Tahapan Penelitian

Untuk memudahkan penelitian yang akan dilakukan, maka perlu direncanakan tahapan-tahapan yang akan menjadi pedoman dan arahan bagi penelitian ini, tahapan-tahapan proses tersebut adalah:

- a. Tahap I (Pendahuluan)

Pada tahap ini dijelaskan mengenai studi pendahuluan meliputi identifikasi masalah yang dilanjutkan dengan penetapan tujuan penelitian, dan tinjauan pustaka.

b. Tahap II (Persiapan Benda Uji)

Tahap ini merupakan tahap di mana seluruh bahan dan alat yang akan digunakan selama penelitian disiapkan terlebih dahulu termasuk tanah laterit, batu kapur CaCO_3 , kapur padam $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan semen PCC. Kemudian dilakukan pengujian laboratorium untuk material (tanah laterit, batu kapur, kapur padam dan semen) yang akan digunakan dalam pembuatan campuran benda uji. Campuran yang dibuat adalah terdiri dari:

1. Tanah laterit dengan batu kapur CaCO_3 dengan campuran batu kapur sebanyak 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40% dan 60%.
2. Tanah laterit dengan kapur padam $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan campuran kapur padam sebanyak 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40% dan 60%.
3. Tanah laterit dengan kapur padam $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan semen PCC dengan campuran kapur padam sebanyak 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40% dan 60% dan variasi semen 3%, 5%, 8%, dan 10%.
4. Apabila material telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi yang disyaratkan, maka dibuat benda uji (sampel) berdasarkan rancangan campuran (*design mix formula*).

c. Tahap III (Pengujian Benda Uji)

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap benda uji yang telah dibuat pada tahap sebelumnya, yaitu uji kuat tekan untuk mengetahui karakteristik campuran benda uji yang telah dibuat, setelah diuji kuat tekan didapatkan nilai

optimum dan diuji *Four Point Bending Beam Machine* untuk mengetahui umur kelelahan campuran tanah dengan kapur serta semen akibat pembebanan berulang yang diberikan pada campuran. Setelah itu untuk memverifikasi hasil yang didapatkan di laboratorium maka dilakukan uji lapangan dengan menggunakan alat *Light Weight Deflectometer (LWD)* untuk mengetahui modulus elastisitas yang dapat dikonversi kedalam nilai CBR tanah dasar.

d. Tahap IV (Analisis Data)

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan terhadap benda uji (sampel), yaitu dilakukan analisis mengenai kinerja campuran baik terhadap uji kuat tekan atau pun uji *Four Point Bending Beam Machine* serta uji modulus elastisitas dengan menggunakan alat *Light Weight Deflectometer (LWD)*. Selanjutnya, dibuat pembahasan mengenai hasil yang diperoleh sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian.

4.6. Pengujian Siklus Basah-Kering

- a. Prilaku sifat fisik dan mekanik tanah yang diperoleh dari hasil pengujian sampel tanah di laboratorium adalah: berat jenis, berat isi, kadar air, kepadatan, batas-batas konsistensi, nilai CBR dan UCS.
- b. Pengujian CBR dan UCT pada kondisi 5 siklus pembasahan dan pengeringan.
- c. Pola deformasi lapisan subgrade model perkerasan kaku dengan menerapkan beban statis yang bekerja pada permukaan lapisan perkerasan kaku sesuai model fisik yang dibuat, pada masing-masing siklus. Dari hasil uji model ini akan didapat hubungan antara beban dan deformasi lapisan subbase pada beberapa titik untuk masing-masing siklus basah dan kering.

- d. Analisa numerik dengan data hasil pengujian melalui aplikasi software yang sesuai dengan menerapkan teori *multi layer system* dan struktur diatas tanah elastis. Hasil yang didapat dari uji model laboratorium divalidasikan dengan output analisa numerik berdasarkan software.

4.7. Penutup

Salah satu aspek pemicu degradasi struktur perkerasan lentur merupakan air. Air yang tercantum di dalam tanah membentuk ciri raga serta mekanik yang berbeda-beda lagi air yang dari luar dapat pengaruhi ataupun merubah ciri tanah tersebut. Pengaruh air terhadap susunan pondasi perkerasan jalur berbentuk tanah laterit stabilisasi kapur serta semen dengan mempraktikkan skenario siklus pembasahan serta pengeringan yang dicerminkan oleh ikatan tegangan serta deformasi. Penilaian reaksi medium tanah ialah salah satu aspek yang sangat berarti dalam analisis interaksi antar layer dalam perkerasan jalur. Model yang cocok buat kebutuhan analisis ikatan tegangan serta deformasi yang terjalin akibat pembebanan. Sangat tidak terdapat 3 model bawah yang kerap diterapkan serta dibesarkan buat memperoleh cerminan tegangan serta deformasi pada keadaan elastis dalam interaksi antar layer dalam perkerasan jalur. Model tersebut merupakan model winkler; model continuum serta campuran antara keduanya.

Bab 5

Struktur

5.1. Pengantar

Perencanaan dan kalkulasi/konstruksi beton dipengaruhi oleh hasil penelitian, peraturan-peraturan bangunan, tuntutan dari pemakai bangunan dan peralatan yang tersedia. Masing-masing dari faktor-faktor yang tersebut di atas berkembang terus, demikian juga dalam perencanaan dan perhitungan dari konstruksi beton. Keutamaan/tekanan dari perkembangan tersebut tentunya berbeda-beda dari suatu tempat ke tempat yang lain, tetapi tetap mempunyai kecenderungan yang umum/sama. Para pengguna di perkotaan menginginkan bangunan yang lebih tinggi. Ini berarti harus diberi perhatian yang lebih terhadap stabilitas dan pondasi serta pemakaian material/bahan-bahan dengan kekuatan/mutu yang tinggi. Makin besar bentangan dan makin berkurang kedalaman pondasi dapat memperkenalkan kriteria perencanaan yang lain yang berdasarkan defleksi dan vibrasi. Tetapi di samping itu perlu juga dinaikkan ketahanan konstruksi dan pengetahuan tentang ketahanan, detail-detail yang lebih baik di mana akhirnya dapat mengurangi biaya pemeliharaan dan lain sebagainya.

Metode-metode konstruksi seperti pre-fabrikasi dan pengecoran di tempat, penegangan dan penulangan mempunyai pengaruh terhadap perencanaan/design dan perhitungan/*calculation*. Makin baik pengertian tentang bahan struktur dan pendetailan melalui berbagai penelitian serta

peralatan dalam bentuk kalkulator dan komputer memberikan berbagai kemungkinan baru bagi seorang perencana struktur.

5.2. Lebar Retak dan Defleksi

Tegangan yang relatif kecil dalam elemen konstruksi beton dapat menuju pada terjadinya retakan. Untuk mengurangi lebar retak maka hal utama yang perlu dilakukan adalah melindungi tulangan baja terhadap karat. Jadi untuk membatasi/mencegah terjadinya retakan sebagian dapat diatasi dengan keadaan lingkungan sekitarnya. Dengan terjadinya retakan akan menyebabkan menurunnya kekuatan elemen dan merupakan suatu faktor penting dalam deformasi. Di mana lebar retakan itu adalah suatu nilai teoritis; retakan tidaklah mengikuti suatu garis lurus, sehingga mengukur lebar suatu retakan yang sempit secara tepat sangatlah sulit. Proses terjadinya suatu keretakan konstruksi beton bertulang dalam keadaan tarik seiring dengan bertambahnya gaya tarik. Retakan pertama akan terjadi pada bagian di mana kekuatan tarik daripada beton itu paling rendah. Selisih deformasi antara tulangan baja dan beton pada bagian-bagian yang tidak terganggu oleh retakan adalah maksimum begitu juga tegangan peletakan dan tegangan baja, tegangan beton pada retakan adalah nol. Informasi dasar tentang fenomena retakan adalah dari hubungan tegangan peletakan dan deformasi yang biasanya disebut hubungan TAU-DELTA. Bilamana hubungan ini diketahui, begitu juga dengan kondisi-kondisi persamaan-persamaannya serta kontinuitas tegangannya, maka lebar retakan dapat dihitung.

5.3. Detail Penulangan: Hubungan Balok-Kolom

Perhitungan dari suatu konstruksi beton disimulsi dengan skema dari konstruksi; dalam skema sederhana distribusi gaya-gaya ditentukan. Pada bagian kritis di mana momen dan gaya geser diketahui, penulangan dapat dihitung. Selanjutnya, pendetailan dari penulangan tersebut merupakan hal yang tidak kurang pentingnya. Agar mendapatkan hasil detail yang baik, perlu

dibuat perhitungan detail tersebut atau dapat juga dengan menggunakan peraturan-peraturan praktis yang sudah terbukti memberikan hasil yang baik. Suatu hubungan dari 2 elemen struktural haruslah dapat menjamin suatu struktur yang andal, yaitu :

- Cukup kuat (dalam keadaan batas/*ultimate limit states*).
- Keadaan yang diinginkan dari hubungan gaya-deformasi/*ultimate limit state and service limit state*.

Di samping perhitungan yang tepat, seorang perencana struktur juga harus menyadari bagaimana membuat pendetailannya serta dapat dibuat sejelas mungkin dalam gambar-gambar. Secara umum untuk mendapatkan hubungan kolom balok yang baik haruslah sebagai berikut :

- Jangan menggunakan persentase penulangan yang tinggi.
- Hindari pemakaian mutu beton yang rendah.
- Ratio lebar kolom-tinggi balok jangan terlalu kecil.
- Digunakan pendetailan penulangan yang tepat.

5.4. Efek Dari Penggunaan Komputer dalam Perencanaan dan Perhitungan

Berbagai kemajuan di bidang komputer juga mendorong penelitian-penelitian yang menggunakan komputer dalam penyelidikan-penyelidikan mendasar dari sifat-sifat beton, untuk mendapatkan pengertian yang lebih mendalam dari sifat-sifat konstruksi, serta peraturan-peraturan dalam perencanaan. Suatu Proyek group "*concrete mechanics*" dari Belanda memulai dengan deskripsi fundamental dari beton, penulangan, zone retak, maka model dasar matematis dari bagian lekatan/bond zone dan bagian anker/anchore zone telah dihasilkan; dengan model-model dasar tersebut dapat memungkinkan untuk dianalisa detail dari suatu konstruksi atau menganalisa konstruksi secara keseluruhan sebagai suatu kesatuan.

Sehubungan dengan pertimbangan sambungan kolom-balok yang telah disebutkan, di sini akan dikemukakan bahwa hasil perhitungan detail tersebut dengan menggunakan model dasar matematis adalah dengan bertambahnya beban, penulangan balok bagian atas dan penulangan bagian dalam dari kolom akan bergeser di dalam model tegangan lekat dianggap bersifat elasto-plastis dalam hubungannya dengan deformasi, sehingga sesudah bergeser tegangan lekatan tetap konstan.

Program-program yang umumnya digunakan untuk menghitung konstruksi beton pada saat ini adalah program elemen elastis linier, yakni dengan elemen rangka, elemen plat, elemen plat lipat/shell dan kadangkala kombinasi beberapa elemen. Dengan harga PC (*Personal Computer*) yang relatif murah dan kemampuan/kapasitas perhitungan yang memadai, maka program-program yang demikian menjadi sangat menarik walaupun untuk perencanaan tahap awal (*prelimianry design*). Sebagai contoh, sebuah plat yang dihitung dengan program yang dimaksud di atas. Dalam hal ini perencana menginginkan penggunaan kombinasi/gabungan dari tulangan baja biasa dan baja prategang pada konsentrasi sambungan balok dengan kolom. Sesudah memilih partisi elemen, beban pada elemen yang ditentukan adalah: berat sendiri, beban mati dan beban hidup. Akibat penegangan adalah pemisahan dalam kurva tekanan, tekanan normal sentris dan momen oleh karena pengangkeran secara esentris (tekanan normal tidak mempunyai pengaruh pada distribusi momen dalam suatu plat elastis yang linier). Perhitungan dari distribusi momen dan defleksi dapat diperoleh dengan berbagai kombinasi pembebanan. Hasilnya dapat dipresentasikan secara grafik dengan mudah; sehingga dengan hanya melihat selintas saja sudah dapat diketahui kesalahan-kesalahan yang dibuat.

Program yang lebih lanjut adalah program rangka yang memperhitungkan efek berikutnya, yakni; pengaruh distribusi gaya dan besarnya gaya yang disebabkan oleh deformasi dari struktur. Program yang bersangkutan menghitung kekakuan elemen yang didasarkan pada penulangan-penulangan tertentu yang mengabaikan kekuatan tarik. Perhitungan dilaksanakan secara iterasi, karena deformasi mempengaruhi gaya dalam yang kemudian mempengaruhi kekakuan lentur setempat. Perkembangan/kemajuan lainnya yang juga penting bagi seorang perencana struktur ialah menggunakan komputer untuk menggambar. Hasil penggambaran struktur beton dengan komputer saat ini sudah menjadi sesuatu yang umum untuk berbagai penggambaran, seperti misalnya gambar-gambar arsitektural, detail-detail konstruksi serta gambar-gambar penulangan beton. Automatisasi penggambaran penulangan-penulangan beton dari perencana gambar sebuah struktur dengan berbagai beban yang sudah diberikan memang dapat dilakukan, tetapi hanya praktis untuk elemen-elemen struktur yang sederhana.

5.5. Pengenalan Analisa Struktur dengan Komputer

Perkembangan komputer yang sudah dimulai 40 tahun yang lalu mengalami kemajuan yang sangat pesat pada saat awal tahun 80-an, di mana komputer mikro harganya relatif dapat dijangkau oleh para pemakai. Komputer yang konon dapat meningkatkan produktifitas kerja, dapat juga memecahkan banyak pekerjaan perhitungan struktur yang kompleks. Akan tetapi pemakaian komputer juga membawa banyak masalah seperti desain yang tidak aman, yang diakibatkan oleh:

- Perkembangan hardware dan software yang sedemikian maju belum diiringi oleh perkembangan kemampuan pemakai software tersebut.
- Di pasaran banyak beredar *engineering software* dengan kualitas yang kurang baik, manual software yang tidak

lengkap dan pelayanan teknis yang kurang dari para developer.

Hal yang tersebut di atas disebabkan oleh banyaknya pemakai program yang tidak sempat mengikuti perkembangan teknis analisa struktur dengan komputer. Sebaliknya banyak pula developer program yang hanya memahami analisa struktur *methode numerik dan software engineering*, tetapi tidak mempunyai latar belakang praktek lapangan yang cukup.

Analisa struktur dengan komputer yang sudah sedemikian berkembang, dilandasi oleh bidang-bidang pengetahuan.

- Mekanik Teknik
- Methode Numerik
- Software Engineering
- Engineering Application

Analisa struktur dengan metode matrik terutama *stiffness method* (metode kekakuan) menjadi semakin penting, karena metode ini bersifat sistematis sehingga cocok untuk diterapkan dengan komputer. Untuk memperoleh hasil yang benar perlu juga mengenal *methode numerik*, begitu juga *software engineering*, agar dapat memanfaatkan kemampuan komputer secara optimal. Selanjutnya para pemakai program harus mengintegrasikan semua teori dan mengaplikasikannya dalam praktek nyata di lapangan. Pemakai program haruslah mengetahui bagaimana mengidealisasikan struktur serta menentukan kapan dan bagaimana suatu komputer dapat digunakan secara optimal. Jadi para pemakai komputer harus juga mempunyai pengetahuan yang cukup mengenai analisa struktur, metode numerik serta *software engineering*. Seringkali pemakai program beranggapan ketiga padahal developer program mungkin kurang berpengalaman dalam *engineering application* sehingga program tersebut hanya cocok untuk pengetahuan teoritis, tetapi kurang cocok untuk digunakan

memecahkan masalah-masalah/kondisi yang ditemukan di lapangan. Dalam menganalisa struktur dengan komputer terdapat 4 tahapan, yakni :

- Idealisasi struktur
- Penyiapan data
- Perhitungan oleh komputer
- Pemeriksaan data dan output

Perhitungan oleh komputer paling sedikit memakan waktu dan melewati beberapa tahapan yakni:

a. Idealisasi struktur

Tidak dapat dipelajari hanya dari buku-buku saja tetapi juga berkembang dari pengalaman setelah melakukan analisa berbagai struktur dan mempelajari hasil akhirnya secara kritis. Jika pemakai program kurang mampu dalam memodelkan struktur yang akan menrcerminkan karakteristik utama struktur, maka seringkali pemakai struktur tidak menyadari adanya kesalahan pada hasil akhir yang diperoleh akibat kurang tepat dalam mengadakan idealisasi struktur.

Untuk melakukan idealisasi struktur perlu dipertimbangkan beberapa hal yakni:

- Visualisasi bentuk struktur yang mempelajari gambar-gambar bentuk bangunan.
- Memisahkan komponen struktur dari komponen yang dianggap non struktur, perlu dicamkan bahwa tidak ada pedoman khusus yang mengatur mana yang tergolong komponen struktur. Di sini perencanalah yang harus membuat asumsi sendiri.
- Idealisasi komponen struktur, yakni menentukan jumlah derajat kebebasan pada setiap elemen serta menentukan

jenis elemen matematis yang tersedia pada program yang paling sesuai untuk mewakili komponen tersebut.

- Idealisasi bahan, misalnya beton bersifat non-linear, tetapi dalam praktek beton sering dianggap mempunyai E tertentu yang konstant, agar dapat dianalisa secara linear. Seorang perencana harus dapat mempertimbangkan dalam kondisi bagaimana analisa non linear perlu dilakukan.
- Estimasi beban yang paling mewakili keadaan sesungguhnya.
- Menentukan mesh untuk finite element. Perencana harus dapat memperkirakan tempat-tempat di mana akan terjadi konsentrasi tegangan, sehingga diperlukan mesh yang lebih luas.
- *Boundary condition*, di mana perencana harus menentukan kondisi perlekatan yang bagaimana yang paling mendekati keadaan setelah bangunan dilaksanakan.

b. Penyiapan Data

Sebelum mulai menyiapkan data struktur, perencana mestinya sudah mempelajari dan mengerti asumsi-asumsi yang dipakai dalam program dan juga sudah mempelajari sampel data yang biasanya terdapat pada manual yang disediakan. Dalam proses ini sering terjadi kesalahan, misalnya jarak beban terpusat dari salah satu ujung elemen balok adalah 300 cm, tetapi diinput 3, karena pemakai program lupa memperhatikan satuan yang digunakan. Banyak sedikitnya data yang harus diinput tergantung pada struktur itu sendiri dan juga program yang tersedia.

c. Perhitungan oleh komputer

Setelah data yang benar disiapkan, maka komputer dapat menganalisa/menghitung dan menghasilkan output sesuai

dengan data yang diberikan. Walaupun demikian pemakai program harus hati-hati, karena banyak program yang beredar di pasaran belum diuji dan diperiksa kualitasnya secara ketat, sehingga dalam keadaan tertentu out-put yang dihasilkan ada kemungkinan salah. Penyelesaian analisa struktur yang dilakukan oleh komputer dilakukan dalam dua fase, yakni: pengolahan tingkat elemen, di mana matrik kekakuan elemen dan vektor beban dibentuk dan fase berikutnya matrik kekakuan semua elemen digabungkan untuk membentuk matrik kekakuan struktur.

Secara garis besar langkah-langkah analisa struktur yang dilakukan oleh komputer adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi derajat kebebasan struktur.
- Membentuk matrik kekakuan elemen dan vektor beban
- Mentransformasikan matrik kekakuan semua elemen kedalam sistem koordinat yang sama.
- Penyelesaian sistem persamaan untuk mendapatkan vektor perpindahan disetiap titik nodal.
- Perhitungan tegangan elemen.

d. Pemeriksaan Data dan Output

Untuk memperoleh keyakinan bahwa analisa yang dilakukan dengan komputer sudah benar dan logis, maka selalu harus diadakan pemeriksaan data dan hasil output. Maksud utama pemeriksaan data oleh program, misalnya seharusnya angka 250 tetapi dimasukkan 25 dan sebagainya. Bilamana menemui suatu struktur yang kompleks, sebaiknya dianalisa dulu dengan beban yang sederhana, di mana jawabannya mudah diperiksa dengan perhitungan tangan atau bentuk deformasinya sudah diketahui. Tujuannya agar didapat keyakinan bahwa model struktur tersebut sudah benar.

Selanjutnya hasil analisa haruslah diperiksa keseimbangan, di mana baik keseimbangan antara gaya reaksi atau gaya dalam dan beban luar harus terpenuhi, baik pada suatu elemen saja atau pada sebagian elemen bahkan seluruh struktur. Begitu juga yang perlu dicari apakah terdapat besaran-besaran yang aneh, misalnya perpindahan sebesar 10^5 cm, ini menunjukkan adanya sesuatu kesalahan. Kesalahan-kesalahan demikian biasanya masih mudah diketahui. Tetapi yang menjadi masalah bila hasil yang benar misalnya momen sebesar 30 ton-m, tetapi output komputer menunjukkan 20 ton-m. Untuk mencegah hal yang demikian perlu adanya verifikasi output di mana hasil dari suatu program dibandingkan dengan hasil dari program lain atau dengan perhitungan tangan.

5.6. Penutup

Bencana gempa dapat menyebabkan banyak bangunan rusak dan juga dapat menyebabkan keruntuhan. Setelah terjadi gempa, banyak bangunan yang rusak tersebut dirubuhkan atas saran dari pakar, konsultan maupun pihak pemangku kepentingan, sementara sebenarnya bangunan tersebut masih bisa diperbaiki dan dilakukan perkuatan sehingga bangunan tersebut dapat digunakan kembali. Memberi saran untuk merubuhkan bangunan yang rusak setelah gempa merupakan keputusan yang mudah, tetapi tidak didukung oleh data yang memadai. Sampai saat ini Indonesia belum punya standar dalam melakukan asesmen kerusakan serta metoda perbaikan dan perkuatan bangunan yang rusak pasca gempa. Keuntungan utama melakukan perbaikan dan perkuatan bangunan yang rusak pasca gempa akan dapat menghemat waktu dan biaya.

Manajemen Konstruksi

6.1. Pengantar

Pertumbuhan penduduk nasional maupun regional dalam lingkup negara kesatuan Republik Indonesia sering dengan pertumbuhan pembangunan infrastruktur, gedung dan perumahan. Kebijakan pembangunan nasional di segala bidang tentunya perlu disikapi dengan suatu tatanan dalam proses pelaksanaan pembangunan tersebut. Suatu hal yang terpenting menjadi pemahaman dasar bagi setiap pelaku pelaksana maupun pelaku perencana dan pengawasan pembangunan infrastruktur, gedung dan perumahan adalah kemampuan manajerial didalam memikirkan ruang lingkup pekerjaan dan tanggungjawabnya. Kemampuan manajerial tersebut tentunya terbangun oleh suatu sistem interaksi antara pihak yang berkaitan. Bahwa segala bentuk kegiatan yang memungkinkan terjadinya suatu interaksi antara manusia maka dapat dipandang memiliki suatu ikatan hukum (Madiong, 2019).

Pembangunan fisik suatu konstruksi baik itu berupa bangunan gedung, jalan, jembatan, perumahan dan infrastruktur lainnya selalu berawal dari perencanaan, di mana perencanaan tersebut sangat erat kaitannya dengan kontribusi pendanaan. Perencanaan baru dapat dikatakan berhasil apabila terjadi keselarasan/kesesuaian antara rencana awal dengan pelaksanaan dan pengawasan. Perencanaan tentunya berawal dari survei yang keluarannya dapat berupa pemetaan, blok plan dan

rencana induk (master plan). Di dalam mengakomodasi hasil survei menjadi produk perencanaan/perancangan maka beberapa substansi pokok yang perlu dilakukan oleh ahlinya adalah:

6.2. Pekerjaan Pembangunan

6.2.1. Tahap Awal Rencana Pembangunan

Segala bentuk pekerjaan pembangunan, *oriented* plannya tidak terlepas dengan sistem pendanaan. Regulasi ini dapat terbagi atas sumber pendanaan dari pemerintah dan juga bersumber dari swasta atau individu. Tata kelola yang dibutuhkan dalam hal ini adalah bagaimana mengalokasikan besaran dana yang sesuai dengan peruntukannya. Sehingga didalam pelaksanaan pekerjaan fisik nantinya tidak terjadi ketimpangan dilapangan baik terhadap harga maupun terhadap kondisi fisik lapangan. Dalam kenyataannya begitu banyak pembangunan yang telah dilaksanakan oleh pelaksana konstruksi yang terpaksa mengerjakan sesuatu yang berbeda di lapangan dengan perencanaan, hal ini sebagai akibat ketidakcermatan dalam perencanaan awal. Dalam pandangan ilmu konstruksi dinyatakan bahwa suatu pelaksanaan pembangunan berawal dari *Term of Reference* (TOR) yang muatannya adalah kegiatan survei dan detail penyelidikan terkait jenis konstruksi, lokasi, material dan tingkat teknologi yang akan digunakan yang diharapkan dapat menunjang studi kelayakan baik terhadap faktor sosial, ekonomi maupun dampaknya terhadap lingkungan (Istimawan, 1996).

Akumulasi seluruh data yang diperoleh menjadi bahan penting yang selanjutnya menjadi kajian analisis dalam pembuatan perencanaan. Output hasil kajian adalah terciptanya *Detail Engineering Design* (DED). Bahwa setiap DED diharapkan telah mengakomodasi segala bentuk yang dibutuhkan oleh user dan kesesuaiannya dengan kondisi fisik lapangan serta bila dipandang perlu tetap menyandingkan dengan aturan yang

berlaku terkait dengan pembangunan yang direncanakan. Sebagai contoh di dalam perencanaan pekerjaan konstruksi yang rencananya akan dilakukan pelelangan untuk bangunan pemerintah maka hendaknya mengacu pada Permen Nomor 07/PRT/M/2019 tentang standar pengadaan jasa konstruksi dan Permen nomor 1 tahun 2020 tentang standar dan pengadaan pekerjaan konstruksi terintegrasi rancang bangun melalui penyedia. Dan juga pada aturan-aturan lainnya yang berkaitan terhadap pekerjaan yang direncanakan.

Terjadinya pembangunan konstruksi yang tidak sesuai dengan rencana, perlu mendapat perhatian, misalnya keterlambatan pelaksanaan fisik yang diakibatkan oleh beberapa faktor seperti keterbatasan jumlah tenaga kerja, kemampuan SDM, faktor alam, penyediaan materi, kemampuan manajerial dan keterbatasan modal. Pengeluaran dan prestasi kerja harus di pantau agar penyimpangan terhadap rencana dapat diketahui dan ditanggulangi sedini mungkin serta kebutuhan untuk penyelesaian proyek dapat diperhitungkan, (Sudipta, 2013).

6.2.2. Tahap Pembangunan

Dalam tahap pembangunan konstruksi begitu banyak yang perlu diperhatikan baik terhadap pihak pelaksana konstruksi maupun pihak konsultan supervisi/konsultan pengawas. Terkhusus pada proyek-proyek pemerintah maka pihak direksi sebagai yang mewakili pemerintah diharapkan jauh lebih teliti terhadap pekerjaan fisik konstruksi serta terhadap administrasi atau dokumen pelaporan dari pelaksana konstruksi serta dokumen pelaporan dari konsultan pengawas. Suatu pekerjaan fisik bangunan selayaknya memiliki 5 (lima) indikator untuk mencapai kesempurnaan pembangunan sesuai perencanaan, yang selanjutnya dapat diasumsikan sebagai bagian utama dalam manajemen konstruksi, yaitu:

a. Kepemilikan Modal

Pihak penyedia jasa atau kontraktor pelaksanaan pembangunan baru dapat dikatakan siap melaksanakan pembangunan yang diperolehnya atau dimenangkannya dari proses pelelangan pekerjaan apabila pihak penyedia jasa tersebut memiliki modal minimal sebagai dana tahap awal pekerjaan. Sehingga dipandang penting pihak penyedia jasa untuk tidak serta merta mengandalkan kucuran dana awal (*down payment*) dari pihak user. Hal ini sangat penting karena dalam proses pelaksanaan kegiatan pekerjaan antara pihak penyedia jasa dengan pihak user/direksi terikat dengan kontrak pekerjaan di mana muatan yuridis dalam kontrak tersebut antara lain menyangkut prestasi/bobot capaian pekerjaan dalam setiap segmen sehingga pihak penyedia jasa dipandang layak untuk dilakukan proses pembayarannya berdasarkan capaian prestasi kerjanya. Dalam konteks pekerjaan dilapangan sering didapati pengeluaran biaya yang terpaksa harus dikeluarkan oleh pihak penyedia jasa di mana pengeluaran biaya tersebut tidak mengcover pekerjaan yang sedang dilaksanakan tetapi merupakan suatu bagian yang dapat melancarkan pekerjaan yang dimaksud. Sehingga apabila pihak penyedia jasa hanya mengandalkan plotting dana dari termin proyek maka dapat saja terjadi kendala keterlambatan pekerjaan. Penyerapan anggaran oleh pihak penyedia jasa sedapat mungkin dilakukan secara teliti, terukur dan terkontrol karena apa yang dikerjakannya adalah suatu hal yang bermuatan hukum, yang menjadi tanggungjawab penuh oleh pihak penyedia jasa.

b. Kepemilikan Peralatan

Untuk kelancaran pekerjaan maka peralatan juga sangat memegang peranan penting karena ketepatan pekerjaan konstruksi dapat dilaksanakan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang direncanakan apabila menggunakan

peralatan/teknologi yang sesuai. Pihak penyedia jasa di dalam mengajukan dokumen penawaran agar sedapat mungkin menyesuaikan peralatan yang diajukan saat pelelangan dengan keberadaan peralatan tersebut dilapangan.

Ada beberapa hal penting terkait dengan peralatan pekerjaan konstruksi yaitu memberikan jaminan bahwa alat yang akan digunakan memiliki Surat Layak Operasi (SILO). Umumnya persyaratan yang demikian juga diminta dalam dokumen lelang pekerjaan. Hal lain adalah keterangan kepemilikan peralatan yang digunakan, bahwa apakah alat yang digunakan merupakan milik penyedia jasa atau merupakan alat sewa. Baik peralatan tersebut merupakan sewaan atau milik langsung penyedia jasa maka yang terpenting adalah jaminan ketersediaan peralatan yang dimaksud dapat berada di lokasi pekerjaan.

c. Kepemilikan Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan indikator penting yang tidak dapat terpisahkan dalam proses keberhasilan capaian suatu pekerjaan konstruksi. Secara umum tenaga kerja dapat terbagi atas kepala tukang, tukang, buruh, mandor dan pengawas pelaksana. Namun dalam beberapa pekerjaan konstruksi khususnya pada pekerjaan-pekerjaan dalam kategori pekerjaan besar/kompleks baik itu milik pemerintah maupun milik swasta, oleh pihak user/direksi meminta pengadaan tenaga ahli. Tenaga ahli dimaksudkan untuk dapat mengkondisikan pekerjaan yang lebih spesifik/khusus. Dengan keberadaan tenaga ahli diharapkan permasalahan spesifik terhadap pekerjaan yang akan dilaksanakan tidak sampai terjadi, walaupun suatu masalah tetap muncul maka dengan keberadaan tenaga ahli tersebut dapat memberikan solusinya.

Dalam praktik pengadaan barang dan jasa pemerintah, melalui proses pelelangan pekerjaan pada umumnya pihak direksi meminta kepada penyedia untuk melampirkan daftar

tenaga ahli beserta dokumen rujukan penunjangnya. Untuk itu kepada penyedia yang berhasil menjadi pelaksana pekerjaan dalam suatu proyek khususnya pada proyek-proyek pemerintah agar tenaga ahli yang diajukan saat pengajuan dokumen pelelangan sedapat mungkin tenaga ahli tersebut juga berada nantinya dilapangan, bukan hanya sekedar penggunaan nama dalam dokumen. Hal ini sangat penting disadari oleh para penyedia jasa karena dalam praktiknya sering ditemukan ketidaksesuaian antara dokumen tenaga ahli yang diajukan dengan tenaga yang berada dilapangan. Perlu menjadi catatan bahwa ketika dalam suatu proses pekerjaan tersebut mengalami masalah yang berimplikasi kepada ranah hukum maka pihak penyedia jasa dapat memikul beban tanggung jawab yang jauh lebih besar sebagai akibat perbedaan antara kondisi tenaga ahli yang diajukan berdasarkan dokumen dalam penawaran dengan kondisi tenaga ahli dilapangan.

d. Kepemilikan Material

Dalam suatu proses pembangunan, baik yang meliputi pekerjaan struktur konstruksi, arsitektural, mekanikal elektrik, plumbing dan lain-lain. Keberadaan material juga memegang peranan penting dalam mencapai kesuksesan suatu proses pembangunan. Pengelolaan material dalam praktiknya dilapangan sebaiknya dilakukan pengelompokan dan pengecekan kesesuaian spesifikasi material yang masuk di area/lokasi pekerjaan agar juga dilakukan oleh masing-masing tenaga ahli yang telah ditunjuk sesuai keahliannya. Hal ini sangat penting karena spesifikasi yang tidak sesuai dengan apa yang telah disepakati di dalam kontrak pekerjaan maka akan berimplikasi terhadap masalah hukum. Olehnya dalam tatanan pengelolaan material agar senantiasa memperhatikan semua spesifikasinya baik itu berupa merek, dimensi, bobot/berat, sumber pabrikan dan lain-lain sebagaimana yg disebutkan di dalam dokumen pengadaan.

Secara umum acuan spesifikasi bahan/material di dalam proyek pengadaan barang dan jasa pemerintah, dituangkan di dalam rencana kerja dan syarat teknis pekerjaan (RKS). Kedudukan RKS dalam proses pekerjaan pembangunan adalah suatu panduan yang dapat diartikan sebagai kitab petunjuk dalam pengelolaan pekerjaan yang dimaksud. Pihak pelaksana pekerjaan atau pihak penyedia jasa bersama dengan pihak konsultan pengawas/konsultan supervisi, pihak direksi/user agar sedapat mungkin mengontrol, mengukur dan memeriksa semua material yang akan digunakan di dalam proyek yang ditanganinya yang disesuaikan dengan spesifikasi sebagaimana yang disebutkan di dalam Rencana Kerja dan Syarat (RKS).

Dalam praktiknya di lapangan sering ditemukan keberadaan material yang akan digunakan tidak ada di pasaran atau dengan kata lain material yang disyaratkan tidak dapat dipenuhi sehingga dipandang perlu untuk melakukan pergantian bahan/material. Jika hal yang demikian yang terjadi maka oleh pihak penyedia jasa dapat mengusulkan kepada konsultan pengawas secara tertulis dan selanjutnya oleh konsultan pengawas menyampaikan kepada pihak direksi juga secara tertulis dan oleh pihak direksi bersama-sama konsultan pengawas dan penyedia jasa untuk melakukan telaah bersama hingga pada akhirnya diterbitkannya Justifikasi Teknis (JUSTEK) yang menjadi alasan pembenaran mengapa spesifikasi material yang dimaksud harus diganti.

Didalam justifikasi teknis tersebut salah satu uraiannya adalah membahas kesesuaian harga antara bahan/material yang sesuai kontrak dengan harga material jika dilakukan perubahan. Hal ini dikarenakan akan berdampak terhadap *real cost* nilai kontrak. Perubahan-perubahan yang terjadi terhadap kontrak awal pekerjaan baik itu berupa perubahan spesifikasi, perubahan volume pekerjaan maupun perubahan waktu

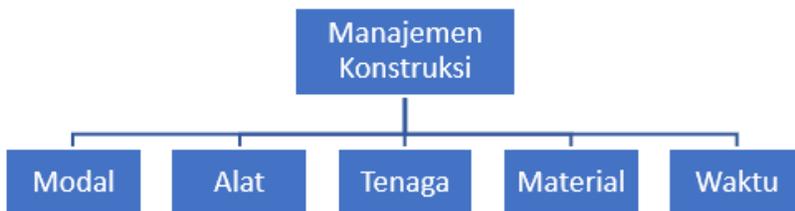
pelaksanaan maka semuanya harus dibuatkan justifikasi teknis (Justek). Perubahan suatu pekerjaan seperti yang dimaksud di atas tanpa keberadaan Justek maka proses dokumen pelaksanaan dapat saja dianggap cacat hukum. Dari perubahan-perubahan yang dituangkan di dalam justifikasi teknis (justek) maka selanjutnya menjadi dasar dibuatkannya perubahan kontrak pekerjaan *Contract Change Order* (CCO) terhadap kontrak awal. Suatu kontrak awal yang dilakukan perubahan (Amandamen Kontrak) maka dasar perubahannya di peroleh dari justifikasi teknis (Justek) dan *Contract Change Order* (CCO).

e. Kecukupan Waktu Pelaksanaan

Pemanfaatan waktu pelaksanaan pekerjaan juga erat kaitannya dengan keberhasilan suatu proyek karena setiap kontrak pekerjaan pembangunan di dalamnya juga menyebutkan lamanya waktu pelaksanaan pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk itu antara modal, peralatan, tenaga kerja, material dan waktu adalah menjadi 5 kunci utama keberhasilan suatu proyek dalam pelaksanaannya. Dalam kenyataannya sering ditemukan penyedia jasa terkendala di dalam pengelolaan waktu pekerjaannya. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor, antara lain waktu awal pelaksanaan sering tidak sesuai dengan *schedulle* rencana di mana budaya pihak penyedia jasa sering beranggapan bahwa diawal pekerjaan masih terdapat cukup banyak waktu kedepannya untuk menyelesaikan pekerjaan, sehingga terjadilah proses mengulur waktu pekerjaan dan efeknya adalah ketika pekerjaan sudah dijalankan dengan waktu yang sempit akan berdampak terhadap kualitas/mutu pekerjaan yang tidak sesuai lagi yang diharapkan karena pekerjaan dilakukan secara terburu-buru atau serampangan demi mengejar ketertinggalan waktu.

Hal lain yang juga sering terjadi adalah ketidaksiapan lokasi pekerjaan di mana seharusnya ketika kontrak pekerjaan telah disepakati dan penerbitan Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) telah diterima oleh pihak penyedia jasa maka pada saat itu argo pelaksanaan telah mulai berjalan. Akan tetapi oleh pihak user/direksi sering tidak memperhatikan secara cermat kondisi lapangan yang memungkinkan terjadinya keterlambatan pekerjaan pada tahap awal sesaat setelah lokasi pekerjaan diberikan kepada pihak penyedia jasa.

Menurut Asnuddin (2018), penyebab permasalahan dalam suatu proyek dapat disebabkan oleh pengadaan bahan/material, biaya, lokasi, tenaga dan waktu yang belum optimal. Dari uraian tersebut di atas maka dapat dikatakan suatu manajemen konstruksi pada prinsipnya dimulai dari survei awal, analisis lokasi, perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan. Sebagai pegangan legalitas yuridis terhadap setiap penyedia jasa, konsultan pengawas dan direksi adalah diharapkannya melakukan kualiti kontrol dengan mengedepankan tertib pelaksanaan dan tertib administrasi seperti yang di tunjukkan pada gambar 6.1. di bawah ini.



Gamnbar 6. 1. Indikator Pemantauan Manajemen Konstruksi.

(sumber. Muh.Syarif, 2022)

Keberhasilan pelaksanaan pembangunan sangat ditentukan oleh pengendalian mutu pengawasan pekerjaannya melalui sistem manajemen konstruksi. Pengendalian merupakan bagian integral

dari proses manajemen proyek yang berbentuk siklus secara terus menerus seiring berlansungnya pelaksanaan konstruksi (Istimawan, 1996).

6.3. Penutup

Dalam menata keberhasilan suatu proyek maka hal utama yang perlu diperhatikan adalah kesiapan modal, kesiapan alat, kesiapan tenaga, kesiapan material dan pemanfaatan waktu. Perlu untuk diperhatikan bagi setiap penyedia jasa, konsultan pengawas dan direksi, bahwa segala aktifitas terkait pelaksanaan pembangunan agar sedapat mungkin dilakukan pengontrolan secara cermat, terukur dan teliti. Karena segala aktifitas tersebut adalah berkonsekwensi pada muatan hukum. Sehingga diharapkan akan tercipta kesesuaian antara keberhasilan pekerjaan fisik di lapangan dengan manajemen konstruksi dalam bentuk capaian tertib dokumen.

Perencanaan Wilayah Dan Kota

7.1. Pengantar

Perencanaan wilayah dan kota atau lebih populer dikenal dengan planologi adalah suatu program studi atau bidang ilmu teknik yang mempelajari tentang penataan ruang melalui telaah masa kini dan merencanakan kebutuhan ruang untuk masa yang akan datang. Hal ini sangat penting mengingat jumlah populasi manusia terus bertambah sementara kuantitas ruang terbatas atau tidak mengalami penambahan. Sehingga ruang perlu dikelola dan ditata agar kebutuhan manusia dapat dipenuhi. Selain itu, salah satu tujuan penataan ruang adalah memberikan rasa aman dan nyaman bagi penghuninya.

Planologi atau perencanaan wilayah dan kota merupakan multi disiplin ilmu yang mempelajari berbagai pengetahuan bukan saja tentang keteknikan tetapi juga sosial, budaya dan ekonomi bahkan hukum. Bidang teknik yang dipelajari pun mencakup berbagai disiplin ilmu, antara lain lingkungan, geologi, transportasi, GIS, prasarana dan lain sebagainya. Jurusan ini akan mempelajari dasar-dasar perencanaan, baik itu skala kota maupun *regional* atau wilayah. Selain itu lulusan pada bidang ini dituntut dapat menyusun berbagai usulan kebijakan, merealisasikan serta mengevaluasi rencana dan program yang telah dibuat.

7.2. Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota pada Perguruan Tinggi

Peminat pada jurusan ini dinilai terus meningkat dari tahun ke tahun, hal ini ditandai dengan dibukanya jurusan tersebut pada beberapa perguruan tinggi, baik negeri maupun swasta. Selain itu, adanya tuntutan kebutuhan tenaga profesional pada bidang ini yang dibutuhkan di dunia kerja, baik itu pemerintahan maupun swasta. Awal keberadaan program studi teknik perencanaan wilayah dan kota di Indonesia tercatat pada tahun 1959. Institusi Teknologi Bandung menjadi pionir berdirinya jurusan tersebut. Dalam perkembangannya kemudian cukup banyak kampus di Indonesia yang membuka Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota. Jurusan ini tersebar di beberapa daerah, mulai dari pulau Sumatera hingga Papua.

Tercatat beberapa kampus negeri maupun swasta yang membuka prodi ini, walaupun masih ada beberapa perguruan tinggi lainnya yang tidak disebutkan disini. Perguruan tinggi yang tercatat tersebut antara lain adalah:

- Institut Teknologi Medan;
- Universitas Bung Hatta Padang;
- Universitas Taruma Negara Jakarta;
- Universitas Trisakti Jakarta;
- Universitas Krisnadwipayana;
- Universitas Indonusa Esa Unggul;
- Institut Teknologi Indonesia Tangerang;
- Universitas Pakuan Bogor;
- Universitas Pasundan Bandung;
- Universitas Islam Bandung;
- Institute Teknologi Bandung;

- Universitas Winayamukti Sumedang;
- Unikom Bandung;
- Institute Teknologi Nasional Bandung;
- Universitas Negeri Sebelas Maret Solo;
- Universitas Diponegoro;
- Universitas Gadjah Mada Yogyakarta;
- Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta;
- Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
- Universitas Brawijaya Malang;
- Institut Teknoogi Nasional Malang;
- Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya;
- Universitas Hasanuddin Makassar;
- Universitas 45 (Bosowa) Makassar;
- Universitas Islam Alaudin Makasasar;
- Universitas Negeri Makassar;
- Universitas Sam Ratulangi Manado;
- Institute Teknologi Kalimantan;
- Universitas NU Kalsel;
- Universitas Cenderawasih Papua;
- Universitas Sains dan Teknologi Jayapura;
- Institut Teknologi dan Bisnis Karya Pembangunan Papua.

7.3. Mata Kuliah pada Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota

Pada umumnya mata kuliah yang dipelajari di Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota pada beberapa perguruan tinggi di Indonesia hampir sama, namun ada beberapa yang memiliki spesifikasi atau pendalaman jurusan sesuai kebutuhan dunia

kerja. Selain mata kuliah umum, misalnya bahasa Indonesia, pendidikan pancasila, kewarganegaraan dan agama, ada pula mata kuliah wajib dan pilihan. Berikut beberapa mata kuliah wajib yang ada di Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota serta penjelasan singkat terkait hal tersebut:

1. Pengantar Ekonomi Perencanaan

Mata kuliah ini terdiri dari dasar-dasar ilmu ekonomi dan aspeknya, konsep dasar ekonomi, indikator pertumbuhan ekonomi, teknik-teknik analisis ekonomi wilayah serta isu-isu ekonomi terkini dalam perencanaan wilayah dan kota.

2. Ekonomi Wilayah dan Kota

Pada mata kuliah ini mempelajari tentang dasar-dasar ilmu ekonomi wilayah dan kota, teori lokasi dan analisis ekonomi spasial, alokasi sumber daya, pertumbuhan ekonomi dan ketimpangan wilayah, lokasi aktivitas kegiatan dan penggunaan lahan perkotaan, manajemen perkotaan, kelembagaan dan keuangan pemerintahan daerah serta kebijakan pembangunan ekonomi wilayah dan kota.

3. Pembiayaan Pembangunan

Pada mata kuliah ini mahasiswa dituntut mampu melakukan analisis pembiayaan pembangunan guna menilai kelayakan suatu investasi serta merumuskan strategi pembiayaan pembangunan. Untuk dapat melakukan hal tersebut maka mahasiswa wajib memahami tentang teori atau konsep dasar dari mata kuliah ini.

4. Pengantar Perencanaan Wilayah dan Kota

Mata kuliah ini merupakan dasar bagi mahasiswa pada Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota. Selain itu menjadi pedoman dalam mengidentifikasi dan menjelaskan ilmu dasar pada ranah perencanaan wilayah dan kota sehingga diharapkan dapat memahami proses perkembangan kota

berdasarkan perencanaan dan perancangan yang berkaitan dengan ilmu yang dimaksud.

5. Statistik Perencanaan

Mempelajari konsep pokok dan dasar-dasar metode statistik perencanaan, khususnya dalam mengumpulkan, mengolah, menganalisis dan menginterpretasi data sehingga mampu menerapkan teknik dasar metode statistik.

6. Prasarana Wilayah dan Kota

Pada mata kuliah ini mahasiswa mempelajari tentang standar kebutuhan dan sistem prasarana yakni air bersih, drainase, listrik/energi komunikasi, sanitasi dan persampahan. Diharapkan mahasiswa mampu menangani masalah prasarana wilayah dan kota serta memahami keterpaduan pengelolaan prasarana sehingga dalam kerangka sistem tata ruang memiliki dasar yang kuat dalam perencanaan.

7. Proses Perencanaan

Tujuan mempelajari mata kuliah ini agar mahasiswa mampu memahami prosedur dan proses dalam perencanaan (*theory of planning*). Mata kuliah ini mempelajari tentang pengantar teori perencanaan, prosedur dan prospek perencanaan baik mikro-makro maupun umum dan detail, cara mencari dan menyusun data yang dibutuhkan, relevansi dan kompetensi data serta alternatif pengelolaannya, merumuskan identifikasi masalah pada wilayah studi serta pendekatan model-model yang digunakan untuk membantu pencapaian tujuan sasaran studi.

8. Teknik Analisa Perencanaan

Pada mata kuliah ini mahasiswa mempelajari tentang analisis kuantitatif. Dalam memahami mata kuliah ini diharapkan mahasiswa mampu menguasai alat bantu teknik dalam pengambilan suatu keputusan, mengolah dan menguji data

statistik, menganalisa dan merencanakan tata ruang, menguasai model dan teknik analisis serta mahir dalam menggunakan *software* analisis statistik.

9. Pola Lokasi dan Struktur Ruang

Mata kuliah ini bertujuan untuk mengkaji tentang kecenderungan lokasi kegiatan serta fungsi ruang dari masing-masing kegiatan. Sehingga mahasiswa wajib memahami tentang teori dan konsep lokasi dari berbagai kegiatan, struktur ruang teknik dan metode analisis.

10. Tata Guna Lahan

Pada mata kuliah ini mahasiswa akan mempelajari tentang berbagai masalah dan faktor perubahan dalam pengembangan lahan, pemanfaatan atau penggunaan lahan, kesesuaian dan kebutuhan lahan serta kebijakan-kebijakan pemanfaatan dan pengembangan lahan yang diperlukan guna penyusunan rencana tata guna lahan dan perumusan pengelolaan lahan.

11. Perumahan dan Permukiman

Hal-hal yang dipelajari dalam mata kuliah ini antara lain adalah konsep atau teori dasar, masalah, potensi, ragam atau bentuk perumahan dan permukiman sebagai transformasi yang melibatkan berbagai aspek antara lain yaitu pada sektor ekonomi, sosial, budaya dan lainnya, tipologi dan sistem perumahan.

12. Hukum Perencanaan

Pemahaman yang diberikan pada mata kuliah ini prinsipnya akan memberikan penyelesaian sederhana terhadap permasalahan penataan ruang dari kedua aspek hokum dan administrasi. Untuk itu mahasiswa dituntut agar mampu memahami kerangka hukum dan administrasi pembangunan dalam penataan ruang, prinsip-prinsip hukum dan

administrasi pembangunan, mengenali permasalahan penataan ruang ditinjau dari aspek hukum dan administrasi pembangunan.

13. Perencanaan Wilayah

Pada mata kuliah ini mempelajari tentang pengembangan wilayah (teori dan konsep) yang digunakan dalam perencanaan wilayah. Selain itu, menjelaskan pengaruh faktor-faktor ekonomi wilayah, daya dukung lingkungan, lokasi dan keruangan, sosial-budaya, dan teknologi serta kebijakan terkini dalam pengembangan wilayah di Indonesia.

14. Perencanaan Kota

Mempelajari mata kuliah ini akan membahas banyak tentang teori dan konsep yang berkaitan dengan substansi perencanaan kota, pendekatan dan prosedur serta teknik dalam menyusun rencana tata ruang kota. Mata kuliah ini merupakan penunjang dalam mempelajari studio perencanaan kota.

14. Teori Rancang Kota

Pada mata kuliah ini, mahasiswa akan mempelajari dasar-dasar teori perancangan kota seperti tipologi, bentuk dan ruang perkotaan berdasarkan aspek sejarah, teknologi, geografis, serta berbagai macam elemen yang ada di dalamnya. Mata kuliah ini merupakan pengantar dalam memahami kelompok keilmuan perancangan kota.

15. Perencanaan Tapak

Pada mata kuliah ini menganalisa kemampuan dan kapasitas (*bearing capacity*) sebuah kawasan apabila digunakan untuk suatu kegiatan atau aktifitas tertentu. Tujuannya agar memahami aspek-aspek organisasi keruangan yang didasarkan atas kegiatan dan estetika ruang baik secara fungsi maupun visual, penggunaan dan pemanfaatan lahan secara

fungsional dan ekologis serta orientasi geografis, topografis dan hidrologis, maka dapat tersusun blok plan atau master plan sebagai rencana kasar pemanfaatan lahan pada kawasan terpilih.

16. Analisis Data Spasial

Mata kuliah ini mempelajari tentang penguasaan metode analisis spasial berbasis GIS dengan penggunaan data spasial dalam pengambilan keputusan di bidang perencanaan wilayah dan kota.

17. Sistem Infrastruktur

Merupakan mata kuliah yang mempelajari karakteristik keseluruhan sistem infrastruktur baik dalam skala kota maupun wilayah serta mengidentifikasi potensi dan permasalahannya sesuai dengan tuntutan kebutuhan infrastruktur.

18. Studio Proses Perencanaan

Pada mata kuliah ini mempelajari keahlian mengidentifikasi karakteristik suatu kawasan dan permasalahannya, menganalisa dan menghitung kebutuhan perkembangannya sesuai dengan tahapan proses perencanaan yang diterapkan pada skala kawasan.

19. Sistem Transportasi

Mata kuliah ini memberikan pemahaman hubungan transportasi dengan tata ruang, pengantar transportasi sehingga dapat berkomunikasi masalah transportasi kaitannya dengan ruang kegiatan.

20. Perencanaan Transportasi

Mata Kuliah ini merupakan kelanjutan dari mata kuliah sistem transportasi yang membahas tentang hubungan transportasi dengan penggunaan ruang secara kuantitatif, sehingga

menggunakan pemodelan transportasi serta menggunakan rumus matematis untuk perhitungannya.

21. Metode Penelitian

Mata kuliah ini memberikan pemahaman tentang falsafah dan prinsip dasar penelitian, menentukan topik penelitian, metode kuantitatif dan kualitatif serta teknik analisis yang sesuai dengan prinsip penyusunan proposal penelitian dalam lingkup perencanaan wilayah dan kota.

22. Perancangan Kota

Mata kuliah merupakan penjabaran lebih lanjut dari teori rancang kota. Dalam mata kuliah ini mahasiswa mempelajari konsep dalam perancangan kota, prinsip-prinsip daya dukung lingkungan, sirkulasi, infrastruktur, infrastruktur dan prinsip-prinsip pada lingkup perancangan kota.

23. Perencanaan Permukiman dan Infrastruktur

Merupakan salah satu mata kuliah pengantar untuk studio tematik yaitu studio perencanaan permukiman dan infrastruktur. Pada mata kuliah ini mahasiswa akan mendapatkan pengetahuan tentang prinsip, konsep, dan pedoman serta isu/permasalahan dalam perencanaan permukiman infrastruktur.

24. Pengantar Lingkungan dan Kebencanaan

Merupakan mata kuliah yang menyesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi saat ini. Pada mata kuliah ini mahasiswa akan memahami tentang jenis-jenis bencana yang potensial, kerentanan dan ketahanan suatu wilayah dan kota dinilai dari tingkat resiko serta dampaknya terhadap lingkungan. Meminimalisir atau mengurangi resiko juga dikaji dalam mata kuliah ini sebagai penyeimbang aspek lingkungan yang berkelanjutan.

25. Studio Perencanaan Kota

Merupakan mata kuliah praktik yang outputnya berupa dokumen perencanaan tata ruang kota. Dokumen perencanaan yang dibuat mulai dari laporan pendahuluan hingga laporan akhir.

26. Manajemen dan Administrasi Pembangunan

Mata Kuliah ini memberikan pemahaman atas aspek manajemen pembangunan dan administrasi pembangunan secara konseptual serta implikasinya dalam proses dan prosedur pengelolaan pembangunan wilayah dan kota.

27. Studio Rancang Kawasan

Merupakan mata kuliah praktik yang mempelajari tipologi, bentuk dan ruang perkotaan berdasarkan aspek kultur, sosial, budaya, ekonomi, geografis dan teknologi, mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan dalam perancangan kota, merancang kota berdasarkan prinsip-prinsip arsitektur kota dan desain kota yang sesuai dengan studi kasus.

28. Studio Perencanaan Wilayah

Merupakan mata kuliah yang mempelajari keahlian dalam mengidentifikasi permasalahan dan karakteristik suatu kawasan, menganalisa dan menghitung kebutuhan perkembangannya serta menyusun konsep dan arahan rencana sesuai dengan tahapan proses perencanaan yang diterapkan pada skala wilayah.

29. Teori Perencanaan

Mata kuliah ini memberikan pemahaman tentang perencanaan wilayah dan kota yang ditinjau dari ontologi, epistemologi dan aksiologi keilmuannya. Selain itu mahasiswa diberi pemahaman berbagai aliran dalam perencanaan wilayah dan kota serta ranah teori perencanaan

dalam praktek penyelenggaraan perencanaan khususnya di Indonesia.

30. Hukum Perencanaan

Mata kuliah ini mempelajari tentang prinsip ilmu dan kerangka hukum serta peranannya dalam suatu perencanaan wilayah dan kota

31. Evaluasi dan Pengendalian Pembangunan

Pemahaman yang diberikan pada mata kuliah ini adalah tentang berbagai konsep, metode dan teknik. Dalam implementasinya dapat digunakan untuk mengevaluasi sebuah kebijakan atau program. Kebijakan dan program yang dievaluasi tidak saja bersifat *spatial* atau rencana tata ruang, tetapi juga kebijakan dan program pembangunan yang telah disusun.

32. Etika Profesi Perencana

Pada mata kuliah ini mempelajari tentang pengertian keprofesian perencana sebagai profesi perintis pembangunan yang berupa pembekalan diri akan cita-cita. Selain mata kuliah yang telah dijabarkan di atas, masih terdapat beberapa mata kuliah pilihan misalnya perencanaan kawasan pesisir, pengembangan kampung kota, evaluasi lingkungan untuk perencanaan, pengembangan kota cerdas, manajemen resiko bencana, perencanaan pariwisata, manajemen dan kelembagaan transportasi dan beberapa mata kuliah pilihan lainnya.

7.4. Peluang Kerja

Peluang kerja untuk Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota tentu saja cukup menjanjikan, hal ini mengingat bahwa jurusan ini merupakan salah satu jurusan yang cukup diminati di Indonesia. Berikut ini beberapa peluang atau prospek kerja yang

dapat menjadi pilihan bagi lulusan atau alumni, antara lain adalah :

a. Instansi Pemerintahan

Kebutuhan akan tenaga ahli pada Program Studi Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota cukup besar untuk bekerja pada instansi pemerintah yang memiliki tupoksi khususnya di bidang lingkungan, infrastruktur, penataan kota dan pembangunan daerah tertinggal. Beberapa instansi pemerintah yang membuka kuota penerimaan pegawai antara lain pada Departemen Pekerjaan Umum, Dinas Penataan Ruang, kementerian perumahan, kementerian desa dan daerah tertinggal, pemerintah kota dan kabupaten bahkan provinsi.

b. Instansi Swasta

Begitu pula halnya pada instansi swasta, peluang untuk bekerja terbuka lebar bagi lulusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Atau Planologi. Pada saat ini dibutuhkan banyak tenaga lulusan pada jurusan ini untuk bekerja pada sektor industri khususnya yang bergerak dalam bidang properti atau pembangunan. Proyek pembangunan perumahan ataupun infrastruktur akan melibatkan banyak pihak dan berdampak pada masyarakat, baik secara sosial atau ekonomi. Sehingga dibutuhkan kemampuan untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah.

c. Lembaga Profit dan Non Profit

Kemampuan yang handal dalam menganalisis suatu masalah dan menyusun perencanaan serta program kerja sangat dibutuhkan oleh instansi atau lembaga yang berada di luar maupun dalam negeri. Kemampuan ini dimiliki oleh alumni atau sarjana Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota.

d. Lembaga Pendidikan

Saat ini banyak lembaga pendidikan yang membuka Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota sehingga terbukanya peluang kerja semakin luas. Alumni atau lulusan pada jurusan ini dapat bekerja dan mengabdikan diri di kampus-kampus yang membuka jurusan ini.

e. Luar Bidang Keilmuan

Pada dasarnya ilmu perencanaan wilayah dan kota merupakan bidang ilmu yang multi disiplin. Lulusan planologi dapat bekerja di instansi pemerintah, swasta maupun instansi yang netral seperti LSM bahkan pada lembaga keuangan.

7.5. Karir Lulusan Planologi

Seperti halnya lulusan pada jurusan lainnya, alumni Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota juga memiliki peluang jenjang karir pada instansi atau tempat dimana dia bekerja. Dengan catatan agar tetap mengasah kemampuan dan memiliki keahlian lain. Berikut beberapa jenjang karir yang dapat ditempuh oleh seorang alumni pada Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota.

a. Ahli Perencanaan Wilayah dan Kota

Dalam merencanakan pembangunan suatu wilayah atau kota tentu saja merupakan hal yang kompleks dan tidak mudah. Tentu saja banyak hal yang mesti dilakukan, mulai dari melakukan kegiatan analisa, mengetahui struktur tanah, memetakan wilayah dengan baik, mempertimbangkan transportasi dan pengaruhnya pada masyarakat hingga menyusun produk rencana tata ruang. Hal ini tentu membutuhkan kerja tim yang terdiri dari berbagai disiplin ilmu. Alumni pada jurusan ini akan menjadi *tim leader*. Tentu saja posisi ini sangat penting sehingga membutuhkan tenaga ahli yang mumpuni.

b. Ahli Pembuatan Peta Wilayah

Selain melakukan analisis yang berhubungan dengan banyak hal, lulusan pada jurusan ini juga mampu dalam hal pembuatan peta suatu wilayah. Kemampuan dalam membuat peta ini juga dibutuhkan oleh lembaga atau instansi pemerintah dan swasta yang bergerak dalam pembangunan.

c. Konsultan Perencanaan.

Pembangunan yang dilaksanakan membutuhkan konsultan perencanaan guna menghindari kesalahan pada proyek atau pekerjaan. Konsultan perencanaan merupakan pihak yang ditunjuk oleh pemberi tugas untuk melakukan perencanaan dan pengawasan, sehingga dibutuhkan tenaga yang handal guna menghindari terjadinya kesalahan dalam pekerjaan. Lulusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota dapat ditempatkan pada bidang pekerjaan tersebut.

d. Manajer atau Surveyor Pembangunan

Berbagai proyek besar tentu saja membutuhkan validasi dari surveyor agar dapat dinyatakan memenuhi aturan dan proyek bisa dilaksanakan. Posisi sebagai manajer dan surveyor membutuhkan pengalaman dan tanggung jawab yang besar. Posisi ini dapat ditempati oleh sarjana Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota.

e. Pegawai di Berbagai Perusahaan

Menjadi staf atau pegawai di perusahaan dapat menjadi pilihan lain dalam menggeluti suatu profesi yang bisa dipilih oleh lulusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota. Tentu saja hal ini ditunjang dengan kemampuan yang handal sehingga dapat menduduki jabatan yang tinggi, selain itu harus memiliki keahlian dalam menekuni pekerjaan tersebut.

Hingga saat ini sudah banyak alumni atau lulusan dari program studi teknik perencanaan wilayah dan kota. Para alumni dari

jurusan ini sebagian besar berkumpul dalam suatu wadah organisasi yang dikenal dengan IAP atau Ikatan Ahli Perencana. Kepengurusannya berada pada tingkat provinsi dan tercatat anggotanya mencapai lebih dari 3.000 perencana wilayah dan kota. Selain merupakan wadah pembinaan, organisasi ini juga sebagai jembatan komunikasi dan konsultasi antara anggota IAP maupun dengan ahli lainnya termasuk juga pihak pemerintah, swasta serta lembaga masyarakat.

7.6. Penutup

Perencanaan wilayah dan kota merupakan suatu program studi yang mencakup berbagai disiplin ilmu (multi disiplin). Program studi ini mempelajari tentang cara menyusun perencanaan wilayah dan kota serta mengevaluasi kebijakan dan program yang telah disusun. Selain itu pula menyusun indikasi program yang nantinya menjadi pedoman bagi pembangunan yang akan dilaksanakan. Rencana tata ruang yang disusun memiliki dimensi perencanaan 20 tahun.

Produk atau hasil perencanaan berupa dokumen rencana tata ruang yang disusun berdasarkan hirarki/tingkatan perencanaannya. Hirarki dalam perencanaan ruang yakni rencana tata ruang atau rencana umum dan rencana rinci atau detail, baik itu nasional, provinsi, kota maupun kabupaten. Indikasi program yang telah disusun menjadi pedoman juga bagi penyusunan rencana strategis (renstra), rencana pembangunan jangka menengah (periode 5 tahun) dan rencana pembangunan jangka panjang daerah (periode 20 tahun).

Berbagai hal harus dipertimbangkan dalam kegiatan perencanaan wilayah dan kota termasuk pada aspek ekonomi, sosial, budaya dan aspek lainnya. Selain berbagai aspek tersebut, perlu pula memperhatikan daya tampung dan daya dukung lahan, kebencanaan serta karakteristik suatu wilayah maupun kota. Adapun pedoman yang dipergunakan dalam penyusunan rencana tata ruang adalah Undang-Undang Penataan Ruang

nomor 26 tahun 2007 dan regulasi terkait lainnya yang masih berlaku.

Menjadi seorang *planner* tidak gampang, yang mana alumni atau lulusan dari program studi teknik perencanaan wilayah dan kota akan menjadi *team leader* untuk suatu pekerjaan atau proyek perencanaan pembangunan. Untuk itu dibutuhkan alumni yang siap bekerja serta memiliki keterampilan dan keahlian agar *output* yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan kaidah keilmuan pada bidang perencanaan wilayah dan kota.

Konstruksi dan K3

8.1. Pengantar

Kecelakaan kerja merupakan salah satu risiko yang mengintai hampir semua jenis pekerjaan di berbagai sektor. Hasil survei menunjukkan bahwa angka kecelakaan di tempat kerja mengalami peningkatan secara signifikan setiap tahun. Dalam tulisan (Nikmatuzaroh, 2019) Data yang dirujuk dari BPJS (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial) Ketenagakerjaan menunjukkan bahwa pada tahun 2017 angka kecelakaan kerja mencapai 114 ribu kasus dan meningkat menjadi 117 ribu kasus pada tahun 2020. Dari ratusan ribu kasus kecelakaan tersebut, sektor industri menjadi salah satu sektor pekerjaan yang menyumbang banyak angka kasus kecelakaan kerja. Tingginya angka kecelakaan kerja menunjukkan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek krusial yang wajib diterapkan oleh semua perusahaan dan bidang usaha untuk menjamin keselamatan pekerja. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah sebuah sistem yang disusun oleh perusahaan dengan mempertimbangkan aspek-aspek risiko bahaya dan kebijakan pemerintah untuk diterapkan oleh seluruh pekerja dan pihak terkait.

Sejarah Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Indonesia bermula pada abad ke-17, yaitu sejak kedatangan penjajah Belanda. Keselamatan kerja mulai menjadi isu penting ketika pada tahun 1853 industri di Indonesia mulai menggunakan ketel

uap sehingga ditetapkan undang-undang mengenai sistem kerja ketel uap. Kondisi perindustrian di Indonesia semakin berkembang pesat dan penggunaan ketel uap semakin intensif. Pada tahun 1898 jumlah penggunaan ketel uap telah mencapai ribuan unit. Perkembangan industri pada saat itu juga disertai dengan peningkatan volume penggunaan mesin sehingga meningkatkan risiko bahaya bagi pekerja. Kemudian Pemerintah Hindia Belanda menetapkan peraturan perundang-undangan terkait keselamatan kerja atau disebut dengan *Veiligheid Ordonatie/ Regelement* pada tahun 1905. Peraturan tersebut disempurnakan pada tahun 1930 dan menjadi pedoman dasar penerapan K3 di Indonesia (Ismara, 2014). Dr. Thiis Evenson, seorang ahli dari International Labor Organization (ILO), melakukan survei mengenai keselamatan dan kesehatan kerja pada tahun 1953. Dari hasil survei diketahui bahwa Jawatan Pengawas Perburuhan dari Departemen Perburuhan menjadi satu-satunya jabatan yang berwenang melakukan inspeksi industri. Pelaksanaan inspeksi industri juga melibatkan peran konsultan dari Departemen Kesehatan. Inspeksi industri dilaksanakan untuk mengetahui kesesuaian implementasi K3 di perusahaan sehingga dapat menjamin keselamatan pekerja. Inspeksi industri dilaksanakan berlandaskan *Veiligheids Ordonatie/ Reglement (VO)* dari tahun 1930 hingga 1970. Kemudian pada tahun 1970 ditetapkan UU No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja sebagai aturan pengganti dan *Veiligheids Ordonatie/Reglement (VO)* resmi dicabut. Di skala global juga ditetapkan standarisasi internasional K3 melalui Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) 18001. OHSAS 18001 bertujuan untuk mengurangi risiko terjadinya kecelakaan kerja dan kerusakan lingkungan akibat industrialisasi melalui penerapan sistem manajemen K3 yang bermutu. Perusahaan yang melakukan sertifikasi OHSAS 18001 juga akan memperoleh keuntungan lain berupa perbaikan citra perusahaan karena terbukti berkomitmen dan menjalankan tanggung jawab K3 serta memberikan kepercayaan kepada

pemangku kepentingan, konsumen, dan masyarakat umum. Sertifikasi OHSAS 18001 menunjukkan bahwa perusahaan memuat struktur K3 yang terdiri dari perencanaan, implementasi, pengawasan, evaluasi, dan tindakan perbaikan yang dilaksanakan secara berkelanjutan hingga tidak terjadi lagi kecelakaan kerja atau disebut zero accident.

Menurut (Qolbi and Muliawan, 2020) Sistem pengendalian mutu K3 di Indonesia disebut dengan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Dasar hukum pelaksanaan SMK3 adalah Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 05 Tahun 1996. SMK3 berbeda dengan sistem manajemen lainnya karena SMK3 bersifat wajib (*mandatory*) sedangkan sistem manajemen lain pada umumnya bersifat suka rela (*voluntary*). Setiap perusahaan besar yang memiliki minimal 100 orang pekerja serta perusahaan kecil yang kegiatannya menggunakan material dan proses berbahaya diwajibkan untuk memiliki SMK3. Pewajiban pelaksanaan SMK3 merujuk pada fakta yang menyatakan bahwa 80% kasus kecelakaan kerja di Indonesia terjadi karena perilaku pekerja yang tidak aman. Penerapan SMK3 di Indonesia terus berkembang dan berubah menyesuaikan kondisi yang dinamis. Dari aspek legislasi, pemerintah beberapa kali merevisi dan menerbitkan peraturan perundang-undangan untuk memperbaiki regulasi terkait K3. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 05 Tahun 1996 mengalami perubahan dan ditetapkan menjadi Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3 di Indonesia. Selain itu juga ditetapkan Undang-undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan yang memuat tentang kewajiban penerapan SMK3 di lingkungan perusahaan.

8.2. Pengertian K3 konstruksi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) mulai dikenal luas di Indonesia sejak Undang-Undang No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja ditetapkan pemerintah Republik

Indonesia. Regulasi tersebut menjadi dasar penetapan Peraturan Menteri Tenaga Kerja, Transmigrasi, dan Koperasi No. 1 tahun 1978 tentang keselamatan dan kesehatan kerja dalam industri penebangan kayu. Sebelum penerapan undang-undang tersebut, masyarakat masih kesulitan memahami maksud K3. Hal ini disebabkan karena pada saat itu K3 digunakan sebagai singkatan dari beberapa istilah. Pertama, K3 dikenal sebagai singkatan dari jargon pemeliharaan lingkungan tempat tinggal masyarakat yang berbunyi "Ketertiban, Kebersihan, dan Keindahan". Singkatan kedua K3 digunakan untuk menunjukkan salah satu pangkat Pegawai Negeri Sipil (PNS) dari kelompok honorer yang memiliki arti Kategori 3. Istilah lain disingkat menjadi K3 adalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja menjadi salah satu bidang kerja atau instrumen yang diwajibkan untuk dimiliki dan diterapkan oleh setiap perusahaan dan bidang usaha. Para ahli dan lembaga menjelaskan K3 melalui beberapa definisi. Definisi K3 pertama dikemukakan dalam Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Pada Pasal 1 ayat 2 dinyatakan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan semua jenis aktivitas yang bertujuan untuk memberi jaminan perlindungan atas keselamatan dan kesehatan pekerja. Jaminan perlindungan yang tersebut mencakup tindakan untuk mencegah terjadinya kecelakaan ataupun timbulnya penyakit dari aktivitas kerja (Maria, 2013). Definisi K3 juga dikemukakan oleh International Labour Organization (ILO) dalam jurnal (Sinuhaji, 2019), yaitu organisasi perburuhan internasional yang berpusat di Jenewa, Swiss dan berada di bawah naungan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). ILO mengemukakan bahwa K3 merupakan suatu faktor dan kondisi yang memberikan dampak terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja maupun orang lain yang berada di lingkungan kerja. Kunliestiowati Hadiningrum (2003) menyatakan bahwa K3 merupakan

tindakan untuk mengawasi sumber daya mesin, material, manusia, dan metode di lingkungan kerja agar tenaga kerja terhindar dari kecelakaan.

Dalam jurnal (Saputra and Maulana, 2019) juga tertulis bahwa A.A. Anwar Prabu Mangkunegara (2002) mendefinisikan K3 sebagai sebuah usaha dan gagasan untuk memberikan jaminan keutuhan dan penyempurnaan kondisi jasmani rohani pekerja. Pelaksanaan K3 juga mungkin dapat memberikan dampak positif terhadap masyarakat umum untuk mencapai kemakmuran dan keadilan. Dan Robert L. Mathis & John H. Jackson (2002) membagi K3 menjadi dua definisi, yaitu keselamatan kerja dan kesehatan kerja. Keselamatan kerja merupakan upaya melindungi pekerja dari segala jenis risiko cedera fisik selama berlangsungnya pekerjaan. Istilah kesehatan kerja didefinisikan sebagai segala bentuk upaya untuk menjaga kondisi psikologis, fisik, dan emosional pekerja. Berdasarkan definisi yang dikemukakan oleh lembaga dan para ahli tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa K3 merupakan suatu upaya yang bertujuan memberikan keamanan dan melindungi pekerja dari gangguan fisik maupun mental selama berada di tempat kerja. K3 juga diterapkan untuk mencapai tujuan lain berupa peningkatan efisiensi pekerjaan dengan adanya dukungan dari perusahaan itu sendiri maupun dari lembaga eksternal. Di dunia kerja juga dikenal istilah K3 konstruksi, yaitu metode implementasi K3 di zona kerja konstruksi untuk menciptakan dan meningkatkan bentuk kerja sama yang baik. Kerja sama sinergis antara pekerja dan penguasa akan menghasilkan pelaksanaan usaha konstruksi yang efisien, instan, dan nyaman.

K3 konstruksi didefinisikan sebagai sebuah himbauan atau ketentuan yang digunakan untuk memberitahu dan mengarahkan pekerja agar mencapai keselamatan, kesehatan, dan keamanan selama berada di lingkungan kerja. Unsur keamanan menjadi aspek paling penting untuk menjamin keberlangsungan dan kelancaran pengerjaan suatu proyek. Hal

ini disebabkan karena keamanan akan menjamin tercapainya keselamatan dan kesehatan pekerja sehingga pelaksanaan proyek dapat dikerjakan dengan risiko hambatan kecil. K3 konstruksi dapat didefinisikan melalui aspek filosofis, yaitu rambu K3 konstruksi yang memiliki arti sebagai suatu hasil pemikiran dalam usaha untuk memberikan jaminan keutuhan dan kesempurnaan aspek jasmani dan rohani pekerja. Lebih lanjut, keutuhan dan kesempurnaan aspek jasmani dan rohani pekerja akan menghasilkan hasil karya yang optimal. Dari aspek keilmuan rambu K3 konstruksi didefinisikan sebagai suatu metode yang patut diterapkan dengan tujuan untuk mencegah terjadinya berbagai jenis musibah dalam bekerja. Aspek keilmuan ini menunjukkan bahwa K3 konstruksi juga berguna untuk menghindarkan pekerja dari pencemaran area, kebakaran, peledakan, timbulnya penyakit akibat pekerjaan, dan berbagai risiko bahaya lain yang mungkin terjadi di tempat kerja.

8.3. Tujuan dan manfaat

K3 merupakan unsur krusial dalam pelaksanaan kerja karena memiliki beberapa tujuan dan manfaat tertentu bagi pekerja, pengusaha, dan masyarakat. Djamaludin Ramlan dalam bukunya yang berjudul Dasar-Dasar Kesehatan Kerja (2006) mengemukakan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja memiliki dua tujuan pokok, yaitu tujuan keselamatan kerja dan tujuan kesehatan kerja. Tujuan keselamatan kerja terbagi lagi menjadi tiga tujuan khusus, yaitu, menjamin keselamatan pekerja selama menjalankan pekerjaan sehingga dapat mencapai kesejahteraan hidup dan produktivitas nasional, melindungi setiap orang yang berada di lingkungan kerja, serta tujuan untuk pemeliharaan sumber daya produksi beserta pengaturan untuk menggunakan sumber daya secara efisien dan aman. Tujuan kesehatan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu menjaga kesehatan fisik, kesehatan mental, dan kesejahteraan sosial pekerja. Beberapa contoh tindakan implementasi K3 di lingkungan kerja antara lain pemberian asupan nutrisi untuk meningkatkan

stamina pekerja sehingga dapat bekerja secara optimal, meningkatkan fokus, dan untuk menghindari terjadinya kecelakaan yang berakibat pada gangguan kesehatan. Contoh lain dari implementasi K3 adalah pengadaan alat pelindung diri dan perlengkapan pendukung guna menghindari paparan bahaya dan terjadinya kecelakaan secara beruntun di tempat kerja. Alat pelindung diri yang dapat difasilitasi kepada pekerja antara lain masker, baju khusus, kacamata khusus, safety helmet, dan alat penunjang lainnya. Implementasi K3 juga dapat berupa tindakan nonmaterial, misalnya penempatan pekerja sesuai dengan kondisi dan kemampuan fisik, psikis, dan keterampilan guna meningkatkan efisiensi pekerjaan (Yusida *et al.*, 2017).

PP No. 50 Tahun 2012 menegaskan bahwa implementasi K3 dilaksanakan berdasarkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Pada peraturan pemerintah ini disebutkan bahwa SMK3 dilaksanakan untuk peningkatan efektivitas kegiatan perlindungan K3 secara terencana, terstruktur, dan terintegrasi sehingga dapat mengurangi risiko terpapar penyakit dan terjadinya kecelakaan yang berkaitan dengan kegiatan di lingkungan kerja. Pelaksanaan SMK3 juga perlu melibatkan semua unsur terkait lingkungan kerja agar tujuan K3 tercapai, antara lain terciptanya keamanan dan kenyamanan lingkungan kerja, peningkatan produktivitas, dan terwujudnya efisiensi kerja. Apabila ketiga tujuan tersebut tercapai, maka perusahaan dapat dinyatakan telah berhasil menerapkan SMK3 dengan baik. Pada bidang kerja konstruksi, K3 merupakan bentuk keamanan konstruksi yang terpusat pada beberapa aspek yang saling berpengaruh, yaitu aspek keselamatan, kesehatan, dan keamanan. Implementasi K3 berlaku untuk semua pihak, baik pihak internal perusahaan seperti pekerja dan pengusaha maupun pihak eksternal seperti masyarakat umum di sekitar lingkungan kerja. K3 juga mencakup aspek kesehatan yang cukup luas, termasuk kondisi fisik, psikologis, dan sosial (Triswandana, 2020).

K3 memberikan berbagai manfaat bagi semua pihak. Manfaat K3 yang dirasakan langsung oleh pekerja di lingkungan internal perusahaan antara lain pekerja dapat mengetahui dan memahami setiap jenis risiko dan bahaya yang mengintai pekerjaannya. Dengan adanya pemahaman yang jelas mengenai K3 maka pekerja dapat menjalankan hak dan kewajiban terkait peraturan K3, melakukan tindakan-tindakan yang dapat mencegah terjadinya kecelakaan kerja, serta dapat menentukan tindakan dalam situasi darurat. Menurut (Tandioga *et al.*, 2021) manfaat penerapan K3 tidak hanya dirasakan pekerja selama berada di lingkungan kerja, melainkan juga berdampak pada kehidupan sehari-hari pekerja. Manfaat tersebut antara lain meningkatkan harapan hidup pekerja karena risiko lebih rendah terpapar penyakit dari lingkungan tempat kerja. Selain itu, pekerja juga memiliki keberlanjutan peran dalam menunjang kondisi ekonomi keluarga dalam jangka waktu lebih lama. Penerapan K3 tidak hanya bermanfaat bagi pekerja, tetapi juga bagi perusahaan. Manfaat yang diterima perusahaan melalui penerapan K3 antara lain meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya kesehatan dan asuransi pekerja, serta dapat membangun reputasi positif dari konsumen dan masyarakat. Manfaat penerapan K3 juga dirasakan oleh pemerintah karena regulasi yang ditetapkan dapat dijalankan dengan baik sehingga mendukung kesejahteraan umum dan menyokong perekonomian nasional. Masyarakat umum juga dapat merasakan manfaat dari penerapan K3, di antaranya memiliki jaminan keamanan dan kenyamanan di sekitar lingkungan kerja serta dapat merasa yakin dan percaya terhadap perusahaan yang menerapkan K3.

Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan bidang ilmu yang memiliki banyak aspek untuk dipelajari. Oleh karena itu saat ini telah banyak dibuka jurusan Keselamatan dan Kesehatan Kerja oleh beberapa lembaga pendidikan. Adanya bidang khusus untuk mempelajari bidang ilmu K3 dapat menjadi potensi terciptanya lebih

banyak tenaga profesional K3. Jurusan K3 masih belum banyak diketahui oleh masyarakat dibandingkan dengan jurusan bidang ilmu lainnya sehingga persaingan untuk dapat masuk dan menempuh pendidikan di bidang tersebut masih cukup longgar. Sementara untuk prospek di masa depan, lulusan jurusan K3 memiliki prospek kerja yang luas karena hampir semua sektor industri memerlukan tenaga ahli di bidang K3 dan dapat memberikan penghasilan dengan jumlah yang menjanjikan. Kebutuhan akan tenaga ahli di bidang K3 meningkat karena kini semakin banyak perusahaan yang mulai menyadari bahwa K3 penting diterapkan untuk mendukung kegiatan bisnis, meningkatkan produktivitas, menjamin kesejahteraan pekerja, dan mematuhi regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah. Akan tetapi peningkatan kebutuhan tenaga ahli K3 tidak disertai dengan adanya program pendidikan K3 yang komprehensif dan memadai. Hal ini dikarenakan jurusan K3 belum lama dibentuk sehingga belum semua lembaga dan institusi pendidikan dapat menyelenggarakan program pendidikan yang sesuai dengan kebutuhan industri. Salah satu kekurangan pendidikan K3 adalah belum adanya materi yang menitikberatkan pada kegiatan praktik dan pengembangan pengalaman melainkan hanya memberikan materi yang sifatnya masih umum dan mendasar. Meskipun demikian, bukan berarti semua lembaga dan institusi pendidikan belum menyelenggarakan pendidikan K3 dengan baik. Beberapa institusi pendidikan telah lolos sertifikasi ISO 21001:2018 yang menunjukkan bahwa penyelenggaraan pendidikan K3 di institusi tersebut telah sesuai dengan standar internasional dan dinyatakan bermutu baik

8.4. SMK 3

Penyelenggara pekerjaan konstruksi diwajibkan untuk memenuhi persyaratan keselamatan, kesehatan, dan keamanan kerja untuk mewujudkan pekerjaan konstruksi yang tertib. Persyaratan tersebut dapat dipenuhi dengan menerapkan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi (K3 Konstruksi), yaitu semua jenis kegiatan untuk mencegah penyakit dan kecelakaan kerja di bidang konstruksi yang bertujuan memberikan perlindungan dan penjaminan keselamatan dan kesehatan pekerja. Menurut (Nuruzzaman and Djanegara, 2008) Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum (SMK3 Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum) merupakan bagian dari sistem manajemen organisasi pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang bertujuan untuk mengendalikan risiko K3 pada setiap pekerjaan konstruksi bidang Pekerjaan Umum. SMK3 konstruksi Bidang Pekerjaan Umum diimplementasikan secara konsisten agar tercapai peningkatan efektifitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang terencana, terstruktur, terukur dan terintegrasi. Penerapan SMK3 konstruksi Bidang Pekerjaan Umum secara konsisten dapat mengurangi dan mencegah penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja, mendukung produktivitas, serta membangun tempat kerja yang aman, nyaman dan efisien.

SMK3 Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum mencakup beberapa aspek, antara lain kebijakan K3, perencanaan K3, pemeriksaan dan evaluasi kinerja k3, pengendalian operasional, serta tinjauan ulang kinerja K3. Kebijakan K3 yang disahkan harus memuat tentang komitmen mematuhi peraturan perundang-undangan beserta regulasi lain terkait K3 dan menggunakannya sebagai dasar penyusunan sasaran K3. Kebijakan K3 juga harus memuat komitmen untuk mencegah penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja. Kebijakan K3 yang telah disusun kemudian disampaikan secara jelas kepada semua pihak di perusahaan terkait, termasuk pekerja, tamu, dan pihak lain yang memiliki peran di dalam suatu kegiatan konstruksi. Selain itu juga perlu dilakukan peninjauan ulang terhadap kebijakan K3 yang telah ditetapkan untuk mengidentifikasi adanya ketidaksesuaian dengan kondisi di lapangan sehingga dapat dilakukan perbaikan dan penyesuaian. Organisasi K3 dibentuk dengan Penanggungjawab

K3 membawahi bidang-bidang yang terintegrasi dengan struktur organisasi Perusahaan. Dalam struktur organisasi K3 tercantum pihak-pihak yang menjadi penanggung jawab disertai dengan uraian tugas yang dibebankan pada masing-masing jabatan. Uraian tugas tersebut terdiri dari tindakan pengendalian yang ditentukan berdasar lingkup pekerjaan, prediksi, serta rencana penanganan kondisi darurat di lingkungan kerja.

Perencanaan K3 terdiri dari beberapa tahapan, yaitu identifikasi bahaya, penilaian risiko, skala prioritas, pengendalian risiko K3 dan penanggung jawab terhadap kegiatan konstruksi. Dalam perencanaan K3 konstruksi terdapat dua jenis sasaran yang hendak dicapai, yaitu sasaran umum dan sasaran khusus. Sasaran umum merupakan pencapaian nihil kecelakaan kerja yang fatal (*Zero Fatal Accidents*) pada pekerjaan konstruksi. Sasaran khusus merupakan target-target yang secara khusus disusun terperinci untuk mendukung tercapainya sasaran umum melalui pelaksanaan beberapa program. Penyusunan program K3 harus mencakup semua jenis sumber daya yang digunakan, indikator pencapaian, jangka waktu pelaksanaan, tindakan pengawasan, anggaran biaya, dan penanggung jawab.

Pengendalian operasional K3 merupakan petunjuk kerja untuk mengendalikan, melaksanakan, dan mempertanggungjawabkan proyek kegiatan SMK3. Program pelatihan K3 yang disusun berdasarkan pengendalian risiko antara lain sistem pertolongan pertama pada kecelakaan dan penyesuaian kebutuhan tingkat pengendalian risiko K3. Tindakan pemeriksaan dan evaluasi kinerja K3 mengacu pada kegiatan-kegiatan dalam pengendalian operasional. Hasil pemeriksaan dan evaluasi kinerja K3 tersebut dibandingkan dengan tolak ukur sasaran dan program K3 untuk kemudian hasilnya dikelompokkan sesuai dengan kategori sesuai atau kategori tidak sesuai. Untuk jenis kegiatan yang termasuk ke dalam kategori tidak sesuai, misalnya dengan adanya kasus kecelakaan kerja, maka kegiatan tersebut akan

ditinjau ulang untuk menentukan tindakan perbaikan yang tepat (Lestari, 2015).

8.5. Prinsip Kerja K3 Konstruksi

Keselamatan dan Kesehatan Kerja sangat penting diterapkan di proyek konstruksi untuk mencermati berbagai aspek dalam berbagai aktivitas dan kinerja konstruksi. Beberapa prinsip kerja yang sesuai dengan K3 wajib dipraktikkan dalam proyek konstruksi. (Malik, 2013) menyebutkan ada beberapa prinsip kerja yang harus dipraktikkan dalam penerapan K3 antara lain melengkapi administrasi, kelengkapan administrasi, menyusun rencana keamanan (*safety plan*), menerapkan K3, dan melakukan pelatihan K3. Administrasi yang harus dilengkapi oleh proyek konstruksi antara lain registrasi proyek pada kementerian kerja setempat, pembayaran asuransi pekerja, surat pemberitahuan kepada pemerintah dan lembaga setempat, pesan penjelasan untuk pemakaian perlengkapan berat, dan berbagai jenis perizinan yang diperlukan seperti izin pemakaian sarana universal dan jalur tertentu. Prinsip kerja K3 Konstruksi yang kedua adalah menyusun rencana keamanan (*safety plan*), yaitu rencana yang disusun untuk menerapkan K3 berdasarkan aspek keamanan. Rencana keamanan ini memiliki tujuan untuk memudahkan jalannya proyek konstruksi, menciptakan suasana kerja yang nyaman, dan mencegah timbulnya penyakit akibat kerja maupun terjadinya kecelakaan di tempat kerja. Rencana keamanan yang disusun secara tepat akan dapat meningkatkan produktivitas kinerja secara signifikan. Pada umumnya *safety plan* terdiri dari alamat lembaga, pembukaan tentang gambaran proyek konstruksi yang dijalankan, pokok atensi dalam K3, metode pengoperasian perlengkapan secara lengkap, macam-macam risiko, serta tindakan yang diperlukan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Prinsip kerja K3 konstruksi yang terakhir adalah penerapan dan pelatihan K3. Prinsip K3 diterapkan oleh seluruh pihak yang berkaitan dengan proyek konstruksi. Dalam pelaksanaannya, juga dilakukan pengawasan

untuk memastikan prinsip K3 berjalan sesuai dengan rencana. Tindakan pengawasan tersebut terdiri dari tiga faktor, yaitu safety meeting, safety supervisor, dan safety patrol. Setiap faktor memiliki peran dan tugas yang berbeda. Safety patrol berperan dalam melakukan pengawasan terhadap penerapan K3 dalam proyek konstruksi. Safety supervisor berperan dalam mengatur jalannya proses K3 dengan benar dan sesuai kebijakan yang telah ditetapkan. Safety meeting memiliki peranan dalam penyusunan ulasan dan laporan yang diselesaikan oleh safety supervisor dan safety patrol.

Penerapan K3 dalam proyek konstruksi juga membutuhkan berbagai jenis peralatan dan perlengkapan pendukung kinerja dan program K3. Peralatan tersebut terdiri dari sarana promosi program K3 dan alat pelindung diri bagi semua pihak yang berada di lingkungan kerja. Promosi program K3 umumnya berupa baliho, bendera, dan sign board K3 yang di dalamnya memuat slogan dan rambu K3 konstruksi. Alat pelindung diri yang diperlukan untuk penerapan K3 konstruksi antara lain kaca mata safety, pelindung kepala, pelindung wajah, pelindung runggu, pelindung tangan, pelindung kaki, pelindung badan (body harness) dan alat pelindung lain yang dapat melindungi tubuh dari paparan bahaya dan risiko kecelakaan. Alat pelindung tersebut dapat melindungi pekerja dari benturan, benda jatuh, suara tinggi mesin, serta paparan bahan kimia maupun bahan yang berbentuk butiran halus (Fadillah, 2015).

8.6. Implementasi K3

Kecelakaan kerja adalah musibah tidak yang terduga dan tidak diharapkan terjadi di lingkungan yang memiliki ikatan kerja serta menyebabkan terjadinya pencemaran, kerugian barang, maupun jatuhnya korban jiwa, cedera, atau cacat. Kecelakaan kerja yang dialami oleh pekerja dapat berakibat pada penurunan

kondisi raga maupun keadaan jiwa sehingga berimbas pada penurunan produktivitas dan kemampuan untuk bekerja. Akibatnya, pekerja mengalami penurunan pendapatan dan perubahan signifikan dalam hidupnya. Dengan demikian, korban dari terjadinya kecelakaan kerja perlu diberikan kompensasi atas kecelakaan kerja yang menimpanya. Pemberian kompensasi tentu akan menjadi hambatan finansial yang cukup berdampak bagi perusahaan, serta dapat mempengaruhi citra perusahaan dari aspek sosial. Dalam hal ini K3 memegang peranan yang berarti dalam pencegahan terjadinya kecelakaan kerja sehingga kerugian materi dan jatuhnya korban dapat ditekan. Penerapan K3 tidak dapat dilakukan secara spontan melainkan diperlukan adanya peran manajemen untuk meninjau, mengendalikan, dan mengatur program keselamatan di lingkungan kerja agar berjalan secara efektif.

(Mayasari, 2016) menyebutkan bahwa proyek konstruksi memiliki karakter yang khas dibandingkan jenis proyek pekerjaan lain. Karakter khas tersebut antara lain proyek pekerjaan memiliki jangka waktu yang terbatas, melibatkan banyak pekerja yang cenderung kurang terlatih, pekerjaan membutuhkan banyak tenaga, menggunakan peralatan kerja yang berisiko mengancam keselamatan, dan tempat kerja berada di ruang terbuka sehingga jalannya pekerjaan dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Karakteristik khas tersebut menyebabkan zona jasa konstruksi memiliki dampak musibah yang besar. Guna menghindari terjadinya musibah dan risiko kerugian proyek, maka diperlukan sistem manajemen K3 untuk mengontrol jalannya pekerjaan secara aman dan terkendali. SMK3 berperan sebagai acuan dasar bagi pekerja, konsultan, dan kontraktor untuk menjalankan proyek konstruksi yang minim risiko kecelakaan. Penerapan SMK3 juga menjadi bentuk kepastian bahwa kinerja proyek selalu sesuai dengan kebijakan dan persyaratan hukum yang berlaku sehingga mendorong tercapainya keberhasilan proyek, nihil musibah, dan kerugian

nihil. Penerapan SMK3 meliputi tiga aspek, yaitu aspek manusia atau tenaga kerja, mesin dan perlengkapan, serta aspek sistem manajemen.

1. Manusia (Tenaga kerja), merupakan sumber daya utama untuk menerapkan SMK3. Setiap manusia atau tenaga kerja yang berada di lingkungan proyek konstruksi diwajibkan untuk memahami aspek-aspek yang terkandung dalam K3. Tidak hanya sekadar memahami, tenaga kerja juga diwajibkan untuk mematuhi setiap peraturan yang dicantumkan dalam SMK3. Selain itu juga diperlukan tenaga ahli yang kompeten dan terlatih untuk menyelenggarakan K3 dengan baik di proyek Konstruksi. Aspek ini tercantum dalam Kepdirjen Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan Nomor. KEP 20/ DJPPK/ VI/ 2004 tentang Sertifikasi Kompetensi K3 Bidang Konstruksi Bangunan.
2. Mesin serta perlengkapan. Dalam penerapan SMK3 di proyek konstruksi, semua jenis mesin dan perlengkapan termasuk sebagai aspek penting yang perlu diperhatikan. Hal ini disebabkan karena mesin dan perlengkapan yang digunakan di proyek konstruksi umumnya berisiko menimbulkan bahaya kecelakaan kerja. Untuk menerapkan SMK3, semua mesin dan perlengkapan, termasuk perlengkapan berat, yang akan digunakan harus diuji kelayakan dan performanya oleh lembaga, dinas, atau pihak personal yang berwenang dan memenuhi syarat perundangan. Aspek pemeriksaan mesin dan perlengkapan tercantum dalam Permennaker No 05 Tahun 1985 tentang Pesawat Angkat serta Angkut ([link unduh](#)).
3. Sistem Manajemen K3. Sistem manajemen K3 merupakan aspek terakhir dari penerapan SMK3 di proyek konstruksi. Sistem manajemen ini diperlukan untuk pengendalian sehingga implementasi K3 konstruksi dapat berlangsung secara kontinyu tanpa terjadi musibah kerja dan fatalitas.

Sistem manajemen konstruksi memiliki peranan untuk membantu pemilik usaha dalam menyusun program K3 dan anggaran biaya yang diperlukan.

Sistem manajemen K3 konstruksi dapat berlangsung efisien, efektif, dan optimal apabila diterapkan empat fungsi, yaitu *planning*, *organizing*, *actuating*, dan *controlling*. Fungsi *planning* atau perencanaan terdiri dari aspek kualifikasi dan jumlah tenaga kerja, perlengkapan, waktu pemesanan, waktu pendapatan material, waktu penerapan, metode penerapan, dan aspek terkait lainnya. Fungsi *organizing* atau pengarahan merupakan fungsi untuk mengarahkan pekerja dan pihak terkait mengenai mekanisme pelaksanaan K3. Fungsi *actuating* atau penerapan merupakan pelaksanaan K3 disertai dengan penilaian dan koreksi terhadap hasil. Fungsi *controlling* atau pengawasan merupakan tindakan untuk mengatur dan mengawasi penerapan proyek, serta memeriksa kecocokan implementasi di lapangan dengan perencanaan dan jadwal yang telah ditetapkan (Pattisinai *et al.*, 2020).

8.7. Penutup

K3 konstruksi merupakan peraturan atau himbauan kepada pekerja terkait keselamatan, kesehatan, dan keamanan kerja. Aspek keamanan dan kenyamanan dalam bekerja di proyek konstruksi menjadi yang krusial karena mempengaruhi keselamatan, kesehatan, dan produktivitas pekerja. Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan secara terperinci mengenai syarat, manfaat, tujuan, dan prinsip kerja K3 konstruksi. Secara umum K3 konstruksi bertujuan untuk mengurangi dan mencegah risiko kecelakaan, ledakan, kebakaran, dan bahaya kerja lainnya. K3 juga bertujuan untuk memberikan petunjuk terkait metode evakuasi dan tindakan perbaikan yang perlu dilakukan apabila terjadi kecelakaan guna meminimalkan risiko cedera, penyakit dan kerugian. K3 merupakan sistem yang diterapkan secara kontinyu hingga tercapai nihil kecelakaan (*zero accident*).

Penerapan K3 dalam bidang konstruksi membutuhkan peralatan dan perlengkapan pendukung. Peralatan tersebut digunakan untuk promosi tentang K3 dan untuk alat pelindung selama menjalankan pekerjaan di lapangan. Perlengkapan yang digunakan harus sesuai dengan standar baku agar dapat memberikan keamanan secara optimal. Perlengkapan tersebut antara lain:

- Bendera K3 sebagai bentuk promosi yang dipasang selama aktivitas konstruksi berlangsung.
- Sign board K3 yang berisi slogan khusus dan rambu-rambu informatif.
- Kacamata safety yang berfungsi untuk melindungi mata dari paparan bahaya fisik dan kimia selama berada di lokasi proyek.
- Pelindung bagian wajah yang terdiri dari masker dan/atau face shield sebagai alat pencegah paparan debu dan material berbahaya.
- Ear plug dan ear muff sebagai alat pelindung telinga dari kebisingan.
- Safety helmet sebagai alat pelindung kepala dari pukulan, benturan, atau kejatuhan benda.
- Sepatu boot atau sepatu pelindung sebagai alat pelindung kaki dari kondisi lingkungan tidak menguntungkan.
- Safety gloves sebagai pelindung tangan dari benda tajam, panas, atau benda yang berpotensi membahayakan lainnya.

K3 konstruksi berfungsi sebagai bentuk penjaminan adanya unsur-unsur keamanan bagi setiap pekerja dan orang yang berada di lingkungan konstruksi sehingga terhindar dari risiko kecelakaan kerja. Untuk dapat mendukung kinerja K3 yang sesuai dengan prosedur standar operasi dan mewujudkan

tercapainya nihil kecelakaan, maka diperlukan pematuhan terhadap regulasi, prinsip, dan ketentuan perlengkapan.

BAB 9

Sanitasi Lingkungan Perkotaan

9.1. Pengantar

Letak geografis Indonesia antara dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia serta dua Samudra yaitu Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Luas wilayah Indonesia secara keseluruhan adalah 5.193.250 km² yang meliputi wilayah daratan seluas 1.919.440 km² dan luas lautan sekitar 3.273.810 km². Letak geografis Indonesia sangat strategis, sehingga berdampak sangat positif di mana Indonesia mudah melakukan perdagangan dengan negara-negara lain, demikian juga terhadap hasil produksi Indonesia mudah dipasarkan (eksport) maupun import barang dari berbagai belahan dunia. Namun demikian karena negara Indonesia terdiri dari banyak pulau besar dan kecil, menyebabkan pengawasan territorial wilayah Indonesia menjadi sulit, akibatnya Indonesia menjadi rawa terhadap penyelundupan dan tindak kejahatan.

Selain Indonesia memiliki jumlah pulau yang banyak, Indonesia memiliki jumlah penduduk No.4 terbanyak diantara negara G20. Jumlah penduduk Indonesia tercatat sebanyak 273.523.615 orang per tahun 2020. Populasi penduduk yang banyak tersebut menjadi ancaman bagi Sanitasi Lingkungan di Indonesia bila tidak dikelola dengan baik secara berkelanjutan.

Peta Kondisi Geografis Negara Indonesia



Gambar 9.1. Letak Geografis Negara Indonesia

(Bangun, 2021)

Menurut World Health Organization (WHO) sanitasi merupakan suatu usaha yang mengawasi beberapa faktor lingkungan fisik yang berpengaruh kepada manusia terutama terhadap hal-hal yang mempengaruhi efek, merujuk perkembangan fisik, kesehatan, dan kelangsungan hidup. Sanitasi lingkungan dapat juga diartikan sebagai kegiatan yang ditujukan untuk meningkatkan dan mempertahankan standar kondisi lingkungan yang mendasar untuk dapat mempengaruhi kesejahteraan manusia. Usaha tersebut dapat berupa pasokan air bersih yang dapat dinikmati oleh seluruh masyarakat yang bersih dan aman, pembuangan limbah dari manusia, hewan dan industri yang efisien, perlindungan makanan dari kontaminasi biologis dan kimia, udara yang bersih dan aman, rumah yang bersih dan aman. Jadi Sanitasi lingkungan ditujukan untuk memenuhi persyaratan lingkungan yang sehat dan nyaman. Karena lingkungan yang sanitasinya buruk dapat menjadi sumber berbagai penyakit yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Jika kesehatan terganggu, maka kesejahteraan masyarakat akan berkurang. Maka dari itu upaya sanitasi lingkungan menjadi

suatu hal yang sangat penting dalam upaya untuk meningkatkan kesejahteraan. (Coki Siadari, 2018)

Menurut Perpres No.185 Tahun 2014 tentang Percepatan Penyediaan Air Mnumdan Sanitasi (PPAMS) bahwa Sanitasi adalah segala upaya yang dilakukan untuk menjamin terwujudnya kondisi yang memenuhi persyaratan kesehatan melalui pembangunan sanitasi. Pembangunan sanitasi merupakan upaya peningkatan kualitas dan perluasan pelayanan persampahan rumah tangga, air limbah domestik, dan pengolahan darainas lingkungan secara terpadu dan berkelanjutan melalui peningkatan perencanaan, kelembagaan, pelaksanaan dan pengawasan yang baik. Sedangkan menurut wikipedia Bahasa Indoesia, bahwa sanitasi merupakan perilaku yang disengaja dalam pembudayaan hidup bersih dengan tujuan untuk mencegah agar manusia tidak bersentuhan langsung dengan kotoran dan bahan buangan berbahaya lainnya dengan harapan agar upaya ini akan menjaga dan meningkatkan kesehatan manusia. Bahaya ini bisa terjadi secara fisik, mikrobiologi dan agen-agen kimia atau biologis dari penyakit terkait. Bahan buangan yang dimaksud adalah tinja manusia dan binatang, sisa buangan padat, air, bahan buangan domestic berupa cucian, air seni, air mandi/cuci, bahan buangan industri maupun bahan buangan pertanian.

Jadi sanitasi merupakan suatu usaha pencegahan penyakit dengan menitik beratkan kepada usaha-usaha Kesehatan Lingkunga Hidup Manusia dengan melenyapkan atau mengendalikan faktor-faktor risiko lingkungan yang merupakan mata rantai penularan penyakit.

9.2. Sanitasi Kota Merupakan Tantangan Kesehatan Lingkungan

Permasalahan utama sanitasi di perkotaan di kota-kota besar di seluruh Indonesia adalah menyangkut masalah sosial, ekonomi, pendidikan sampai lingkungan. Jumlah penduduk serta

kepadatannya serta aktivitas penduduk yang tinggi, menjadikan lingkungan perkotaan memerlukan perhatian serta skala prioritas utama dari pemerintah baik Pemerintah Pusat maupun Pemerintah Daerah. Sehingga sanitasi menjadi salah satu masalah utama di perkotaan yang sifatnya mendesak. Namun demikian, masalah yang sedang dihadapi oleh Pemerintah Pusat dan Daerah adalah masalah pendanaan dalam penyediaan infrastruktur. Informasi di lapangan menunjukkan bahwa kondisi sanitasi di Indonesia masih sangat kurang, penanganan air limbah di perkotaan masih kurang, karena masih banyak penduduk yang buang air besar sembarangan yang dapat mencemari lingkungan. Tingkat kepadatan penduduk di wilayah perkotaan, tidak memungkinkan masing-masing rumah tangga memiliki pengolahan limbah sendiri, sehingga dipandang perlu untuk dibuatkan pengolahan limbah yang bersifat komunal dengan lokasi di berbagai lokasi seperti pinggiran sungai dan daerah padat hunian.

Masalah sanitasi di Indonesia masih menjadi masalah yang cukup pelik, yang dapat membawa dampak yang cukup besar terhadap kesehatan masyarakat serta keseimbangan terhadap lingkungan sekitarnya. Pembangunan sarana sanitasi yang layak masih relative rendah dan belum sebanding dengan jumlah penduduk. Berdasarkan info dari UNICEF, terdapat beberapa isu yang dianggap penting berkaitan dengan masalah sanitasi, di mana sanitasi yang buruk mengakibatkan banyak kematian pada anak akibat diare yang akan berdampak pada masalah gizi. Efek gizi buruk menghalangi anak-anak untuk beraktivitas, meraih potensi yang maksimal dan memburuknya kualitas sumber daya manusia ke depannya. Peran penting dari kebersihan lingkungan sering terabaikan. Budaya kebersihan yang buruk, kepadatan penduduk, serta kontaminasi air oleh adanya limbah, akan makin memperparah risiko munculnya penyakit. Masalah sanitasi di Indonesia juga dapat meningkatkan angka penderita gizi buruk.

Sistem sanitasi serta pembuangan kotoran dan air limbah di kota-kota besar umumnya masih kurang memadai ditambah lagi belum dikelola dengan baik dan benar. Selain itu pengelolaan limbah padat di daerah perkotaan masih dilaksanakan dengan kurang baik dan professional. Pengelolaan limbah padat belum bisa berjalan dengan baik karena ada faktor disiplin dan ketidakpedulian dari berbagai pihak. Ketidakdisiplinan dan ketidakpedulian, dapat berkembang menjadi budaya dan dapat berujung kepada konsekuensi munculnya penyakit. Untuk itu sangat penting sosialisasi tentang kebersihan lingkungan terus dilakukan secara periodik. Sosialisasi tentang masalah sanitasi lingkungan yang buruk masih jarang dilakukan. Sistem sanitasi yang merupakan isu sosial yang memerlukan keterlibatan semua pihak. Sistem sanitasi yang buruk merupakan isu sosial yang memerlukan penanganan masyarakat secara gotong royong. Harus ada komitmen dari masyarakat sekitarnya, karena solusi sederhana masalah ini adalah kerja sama antar penduduk dan pemerintah. Disinilah diperlukan adanya kebijakan yang bersifat responsive, konsentrasi kepada permasalahan yang sedang dihadapi Bersama melalui Tindakan-tindakan nyata untuk bersama-sama melaksanakan pemeliharaan serta pengembangan fasilitas yang sudah ada maupun mengadakan fasilitas yang belum ada. Semua kegiatan di atas dilakukan secara konsisten dan berkelanjutan. Adanya inisiatif dari masyarakat untuk membantu sesama memelihara kebersihan lingkungan, merupakan tindakan yang mulia yang harus dijalankan.

9.3. Permasalahan Sanitasi Lingkungan

Sebagaimana telah diketahui bahwa sanitasi lingkungan merupakan upaya untuk meniadakan atau menguasai faktor dari lingkungan yang dapat mengakibatkan suatu penyakit akibat aktivitas manusia. Di Indonesia ada beberapa permasalahan Sanitasi Lingkungan di daerah perdesaan, karena kurang memperhatikan kebersihan ataupun higienis makanan, air maupun komponen sanitasi lainnya. Indikatornya adalah hampir

ada saja insiden penyakit yang menyebabkan kematian akibat sanitasi yang buruk terutama di daerah pedesaan. Sanitasi yang sering diabaikan masyarakat desa seperti praktek buang air besar yang banyak di sembarang tempat, bisa di air sungai ataupun di kebun atau tanah kosong lainnya. Berbeda dengan masyarakat kota yang rata-rata sudah ada WC atau jamban pribadi sehingga akses buang air menjadi lebih baik. Namun yang menjadi permasalahan warga kota adalah saluran air limbah yang cepat penuh yang dapat menimbulkan polusi, juga masalah persampahan yang dibuang masih sembarangan karena tidak ada tempat untuk menampung sampah mereka yang masih bersifat sementara. Akibatnya sampah tersebut meluber ke got, selokan, kali yang akumulasi akhirnya dapat mengurangi fungsi got karena tersumbat oleh sampah.

Masalah polusi atau sering disebut pencemaran lingkungan terutama polusi udara, polusi air dan polusi pada tanah, akan memerlukan waktu yang lama, bisa sampai ratusan tahun agar kondisinya bisa normal kembali. Sektor industri serta asap kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran utama. Logam berat, nitrat dan plastik bertanggung jawab atas berbagai pencemaran yang ada, sedangkan pencemaran tanah terutama disebabkan oleh limbah industri yang dapat merusak unsur hara serta zat nutrisi di dalam tanah, di mana zat-zat tersebut sangat dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan. Perubahan iklim atau pemanasan global merupakan hasil dari praktek manusia seperti emisi gas rumah kaca. Pemanasan global menyebabkan meningkatnya suhu lautan dan permukaan bumi, sehingga menyebabkan es di daerah kutub mencair yang menyebabkan naiknya permukaan air laut di seluruh dunia.

Permasalahan lingkungan hidup yang lain adalah masalah pembuangan sampah. Pembuangan sampah meliputi limbah rumah tangga, limbah sektor industri yang dibuang ke perairan menyebabkan banyak ikan-ikan pada mati, baik itu di sungai, danau, waduk dan laut. Plastik, makanan cepat saji, kemasan dan

limbah elektrnik murah juga mengancam kelestarian lingkungan . Pemuangan limbah merupakann alah satu masalah besar bagi lingkungan hidup yang sangat mendesak untuk segera ditemukan/dicarikan jalan keluarnya`

9.4.Upaya Membina Lingkungan Sehat Melalui Sanitasi Lingkungan.

Sanitasi lingkungan ditujukan adalah dengan tujuan untuk memenuhi suatu persyaratan lingkungan yang sehat dan nyaman. Suatu lingkungan dengan kondisi sanitasi yang buruk akan menjadi sumber dari berbagai jenis penyakit yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Untuk memastikan bahwa lingkungan tempat tinggal selalu terjaga kebersihan dan keteraturan yang konsisten merupakan salah satu langkah yang pasti untuk menghindarkan diri, keluarga, dan masyarakat sekitar terhindar dari serangan suatu penyakit akibat buruknya situasi lingkungan sekitarnya. Jadi suatu lingkungan yang bersih dan rapi memiliki andil besar terhadap kelestarian lingkungan yang akan berdampak kepada penghuni dan lingkungan sekitarnya. Pengaruh buruk dari lingkungan sebenarnya dapat diatasi, yang penting ada niat dan kemauan dari penghuni sekitaran lingkungan tersebut. Faktor penting yang sangat perlu diperhatikan oleh keberadaan sanitasi lingkungan yang baik adalah tersedianya air bersih yang cukup kualitas dan kuantitasnya, ketersediaan jamban keluarga yang memenuhi syarat kesehatan, tempat bak penampungan sampah baik yang sudah disortir maupun yang akan dibuang ke Tempat Pembuangan Sampah Sementara(TPS).

Upaya menciptakan sanitasi lingkungan yang baik dan sehat, akan memberikan pengaruh baik bagi masyarakat. Hal ini merupakan kebiasaan dari masyarakat penghuni lingkungan dan sekitarnya. Kebiasaan hidup sehat dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti : sering mencuci tangan dengan air bersih dan sabun sebelum dan sesudah makan, membuang sampah

pada tempat yang sudah disiapkan dengan terlebih dulu memilahnya, mana sampah organik dan mana sampah anorganik, membersihkan rumah, kamar mandi dan perlengkapannya, halaman dan lingkungan sekitarnya secara rutin. Sebagai warga negara yang baik, wajib hukumnya untuk menjaga lingkungan agar tetap lestari. Menjaga kelestarian lingkungan merupakan kegiatan yang sangat perlu dilakukan secara rutin untuk menjaga agar lingkungan tempat tinggal selalu menjadi lingkungan yang baik. Sebuah hunian dengan sanitasi lingkungan yang baik dan asri, tentu akan membuat para penghuninya dapat tinggal dengan nyaman serta berada dalam kondisi yang menyehatkan. Aktivitas setiap penghuni rumah ikut menjaga kondisi lingkungan yang kondusif, merupakan bentuk Tindakan yang dilakukan dengan sengaja untuk membiasakan diri dan seluruh keluarga untuk melakukan kebiasaan hidup sehat dan bersih. Dengan demikian tujuan aktivitas ini tiada lain agar seluruh penghuni rumah dapat terhindar dari dampak terkontaminasi bahan kotor dan berbahaya bagi kehidupan. Kalau seluruh keluarga dan masyarakat mau dan mampu melaksanakan aktivitas ini, maka kesehatan masyarakat akan lebih terjamin kebersihan dan kesehatan lingkungannya. Oleh karena sanitasi lingkungan sangat penting, maka harus dijaga dengan baik dan benar. Menciptakan lingkungan yang sehat dapat mencegah penyebaran penyakit menular berbahaya sejak dini.



Gambar 9.2. Meningkatkan Sanitasi Lingkungan, Yogyakarta menambah Instalasi Pengolahan Air Limbah

(Jatengpos, 2019)

9.5. Lingkungan Bersih dan Sehat.

Menjaga lingkungan tetap bersih merupakan tugas bersama antara masyarakat dan pemerintah. Banyak kuman penyebab penyakit pada manusia berada pada lingkungan yang kotor. Oleh karena sumber penyakit sudah diketahui, maka upaya yang paling tepat untuk mencegah penyakit tersebut menular adalah dengan menyehatkan lingkungan tersebut. Oleh karena itu, jagalah lingkungan tersebut agar jangan menjadi sumber penyakit mulai sekarang dan seterusnya.

Untuk memperoleh lingkungan yang bersih dan sehat, pada dasarnya harus dimulai dari dalam diri manusia yang memiliki kelebihan daripada hewan dan tumbuh-tumbuhan. Setiap orang tanpa kecuali harus selalu mempraktekkan kepribadian yang baik, terutama mencuci tangan setelah membuang air besar dan air kecil serta sebelum menyiapkan makanan atau menyantap makanan. Kebersihan pribadi yang baik dalam aktivitas individual seperti mencuci tangan yang baik dan benar, akan

membantu masyarakat terhindar atau dapat mencegah suatu penyakit terutama penyakit menular. Hal inilah yang harus diperhatikan, dinformasikan dan dilaksanakan oleh setiap insan agar terhindar dari bermacam jenis penyakit menular seperti Covid-19 saat ini.

9.6. Manfaat Lingkungan Bersih Dan Sehat.

Suatu lingkungan yang bersih dan sehat akan tercermin dari tata cara masyarakat dalam membuang sampah ke tempat yang benar. Mengingat bahwa tumpukan sampah yang kurang baik dapat menjadi tempat berkembang biaknya kuman. Selain tempat pembuangan sampah, kuman dapat berkembang atau disebarkan oleh serangga seperti lalat serta hewan lainnya. Penempatan kaleng, botol kosong, pot bunga yang kurang baik di alam terbuka, bila ada hujan turun ke bumi dapat menampung air hujan. Kalau hal ini dibiarkan barang-barang tersebut dapat berfungsi untuk menampung air hujan. Air hujan yang tertampung di dalam kaleng, botol maupun pot bunga, dapat berubah fungsi sebagai tempat berkembang biaknya nyamuk penyebab penyakit demam berdarah. Limbah dari toilet juga harus dibuang dengan baik dan benar sehingga hewan dan serangga seperti lalat dapat dijuhkkan dari kotoran sehingga tidak dapat menyebarkan kotoran kemana-mana. Toilet harus dijaga kebersihannya serta diperlengkapi dengan bahan lain seperti sabun untuk mencuci tangan serta air yang cukup untuk mendorong kotoran atau air bekas cuci tangan agar lokasi menjadi bersih dan kering.

Beberapa manfaat dari terciptanya lingkungan yang bersih bagi kesehatan adalah mencegah munculnya penyakit menular, meningkatkan kesehatan mental, menjaga kebugaran tubuh penghuninya, meningkatkan kepercayaan diri, meningkatkan kepercayaan diri, meningkatkan kebahagiaan dan produktivitas yang lebih tinggi dan menciptakan perilaku positif.

Perilaku positif akan muncul dalam diri manusia apabila situasi lingkungan yang bersih. Pada lingkungan yang bersih membuat orang lain merasa sungkan untuk membuang sampah atau membiarkan barang-barang yang kurang berguna tergeletak pada sembarang tempat. Perilaku yang baik itu bisa menular pada orang lain yang melihatnya. Lingkungan yang bersih, tertata rapi dan asri, secara positif akan mempengaruhi kebiasaan setiap orang yang peduli akan berupaya untuk menjadikan lingkungan sekitarnya agar selalu bersih, sehat dan asri. Perilaku yang gemar menjaga kebersihan lingkungan akan menular dan akan membuat semua orang di sekitar lingkungan tersebut akan terpengaruh untuk membuat lingkungannya juga agar selalu bersih.



Gambar 9.3. Penghijauan Kota Wujud Pelestarian Lingkungan Hidup Perkotaan

(Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang, 2020)

9.7. Cara Menjaga Kelestarian Lingkungan

Lingkungan hidup merupakan bagian dari kehidupan manusia. Melindungi lingkungan sekitar merupakan kewajiban manusia yang memiliki Tri Pramana (Bayu, Sabda dan Idep). Maka dari

itu, melindungi lingkungan sekitarnya merupakan salah satu tugas, kewajiban dan tanggung jawab dari manusia yang memiliki tri pramana tersebut. Namun sayang sekali, tidak semua mahluk Tuhan yang bernama manusia tersebut bisa, mau dan mampu menjaga Bumi dengan baik. Kenapa demikian, karena masih ada permasalahan mengenai lingkungan masih belum bisa terselesaikan dengan baik. Bahkan masih ada manusia yang justru menambah rusaknya lingkungan tersebut.

Sabagai wujud/bentuk tanggung jawab manusia terhadap planet ini, langkah pelestarian lingkungan harus segera diupayakan oleh setiap manusia di muka bumi ini. Sebagai Langkah awal untuk Langkah pelestarian lingkungan, harus dimulai dari diri sendiri manusia itu sendiri, dengan langkah awal adalah mengubah kebiasaan yang kurang ramah terhadap lingkungan. Tindakan ramah lingkungan merupakan salah satu upaya untuk bersama menjaga alam dan sekitarnya. Sekecil apapun perubahan yang sudah dilakukan oleh setiap individu, namun dilakukan oleh setiap insan di planet ini, maka akan menjadi langkah yang baik untuk bergerak selanjutnya. Yang merusak alam lebih banyak adalah manusia akibat kebiasaan buruk mereka. Jadi memiliki kesadaran dari diri sendiri dari manusia itu untuk kelestarian alam harus dimiliki oleh setiap anggota masyarakat di manapun mereka berada, di laut, di dataran rendah, maupun di gunung-gunung. Barangkali Langkah kecil yang sudah dilakukan, akan dapat memberikan motivasi diri bagi orang lain untuk menyelamatkan lingkungan.



Gambar 9.4. Sanitasi Buruk di Jakarta

Sumber: (Basuki Eka Purnama, 2016)

9.8. Penutup

Betapa pentingnya pelestarian lingkungan hidup khususnya di perkotaan, sehingga masyarakat kota harus tetap peduli untuk menjaga lingkungan agar tetap asri untuk diteruskan untuk generasi selanjutnya. Alangkah senangnya anak cucu diwariskan sesuatu yang indah, sehat.

BAB 10

Sains dan Teknologi Ketekniksipilan

10. 1. Pengantar

Pengembangan sains dan teknologi pada era modern saat ini mutlak diperlukan untuk bisa terus bersaing secara global. Pemanfaatan sumber daya yang ada dalam rangka peningkatan dari teknologi 4.0 menuju era 5.0 hingga hal-hal luar biasa yang bisa mengubah tatanan kehidupan dan peradaban umat manusia. Sains & teknologi adalah ilmu pengetahuan yang secara akumulasi terkumpul sistematis berdasarkan penemuan ilmiah melalui proses eksperimen, atau melalui proses praktek bertahun-tahun yang berhasil, yang memungkinkan dibuatnya suatu produk secara praktis atau jasa tertentu. Bidang ilmu Teknik Sipil (Civil Engineering) merupakan bidang ilmu yang mempelajari bagaimana merancang, membangun, atau merenovasi gedung dan infrastruktur tapi juga mencakup lingkungan, kenyamanan keberadaan hidup manusia sehingga disebut sipil (civil). Teknik sipil awal mulai diperkirakan berkembang sejak 4000 SM sampai dengan 2000 SM di Mesir kuno dan Mesopotamia pada bangunan pyramid tertua di dunia yang dibangun oleh salah satu engineer saat itu bernama Imhotep dan hingga saat ini masih berdiri dengan baik. Ilmu Teknik Sipil terus berkembang di dunia teknologi dan mempengaruhi secara luas pada bidang-bidang lainnya.

Kemajuan-kemajuan sains dan teknologi teknik sipil dikarenakan perkembangan zaman yang terus berkembang sehingga meliputi juga tuntutan mutu atau kualitas, efisiensi waktu serta biaya bahkan keselamatan kerja hingga lingkungan. Ahli-ahli teknik sipil atau perencana-perencana handal dituntut untuk bisa menciptakan, mengerti dan juga bisa menggunakan sains & teknologi dengan efisien dan efektif. Teknik sipil berbasis sains & teknologi harus menghasilkan engineer-engineer yang siap terlatih dan dapat berperan dalam perkembangan infrastruktur berkelanjutan di negeri dan luar negeri. Ada juga penerapan prinsip dasar ilmiah dan fisika yang dapat memecahkan masalah masyarakat, dan sejarahnya berkaitan erat dengan kemajuan dalam pemahaman fisika dan matematika sepanjang waktu yang telah dilalui. Pengembangan sains dan teknologi yang inovatif, adaptif dan produktif merupakan keniscayaan untuk meningkatkan kemakmuran dan peradaban umat manusia. Perkembangan sains & teknologi terjadi bila manusia menggunakan alat dan sumber daya yang dimiliki untuk menyelesaikan setiap masalah yang dihadapi.

10. 2. Berbasis Sains

Sains adalah kajian analisis dan hasil-hasil penelitian yang disebarluaskan oleh jaringan ilmiah sains yang berkaitan dengan rumpun ilmu Teknik atau teknik sipil. Perkembangan keilmuan sains memiliki dampak terhadap kinerja, ekonomi bangunan, teknik, serta kerja sama pihak pemerintah untuk membangun jejaring. Teknik sipil sebagai sebuah disiplin teknik profesional yang berhubungan dengan desain, konstruksi, dan pemeliharaan lingkungan fisik dan alami, termasuk pekerjaan umum seperti jalan, jembatan, kanal, bendungan, bandara, sistem pembuangan limbah, jaringan pipa, komponen struktural bangunan, dan kereta api, galian, terowongan. Teknik sipil telah berkembang menjadi beberapa sub bidang yaitu : Struktural dan material, Geoteknik, Transportasi, Manajemen konstruksi, Keairan dan Hidrologi, serta Lingkungan. Bidang Ilmu Teknik

sipil meliputi sektor-sektor publik mulai dari dinas pekerjaan umum kabupaten, propinsi hingga departemen Pekerjaan Umum, dan di sektor swasta dari perusahaan lokal hingga perusahaan Nasional. Teknik sipil berperan penting untuk membuat infrastruktur yang digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari berkelanjutan, dan solusi yang lebih inovatif terus dicari seiring tuntutan peradaban modern yang meningkat. Sains dan teknologi dikembangkan untuk menganalisis, merancang, membangun, dan memelihara infrastruktur, dan mempraktikkan teori untuk memecahkan masalah yang kompleks. Teknologi konstruksi teknik sipil perlu dikembangkan dalam koordinasi dengan perlindungan lingkungan. Sebagai cara penting manusia untuk mengubah alam, kita pasti akan menyebabkan kerusakan lingkungan dalam pembangunan teknik sipil, dan dalam pengembangan teknologi di masa depan, harus dibuat teknologi konstruksi teknik sipil dalam adaptasi dan koordinasi dengan pengembangan lingkungan. Kebijakan berbasis sains dan teknologi makin diperlukan untuk menjawab berbagai tantangan dan permasalahan yang dihadapi khususnya pada bidang ketekniksipilan.

Elaborasi hasil-hasil penelitian yang cepat, terkini, tajam, serta tepat sasaran dapat lebih berkontribusi memberikan inovasi-inovasi yang efektif dan efisien, tidak hanya sekedar memanfaatkan update teknologi informasi untuk kebutuhan konvensional saja. Selain itu guna mendorong berkembangnya sains dan teknologi sebagaimana yang disebutkan di atas, maka kapasitas maupun infrastruktur dalam pengolahan data (big data) juga perlu terus ditingkatkan secara simultan, serta mengembangkan kemampuan sumber daya manusia dalam pengolahan big data atau mega data. Inovasi berbasis sains dan teknologi mampu mengatasi masalah riil yang dihadapi masyarakat. Sebagai contoh pada ketekniksipilan di bidang transportasi yaitu layanan "Go-Jek" yang mampu memecahkan

biaya transportasi yang mahal sekaligus bisa mengatasi kemacetan lalu lintas di perkotaan.



Gambar 10.1. Nano Teknologi (Sumber : Kompas. Com)

10. 3. Pengembangan Teknologi Teknik Sipil

Era modern saat ini manusia sangat menggantungkan kesejahteraannya pada pemanfaatan perkembangan teknologi, sehingga perlu penguasaan dan mengembangkan berbagai macam teknologi yang ada saat ini. Perkembangan teknologi memberikan banyak manfaat dan memudahkan pekerjaan maupun aktivitas sehari-hari masyarakat. Kemajuan teknologi menghasilkan modernitas yang ditandai dengan pertumbuhan ekonomi, mobilitas sosial, perluasan budaya, teknologi komunikasi yang semakin murah dan canggih. Kemajuan teknologi pada saat ini sangat berkembang pesat apalagi di dunia konstruksi, kemajuan ini ditandai hadirnya material baru, nano teknologi dan berbagai jenis peralatan yang membantu pembuatan konstruksi dan lain-lain. Ini sangat membantu di dunia modern sekarang. Di zaman dulu terdapat bangunan-

bangunan monumental yang dibuat dari peralatan juga teknologi sederhana, sampai sekarang ini masih dapat dilihat dan dikagumi. Perkembangan teknologi dunia konstruksi sekarang ini, sangat banyak usaha yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas kerja, baik secara struktur maupun manajemen konstruksi. Teknik sipil mengacu pada istilah umum ilmu pengetahuan dan teknologi yang digunakan dalam pembangunan berbagai jenis fasilitas teknik, dan itu mencakup sejumlah disiplin ilmu dan mencakup eksplorasi, desain, pemeliharaan, perbaikan, dan kegiatan teknis lainnya. Obyek jasa akhir konstruksi teknik sipil antara lain gedung, sedangkan gedung melayani produksi dan kehidupan manusia, maka objek pelayanan akhir teknik sipil adalah manusia, yang olehnya teknik sipil harus mempunyai sifat memperlancar produksi dan kehidupan rakyat serta menyediakan layanan untuk orang-orang. Produksi dan kehidupan rakyat didasarkan pada masyarakat yang terus berubah dan berkembang, sehingga orang harus membuat inovasi dalam konstruksi teknik sipil sesuai dengan perkembangan dan perubahan sosial, sehingga dapat memenuhi permintaan masyarakat yang terus meningkat akan bahan dan budaya dan untuk membantu orang mendapatkan kehidupan material dan kenikmatan spiritual yang lebih baik.

Berbagai upaya yang dilakukan merupakan usaha untuk memperbaiki dan mencapai kinerja yang lebih baik. Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi, semakin besar proyek yang dikerjakan maka semakin besar pula kendala yang akan dihadapi oleh perusahaan jasa konstruksi. Semakin kompleksnya permasalahan yang dihadapi membuat perusahaan jasa konstruksi harus memiliki pertimbangan yang matang dalam perencanaan maupun dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi. Para pengusaha jasa konstruksi selalu berusaha merealisasikan proyeknya tanpa mengesampingkan tercapainya efisiensi biaya dan waktu namun tetap memenuhi mutu.

Pemilihan suatu metode sangat penting dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi karena dengan metode pelaksanaan yang sesuai dan tepat guna memberikan hasil yang optimum dilihat dari segi biaya maupun dari segi waktu. Keadaan tingkat kemajuan teknologi yang semakin cepat termasuk pada bidang konstruksi, memungkinkan pengelola proyek untuk memilih salah satu metode pelaksanaan konstruksi tertentu dari beberapa alternatif metode pelaksanaan konstruksi, agar dapat memenuhi standar yang semakin tinggi maka pengelola proyek mengganti cara-cara konvensional menjadi lebih modern.



Gambar 10.2. Aplikasi Sains dan Teknologi pada Bidang Ilmu Teknik Sipil

Beberapa pengembangan sains dan teknologi yang telah dikenal yang berhubungan dengan bidang ketekniksipilan tercatat antara lain :

- a. Penemuan sistem arsitektur infrastruktur yang dikenal dengan pondasi cakar ayam oleh R.M. Sedyatmo, metode rekayasa teknik pembuatan pondasi yang memungkinkan pembangunan struktur pada tanah lunak seperti rawa-rawa,

dan telah digunakan pada landasan pacu pelabuhan udara Soekarno Hatta.

- b. Penemuan rumus matematika dalam pemrosesan data seismik oleh Yogi Ahmad Erlangga, yaitu persamaan Helmholtz yang digunakan dalam pemrosesan data seismik menjadi seratus kali lebih cepat.
- c. Penemuan bahan anti panas dan anti api dari kulit singkong oleh Randall Hartolaksono. Zat aktif kulit singkong seperti tripotasium sitrat dapat dikembangkan menjadi aneka produk anti api, bisa berbentuk cat pelapis kayu yang membuatnya tahan api selama 200 tahun. Juga zat tersebut bisa dimasukkan ke dalam tabung semprot sebagai materi pemadam nyala api.
- d. Tjokorda Raka Sukawati adalah insinyur Indonesia yang menemukan konstruksi Sosrobahu atau sistem Landasan Putar Bebas Hambatan (LPBH), dimana penggunaan sistem tersebut memudahkan pembangunan jalan layang tanpa mengganggu arus lalu lintas pada saat pembangunannya. Juga digunakan insinyur Amerika Serikat untuk membangun jembatan di Seattle.

10. 4. Pengaruh Sains dan Teknologi di Dunia Teknik Sipil

Sebagai sarana penting manusia untuk mengubah lingkungan hidupnya, bangunan menciptakan kesejahteraan yang penting bagi produksi dan kehidupan masyarakat, sedangkan sebagai sarana penting dalam konstruksi bangunan, teknik sipil memainkan peran yang mutlak penting dalam konstruksi arsitektur. Inovasi yang bermanfaat dalam pembangunan teknik sipil tidak diragukan lagi memiliki arti dan nilai yang sangat penting bagi pengembangan disiplin teknik sipil dan untuk terwujudnya kesejahteraan manusia. Makalah ini menganalisis beberapa sarana inovasi teknologi konstruksi teknik sipil, yang bertujuan untuk mempromosikan pengembangan praktis teknik sipil melalui diskusi dan eksplorasi yang bermanfaat.

Pada hakekatnya, pembangunan sosial adalah agar lebih banyak orang menikmati fasilitas yang dibawa oleh pengembangan produksi sosial, di mana masyarakat sebagai pengguna akhir konstruksi teknik yang merupakan penerima manfaat utama konstruksi teknik sipil, juga termasuk individu-individu yang berpartisipasi dalam konstruksi, diperlukan fokus pada keharmonisan dan keamanan orang-orang di seluruh proses konstruksi teknik sipil dan harus memperhatikan daya tarik umum selama inovasi teknologi konstruksi. Dalam konstruksi teknik sipil, teknologi adalah yang utama. Konstruksi teknik sipil membutuhkan tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan desain dan operasi praktis. Objek desain dan pelayanan teknik sipil adalah manusia, oleh karena itu dalam pelaksanaan konstruksi teknik sipil harus memperhatikan kenyamanan bagi pekerja dalam konstruksi. Insinyur Sipil tidak hanya harus membuat konstruksi memenuhi permintaan owner secara maksimal, tetapi juga mempertimbangkan kesehatan dan kenyamanan pekerja dalam konstruksi, berusaha menghindari risiko dan insiden keamanan dalam konstruksi. Dengan semakin seringnya cuaca ekstrim dan semakin seringnya masalah lingkungan, kita harus memperhatikan masalah lingkungan dalam konstruksi teknik sipil. Dalam praktiknya, teknologi konstruksi teknik sipil harus dikembangkan dalam koordinasi dengan perlindungan lingkungan. Sebagai cara penting manusia untuk mengubah alam, kita pasti akan menyebabkan kerusakan lingkungan dalam pembangunan teknik sipil, dan dalam pengembangan teknologi di masa depan, kita harus membuat teknologi konstruksi teknik sipil dalam adaptasi dan koordinasi dengan pengembangan lingkungan yang aman dan nyaman. Pengembangan Sains dan teknologi tidak hanya sekedar memodelisasi sebuah bentuk dengan aplikasi program, pemodelan kerusakan akibat bencana alam, namun menjadi tolok ukur pembangunan dan menghindari terjadinya kegagalan perencanaan teknis, pelaksanaan, hingga masa perawatan (maintenance).

10. 5. Inovasi Teknologi Konstruksi

Bagaimanapun, konstruksi teknik sipil adalah proses rekonstruksi alam, sehingga menjadi masalah yang mendesak untuk dihadapi apakah kita dapat mencapai hubungan yang harmonis antara manusia dan alam dalam konstruksi. Inovasi teknologi konstruksi merupakan tahap yang diperlukan dalam pengembangan dan peningkatan teknik sipil. Bahkan, inovasi teknologi konstruksi adalah cara terbaik untuk mencapai tujuan awal konstruksi teknik sipil. Konstruksi teknik sipil dilakukan sesuai dengan permintaan masyarakat dan inovasi teknologi konstruksi dapat membantu pembangun mengurangi tekanan dari banyak aspek dan melindungi keselamatan selama konstruksi, agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat secara maksimal. Dalam konstruksi teknik sipil, penerapan teknologi serta komputerasi untuk perhitungan/pemodelan sebuah sistem dalam proyek pembangunan atau penelitian., pemodelan struktur, material atau CAD pada bangunan, pemodelan pergerakan air tanah atau limbah, pemodelan lingkungan dengan teknologi GIS (Geographic information system), SAP 2000, ETABS, STAAD PRO pada program perhitungan struktur bangunan konstruksi. Pada material struktur bangunan telah berkembang pula inovasi material geopolymer, bahan serat fiber dan sebagainya.

Penggunaan teknologi dan teknik baru untuk menghemat sumber daya dan menerapkan konstruksi ramah lingkungan, yang sangat penting untuk pengembangan proyek jangka panjang dan pembangunan berkelanjutan bagi umat manusia. Pentingnya inovasi teknologi konstruksi juga tercermin dalam memperpendek masa konstruksi dan menghemat biaya tenaga kerja. Setelah teknologi baru diterapkan, masa konstruksi sangat dipersingkat dan biaya tenaga kerja sangat berkurang berdasarkan kualitas konstruksi yang dijamin dan ditingkatkan. Harus diapresiasi bahwa penerapan teknologi baru tidak hanya menunjukkan penurunan kuantitas tenaga kerja dan biaya

tenaga kerja, tetapi juga berarti pengurangan intensitas tenaga kerja yang besar, sehingga penerapan teknologi baru dalam konstruksi teknik sipil bermanfaat bagi perkembangan menuju peradaban yang lebih maju.

10. 6. Penutup

Teknik sipil adalah keahlian sudah lama dikembangkan dan sudah banyak berkontribusi terhadap perkembangan peradaban umat manusia. Dasar dari itu sangat membantu dan membentuk kebutuhan hidup manusia sekarang ini. Adapun perkembangan di masa kini yaitu tentang sains dan teknologi di dunia teknik sipil adalah kajian analisis dan hasil-hasil penelitian yang disebar luaskan oleh wadah ilmiah sains yang berkaitan dengan teknik sipil. Perkembangan keilmuan sains memiliki dampak terhadap kinerja, ekonomi bangunan, teknik, serta kerja sama pihak pemerintah untuk membangun jejaring. Perkembangan teknologi sangat berkembang pesat apalagi di dunia konstruksi, kemajuan ini ditandai hadirnya material baru dan berbagai jenis peralatan yang membantu pembuatan konstruksi dan lain-lain. Ini sangat membantu di dunia modern sekarang. Dan adapun contoh bukti dari pekerjaan teknik sipil yang mencangkup sains dan teknologi yaitu microcontroller yang dapat mengontrol dan mengatur apabila menyalakan keran, membuka pintu, menggunakan kamar mandi, atau mengunjungi tempat umum (seperti jalan, gedung, atau jembatan) saat ini, maka telah dirancang dan dibangun dengan rekayasa sains dan teknologi. Insinyur sipil juga bekerja untuk meningkatkan perjalanan dan perdagangan, menyediakan air minum dan sanitasi yang aman bagi masyarakat, dan melindungi masyarakat dari bencana alam seperti gempa bumi, kelongsoran, banjir. Pekerjaan penting dan kuno ini digabungkan dengan keinginan untuk membuat struktur yang indah dan ramah lingkungan, karena fungsional dan hemat biaya.

Dalam perspektif perkembangan sains dan teknologi menjadi semakin lebih luas, dapat meliputi pengertian sistem, organisasi, juga teknik. Akan tetapi, seiring dengan perkembangan dan kemajuan zaman sains & teknologi merupakan sebuah konsep yang berkaitan dengan jenis penggunaan dan pengetahuan tentang alat dan keahlian. Serta bagaimana dapat memberi manfaat pada kemampuan manusia untuk merencanakan, melaksanakan, mengendalikan dan mengubah sesuatu yang ada di sekitarnya. Sains & teknologi menjadi perpanjangan tangan manusia untuk dapat memanfaatkan alam dan sesuatu yang ada di sekelilingnya secara lebih optimum. Secara praktis, sains & teknologi bertujuan untuk mempermudah pemenuhan kebutuhan manusia termasuk pada bidang ketekniksipilan.

BAB 11

Manajemen Infrastruktur

11.1. Pengantar

Manajemen Infrastruktur menurut Gregory M. (2003) berdasarkan teori ilmu ekonomi, yakni infrastruktur artinya perwujudan modal publik (*public capital*) yang terdiri atas jembatan, jalan umum, sistem saluran pembuangan, dan lainnya, merupakan investasi yang ditanamkan oleh pemerintah. Secara umum, infrastruktur yang berarti struktur atau fasilitas dasar yang dipergunakan untuk kepentingan umum. Beberapa contoh dari infrastruktur bentuk fisik diantaranya: jalan tol, jalan non tol, jembatan, stadion, bendungan, konstruksi bangunan, jaringan listrik, dan sebagainya. Infrastruktur juga tidak hanya berbentuk fisik semisal fasilitas non-fisik seperti pelayanan publik. Di Indonesia, pembangunan serta perawatan infrastruktur publik umumnya dilakukan oleh PUPR (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) atau pihak swasta lainnya yang telah dikoordinasikan dengan pihak pemerintah. Secara umum, infrastruktur dibagi dalam berapa kelompok diantaranya kelompok infrastruktur air, infrastruktur transportasi, infrastruktur energi, infrastruktur bangunan, infrastruktur pengolahan limbah. Pengelolaan ini dilakukan di tingkat daerah maupun pusat, infrastruktur yang dikelola Dinas Pekerjaan Umum, baik kabupaten/kota maupun ditingkat provinsi. Pada beberapa kementerian/lembaga ditingkat pusat juga menangani masalah infrastruktur sesuai bidang tertentu. Lingkup kementerian antara lain; Kementerian BUMN,

Kementerian Perhubungan, Kementerian Pertanian, serta kementerian terkait lainnya. Walaupun pemerintah seringkali mengalami keterbatasan penggunaan dana APBN/APBD. Skema kerjasamanya pembangunan infrastruktur dibangun dengan skema kerjasama dengan pihak BUMN dan Pihak swasta yang terkait, seperti konsorsium yang banyak ditemui pada pembangunan jalan tol.

Dalam pembagunan infrastruktur makin banyak suatu infrastruktur dibuat maka negara tersebut dianggap makin maju. Contoh infrastruktur bandara Changi tetangga negara kita Singapura, dianggap bandara tersebut merupakan bandara terbaik yang ada di asia, serta beberapa contoh infrastruktur lainnya. Menurut Peraturan Presiden No: 122 tahun 2016, tentang percepatan penyediaan infrastruktur prioritas, sesuai pasal 6 dikatakan bahwa ada 13 infrastruktur prioritas dalam penmbangunan yang berkelanjutan sebagai berikut:

1. Infrastruktur transportasi;
2. Infrastruktur Jalan;
3. Infrastruktur pengairan;
4. Infrastruktur air minum;
5. Infrastruktur air limbah,
6. Infrastruktur Sarana persampahan;
7. Infrastruktur telekomunikasi dan informatika,
8. Infrastruktur ketenaga listrikan,
9. Infrasarkanstruktur minyak serta gas bumi,
10. Infrasarkanstruktur sarana pendidikan,
11. Infrasarkanstruktur kawasan,
12. Infrasarkanstruktur pariwisata serta
13. Infrasarkanstruktur kesehatan.



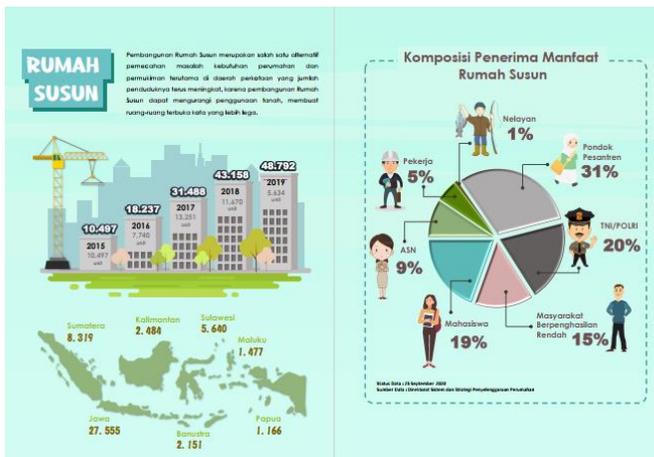
Gambar 11.1. Menunjukkan Peta Bendungan di Indonesia.

(PUPR 2021)

Manajemen risiko dalam pembangunan bendungan digunakan dalam mengidentifikasi permasalahan serta pengendalian berbagai masalah yang timbul selama pembangunan tersebut. Manajemen risiko pada pembangunan bendungan nantinya dibahas bersama dengan kontraktor maupun konsultan. Adanya manajemen risiko ini maka akan lebih mudah mengetahui potensi-potensi apa saja yang akan terjadi serta masalah yang terjadi bisa dipetakan dengan baik. Masalah ini yang kemungkinannya dapat terjadi bisa difokuskan pada hal tersebut, serta mencari penyelesaiannya. Tujuan dari manajemen risiko umumnya ialah perlindungan terhadap risiko yang signifikansinya dapat menjadi penghambat tercapainya tujuan, serta mendorong tiap SMD untuk berhati-hati melakukan tindakan. Infrastruktur di bangun dengan tujuan untuk menunjukkan dan menunjang perekonomian negara maupun masyarakat. Infrastruktur merupakan hal-hal yang menjadi sarana dan prasarana dalam kehidupan sehari-hari, misalnya jalan, transportasi, bangunan dan lain sebagainya.

Pembangunan infrastruktur tentu di sertai manajemen yang baik dari mulai perancangan sampai tahap akhir penyelesaian.

Mmanajemen penyelenggaraan perawatan serta pemeliharaan gedung/bangunan yang pemeliharaan ini meliputi; pemeliharaan fisik bangunan gedung (semisal struktur beton masih laik memenuhi semua spesifikasi yang telah ditentukan, begitu juga elemen-elemen lain dalam konstruksi yakni plafond, dinding, atap, dsb), Pemeliharaan AC pemeliharaan hydran, pemeliharaan sistem plumbing, pemeliharaan escalator dsb. Hal ini tentunya akan sangat membantu tercapainya keamanan serta kenyamanan penghuni gedung hingga dapat dipergunakan sesuai dengan laik. *Maintenance building* adalah segala sesuatu Equipment peralatan dan pendukung lain yang berada dalam lingkup gedung atau bangunan yang harus di pelihara. Dalam pemeliharaan ini dibahas cara melakukan perawatan gedung secara efektif dan efisien, sesuai standart SNI yang ditetapkan oleh Pemerintah.



Gambar 11.2. Peta Penyebaran Rumah Susun di Indonesia. (PUPR 2021)

Penggunaan rusun sebagai tambahan alokasi serta dukungan akomodasi. Kementerian PUPR telah membangun sarana dan prasarana untuk hunian pariwisata (Sarhunta). Kegiatan

peningkatan kualitas laik hunian yang dikenal dengan nama Bantuan Stimulan Perumahan Swadaya (BSPS). Sebesar 915 unit jumlah ini dibagi atas dua yakni: 98 unit di Kabupaten Lombok Utara serta 300 unit di Kabupaten Lombok Tengah demi dukungan ajang MotoGP di sirkuit Mandalika dan. Dari 398 unit tersebut kesemuanya diperuntukkan homestay. Sedang sisanya sebanyak 517 unit dilakukan sebagai peningkatan kualitas perumahan yang tidak laik huni dikoridor sepanjang kawasan pariwisata Mandalika. Sistem manajemen yang baik membuat proyek pelaksanaan pekerjaan pembangunan Sarhunta di Mandalika yang terlaksana sejak Mei 2020 serta bisa diselesaikan dengan tepat waktu. Telah rampung seluruhnya pada Desember 2020, serta menggunakan pekerja sebanyak 5.123 pekerja. (Kementerian PUPR, n.d.)

Kemajuan ini pula perlu dibarengi dengan peningkatan SDM dalam *maintenance*/pemeliharaan di karenakan keberhasilan suatu sarana hunian pariwisata (Sarhunta) sebenarnya tidak luput dari bagaimana cara sistem manajemen dari setelah sarana hunian tersebut bisa tetap terjaga dengan baik, yang tentunya sesuai kaidah-kaidah manajemen yang ada. Pengelolaan manajemen aset diwujudkan dengan upaya memaksimalkan proses dalam pengelolaan. Pengelolaan ini dimaksud agar sebisanya mempergunakan sarana serta prasarana yang ada dengan baik. Menurut Bertovic ada tiga faktor yang utama dalam mendorong pemerintah agar perlu untuk melakukan manajemen aset. Aset yang dimiliki, dianggap perlu untuk dinilai agar diharapkan investasi yang telah ditanamkan bisa dikelola dengan sebaik-baiknya, seperti berikut:

1. Dengan adanya desentralisasi, maka pemerintah daerah diharuskan menyediakan sejumlah layanan yang terus ditingkatkan walau dengan sumberdaya finansial terbatas.
2. Pemerintah lokal biasanya memiliki kewenangan yang lebih leluasa dalam mengelola asetnya. Menaikkan pajak dan

retribusi yang merupakan proses politik yang sensitif, akan lebih baik jika aset yang dimiliki dikelola dengan baik supaya mampu ikut menaikkan pendapatan daerah. Pada sektor pelayanan publik, manajemen aset lebih banyak diterapkan dalam pengelolaan infrastruktur jaringan seperti jalan (*roads*), rel kereta api (*railroads*), dan saluran air kotor (*drainage*). (Akbar & Lukman, n.d.)

3. Aset real property pemerintah lokal seringkali memiliki nilai yang jauh lebih signifikan dibandingkan penerimaan tahunan dari aset terkait. Meskipun banyak aset yang memang tidak dimaksudkan untuk menghasilkan penerimaan, tetap saja ada kemungkinan untuk meningkatkan penerimaan tersebut. Selain itu, pengeluaran yang kecil bisa saja mengindikasikan bahwa adanya kebutuhan untuk meningkatkan pengeluaran untuk keperluan pemeliharaan aset.

11.2. Manajemen Infrastruktur Teknologi Informasi

Manajemen infrastruktur teknologi informasi melakukan hal dalam banyak cara, salah satunya dari pengawasan virus-virus untuk peralatan survei untuk pertanda jika *upgrade* sudah dekat. Untuk mengetahui berapa penting manajemen infrastruktur teknologi Informasi (TI) , perlu diketahui lebih dahulu apa itu manajemen infrastruktur TI. Manajemen infrastruktur TI mempunyai tujuan untuk mencapai efektivitas dan efisiensi dari seluruh proses TI, kebijakan data serta sumber daya manusia serta peralatan lainnya. Berikut ini ada beberapa poin yang ditunjukkan dalam manajemen, mengapa manajemen infrastruktur teknologi informasi itu dianggap penting:

a. Membuat Keputusan IT Cerdas

Pengelolaan IT harus memantau infrastruktur IT hingga, kemungkinan kita tidak mengetahui bagaimana kinerja lingkungan IT. Lingkungan dengan pengelolaan IT, akan cepat mendeteksi kapan harus berubah dan memperbaharui sistem, serta kapan harus mengurangi risiko.

b. Batasan Masalah

Masalah yang sering terjadi meskipun telah mengambil semua tindakan dalam pencegahan secara tepat, namun dengan penerapan manajemen infrastruktur IT yang benar, maka harus mengurangi dampak terjadinya masalah serta meminimalisir akibat dari kerusakan yang akan terjadi.

c. Tingkatkan Pengalaman Pengguna

Peningkatan pengguna menyadari keadaan infrastruktur IT sekarang, perlu membuat pengalaman yang baru dan lebih baik dalam penggunaan akhir. Dapat juga untuk mencegah terjadinya *downtime* yang terjadi secara tiba-tiba yang bisa merusak sistem yang ada, dan mengendalikannya bila diperlukan. Ketika terjadi *downtime* maka dilakukan dengan baik agar pemeliharaan serta sistem kita tidak terganggu. Peningkat dapat dipergunakan terlebih dahulu hingga dalam pelaksanaan nantinya tidak akan terjadi ketidaknyamanan.

d. Tetap Menjaga Produktivitas

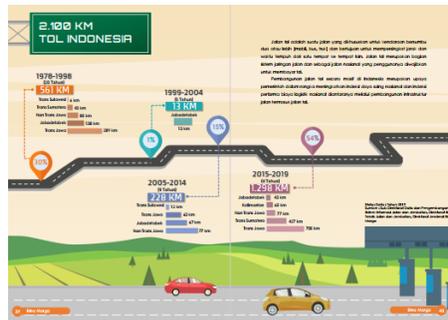
Jika terjadi kehilangan data, data terhapus, atau data menjadi rusak maka dapat dikembalikan. Membuat keputusan dengan tepat dari perspektif sisi manajemen infrastruktur IT maka dengan mudah dapat dibuat cadangan. Dengan membuat cadangan pada IT, akan mudah mengambil serta mengembalikan data-data perusahaan yang dikelola dengan baik, hingga penggunaan akhir tetap dapat mempertahankan akses dengan cepat serta informasi yang mereka butuhkan terus dapat bekerja tanpa gangguan apapun.

e. Mengurangi Biaya

Jika terjadi sesuatu tak terduga maka biaya tak terduga ataupun biaya tetap akan tergerus. Namun jika ada infrastruktur IT maka

hal tersebut tidak akan terjadi. Hingga tidak bisa memprediksi atau mengatur biaya tersebut dengan baik. Dengan sikap proaktif dan pengaturan infrastruktur yang lebih baik dari sebelumnya, akan menghemat penggunaan uang perusahaan.

Tahun anggaran 2021 SekJen dapat mengalokasi anggaran yakni Rp 748,2 miliar, di mana alokasi anggaran ini akan terfokus pada satu program saja, yaitu dukungan manajemen dalam melaksanakan tugas di Kementerian PUPR, pembangunan infrastruktur. Adapun dukungan manajemen ini terdiri dari 10 kegiatan yakni: pengelolaan barang milik negara (BMN), pengelolaan perencanaan, pengelolaan keuangan, pengelolaan umum yang terdiri dari: pengelolaan serta administrasi kepegawaian, pengorganisasian serta ketatalaksanaan. Selanjutnya penyelenggara dan pembina informasi publik, pembina, perencana, harmonisasi publikasi serta sosialisasi aturan undang-undang dan bantuan hukum, menyelenggarakan fasilitasi infrastruktur pada daerah, serta mengkajia dan memantau pelaksanaan kebijakan serta mengelola data informasi teknologi bidang PUPR.



Gambar 11.3. Menunjukkan Pembangunan Jalan Tol di Indonesia. (PUPR 2021)

PUPR (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) melalui BPJN (Balai Jalan Nasional) X di NTT, telah melanjutkan program pengembangan jaringan jalan pada KSPN (Kawasan Strategis Pariwisata Nasional) / DPSP (Destinasi Pariwisata

Super Prioritas) di Labuan Bajo dan sekitarnya di Kabupaten Manggarai Barat, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Salah satu ruas jalan yang akan dibangun dalam mejunjang persiapan dalam rangka ASEAN Summit yang rencana akan di selenggarakan pada Februari 2023. Pembangunan ruas tersebut nantinya bisa mengakses ruas jalan Labuan Bajo ke Tana Mori panjangjalan ini 22 km. Rencana pembangunan ruas jalan ini dibagi jadi lima segmen dengan sepanjang 22,1 km, dengan total anggaran sebesar Rp 407,04 miliar. Adapun kelima segmen tersebut ialah peningkatan ruas jalan Labuan Bajo sampai Simpang Nalis sepanjang 6,18 km, pembangunan ruas jalan Simpang Nalis hingga Simpang Kenari sepanjang 6,17 km , pembangunan ruas jalan Simpang Kenari hingga Warloka sepanjang 5,06 km, pembangunan ruas jalan Warloka Lenteng hingga Simpang Tana Mori sepanjang 4,52 km. dan pembangunan jembatan Nanganæ

Program pemerintah yang kesemuanya ini dilakukan dengan peningkatan jalan dan jembatan tentunya selain dipergunakan untuk acara ASEAN SUMMIT 2023, sangat membantu warga yang ada di NTT juga dalam mendukung konektivitas berbagai ruas jalan di NTT. dengan standar rua jalan internasional selebar 7 meter,dengan 2 lajur, dan 2 arah serta row dengan 23 meter.

11.3. Penutup

Keuntungan dalam penggunaan sistem manajemen infrastruktur diantaranya kecepatan serta ketepatan pada saat waktu pemeliharaan, ketepatan dalam penyelesaian jika terjadi bencana alam misalna banjir tanah longsor dan sebagainya. Sementara dengan penggunaan sisitem manajemen membuat lebih mudah dalam pembuatan serta perawatannya misalnya mudah dalam perhitungan umur rencana serta mudah dalam melakukan *maintenance*. Jadwal yang dapat diatur sedemikian rupa dalam penanganan *maintenance* ini dengan bantuan IT serta software pendukung lainnya. Kebijakan pemerintah dalam penggunaan sistim BIM (building information modelling) dalam perencanaan

teknis maupun konstruksi serta pemeliharaan jalan; jembatan pada dirjen Bina Marga. Penerapan BIM ini diharapkan manfaatnya dalam peningkatan efisiensi serta dapat meminimalisasi kesalahan dalam proses perencanaan teknis pada jalan serta jembatan secara keseluruhannya. Penerapan disesuaikan berdasarkan PKB PU No: 01/P/BM/2013 tentang. Penyusunan pelaksanaan KAK (Kerangka Acuan Kerja) pada perencanaan serta pengawasan teknis jalan dan jembatan. Untuk perwujudan penerapan BIM dengan baik dan terarah maka dianggap perlu untuk dilakukan penyusunan panduan serta tahapan dalam penerapan BIM pada DirJen Bina Marga.

12

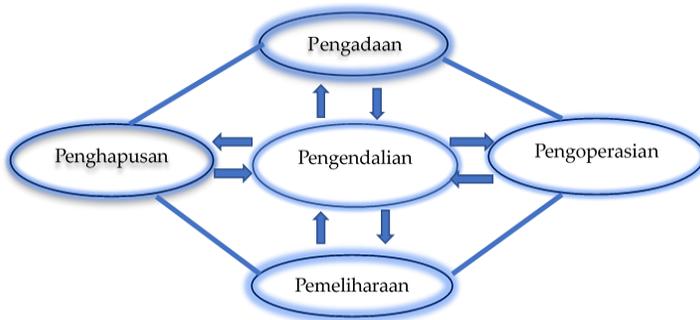
Manajemen Peralatan Konstruksi

12.1. Pengantar

Era globalisasi ditandai dengan batas negara-negara di dunia mulai terbuka dan informasi serta kerja sama antar negara meningkat. Salah satu bentuk kerja sama antara negara maju dan negara berkembang adalah pembangunan infrastruktur dalam bidang konstruksi mengalami kemajuan. Pelaksanaan proyek konstruksi saat ini, pada umumnya lebih banyak menggunakan peralatan konstruksi atau alat berat. Penggunaan peralatan dibutuhkan terutama pada pekerjaan yang sulit dikerjakan oleh manusia, dapat mencapai volume rencana pekerjaan dan dapat menyelesaikan pekerjaan sesuai waktu yang direncanakan. Penggunaan peralatan konstruksi harus dilakukan perencanaan yang matang karena memerlukan biaya yang tinggi. Untuk itu perlu manajemen yang baik dalam perencanaan dan pengoperasian alat agar hasil yang diperoleh efektif dan efisien.

12.2. Manajemen Peralatan Konstruksi

Manajemen peralatan adalah suatu ilmu yang digunakan untuk mengatur proses pengelolaan peralatan mulai dari perencanaan, pengadaan, pengoperasian sampai dengan tidak dapat digunakan atau dioperasikan lagi terkait umurnya atau penghapusan. Manajemen peralatan dapat digambarkan dalam satu bagan alir yang dapat dilihat pada gambar 12.1.



Gambar 12.1. Bagan Alir Manajemen Peralatan (SIBIMA, 2018).

1. Pengadaan Peralatan

Bila kebutuhan dan ketersediaan alat sesuai dengan kapasitasnya telah diketahui dengan pasti, maka perlu juga memperhitungkan alat yang belum tersedia. Sebagai pertimbangan pengadaan alat tersebut dengan beberapa cara:

- a. Membeli alat baru sebagai pertimbangan pengadaan dengan import atau pembelian melalui dealer.
- b. Menyewa dari perusahaan lain.
- c. Menyewa dan membeli

2. Pengoperasian.

Sebelum pengoperasian, dimulai dengan mencatat peralatan yang akan dipakai ke dalam laporan administrasi sehubungan dengan inventarisasi. Beberapa hal penting yang harus diperhatikan dan dicatat antara lain,

- a. Jenis peralatan yang digunakan sesuai dengan fungsinya.
- b. Kapasitas peralatan, sehubungan dengan produktivitas alat.
- c. Kapasitas, atau daya mesin peralatan.
- d. Tahun keluaran peralatan

- e. Tahun pembelian alat dan harga atau nilai peralatan pada waktu dibeli.
- f. Umur alat sekarang dan jumlah jam kerja alat.
- g. Nama perusahaan penjual/agen tunggal
- h. Lokasi proyek, lokasi kerja alat.
- i. Kondisi Peralatan, proyek apakah masih layak atau tidak, dengan melihat Surat Izin Layak Operasi (SILO). Keamanan alat di lokasi proyek.
- j. Kontraktor telah memilih operator yang memiliki surat Izin Operator (SIO).
- k. Memperhatikan Keselamatan kerja, dengan memperhatikan keamanan dan keselamatan lokasi kerja, dan menyediakan Alat Pelindung Diri (APD) kepada operator.
- l. Menyediakan format pelaporan kepada operator untuk dapat diisi sebagai laporan terkait alat, mulai dari akan mulai beroperasi, selama beroperasi dan setelah beroperasi
- m. Hasil kerja setiap alat termasuk jenis pekerjaan, volume dan alat lain yang bekerja bersama pada satu item jenis pekerjaan sebagai contoh pada pekerjaan galian Dump Truck ((DT) yang mengangkut material bekerja sama dengan excavator yang memuatkan ke DT.
- n. Membuat laporan harian dan bulanan untuk semua hasil kerja alat.

3. Pemeliharaan dan Perbaikan

Peralatan konstruksi adalah peralatan dengan harga yang mahal, dan memiliki nilai risiko tinggi bila terjadi kerusakan dan kecelakaan pada saat operasi. Untuk itu perlu dilakukan perawatan atau *maintenance* yang baik antara lain, (sumber: Amaliya 2018)

- a. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan ini dilakukan untuk mencegah kemungkinan kerusakan atau gangguan pada mesin dan peralatan.

b. Perawatan Berkala (*Periodic Maintenance*)

Perawatan berkala dilakukan secara berkala sesuai jumlah jam operasi tertentu. Jumlah jam operasi ini sesuai dengan jumlah waktu yang pencatatan yang ditunjukkan alat sesuai dengan j jam operasi (kerja) pada alat tersebut.

c. Perawatan harian (*Daily maintenance*)

Perawatan harian merupakan bagian dari perawatan berkala. Perawatan ini dilakukan setiap hari pada saat akan mulai kerja. Perawatan dilakukan sebelum alat digunakan, bertujuan untuk mengetahui kondisi dan kelayakan alat sebelum bekerja.

- Pemeriksaan oli sebelum mesin dihidupkan,
- Pemeriksaan air radiator,
- Pemeriksaan bahan bakar,
- Pemeriksaan fungsi hidrolis,
- Pemeriksaan baterai dan kabel-kabelnya,
- Pemanasan pada mesin.

d. Perawatan menyeluruh (*Overhaul maintenance*)

Perawatan yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi dan daya mesin kembali ke kondisi standar pabrik. Perawatan ini memberikan perpanjangan usia pada mesin dengan melakukan penggantian *spare parts* (onderdil) yang sesuai dengan petunjuk pemakaian menurut standar pabrik. Setiap mesin peralatan berbeda (*overhaul maintenance*), perawatannya. Dapat dibagi lagi menjadi beberapa macam misalnya saja overhaul mesin (*engine overhaul*), perawatan transmisi, perawatan menyeluruh secara umum, dan perbaikan keseluruhan alat.

- e. Perawatan berdasarkan kondisi (*Condition based maintenance*)

Perawatan yang dilakukan sesuai dengan kondisi mesin. Perawatan ini hanya dilakukan hanya ketika ada indikator kerusakan yang terjadi pada mesin, apakah itu kerusakan berat atau ringan. Tujuan dari perawatan ini adalah menemukan kerusakan yang mungkin terjadi sehingga perawatan bisa dilakukan saat dibutuhkan, bukan sebelumnya

4. Penghapusan alat.

Ada dua (2) kondisi untuk penghapusan untuk alat yaitu

- a. Penghapusan karena non operasional, penghapusan jenis ini terkait dengan kondisi non operasional, yaitu alat mengalami kerusakan yang sudah tidak dapat diperbaiki lagi.
- b. Penghapusan karena alat mengalami penyusutan sesuai umur ekonomisnya.

12.3. Pengenalan Peralatan Konstruksi

Pengenalan peralatan konstruksi penting karena kaitannya dengan pemilihan alat sehubungan dengan pekerjaan dalam proyek konstruksi. Kesalahan pemilihan alat dapat mengakibatkan pekerjaan proyek tidak lancar (Rostiyanti Susi fatena 2008). Untuk itu perlu mengklasifikasi alat berdasarkan fungsi alat (fungsional) alat tersebut dan peruntukan pekerjaan alat (operasional alat).

1. Klasifikasi Fungsional Peralatan

Klasifikasi fungsional peralatan ini dapat dikelompokkan menjadi tujuh (7) kelompok. (Rostiyanti Susi Fatena 2008)

a. Peralatan Pengolah Lahan.

Peralatan pengolahan atau pembersihan lahan, peralatan yang digunakan pada pekerjaan pengolahan lahan dan atau

permukaan tanah sebagai pekerjaan awal penyiapan lahan kerja. Peralatan yang digunakan antara lain dozer, scraper dan motor



grader.

Gambar 12.2. Peralatan Pengolahan Lahan. Dozer, Scraper dan Motor Grader (United Tractor 2022)

b. Peralatan Menggali

Peralatan menggali digunakan pada pekerjaan menggali tanah dan batuan, basement, saluran drainase. Alat yang digunakan antara lain, excavator, backhoe, dragline dan clamshell.



Gambar 12.3. Peralatan Menggali Excavator dan clamshell. (United Tractor 2020)

c. Peralatan Mengangkut Material

Peralatan mengangkut material adalah mengangkut dan membawa material dari lokasi material ke tempat pekerjaan. Pengangkutan secara horizontal adalah *Dump Truck* (DT), dan pengangkutan secara vertical dan horizontal adalah *Tower Crane* (TC).



Gambar 12.4. Peralatan Mengangkut Material. Dump Truck dan Tower Crane (Yanette (2020))

d. Peralatan Memindahkan Material

Peralatan yang digunakan untuk memindahkan material antara lain, loader dan dozer.



Gambar 12.5. Peralatan Memindahkan Material. Loader dan Dozer (United Tractor 2022.)

e. Peralatan Pemadatan

Peralatan pemadatan digunakan lebih banyak pada pekerjaan penimbunan, lokasi parkir yang luas dan pekerjaan jalan. Untuk pekerjaan pemadatan menggunakan peralatan antara lain, tandem roller, pneumatic -tired roller dan compactor.



Gambar 12.6. Peralatan Pemadatan, Tandem Roller, Three Wheel Roller (United Tractor 2022)

f. Peralatan Khusus Pabrikasi Material Konstruksi

Peralatan khusus pabrikasi material konstruksi adalah peralatan yang digunakan untuk menghasilkan material konstruksi siap pakai, dengan menggunakan teknologi terbaru. Peralatan ini digunakan untuk membuat agregat kasar (batu pecah) (*Stone Crusher*), beton segar (*Concrete Mixing Plant*) umumnya dikenal dengan nama *batching plant*, aspal mixing (*Asphalt Mixing Plant*).



Gambar 12.7. Asphalt Mixing Plant. (Erwin 2022).

2. Klasifikasi Operasional Peralatan.

Peralatan konstruksi berdasarkan klasifikasi operasionalnya di dapat dibagi atas dua (2) yaitu,

a. Peralatan dengan penggerak.

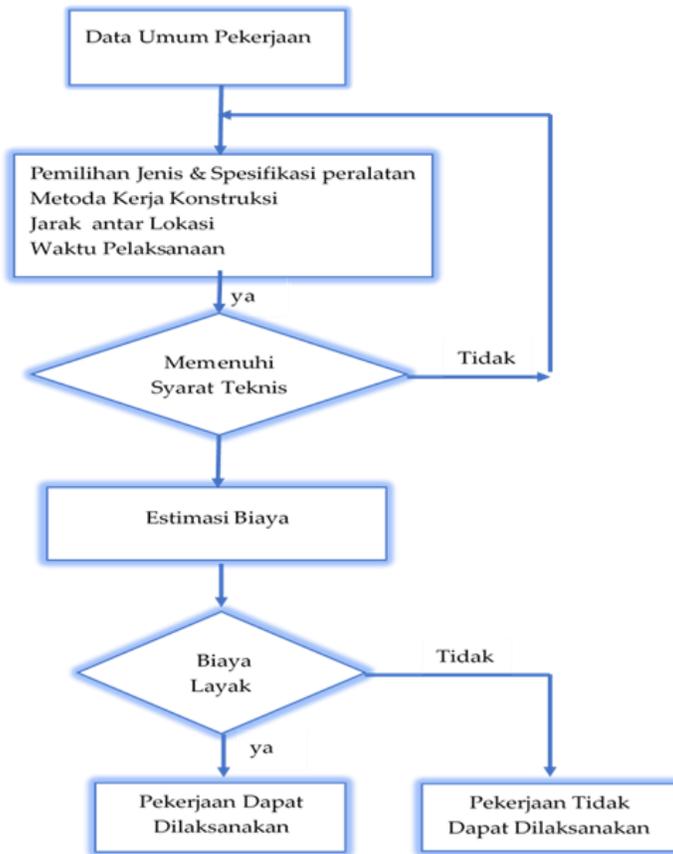
Peralatan dapat bergerak bila digerakan oleh mesin sebagai motor penggerak dan roda sebagai alat untuk memindahkan alat dari satu lokasi ke lain lokasi seperti roda dan belt. Roda ada dua macam roda ban karet atau *wheel* dan roda kelabang atau roda *crawler*. Belt adalah penggerak pada *conveyor* atau ban berjalan.

b. Peralatan yang tetap di tempat (statis).

Peralatan yang tetap di tempat atau tidak dapat berpindah tempat. Peralatan yang termasuk dalam peralatan statis adalah, *tower crane, batching plant, asphalt mixing plant, stone crusher.*

12.4. Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Peralatan Konstruksi

Faktor pemilihan peralatan konstruksi dapat dilihat dalam bagan alir yang ada pada Gambar 12. 8.



Gambar 12.8. Bagan Alir Faktor Pemilihan Peralatan Konstruksi (Sumber: erizal-2002)

1. Data umum proyek.

Data umum proyek yang dibutuhkan adalah

- a. Lokasi proyek, berada pada dataran rendah atau dataran tinggi dan kondisi medan proyek.
 - b. Jenis material yang dikerjakan bila material tanah perlu mengetahui daya dukungnya, konversi material dari kondisi asli ke kondisi gembur yang mempengaruhi berat material. dan volume pekerjaan.
 - c. Volume pekerjaan, dalam satuan (m^3) untuk pekerjaan tanah ataukah dalam satuan berat untuk pekerjaan pengaspalan.
 - d. Kondisi cuaca apakah musim penghujan atau kemarau, hal ini akan berpengaruh kepada waktu pelaksanaan.
2. Pemilihan jenis peralatan.

Pemilihan peralatan ditentukan oleh:

- a. Jenis pekerjaan, apakah pekerjaan tanah, pekerjaan jalan, jembatan ataukah Gedung. Untuk menentukan spesifikasi alat dan attachment, contohnya, pisau untuk dozer dan bucket untuk excavator.
- b. Produktivitas alat dalam satu (1) jam kerja (Q), pada umumnya ditentukan oleh, kapasitas alat (q) per siklus, waktu siklus (CT) dan efisiensi kerja alat (E), juga kecepatan alat angkut

$$Q = q \times \frac{60}{CT} \times E = \dots m^3/\text{jam}.$$

- Kecepatan alat (V) jarak angkut dari dan ke lokasi proyek dibagi waktu angkut dari dan ke lokasi proyek (Km/jam)

3. Metode kerja.

Metode kerja tergantung dari jenis pekerjaan konstruksi, contohnya pekerjaan jalan, maka dibutuhkan kombinasi

peralatan antara lain excavator untuk menggali dan membuang material ke dalam bak dump truck yang akan membawa material dari quari ke lokasi proyek dan tandem roller utk memadatkan material.

4. Jarak antara lokasi proyek dengan lokasi pengambilan material (lokasi quari) ke lokasi proyek.
5. Memenuhi syarat teknis

Memenuhi syarat-syarat teknis antara lain :

- a. Telah disesuaikan terhadap Jadwal waktu pelaksanaan sesuai dengan metoda kerja pelaksanaan.
 - b. Macam, jenis, kapasitas dan jumlah peralatan utama minimal yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan.
 - c. Syarat-syarat legalitas peralatan yang dipergunakan dalam pelaksanaan pekerjaan apakah sudah memiliki Surat Ijin Layak Operasi (SILO) atau tidak. Operator alat memiliki SIO yang sesuai dengan alatnya, mekanik peralatan memiliki sertifikat keahlian sesuai dengan pekerjaannya. Perijinan lain menyangkut alat yang dibutuhkan agar tidak mengganggu selama operasional alat berlangsung.
6. Estimasi biaya
Estimasi biaya peralatan terdiri dari dua (2) bagian besar yaitu,
 - a. Biaya kepemilikan alat (*owning cost*), adalah biaya yang dikeluarkan selama alat ini beroperasi atau selama umur alat. Biaya yang termasuk dalam biaya sendiri alat adalah, depresiasi yaitu menurunnya nilai alat terkait dengan bertambahnya umur layan alat. Suku bunga bank, pajak dan asuransi alat.
 - b. Operasional alat, (*operating cost*) adalah biaya yang dikeluarkan selama alat bekerja, seperti bahan bakar, minyak pelumas, grease, minyak hidrolis, biaya ban, penggantian filter, biaya

perawatan dan perbaikan, penggantian suku cadang khusus dan upah operator.

- c. Pelaksanaan pekerjaan. Bila analisis kelayakan selesai dan dapat diterima maka pekerjaan dapat dilaksanakan. Pekerjaan tidak layak dilaksanakan apabila hasil analisis kelayakan tidak dapat diterima.

12.5. Penutup

Beberapa keuntungan atau manfaat yang dirasakan dengan menerapkan manajemen peralatan konstruksi adalah. Dapat melakukan perencanaan pelaksanaan dan menjamin hasil kerja yang maksimal sesuai waktu dan biaya seminimal mungkin. Dengan melakukan penyelidikan lokasi proyek atau lokasi kerja, menggunakan peralatan yang sesuai, operator dan mekanikal yang memiliki sertifikasi keahlian. Perawatan dan pemeliharaan alat yang terencana dapat menjamin keselamatan dan keamanan kerja baik kepada operator dan juga peralatan. Menganalisis biaya yang akurat yang dapat menjamin kelancaran pekerjaan.

Bab 13

Drainase Perkotaan

13.1. Pengantar

Suatu fenomena alam yang populer di dunia khususnya di Negara Indonesia adalah banjir. Banjir saat ini merupakan masalah terbesar yang harus ditangani dengan baik oleh pemerintah, apalagi saat ini perubahan kondisi cuaca yang tak menentu dan intensitas hujan yang terjadi tanpa didukung sarana dan prasarana yang memadai. Peristiwa bencana banjir ini hampir setiap tahun berulang terjadinya, namun sampai saat ini penanganannya belum dapat diselesaikan dengan baik. Kecenderungan yang terjadi malah makin meningkat, baik dari segi frekuensi terjadinya, dampak luasannya, kedalaman air luapannya, dan lamanya durasi banjir yang terjadi. Hal ini dapat diminimalisir dengan perencanaan drainase yang baik dan benar, sehingga di tahun-tahun mendatang dampak yang ditimbulkan akibat banjir ini semakin kecil.

13.2. Pengertian Drainase Perkotaan

Drainase dalam bahasa Inggris-nya *drainage* asal kata dari sebuah kata kerja “*to drain*” yang berarti menguras atau mengalirkan aliran air, secara definisi atau istilah lain digunakan untuk menggambarkan suatu sistem yang saling berkaitan dalam menangani masalah kelebihan air yang terjadi, baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan tanah. Secara umum, drainase dapat diartikan sebagai suatu ilmu pengetahuan dalam konteks pemanfaatan tertentu yang mempelajari tentang usaha yang diperlukan dalam penanganan

masalah kelebihan air atau lebih kita kenal dengan istilah banjir. Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan daerah perkotaan khususnya dalam perencanaan infrastruktur perkotaan.

Drainase perkotaan merupakan suatu ilmu drainase yang diterapkan terkhusus dalam mengkaji lokasi/kawasan/daerah perkotaan yang sangat erat hubungannya dengan kondisi sosial budaya masyarakat yang berada di kawasan/daerah perkotaan. Drainase perkotaan ini adalah suatu sistem yang direncanakan dalam penanganan kelebihan air baik dalam hal pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi: pemukiman masyarakat, daerah industri dan perdagangan, kampus/sekolah, rumah sakit dan fasilitas umum, lapangan olahraga, lapangan parkir, dan bandara, serta sarana prasarana umum lainnya. Dalam merencanakan drainase perkotaan ini, beberapa hal dalam kriteria desainnya harus di pertimbangkan antara lain:

- (1) Keterkaitan dengan tata guna lahan daerah perencanaan;
- (2) Hubungannya dengan rencana induk drainase perkotaan;
- (3) Hal-hal yang berhubungan masalah sosial budaya masyarakat sekitaran daerah perencanaan.

13.3. Jenis Drainase

Dalam memudahkan pemahaman tentang drainase, berikut disajikan beberapa jenis drainase berdasarkan beberapa kelompok:

1. Menurut sejarah terbentuknya
 - a. *Natural drainage* (drainase alamiah) merupakan drainase yang terbentuk secara alamiah, prosesnya berlangsung lama dan tidak ada campur tangan manusia.
 - b. *Artificial drainage* (drainase buatan) adalah sistem yang dibentuk dengan maksud tertentu berdasarkan hasil rekayasa atau analisis perencanaan drainase, melalui penentuan debit

aliran (Q) yang terjadi akibat curah hujan, kecepatan aliran (v), dan dimensi saluran sebagai upaya penyempurnaan kekurangan sistem drainase alamiah.

2. Menurut sistem pengaliran
 - a. Drainase dengan sistem jaringan. Ini merupakan sebuah sistem drainase dengan pengaliran aliran air pada suatu daerah melalui suatu sistem tata saluran (kanalisasi) yang dilengkapi dengan bangunan pelengkap.
 - b. Drainase dengan sistem resapan adalah sistem drainase pengaliran aliran air yang dilakukan dengan meresapkan air ke dalam permukaan tanah melalui suatu sistem peresapan air.
3. Menurut tujuan/sasaran pembuatannya
 - a. Peruntukan drainase kota dan keindahan kota.
 - b. Peruntukan saluran di areal pertanian.
 - c. Peruntukan saluran sekitar lapangan terbang dan lapangan olah raga.
 - d. Peruntukan saluran drainase jalan.
 - e. Peruntukan saluran sekitar rel kereta api.
 - f. Peruntukan saluran pada tanggul dan DAM.
 - g. Peruntukan saluran pembuangan air limbah (kesehatan lingkungan).
 - h. Peruntukan saluran untuk penambahan kawasan.
4. Menurut letak saluran.
 - a. *Surface Drainage* (saluran di atas permukaan) merupakan sistem drainase yang pengaliran airnya berada di atas permukaan tanah yang terjadi akibat adanya perbedaan tinggi permukaan saluran.
 - b. *Sub Surface Drainage* (saluran di bawah permukaan) adalah sistem drainase yang aliran airnya di bawah tanah dikarenakan

arealnya yang tidak memungkinkan mengalirkan air di atas permukaan, contohnya lapangan sepak bola, bandara, dan lain-lain.

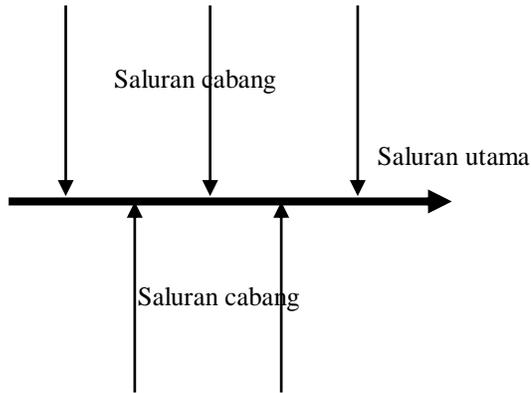
5. Menurut fungsi drainase.
 - a. *Single multi purpose* berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja, contoh: untuk aliran air hujan atau air limbah.
 - b. *Multy purpose* berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun dialirkan secara bergantian.
6. Menurut konstruksi.
 - a. *Open Channel* (saluran terbuka), saluran untuk air hujan dan non hujan yang terletak di area yang cukup luas dan tidak mengganggu keindahan serta kesehatan lingkungan.
 - b. Saluran tertutup merupakan saluran yang permukaan airnya sama sekali tidak dipengaruhi oleh udara luar (atmosfir), contoh aliran dalam pipa.

13.4. Bentuk (Struktur) Jaringan Drainase

Suatu sistem jaringan drainase terdiri atas beberapa saluran yang saling berkaitan dan memiliki hubungan satu sama lain dan membentuk suatu pola jaringan. Pola jaringan tersebut antara lain:

13.4.1. Bentuk Siku

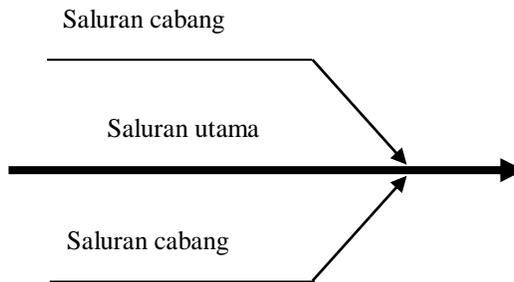
Bentuk siku adalah suatu pola di mana saluran cabang membentuk sudut pada saluran utama. Dibuat pada daerah yang memiliki ketinggian topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai yang saluran pembuang utamanya berada di pusat kota.



Gambar 13.1. Pola Jaringan Drainase Siku (Hasmar, 2011)

13.4.2. Bentuk Pararel

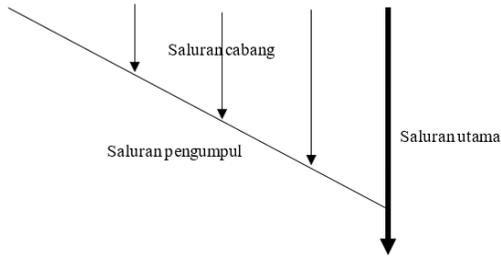
Bentuk paralel adalah pola saluran utama (primer) terletak sejajar dengan saluran cabang (sekunder) yang kemudian di *outlet* saluran cabang dibelokkan ke saluran primer. Pola paralel memiliki saluran sekunder yang cukup banyak dan pendek-pendek.



Gambar 13.2. Pola Jaringan Drainase Pararel (Hasmar, 2011)

13.4.3. Bentuk *Grid Iron*

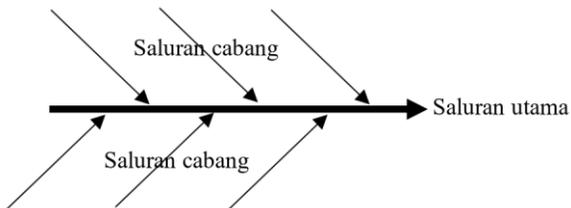
Pola *grid iron* peruntukkannya untuk daerah di mana sungainya terdapat di pinggiran kota, sehingga saluran-saluran sekunder dikumpulkan lebih dulu pada saluran pengumpulan.



Gambar 13.3. Pola Jaringan Drainase *Grid Iron* (Hasmar, 2011)

13.4.4. Bentuk Alamiah

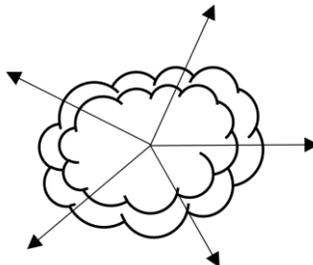
Pola alamiah hampir mirip bentuknya seperti pola siku, namun jaringan saluran cabangnya tidak selalu membentuk sudut (siku) terhadap saluran primer (utama).



Gambar 13.4. Pola Jaringan Drainase Alamiah (Hasmar, 2011)

13.4.5. Bentuk Radial

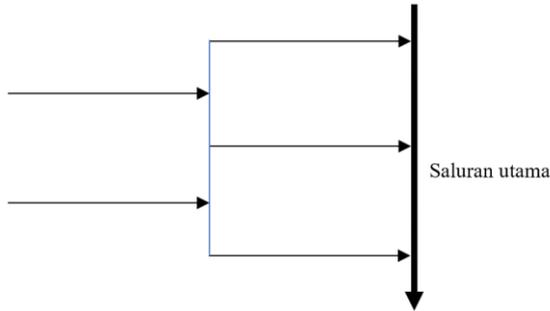
Pola jaringan radial saat cocok untuk daerah berbukit, sehingga pola aliran airnya memencar ke segala arah.



Gambar 13.5. Pola Jaringan Drainase Radial (Hasmar, 2011)

13.4.6. Jaring-Jaring

Pola jaring-jaring memiliki saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok diterapkan untuk daerah yang memiliki topografi datar.



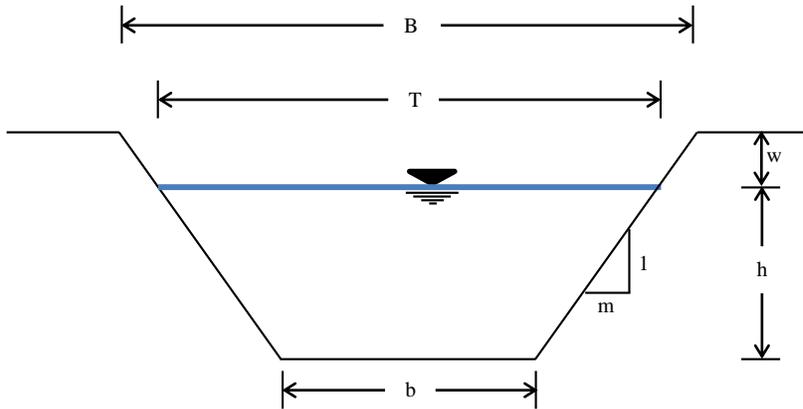
Gambar 13.6. Pola Jaringan Jaring-Jaring (Hasmar, 2011)

13.5. Parameter Geometrik Saluran Terbuka

Dalam merancang suatu drainase perkotaan, aliran yang mengalir melewati bentuk saluran yang bervariasi. Ada berbagai macam bentuk geometrik saluran yang mempengaruhi kemampuan saluran tersebut dalam mengalirkan debit. Beberapa parameter penting dan bentuk geometrik saluran yang sering digunakan dalam menganalisis hidraulika saluran pada perencanaan drainase perkotaan ditampilkan dalam penjelasan berikut:

13.5.1. Berbentuk Trapesium

Umumnya saluran ini dibentuk dari tanah akan tetapi tidak menuntut kemungkinan terbuat dari pasangan batu dan/atau beton. Saluran ini memerlukan areal yang cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 13.7. Penampang Melintang Berbentuk Trapesium (Suripin, 2004)

Untuk penampang dengan bentuk trapesium, parameter geometriknya dapat direncanakan dengan persamaan-persamaan berikut:

$$A_s = b + (m \cdot h) \cdot h \quad (13.1)$$

$$P = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad (13.2)$$

$$R = \frac{A_s}{P} \quad (13.3)$$

$$T = b + 2 m \cdot h \quad (13.4)$$

$$D = \frac{A_s}{T} \quad (13.5)$$

Di mana : A_s = Luas penampang basah saluran (m^2);

b = Lebar dasar saluran (m);

h = Tinggi muka air normal pada saluran (m);

m = Kemiringan tebing saluran (m);

w = Tinggi jagaan (m);

P = Keliling penampang basah (m);

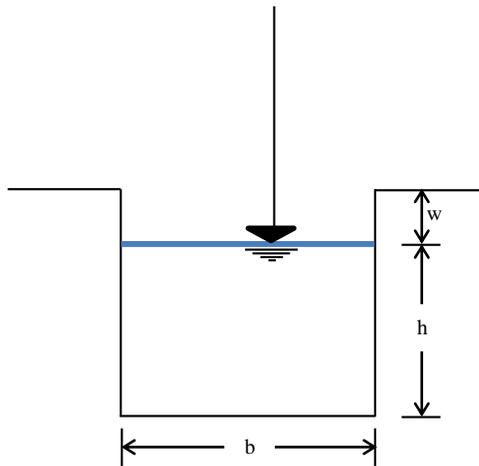
R = Jari-jari hidrolis (m);

T = Lebar permukaan saluran (m);

D = Kedalaman hidrolis (m);

13.5.2. Berbentuk persegi

Saluran ini terbentuk dari pasangan batu dan/atau beton. Bentuk saluran ini tidak memerlukan banyak areal dan ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar.



Gambar 13.8. Penampang melintang berbentuk persegi
(Suripin, 2004)

Parameter geometriknya dapat direncanakan dengan persamaan berikut :

$$A_s = b \cdot h \quad (13.6)$$

$$P = b + 2 \cdot h \quad (13.7)$$

$$R = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h} \quad (13.8)$$

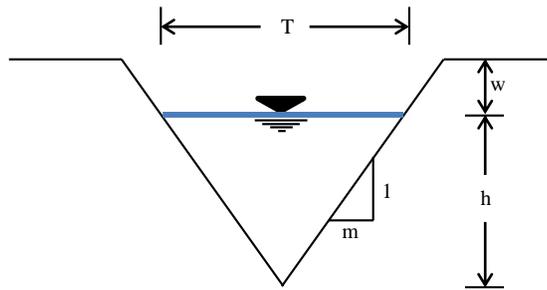
$$T = b \quad (13.9)$$

$$D = h \quad (13.10)$$

- dimana :
- A_s = Luas penampang basah saluran (m^2);
 - b = Lebar dasar saluran (m);
 - h = Tinggi muka air normal pada saluran (m);
 - m = Kemiringan tebing saluran (m);
 - w = Tinggi jagaan (m);
 - P = Keliling penampang basah (m);
 - R = Jari-jari hidrolis (m);
 - T = Lebar permukaan saluran (m);
 - D = Kedalaman hidrolis (m).

13.5.3. Bentuk segitiga

Saluran ini sangat jarang digunakan tetapi mungkin digunakan dalam kondisi tertentu.



Gambar 13.9. Penampang Melintang Bentuk Segitiga (Suripin, 2004)

Untuk penampang dengan bentuk persegi, parameter geometriknya dapat direncanakan dengan persamaan-persamaan berikut:

$$A_s = m \cdot h^2 \quad (13.11)$$

$$P = 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad (13.12)$$

$$R = \frac{m \cdot h^2}{2 \cdot h \cdot \sqrt{1+m^2}} \quad (13.13)$$

$$T = 2 \cdot m \cdot h \quad (13.14)$$

$$D = \frac{h}{2} \quad (13.15)$$

Di mana : A_s = Luas penampang basah saluran (m²);

b = Lebar dasar saluran (m);

h = Tinggi muka air normal pada saluran (m);

m = Kemiringan tebing saluran (m);

w = Tinggi jagaan (m);

P = Keliling penampang basah (m);

R = Jari-jari hidrolis (m);

T = Lebar permukaan saluran (m);

D = Kedalaman hidrolis (m).

Tabel 13.1 merupakan hasil penurunan persamaan sebelumnya, sehingga diperoleh geometrik penampang melintang saluran yang paling efisien yang mampu melewati debit maksimum.

Tabel 13.1. Unsur Geometrik Penampang Efisien Saluran

Bentuk	A	P	$R = \frac{A}{P}$	T	$D = \frac{A}{T}$
Segi empat	$2h^2$	$4h$	$\frac{h}{2}$	$2h$	h
Trapesium	$h^2\sqrt{3}$	$2h\sqrt{3}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{4h\sqrt{3}}{3}$	$\frac{3h}{4}$
Segitiga	h^2	$2h\sqrt{2}$	$\frac{h\sqrt{2}}{4}$	$2h$	$\frac{h}{2}$

Sumber: (Anggrahini, 1997)

13.6. Parameter Statistik Distribusi Probabilistik

Analisis frekuensi data hujan guna memperoleh nilai hujan rencana, ada beberapa distribusi probabilitistik yang diperkenalkan secara kontinu dan sering digunakan yaitu : Normal, Gumbel, Log Pearson Type III, dan Log Normal. Penentuan jenis distribusi probabilitistik yang sesuai dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada Tabel 13.2.

Tabel 13.2. Syarat Parameter Statistik Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k \approx 3$
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$
Log Pearson Type III	$C_s \neq 0$ (selain nilai lainnya)
Log Normal	$C_s = 3 \cdot C_v + (C_v^3)$
	$C_k = C_v^8 + 6 \cdot C_v^6 + 15 \cdot C_v^4 + 16 \cdot C_v^2 + 3$

Sumber: (Soewarno, 1995)

13.7. Penerapan Pemodelan dalam Analisis Perencanaan Drainase Perkotaan

Penerapan model aplikasi komputer dalam menganalisa suatu perencanaan merupakan alat bantu yang sangat penting dan membantu memudahkan pekerjaan seorang insinyur agar lebih

cepat, mudah, dan ekonomis. Di dunia ini, dalam memodelkan perencanaan drainase perkotaan banyak sekali program bantu aplikasi komputer yang sifatnya *open access* (gratis) maupun berbayar.

Pada beberapa proyek yang mengerjakan sistem drainase perkotaan, telah ada yang menggunakan pemodelan dengan bantuan aplikasi komputer dalam tahapan pekerjaan perencanaan diantaranya:

- a. Perencanaan sistem jaringan drainase perkotaan baru pada suatu wilayah atau kawasan yang baru.
- b. Pengawasan pekerjaan sistem jaringan drainase yang telah terbangun.
- c. Evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju dan pesat, setiap insinyur dituntut untuk mengembangkan teknologi perencanaan ke arah penggunaan model aplikasi komputer. Beberapa alasan yang dapat dikemukakan mengapa pemodelan menggunakan aplikasi komputer sangat penting dan kritikal harus digunakan dalam setiap analisa perencanaan, yaitu:

- a. **Waktu.** Efisiensi waktu perhitungan dalam pengerjaannya dapat dipersingkat dengan menggunakan aplikasi komputer.
- b. **Biaya.** Kebutuhan biaya dapat ditekan seminimal mungkin.
- c. **Akurasi.** Peluang kesalahan dalam analisa perhitungan dan penyelesaian persamaan yang rumit dapat diperkecil.
- d. **Tampilan.** Tampilan *output* dari model aplikasi cukup menarik sehingga memudahkan dalam pembacaan hasilnya.

Seperti penjelasan sebelumnya, terdapat banyak program aplikasi yang dapat dipakai dalam memodelkan perencanaan sistem drainase perkotaan diantaranya HEC-RAS, HEC-HMS, dan SWMM. Dalam sub-bab kali ini, hanya akan dijelaskan secara umum tentang program aplikasi SWMM.

13.7.1. Pengertian SWMM

SWMM atau dalam artian *Storm Water Management Model* merupakan model aplikasi dinamik yang digunakan mensimulasi hujan menjadi aliran (*rainfall-runoff*), SWMM ini pun dapat digunakan untuk mensimulasi kualitas dan kuantitas limpasan aliran permukaan khususnya di daerah perkotaan. Beban limpasan aliran yang timbul kemudian dialirkan melalui sistem lainnya seperti saluran terbuka, saluran dalam pipa, tampungan, pompa, dan lain-lainnya. SWMM pertama kali dikembangkan oleh United States Environmental Protection Agency (US EPA) di tahun 1971. Aplikasi SWMM ini bersifat *open access* (gratis) dan dapat diunduh pada laman resmi US EPA.

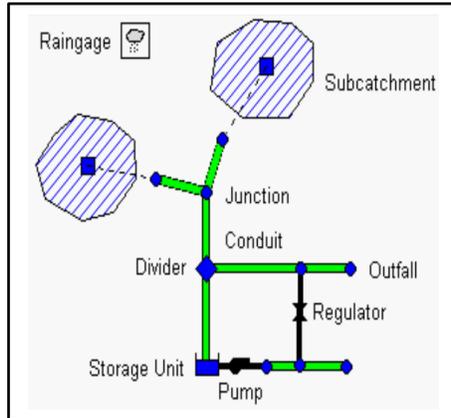
Selain dapat digunakan untuk menghitung aspek hidrologi dan hidrolika, SWMM juga dapat diaplikasikan untuk menghitung kualitas, antara lain jumlah dan konsentrasi polutan/limbah yang berasal dari suatu daerah aliran sungai melalui penelusuran sistem jaringan drainasenya.

13.7.2. Tahapan Umum Simulasi Menggunakan SWMM

Tahapan simulasi menggunakan program bantu aplikasi SWMM dalam perencanaan drainase perkotaan pada umumnya disajikan secara berurutan antara lain: (a) pengaturan pekerjaan (*project setup*), (b) penggambaran jaringan dan komponen sistem. (c) editing komponen, (d) pengaturan pilihan simulasi, (e) menjalankan simulasi, dan (f) mengakses simulasi.

13.7.3. Konsep Model SWMM

Dalam memodelkan suatu sistem jaringan drainase, SWMM dapat memberikan rangkaian aliran yang melalui 4 (empat) bagian utama yaitu: (a) atmosfer, (b) permukaan tanah, (c) bagian bawah permukaan, dan (d) jaringan drainase. Rangkaian dalam setiap obyek tersebut digambarkan dalam Gambar 13.10 berikut.



Gambar 13.10. Deskripsi Obyek Sistem Model SWMM

(Anwar, 2009)

1. Data hujan (*Raingage*)

Data hujan yang disediakan merupakan data hujan untuk satu atau beberapa daerah tangkapan hujan wilayah yang menjadi daerah perencanaan. Data hujan umumnya berupa seri data yang menunjukkan distribusi hujan (mm) terhadap waktu (menit atau jam) yang diistilahkan sebagai *hyetograph*.

2. Daerah aliran sungai (*Subcatchments*)

DAS atau daerah aliran sungai dalam hal ini obyek *subcatchments* adalah suatu wilayah/lahan yang dibatasi oleh pemisah topografi dan mengalirkan limpasan permukaan pada satu titik *outlet*. Penentuan DAS ini umumnya diperoleh dari analisa data DEM (*digital elevation model*) suatu wilayah/lahan.

3. *Junction Nodes*

Titik/simpul *junction* merupakan titik pertemuan dalam perencanaan sistem drainase. Secara fisik, *junction* tersebut merepresentasikan pertemuan saluran terbuka, *manhole* jaringan limbah, dan sambungan pipa.

4. *Conduits*

Conduit merupakan representasi saluran yang mengalirkan air dari satu titik ke titik lainnya. Bentuk penampang salurannya ditentukan oleh *user* sebagai perencananya.

5. *Flow Divider Nodes*

Simpul *flow divider* merupakan simpul pengalihan arus aliran masuk ke saluran tertentu dengan batasan yang ditetapkan. Sebuah simpul *flow divider* hanya boleh memiliki 2 (dua) saluran keluar saja. Ada 4 jenis pengalihan arus aliran masuk yaitu:

- (a) *Cutoff Divider*, pengalihan aliran masuk yang besarnya melebihi nilai aliran yang ditentukan.
- (b) *Overflow Divider*, pengalihan aliran masuk yang besarnya melebihi kapasitas aliran tanpa pengalihan.
- (c) *Tabular Divider*, menggunakan tabel untuk menyatakan pengalihan aliran sebagai fungsi dari total aliran masuk.
- (d) *Weir Divider*, ditentukan menggunakan persamaan.

$$Q_{div} = C_w \cdot (f \cdot H_w)^{1,5} \quad (13.16)$$

$$f = \frac{Q_{in} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} \quad (13.17)$$

di mana : Q_{div} = Aliran yang dialihkan;

C_w = Koefisien bendung;

H_w = Tinggi bendung;

Q_{in} = Aliran yang masuk ke pengalih;

Q_{min} = Aliran di mana pengalihan dimulai;

$Q_{max} = C_w \cdot H_w^{1,5}$

6. *Storage Units*

Volume tampungan ditunjukkan dalam simpul *storage unit*. Secara fisik, simpul ini merepresentasikan kolam retensi dan waduk atau danau. *Storage unit* berfungsi pula sebagai penahan dan penunda puncak banjir.

7. Pompa (*Pumps*)

Pompa digunakan untuk mengangkat atau menaikkan elevasi permukaan air yang direpresentasikan dalam kurva pompa. Ada 4 (empat) yang didukung oleh SWMM antara lain:

- (a) Type 1, Q_{aliran} vs volume (*incrementally*);
- (b) Type 2, Q_{aliran} vs kedalaman (*incrementally*);
- (c) Type 3, Q_{aliran} vs tinggi tekanan (*continuously*);
- (d) Type 4, Q_{aliran} vs kedalaman aliran (*continuously*).

8. Pengatur aliran (*Flow Regulators*)

Flow regulator merupakan struktur yang berfungsi mengatur dan mengalihkan aliran dalam sistem pengaliran. Pada umumnya *flow regulator* ini digunakan untuk mengatur aliran air yang keluar dari reservoir, menghindari genangan air yang tidak diinginkan, mengalihkan aliran air ke IPA (unit pengolahan air).

SWMM dapat memodelkan beberapa jenis *flow regulator* diantaranya: (a) lubang peluap (*orifices*), (b) bendung (*weir*), dan (c) saluran pembuangan (*outlets*).

9. *Outfall Nodes*

Titik *outfall* merepresentasikan titik/simpul akhir (*outlet*) sistem jaringan drainase pada suatu daerah aliran sungai. *Outfall* hanya dibolehkan terdiri dari 1 (satu) aliran masuk saja.

Bab **14**

Pelabuhan

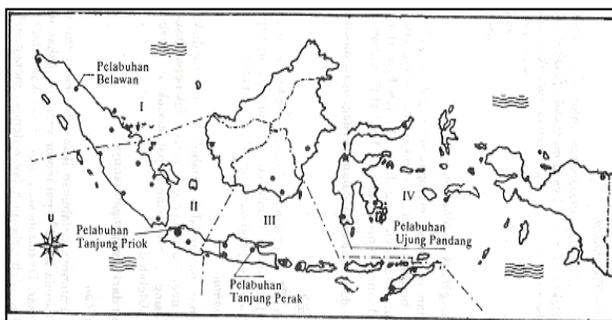
14.1. Pengantar

Bandar (*harbour*) merupakan suatu daerah perairan yang terlindung dari pengaruh gelombang dan angin untuk berlabuhnya kapal-kapal dalam melakukan kegiatan mengisi bahan bakar, berlindung dari lautan lepas, serta reparasi. Pelabuhan (*port*) adalah daerah perairan yang terlindung dari pengaruh angin dan gelombang yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut dan fasilitas lainnya dalam melakukan bongkar muat baik barang maupun penumpang. Dari kedua definisi ini dapat disimpulkan pelabuhan adalah bandar yang dilengkapi dengan fasilitas pendukung lainnya. Jadi pelabuhan adalah bandar tetapi bandar belum tentu adalah pelabuhan.

Defenisi pelabuhan secara umum adalah pengadaan suatu daerah perairan yang tenang dan terlindung dari gelombang serta menyediakan fasilitas-fasilitas berlabuh yang aman bagi kapal-kapal dalam menyelenggarakan pertukaran angkutan penumpang dan barang. (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*). Dalam Permen Perhubungan RI No : PM 57 Tahun 2021 didefenisikan pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan perusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi. (*PM_50_Tahun_2021new.Pdf, n.d.*)

14.2. Sejarah dan Perkembangan Pelabuhan

Sejarah pelabuhan adalah merupakan tepian daerah perairan yang memungkinkan kapal-kapal dapat merapat untuk melakukan bongkar muat barang serta menaik-turunkan penumpang. Keadaan pelabuhan tersebut harus tenang dan bebas dari pengaruh gelombang, sehingga awal mula pelabuhan adalah ditepi pantai atau sungai yang secara alamiah bebas dari pengaruh gelombang sehingga aktivitas dapat dilakukan. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, ekonomi dan sosial budaya maka, serta kebutuhan akan sandang, pangan dan kebutuhan hidup lainnya maka sangat dibutuhkan sarana/prasarana memadai. Pada awalnya ukuran kapal kecil menjadi kapal berbobot besar dilengkapi teknologi canggih kemudian berkembang sesuai dengan barang yang diangkut seperti kapal tengker, kapal curah dan lain-lain. (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*). Indonesia sebagai negara kepulauan/maritim harus ditunjang dengan peranan pelayaran yang memadai, baik sektor sosio ekonomi, pemerintahan dan pertahanan keamanan. Untuk itu perkembangan bidang pelayaran harus terus dipacu sesuai dengan kemajuan dunia maritim (angkutan laut). Dunia pelayaran angkutan laut sangat dibutuhkan karena merupakan sarana transportasi yang murah, kapasitas yang sangat besar, juga merupakan sarana angkutan massal. (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*). Untuk mendukung serta menciptakan sistem angkutan laut yang sesuai maka harus pula didukung oleh prasarana yang baik berupa pelabuhan yang dilengkapi dengan fasilitas lainnya.



Gambar 14.1. Wilayah Pengelolaan Pelabuhan di Indonesia

(*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*)

14.3. Klasifikasi Pelabuhan (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*)

a. Menurut teknis

- Pelabuhan Alam (*Natural Harbour*) yaitu suatu daerah/lokasi pantai yang menjurus kedalam (inlet) yang terlindung oleh pulau, atau suatu teluk yang terlindung dari gelombang laut, memiliki kedalaman air yang cukup untuk berlabuhnya kapal tertentu sehingga hanya dibutuhkan bangunan tambatan kapal untuk melakukan bongkar muat.
- Pelabuhan Buatan (*Artificial Harbour*) yaitu suatu daerah di mana alamnya tidak memenuhi syarat untuk pelabuhan sehingga semuanya harus dibuat oleh manusia.
- Pelabuhan Semi Alam (*Seminatural Harbour*) adalah perpaduan antara pelabuhan alam dan pelabuhan buatan.

b. Menurut fungsi operasionalnya

- Pelabuhan Niaga/Perdagangan (*Commercial Harbour*) yang terdiri dari :
 - + Pelabuhan Lokal
 - + Pelabuhan Interinsuler
 - + Pelabuhan Internasional.
- Pelabuhan Industri (*Industrial Harbour*)
- Pelabuhan Ikan (*Fishery Harbour*)
- Pelabuhan Militer (*Military Harbour*)
- Pelabuhan Pariwisata (*Tour Harbour*)
- Pelabuhan Tenker (*Tanker Harbour/Tanker Terminal*)

- Pelabuhan Minyak/Tambang (*Bunkering Harbour/Fuel Harbour*)
 - Pelabuhan Karantina (*Quarantine Harbour*)
 - Pelabuhan Ferry (*Ferry Harbour/Ferry Terminal*)
 - Pelabuhan Berlindung (*Refuge Harbour*)
 - Pelabuhan Paket Kiriman (*Package Harbour*)
- c. Menurut Geografis
- Pelabuhan Pantai (*Coastal Harbour*)
 - Pelabuhan Muara Sungai (*Estuary Harbour*)
 - Pelabuhan Sungai/Pedalaman Sungai (*River Harbour*)
 - Pelabuhan Terusan (*Canal Harbour*)
 - Pelabuhan Luar yang terdiri dari:
 - + Pelabuhan Luar Terbuka
 - + Pelabuhan Luar Tertutup
- d. Menurut Pengelolaan Pungutan Jasa
- Pelabuhan Otonom
 - Pelabuhan Bebas
 - Pelabuhan yang tidak diusahakan
 - Pelabuhan yang diusahakan
- e. Menurut Tingkatan Fungsinya
- Pelabuhan Pintu Gerbang Utama (*Gateway Ports*)
 - Pelabuhan Pengumpul (*Collectors Ports*)
 - Pelabuhan Pengumpan (*Feeder Ports*)

Di Indonesia pelabuhan yang pertama dibangun adalah Pelabuhan Sunda Kelapa di mana wilayah Pelabuhan Sunda Kelapa dan sekitarnya menjadi cikal-bakal terbentuknya Kota

Jakarta. Menurut sejarah pelabuhan Sunda Kelapa berdiri sejak abad ke-5 dan menjadi pelabuhan di bawah kekuasaan Kerajaan Tarumanegara tetapi abad ke-12. Pelabuhan Sunda Kelapa dikuasai Kerajaan Sunda yang berhasil menguasai pelabuhan ini, Sunda Kelapa menjadi berkembang sangat pesat karena letaknya yang strategis dan ramai dikunjungi pedagang asing seperti orang-orang Tiongkok, Arab, India, Inggris dan Portugis.



Gambar 14.2. Pelabuhan Sunda Kelapa

(Sejarah Pelabuhan Sunda Kelapa Yang Berhubungan Dengan Terbentuknya Kota Jakarta - Bobo, 2021, n.d.)

14.4. Persyaratan Pelabuhan

Menurut *(Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.)* pelabuhan dapat memberi pelayanan yang baik, harus bisa memenuhi beberapa persyaratan:

- a. Kedalaman air dan lebar jalur yang cukup agar kapal tidak kandas saat menuju dan keluar dari pelabuhan sehingga kapal dapat mencapai dermaga dengan aman untuk membuang jangkar selama bongkar muat barang atau mengisi bahan bakar.
- b. Ditempatkan pada daerah dengan populasi penduduk yang cukup padat, dengan tanah yang subur untuk meningkatkan perekonomian.
- c. Daerah yang mendukung pertukaran moda transportasi dengan cepat.

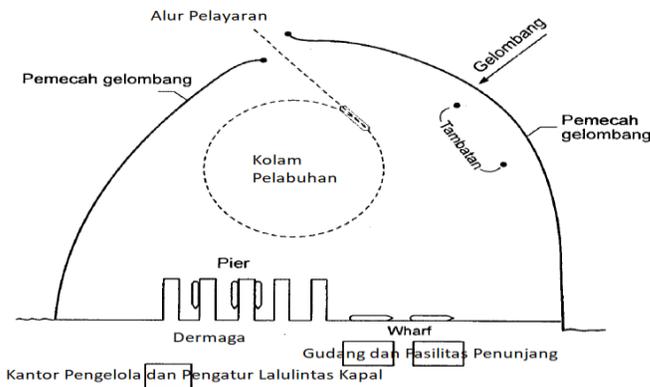
- d. Dilengkapi dengan tempat perbaikan dan pemeliharaan kapal.
- e. Dilengkapi dengan fasilitas bongkar muat barang dan penumpang.
- f. Terdapat gudang-gudang penyimpanan barang

Pelabuhan dalam memenuhi persyaratan tersebut harus mempunyai bangunan-bangunan berikut ini:

- a. Dermaga, adalah bangunan pelabuhan untuk sandar dan menambatkan kapal pada waktu bongkar muat barang. Dua tipe dermaga yaitu yang berada di garis pantai dan sejajar dengan garis pantai yang disebut *wharf* dan yang menjorok (tegak lurus) yang disebut *pier atau jetty*.
- b. Alur pelayaran berfungsi untuk alur dalam mengarahkan kapal-kapal saat masuk atau keluar dari pelabuhan, di mana kedalaman dan lebar yang cukup untuk bisa dilalui kapal-kapal yang masuk atau keluar pelabuhan.
- c. Kolam pelabuhan tempat kapal bermanufer saat akan merapat atau meninggalkan dermaga, dan harus terlindung dari pengaruh gelombang dan serta mempunyai kedalaman air yang cukup.
- d. Pemecah gelombang yang untuk melindungi daerah pelabuhan dari pengaruh gelombang.
- e. Alat penambat yang berfungsi menambatkan kapal saat merapat di dermaga maupun menunggu di perairan sebelum bisa merambat ke dermaga (berupa pelampung penambat).
- f. Gudang terminal untuk keperluan administrasi.
- g. Peralatan bongkar muat barang seperti kran darat (*gantry crane*) kran apung, kendaraan untuk mengangkat/memindahkan barang seperti forklift, dll, serta
- h. Gudang lini I dan lapangan penumpukan terbuka, yang terletak dibelakang dermaga untuk menyimpan barang-barang yang

harus menunggu pengapalan atau yang dibongkar dari kapal sebelum dikirim ke tempat tujuan.

- i. Pompa pengisian bahan bakar untuk kapal.
- j. Pandu kapal berupa kapal tunda untuk membantu manufer kapal-kapal besar saat akan merapat atau meninggalkan dermaga.
- k. Fasilitas-fasilitas lain untuk keperluan penumpang, anak buah kapal dan muatan kapal seperti terminal penumpang, ruang tunggu, karantina, bea cukai, imigrasi, dokter pelabuhan, keamanan, dsb.



Gambar 14.3. Denah Pelabuhan

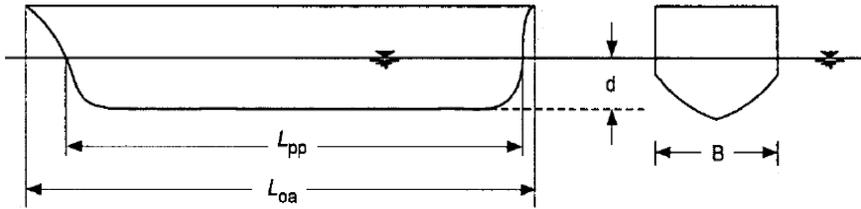
(Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.)

14.5. Kapal-kapal

Panjang, lebar dan draft adalah dimensi kapal yang digunakan pada perencanaan pelabuhan dan fasilitas-fasilitas di pelabuhan. Berat kapal berupa *Displacement Tonnage*, *DPL* (ukuran isi tolak) merupakan berat kapal yang sama dengan volume air yang dipindahkan oleh kapal. Ukuran isi berat kapal bermuatan penuh disebut dengan *Displacement Tonnage Loaded* (berat kapal maksimum), jika sudah tercapai dan kapal masih dimuati lagi, maka stabilitas kapal terganggu dan kemungkinan kapal akan karam. Ukuran isi tolak kapal dalam keadaan kosong disebut dengan *Displacement Tonnage Light* berupa berat kapal kosong (tanpa

muatan), berupa berat kapal adalah termasuk perlengkapan berlayar, bahan bakar, anak buah kapal, dan sebagainya. (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*). Beberapa defenisi berat dalam perencanaan pelabuhan:

- i. *Netto register tons, NRT* (ukuran isi bersih) berupa ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang, besarnya sama dengan *GRT* dilurangi dengan ruangan-ruangan yang disediakan untuk kru kapal, ruang mesin, gang/koridor, kamar mandi, dapur, dan lain-lain. Jadi *Netto register tons, NRT* adalah ruangan-ruangan yang digunakan/diisi dengan muatan yang membayar/menghasilkan pendapatan bagi operator kapal.
- ii. *Deadweight Tonnage, DWT* (Berat Mati) yaitu berat total muatan yang dapat diangkut kapal dalam kondisi pelayaran optimal (draft maksimum). Jadi *Deadweight Tonnage, DWT* adalah selisih antara *Displacement Tonnage Loaded* dikurangi *Displacement Tonnage Light*.
- iii. *Gross register tons, GRT* (Ukuran Isi Kotor) berupa volume keseluruhan ruangan-ruangan kapal ($1GRT = 2,83 \text{ m}^3 = 100 \text{ ft}^3$).
- iv. Sarat/draft kapal adalah bagian yang terendam air pada saat muatan maksimum atau jarak antara garis air pada beban yang direncanakan (*designed load water line*) dengan bagian titik terendah kapal.
- v. Panjang total kapal (*length overall, Loa*) merupakan panjang kapal dihitung dari ujung depan (haluan) sampai ujung belakang (buritan).
- vi. Lebar kapal (*beam*) berupa jarak maksimum antara kedua sisi kapal.
- vii. Panjang garis air (*length between perpendiculars, Lpp*) adalah panjang antara kedua ujung *design load water line*.



Gambar 14.4. Dimensi Kapal

(*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.Pdf*, n.d.)

14.6. Pemilihan Lokasi Pelabuhan

Pemilihan lokasi pelabuhan meliputi daerah pantai dan daratan tergantung pada beberapa factor. Penentuan lokasi membangun pelabuhan seperti kondisi tanah dan geologi, kedalaman dan luas daerah perairan, arus, gelombang, sedimentasi, daerah daratan yang cukup luas, jalan-jalan untuk transportasi (pertukaran moda), serta daerah industri. Tetapi umumnya tidak semua faktor tersebut terpenuhi, sehingga diperlukan suatu penilaian/kompromi untuk mendapatkan hasil optimal. (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.Pdf*, n.d.). Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi pelabuhan adalah sebagai berikut: (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.Pdf*, n.d.)

1. Biaya pembangunan, pemeliharaan/perawatan, termasuk pengerukan.
2. Biaya operasional saat pengerukan endapan di alur pelayaran serta kolam pelabuhan.

a. Topografi dan Geologi

Topografi daratan dan dasar laut harus memungkinkan untuk membangun pelabuhan dan untuk pengembangan di masa mendatang. Perlu diteliti kondisi geologi mengenai sulitnya melakukan pengerukan dan kemungkinan penggunaan hasil pengerukan tersebut untuk timbunan.

b. Pelayaran

Pelabuhan harus mudah disinggahi kapal-kapal yang menggunakannya. Pelayaran kapal dipengaruhi oleh faktor-faktor alam seperti angin, gelombang dan arus yang dapat menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada badan kapal. Penting untuk diperhatikan agar kapal yang memasuki areal pelabuhan tidak mendapatkan dorongan arus tegak lurus pada sisi kapal, kalau memungkinkan memasuki pelabuhan sejajar arah angin dominan. Gelombang dengan amplitude besar menyebabkan kapal-kapal berosilasi (bergoyang naik turun sesuai dengan fluktuasi muka air) sehingga dibutuhkan kedalaman alur dan kolam pelabuhan yang besar.

c. Sedimentasi

Perlu menghindari sedimentasi yang besar pada daerah pelabuhan, karena dapat mengakibatkan dangkalnya alur pelayaran dan kolam pelabuhan, sehingga dibutuhkan biaya yang cukup besar untuk pengerukan, sehingga perencanaan pelabuhan harus menganalisis permasalahan sedimentasi. Sedimen dasar dan pengaruh hidrodinamika gelombang dan arus akan berpengaruh saat terjadi erosi dan sedimentasi. Untuk dasar laut dari material yang mudah bergerak, maka mudah terjadi erosi akibat arus dan gelombang sehingga sedimen terbawa searah dengan arus. Jika kecepatan arus berkurang, maka material sedimen akan turun dan terjadi sedimentasi di daerah tersebut. Proses sedimentasi sulit diatasi, oleh karena itu masalah sedimen harus diteliti dengan baik agar dapat memprediksi resiko sedimentasi. Layout pemecah gelombang dibuat sedemikian rupa sehingga sedimen sulit masuk ke perairan pelabuhan dan akan mengurangi masalah sedimentasi di pelabuhan.

d. Gelombang dan Arus

Gelombang air menyebabkan/menimbulkan gaya-gaya yang pada kapal dan bangunan pelabuhan. Untuk menghindari gangguan gelombang maka dibuat bangunan pelindung yang disebut pemecah gelombang. Saat pelayaran, diharapkan kapal dapat merapat ke

dermaga melalui alur pelayaran yang lurus (tanpa membelok) dan searah dengan arah arus dan arah rambat gelombang terbesar.

e. Kedalaman air

Laut mengalami pasang surut, di mana variasi tinggi muka air kadang-kadang cukup besar. Sesuai aturan, maka daerah perairan dengan tinggi pasang surut yang kurang dari 5 m masih dapat dibuat pelabuhan terbuka. Tetapi bila lebih dari 5 m, maka harus dibuat pelabuhan tertutup dilengkapi pintu air untuk masuk dan keluar kapal. Berdasarkan data, sebagian besar perairan Indonesia, tinggi pasang surut tidak lebih dari 2 m sehingga digunakan pelabuhan terbuka.

14.7. Ukuran dan Bentuk Pelabuhan

Dimensi pelabuhan sangat ditentukan oleh jumlah serta ukuran kapal yang akan menggunakannya serta kondisi lingkungan pelabuhan. Ukuran kolam putar tergantung pada ukuran kapal serta kemudahan gerak kapal saat berputar, yang dapat dibedakan dalam empat macam: (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*)

- i. Ruang putaran kecil yang mempunyai diameter kurang dari dua kali panjang kapal. Gerakan berputar dapat dilakukan dengan menggunakan jangkar dan bantuan kapal tunda.
- ii. Ukuran ruang putar (menengah) dengan sedikit kesulitan dalam berputar harus memiliki diameter minimal dua kali dari panjang kapal terbesar yang dilayani. Kapal tunda dapat membantu gerak putaran yang dilakukan oleh kapal.
- iii. Ukuran luas ruang optimum untuk dapat berputar dengan mudah memerlukan diameter empat kali panjang kapal yang menggunakannya.
- iv. Ukuran ruang putar (minimum) berdiameter 20% atau lebih panjang dari panjang kapal terbesar yang dilayani. Pergerakan perputaran kapal dapat dibantu dengan alat

penambat atau jangkar.

14.8. Angin, Pasang Surut dan Gelombang

Menurut (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*) ada beberapa faktor yang berpengaruh pada bangunan atau kapal saat ditambat dalam perencanaan pelabuhan harus dipertimbangkan. Faktor tersebut berupa angin, pasang surut dan gelombang. Analisis dan pengetahuan mengenai angin, pasang surut karena dapat menimbulkan gelombang dan arus. Angin serta gelombang juga menimbulkan gaya-gaya tekanan pada kapal dan bangunan pelabuhan. Pasang dan surut harus diteliti dalam menentukan dimensi bangunan seperti dermaga, kedalaman alur pelayaran, bangunan pemecah gelombang, perairan pelabuhan, pelampung penambat dan lain-lain. Elevasi/tinggi puncak bangunan berdasarkan pada elevasi/tinggi muka air pasang, sedang kedalaman alur pelayaran dan perairan pelabuhan berdasarkan elevasi/tinggi muka air surut. Dalam menentukan elevasi/tinggi muka air rencana, harus diperoleh berdasarkan pengukuran pasang surut dalam periode waktu yang panjang. Gelombang yang sampai ke pantai akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan tersebut. Untuk itu bangunan harus tetap aman terhadap gaya gelombang yang bekerja, serta gelombang juga akan berpengaruh pada ketenangan di perairan pelabuhan.

a. Angin

Angin adalah udara yang bergerak kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi, yang disebabkan oleh perubahan temperatur atmosfer. Kecepatan angin umumnya dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1,852 km/jam. Pencacatan data angin tiap jam dan biasanya disajikan dalam tabel (ringkasan data angin bulanan/tahunan) atau diagram yang disebut dengan mawar angin. Dari tabel/mawar angin, karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat.

b. Pasang Surut

Fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi disebut pasang surut. Data dan analisis pasang surut sangat dibutuhkan untuk perencanaan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (saat pasang) dan terendah (saat surut) dipakai dalam menentukan perencanaan bangunan pelabuhan. Seperti elevasi puncak bangunan pemecah gelombang, dermaga ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sedangkan muka air surut digunakan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran/pelabuhan.

- Elevasi Muka Air

Elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat yang sangat bergantung pada kondisi pasang surut, sehingga sangat diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan sesuai data pasang surut yang terjadi, elevasi ini digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan pelabuhan. Elevasi tersebut adalah sebagai berikut: (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*)

- i. Muka air rendah (*low water level*), tinggi air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- ii. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- iii. Muka air rendah rata-rata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
- iv. Muka air tinggi rata-rata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
- v. Air rendah terendah (*Lowest low water level, LL WL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- vi. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- vii. *Lower low water level*, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.
- viii. *Higher high water level*, adalah air tertinggi dari dua air tinggi

dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.

- ix. Muka air laut rata-rata (*mean sea level, MSL*), adalah tinggi muka air rata-rata antara muka air rata-rata tinggi dan muka air rata-rata rendah. Elevasi/tinggi ini dipakai sebagai referensi untuk elevasi di daratan.

Defenisi muka air tersebut digunakan dalam perencanaan pelabuhan, misalnya *MHWL* digunakan untuk menentukan elevasi/tinggi puncak bangunan pemecah gelombang, bangunan dermaga, panjang rantai pelampung penambat, dan lain sebagainya, *LLWL* digunakan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran dan kedalaman kolam pelabuhan.

- Elevasi Muka Air Rencana

Dalam perencanaan pelabuhan elevasi muka air rencana didapatkan dari pengamatan pasang surut selama minimal 15 hari (mencakup satu siklus pasang surut meliputi pasang purnama dan perbani/bulan mati). Survey yang lebih lama (misalkan 30 hari atau lebih) akan memberikan data yang lebih lengkap dengan menggunakan alat otomatis (*automatic water level recorder*) ataupun secara manual dengan menggunakan bak ukur dengan interval pengamatan setiap 15 menit atau setiap jam, siang dan malam. Untuk mendapatkan data pengamatan tinggi muka air dengan baik tanpa terpengaruh gelombang, umumnya pengamatan dilakukan di tempat terlindung, seperti muara sungai atau teluk.

c. Gelombang

Gelombang di laut terjadi karena pengaruh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (tsunami), kapal yang bergerak, dan sebagainya. Dari beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam perencanaan pelabuhan adalah gelombang oleh angin (untuk selanjutnya disebut gelombang) dan pasang surut. Gelombang tersebut akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja

pada bangunan pelabuhan, juga dapat menimbulkan arus dan transpor sedimen di daerah pantai.

Gelombang digunakan dalam perencanaan pelabuhan seperti studi ketenangan di pelabuhan, pemecah gelombang dan fasilitas lainnya. Layout pelabuhan harus direncanakan dengan baik agar sedimentasi di pelabuhan dapat dihindari.

14.9. Dermaga

Bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat, menambat kapal yang melakukan bongkarmuat penumpang dan barang disebut dermaga. Dimensi dermaga harus sesuai dengan ukuran dan jenis kapal dilayani. Agar kapal dapat ditambat dalam melakukan bongkar muat barang lalu dapat meninggalkan dermaga dengan aman, cepat dan lancar, maka pertimbangan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal. Dermaga juga harus terdapat halaman cukup luas dibelakangnya untuk dibangun apron, gudang transit, tempat bongkar muat barang dan jalan. Pengalihan kegiatan angkutan laut (kapal) ke kegiatan angkutan darat (kereta api, truk, dsb) terjadi di apron yang letaknya antara sisi dermaga dengan gudang. Sedangkan gudang transit digunakan untuk menyimpan barang sebelum bisa diangkut oleh kapal, atau setelah dibongkar dari kapal. (*PM_50_Tahun_2021new.Pdf*, n.d.). Terdapat dua tipe dermaga yaitu tipe *wharf* atau *quai* dan tipe *jetty* atau *pier* atau jembatan. Tipe *Wharf* adalah bangunan dermaga yang paralel dengan garis pantai serta umumnya berimpit dengan garis pantai dan kapal merapat hanya disatu sisinya. Tipe ini juga berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. Tipe *Jetty atau pier* adalah dermaga yang letaknya lebih di dalam areal perairan. Tipe *Jetty atau pier* bisa digunakan untuk menambat kapal pada satu sisi atau dua sisinya. Tipe *Jetty atau pier* ini biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang biasanya membentuk sudut tegak lurus dengan *Jetty atau pier*, sehingga tipe *Jetty atau pier* dapat berbentuk T atau L.

- Penentuan Tipe Dermaga (*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*)

i. Topografi daerah pantai

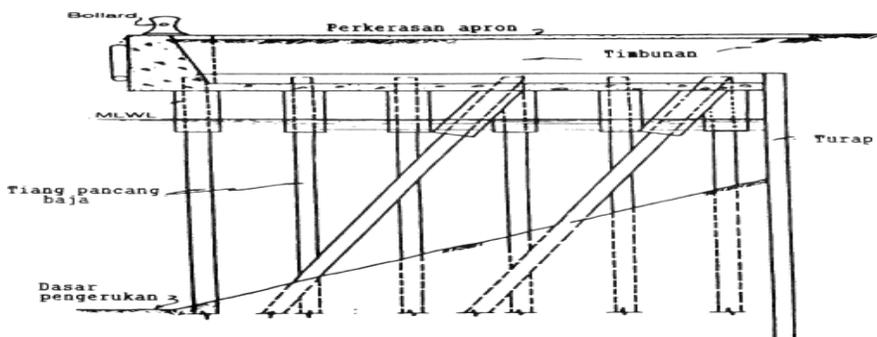
Pada daerah perairan yang dangkal, umumnya pemilihan dermaga tipe *Wharf* lebih tepat, karena memerlukan biaya besar terutama untuk pengerukan jika ingin membangun dermaga tipe *Jetty atau pier*.

ii. Jenis kapal yang dilayani

Kapal yang mengangkut barang potongan atau peti kemas dapat sangat mudah dilayani dengan dermaga tipe *Wharf* karena membutuhkan apron yang luas untuk menempatkan kran pengangkut dan barang yang dibongkar-muat, peralatan transportasi (kereta api, truk). Sedangkan kapal tanker dan kapal barang curah yang sangat besar, pemilihan dermaga tipe *Jetty atau pier* jauh lebih ekonomis, karena muatan kapal dapat dipindahkan ke pantai dengan menggunakan pipa-pipa.

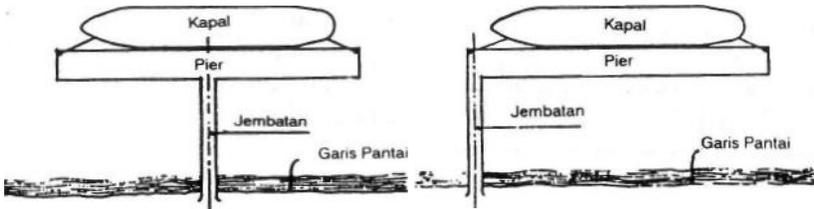
iii. Daya dukung tanah

Jika daya dukung tanah besar, maka pemilihan dermaga tipe *Jetty atau pier* akan lebih ekonomis dimandingkan tipe *Wharf* karena biaya cukup mahal untuk pengerukan. Tetapi jika dasar perairan berupa endapan yang belum padat, maka pemilihan dermaga tipe *Wharf* dengan dinding penahan tanah lebih dianjurkan.



Gambar 14.5. Dermaga Tipe *Wharf*

(*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*)



Gambar 14.6. Dermaga Tipe *Pier/Jetty*

(*Cvl-Perencanaan-Pelabuhan Bambang Triadmojo.2010, Pdf, n.d.*)

14.10. Penutup

Pelabuhan merupakan prasarana yang penting bagi Bangsa Indonesia yang merupakan Negara Maritim, sehingga dalam perencanaan pelabuhan harus memperhatikan setiap aspek kelayakan serta pengembangannya

Bab 15

Ekotoksikologi Lingkungan

15.1. Pengantar

Toksikologi dapat diketahui bahwa studi tentang pembuatan campuran sintetis yang merusak makhluk hidup. Toksikologi bagian dari farmakologi yang dicirikan sebagai studi tentang kerjasama antara campuran sintetis bersama makhluk hidup. Sesuai definisi ini, farmakologi tidak terbatas pada pemeriksaan campuran dinamis yang memiliki keuntungan perbaikan, namun menggabungkan semua campuran dinamis organik seperti racun, semprotan serangga, pestisida, produk perawatan kecantikan, bersama bagian makanan (misalnya nutrisi, asam amino, warna), sintetis, bersama sebagainya) pengencang bersama aditif), sejauh mereka digunakan dengan cara atau pada bagian yang tidak fisiologis. Zat yang tidak dikenal oleh kerangka tubuh disebut xenobiotik. Dalam hal suatu zat menyebabkan dampak yang tidak menguntungkan pada klien, zat tersebut dinyatakan sebagai toksin.

Banyak jenis racun dikirim ke iklim laut karena latihan manusia (Blasco et al., 2016). Atribut air bersama makhluk hidup dapat mempengaruhi bahaya racun ini (Rand bersama Petrocelli, 1985). Variabel yang mempengaruhi marabahaya terdiri dari unsur-unsur yang berhubungan dengan racun (senyawa ilmu material) bersama faktor-faktor yang berhubungan dengan makhluk (biotik). Unsur fisiko-senyawa racun menggabungkan fokus, suhu, pH, rasa asin, bersama kekerasan. Variabel biotik menggabungkan spesies, usia, bersama penyakit dari entitas organik (Rand bersama Petrocelli, 1985).

Bahaya dapat diketahui bahwa sifat umum zat sintetis bersama, dengan mempertimbangkan semuanya secara langsung atau

tidak langsung, mungkin diperlukan. Harmfulness adalah istilah relatif untuk kontras satu zat dengan yang lain. Bahaya saat ini bahwa ilmu multidisiplin karena ilmu tidak bisa berdiri sendiri bersama membutuhkan ilmu yang berbeda untuk berkonsentrasi pada aktivitas sintesis untuk menyebabkan racun bersama kolaborasi antara zat senyawa bersama komponen alami. Elemen lain yang dapat mempengaruhi bahaya yaitu racun (Landis bersama Yu 2004). Hal ini ditandai bahwa makhluk amfibi jarang disajikan hanya pada satu jenis racun tetapi pada kontaminasi yang bekerja sama (Okamura bersama Aoyama 1994). Pada umumnya kontaminasi dapat sinergis atau berlawanan, bergantung pada karakter fisiko-substansi toksin bersama keadaan fisiologis entitas organik yang ditemukan (Landis bersama Yu, 2004).

Informasi mengenai unsur-unsur tersebut sangat berpengaruh dalam upaya penyaringan serta pengendalian pencemaran di lingkungan perairan bersama iklim laut.

15.2. Perkembangan Awal Toksikologi

Sejak kemajuan peradaban manusia mencari makanan, tentu saja mereka telah mencoba bahan yang berbeda, baik organik, nabati, bersama mineral. Melalui pengalaman ini ia mengenal makanan yang aman serta praktis. Sehingga kata makanan diisyaratkan sebagai bahan yang baik untuk tubuh setiap kali dimakan, berguna dan dibutuhkan oleh tubuh untuk hidup atau melakukan fungsinya.

Zat makanan yang dikonsumsi manusia ada kaitannya dengan racun. Kata racun "beracun" berasal dari bahasa Yunani, khususnya dari akar kata tox, dalam bahasa Yunani tox berarti baut. Di mana baut-baut disekitarnya kemudian digunakan sebagai senjata dalam perang, yang pada umumnya mengandung racun di dalam baut tersebut. Dalam "Papirus Eber (1552B.C.)" orang Mesir kuno berisi total data tentang pengobatan Papirus juga mengandung obat mujarab untuk

racun, seperti antimon (Sb), tembaga, timbal, hyosiamus, opium, terpentin, bersama verdigris (lambung hijau pada permukaan tembaga). Di India (500 - 600 SM) dalam Charaka Samhita dinyatakan, bahwa tembaga, besi, emas, timbal, perak, seng, dapat diketahui merugikan, bersama dalam Susrata Samhita banyak mengandung bahaya dari makanan, tumbuhan, makhluk, bersama obat-obatan (Ariens, 1985).

Hippocrates (460 - 370 SM), dikenal sebagai bapak pengobatan, selain itu ia juga disebut ahli toksikologi pada masanya. Dia membuat banyak racun ular dan dalam bukunya juga menggambarkan bahwa orang Mesir kuno tahu tentang obat untuk menahan laju penyerapan zat beracun dari sistem pencernaan. Selain banyak nama besar ahli toksikologi lainnya saat ini, ada satu nama yang perlu dicatat di sini, lebih spesifiknya, nama besar di Mesir bersama Roma kuno dapat diketahui bahwa Pendacious Dioscorides (50 M), yang dikenal sebagai bapak *Materia Medica* dan juga seorang spesialis militer. Dalam bukunya ia memesan racun dari tumbuhan, makhluk, bersama mineral (Ling, 2000).

Hal ini menunjukkan bahwa dampak destruktif (beracun) yang ditimbulkan oleh zat berbahaya (toksin) telah diketahui manusia sejak awal peningkatan kemajuan manusia. Oleh orang-orang dampak beracun ini digunakan secara luas untuk tujuan seperti membunuh atau mengakhiri semuanya. Untuk mencegah menyakiti, individu terus berusaha untuk menemukan serta mendorong tindakan pencegahan atau menangani racun. Pekerjaan ini sesuai dengan kemajuan toksikologi itu sendiri. Bagaimanapun, penilaian yang lebih mendasar dari karya ini baru saja dimulai oleh Maimonides (1135 - 1204) dalam bukunya yang terkenal *Poison and His Antidotum* (Lu, 1995).

Komitmen yang lebih signifikan untuk kemajuan toksikologi terjadi pada abad keenam belas bersama kemudian. Paracelcius dapat diketahui bahwa *nom de plume* Philippus Aureolus

Theophrastus Bombast von Hohenheim (1493-1541), ahli toksikologi yang luar biasa, yang dengan cepat mengemukakan ide-ide dasar toksikologi. Dalam hipotesisnya menyatakan: "Semua zat berbahaya bersama tidak ada zat yang tidak beracun, hanya sebagian yang membuatnya tidak beracun". Pernyataan ini berubah menjadi alasan untuk ide hubungan porsi reseptor bersama daftar restoratif yang dibuat mulai sekarang (Ling, LJ, 2000).

Matthieu Joseph Bonaventura Orfila dikenal sebagai bapak toksikologi saat ini. Dia dapat diketahui bahwa seorang Spanyol yang dibawa ke dunia di pulau Minorca, yang tinggal di suatu tempat di kisaran tahun 1787 bersama 1853. Selama sisa profesinya dia berkonsentrasi pada sains bersama matematika, dan kemudian berkonsentrasi pada pengobatan di Paris. Dalam komposisinya (1814-1815) memupuk hubungan yang disengaja antara suatu zat bersama data organik mengenai bahaya. Dia dengan cepat mengklarifikasi pentingnya pemeriksaan sintetik untuk menunjukkan bahwa simtomatologi saat ini terkait dengan keberadaan zat senyawa tertentu dalam tubuh. Orfila juga merumuskan strategi yang berbeda untuk mengidentifikasi bahaya bersama menunjukkan pentingnya penyelidikan sintetik sebagai bukti yang sah dalam kasus passing yang merugikan.

Orfila berfungsi sebagai medikolegal di Sorbonne di Paris. Orfila berperan penting dalam kasus LaFarge (kasus pembunuhan dengan arsenik) di Paris, dengan strategi pemeriksaan arsenik, ia menunjukkan bahwa kematian tersebut disebabkan oleh perusakan arsenik. MJB Orfila dikenal sebagai bapak toksikologi masa kini karena perhatiannya yang terfokus pada dampak racun, bersama karena ia mempelajari prosedur kuantitatif dengan penelitian aktivitas racun pada makhluk, pendekatan ini menghasilkan bibersama g toksikologi lanjutan, khususnya toksikologi ilmiah. Dalam bukunya *Traite des poison*, didistribusikan pada tahun 1814, ia membagi bahaya menjadi enam kelompok, khususnya: korosif, astringen, tajam,

menakjubkan atau opiat, asam narkotika, serta septica atau pembusukan (Lu, 1995).

15.3. Perkembangan Terbaru dalam Toksikologi

Kemajuan zaman sekarang, warga menuntut peningkatan dalam kesejahteraan bersama lingkungan sehari-hari, termasuk makanan bergizi, kesehatan yang baik, pakaian, bersama olahraga. Untuk memenuhi tujuan ini, berbagai macam senyawa sintetis harus dibuat dan digunakan. Diperkirakan bahwa banyak sintetis telah dibuat secara finansial baik di negara-negara industri maupun pertanian. Melalui berbagai cara zat sintetis ini bersentuhan dengan warga, mulai dari penyertaan manusia dalam interaksi pembuatan, pemberian kepada pembeli, hingga penyelesaian di tingkat klien.

Bertambahnya jumlah permintaan warga, akan menyebabkan salah satunya memperluas jumlah rekayasa pangan. Untuk situasi ini, senyawa sintetis, seperti pupuk pestisida, dan herbisida diperlukan. Tidak jarang penggunaan pestisida yang tidak sesuai standar, atau penggunaan pestisida yang berlebihan benar-benar memberikan bobot pencemaran terhadap iklim, perubahan lingkungan, dengan alasan pemusnahan salah satu hama tanaman akan mempengaruhi ketertiban. Sehingga juga dapat menyebabkan pengurangan atau bahkan memusnahkan serangga. Penggunaan pestisida ditengarai telah membawa perubahan secara turun temurun dari pengganggu tanaman tersebut, yang kemudian melahirkan serangga pengganggu tanaman baru yang benar-benar kebal terhadap jenis pestisida tertentu.

Penggunaan pestisida yang tidak bijaksana juga merupakan salah satu pemicu keracunan yang konstan (berkelanjutan). Peternak harus mendapatkan keuntungan yang tinggi dari hasil pertaniannya, tidak sembarangan penyemprotan pestisida dilakukan pada produk hortikultura beberapa hari sebelum dikumpulkan, dengan maksud agar produk organik atau daun

sayuran tidak dimakan serangga sebelum dikumpulkan, dalam hal ini cara mendapatkan produk alami atau sayuran yang tidak dimakan oleh serangga tanaman. Padahal, kegiatan ini sangat merugikan pembeli, karena pestisida secara bertahap dapat berkumpul di tubuh pelanggan, melalui penggunaan bahan-bahan alami atau sayuran yang baru saja diberi pestisida sebelum dikumpulkan.

Jumlah kejadian kerusakan besar yang intens bersama kerusakan terus-menerus, yang dibuat oleh kontaminasi ekologis karena siklus penciptaan, misalnya, pada tahun 1930 di Detroit, pencemaran jake jahe oleh Tri-o-cresyl, menyebabkan neurotoksisitas, telah menyebabkan kerusakan saraf di 16 ribu warga. Di London, pada tahun 1952, terjadi peningkatan jumlah orang yang terkena penyakit jantung bersama paru-paru. Ini disebabkan oleh pencemaran udara oleh sulfur dioksida bersama partikel tersuspensi, yang merupakan limbah dari pabrik manufaktur di Inggris pada saat itu. Penyakit Minamata di Jepang selama tahun 1950-an disebabkan oleh pelepasan limbah modern yang mengandung metil merkuri ke Teluk Minamata, yang menyebabkan pencemaran ikan secara langsung dengan metil merkuri. Ikan tercemar ini dikonsumsi oleh penghuni di sekitar lurus, sehingga menimbulkan kandungan metil merkuri di dalam tubuh. Metil merkuri dapat diketahui bahwa senyawa berbahaya yang menyebabkan infeksi saraf yang serius, salah satunya menyebabkan gangguan penglihatan. Di penghujung tahun 1950-an bersama pertengahan 1960-an, di Eropa Barat terjadi peristiwa perusakan yang dikenal sebagai peristiwa Thalidomide. Thalidomide dapat diketahui bahwa senyawa sintetik utama untuk dicampur sebagai obat untuk menahan sakit bersama muntah-muntah.

Mengingat efek ini, pada saat itu, secara luas direkomendasikan untuk wanita hamil, yang sepenuhnya ingin menghilangkan rasa mual bersama pusing yang sering muncul selama trimester pertama kehamilan. Dampak lanjutan yang muncul dari

pemanfaatan ini dapat diketahui bahwa lahirnya embrio ke dunia dengan perkembangan organ yang terfragmentasi, kemudian ditemukan salah satu jenis rasemat thalidomide yang berdampak menghambat perkembangan organ pada tukik selama dalam perut. Salah satu model, contoh pencemaran alam di Indonesia karena siklus penciptaan dapat diketahui bahwa situasi Teluk Buyat. Hingga saat ini kasus Talidomid masih diperdebatkan.

Peristiwa di atas bersama peristiwa mengerikan lainnya dari kerusakan besar telah menghasilkan program pengujian yang lebih terkonsentrasi, yang telah menemukan berbagai macam sifat bersama fokus untuk dampak beracun. Oleh karena itu, ini membutuhkan lebih banyak studi tentang makhluk, penanda toksisitas yang lebih besar, prasyarat yang lebih parah sebelum zat lain dapat dikirimkan ke populasi umum, serta menilai bersama mengamati dampak berbahaya dari campuran sintesis yang telah diolah bersama digunakan oleh warga umum. Dengan cara ini, ada kebutuhan untuk melakukan penilaian toksikologi dari sintesis yang tak terhitung jumlahnya, di mana metode untuk menguji toksisitas menjadi semakin membingungkan. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa standar telah diusulkan bersama digunakan untuk memilih sesuai indikasi kebutuhan senyawa sintetik yang akan dicoba. Demikian juga, "kerangka penilaian berlapis" memungkinkan pilihan dibuat pada berbagai fase pengujian toksikologi, dengan cara ini menjauhkan dari pemeriksaan yang tidak berguna. Metode ini sangat berharga dalam pengujian sifat penyebab kanker, mutagenisitas, bersama imunotoksitas karena biaya yang signifikan termasuk bersama banyaknya kerangka pengujian yang dapat diakses.

Karena individu yang tak terhitung jumlahnya disajikan pada senyawa sintesis ini, kita harus berusaha untuk mengamati kontrol yang tepat sebelum bahaya nyata terjadi. Dengan cara ini, kapanpun situasi memungkinkan, ahli toksikologi saat ini harus berusaha membedakan tanda keterbukaan bersama indikasi

awal bersama reversibel dari dampaknya terhadap kesejahteraan. Sangat penting untuk memutuskan kondisi pilihan, dengan waktu yang tepat untuk menjaga kesejahteraan publik baik sebagai orang yang bekerja maupun jaringan yang terbuka. Model yang luar biasa dapat diketahui bahwa pemanfaatan inhibitor kolinesterase sebagai tanda keterbukaan pestisida organofosfat bersama batas biokimia yang berbeda untuk menyaring keterbukaan timbal. Memanfaatkan petunjuk organik seperti jenis ikan tertentu untuk menyaring tingkat kekotoran air limbah modern sebelum dinyatakan aman untuk dibuang ke udara. Seperti "penanda organik" diharapkan untuk mengukur keterbukaan terhadap racun atau barang-barangnya serta untuk mengidentifikasi kumpulan yang lemah.

Kemajuan dalam kimia organik bersama toksikokinetik, toksikologi hereditas, imunotoksikologi, morfologi pada tingkat subselular, bersama kemajuan dalam ilmu atom telah menambah pemahaman yang unggul tentang sifat, area, bersama metode aktivitas berbagai racun. Misalnya, peningkatan ilmu ini dapat memberikan teknik yang berbeda untuk pengujian toksikologi in vitro, di mana pengujian langsung berfokus pada tingkat sel, seperti pengujian akumulasi sehingga kerusakan sel hati "hepatotoksik" dapat dilakukan secara langsung pada kultur sel hati in vitro, atau pengujian racun yang memiliki sebagai agen penyebab kanker juga dapat dilakukan di warga sel biasa, di sini kita melihat laju perkembangan sel bersama perubahan DNA "korosif dioksiribonukleat" yang dialami sel karena keterbukaan terhadap pengujian racun. Masih banyak lagi teknik uji in vitro yang sangat membantu dalam mendukung peningkatan studi toksikologi itu sendiri.

Ahli toksikologi akan selalu dikaitkan dengan memutuskan batasan keterbukaan yang aman. Batas keterbukaan yang aman mencakup "konsumsi harian yang diizinkan, bersama "nilai batas" dari racun yang bagaimanapun dapat bertahan, sementara penilaian bahaya digunakan sesuai dengan efek zat yang

diketahui tidak memiliki tepi atau tepi tidak. Penyelidikan menyeluruh dari sifat beracun, bukti dosis aman, jaminan dampak porsi dan koneksi reaksi porsi, serta studi toksikokinetik serta biotransformasi. Inklusi dan pengembangan jumlah subdisiplin toksikologi sebagai gambaran di atas memberikan gambaran yang jelas tentang kemajuan baru dalam toksikologi.

15.4. Klasifikasi Racun

Racun dapat diurutkan berdasarkan berbagai hal, misalnya, sumber, senyawa, bersama sifat sebenarnya, bagaimana serta kapan mereka terangkai, dampak pada kesehatan, kerusakan organ, dan keberadaan racun.

1. Klasifikasi berdasarkan sumber

- Sumber reguler/palsu, pengaturan ini mengakui racun lokal dari tanaman hijau dan pencemaran makhluk hidup dengan racun yang berbeda mulai dari komponen modern yang tidak dimurnikan atau bahan berbahaya bersama bahan manufaktur beracun yang berbahaya.
- Sumber sebagai titik, wilayah bersama bergerak, susunan sumber seperti ini biasanya dimanfaatkan oleh individu yang gemar mengontrol. Jelas bahwa sumber titik lebih mudah dikendalikan daripada sumber wilayah bersama sumber bergerak.
- Sumber lokal, bisnis dan modern, sumber-sumber lokal sebagian besar berasal dari pemukiman, kurang berbahaya kecuali jika dicampur dengan pemborosan pestisida, obat-obatan bersama sebagainya. Limbah bisnis dapat bergeser secara luas, seperti halnya limbah modern.

2. Klasifikasi berdasarkan bentuk

Jenis zat asing

- a. Padat: padatan yang sangat halus dapat terbang bersama udara, disebut debu, membara, kabut, sehingga efeknya bisa sangat luas.
- b. Cairan: banyak digunakan dalam agribisnis dan biasanya ditambah dengan pengencer efeknya tidak secepat gas.
- c. Gas: dapat berdifusi sehingga menyebar lebih cepat daripada cairan bersama padatan. Sintesis kontaminasi ini akan memberi tanda masuk atau tidaknya zat asing ke dalam tubuh pejamu dan cepat ada pengaruhnya serta seberapa jauh dampaknya.

3. Klasifikasi berdasarkan sifat fisik bersama zat

- Kehancuran dapat diketahui bahwa sifat suatu zat yang dapat membuat barang yang berbeda dimusnahkan atau memiliki akibat yang merugikan. Korosif dapat merusak mata, kulit, sistem pernapasan, dan beberapa lainnya. Contoh sintesis destruktif termasuk korosif sulfat, korosif asam, korosif klorida bersama lain-lain.
- Bahan radioaktif dapat diketahui bahwa bahan sintesis yang dapat memancarkan sinar radioaktif dengan aksi tertentu lebih menonjol dari 0,002 mikrokuri per gram. A sintesis dapat diingat untuk setidaknya satu dari pengelompokan di atas, karena memiliki banyak sifat. Model: Benzena dapat diketahui bahwa zat berbahaya, penyebab kanker namun juga mudah terbakar, klorin dapat diketahui bahwa zat beracun yang juga merusak. Radioaktif dapat diketahui bahwa bahan yang tercemar radioisotop mulai dari penggunaan klinis atau penelitian radionuklida. Limbah ini dapat muncul dari antara lain: obat atom, radio-immunoassay bersama strategi bakteriologis; bisa kuat, cair atau gas.
- Racun evaporatif dapat diketahui bahwa zat yang tidak stabil bersama biasanya jenis senyawa sintesis ini mudah

terbakar. Di laboratorium dapat diatur menjadi tiga, diantaranya :

- Padat; misalnya belerang, hidrida logam, logam dasar larut, fosfor merah bersama kuning.
 - Cairan ; misalnya, minuman keras, $\text{CH}_3)_2\text{CO}$, benzena, eter, metanol, n-heksana, pentana.
 - Gas; seperti hidrogen bersama asetilen.
- Stabil dapat diketahui bahwa zat kuat atau cair atau kombinasi keduanya yang karena reaksi senyawa dapat menghasilkan gas dalam jumlah besar bersama regangan serta suhu tinggi, sehingga membahayakan unsur lingkungan. Zat-zat sensitif sangat sensitif terhadap dampak panas bersama mekanis (kontak atau efek), beberapa dibuat dengan sengaja untuk tujuan yang tidak stabil atau bahan peledak seperti dinamit (TNT), dinamit bersama amonium nitrat (NH_4NO_3). Model yang berbeda dapat diketahui bahwa asetilena serta amonium nitrat.
- Responsive, ada beberapa macam materi receptive antara lain :
- Senyawa sintetik toksik yang efektif bereaksi dengan air, asam, udara sehingga dapat meledak, terbakar bersama lain-lain.
 - Bahan-bahan yang dapat menerima air dapat diketahui bahwa bahan-bahan yang bila direaksikan dengan air akan mengeluarkan panas bersama gas sehingga mudah terbakar, misalnya: *soluble base and basic earth, halide and anhydrous salts, anhydrous oxides* dan sulfuryl chloride.
 - Bahan yang tahan asam dapat diketahui bahwa bahan yang bila direaksikan dengan korosif akan

menghasilkan panas bersama gas sehingga mudah terbakar, beracun bersama merusak, misalnya: kalium klorat, kalium perklorat, kalium permanganat bersama kromat korosif.

- Semuanya memerlukan perawatan, pengangkutan, bersama pemindahan yang berbeda, karena potensi risikonya akan unik.

4. Klasifikasi berdasarkan perkembangan kontaminasi/xenobiotik

- Kontaminasi yang menyusun dan meninggalkan sumbernya disebut toksin esensial
- Racun yang bereaksi dalam iklim disebut kontaminasi opsional.
- Kontaminasi tambahan yang merespons menjadi racun tersier

5. Klasifikasi berdasarkan dampak kesejahteraan

- Fibrosis : perkembangan jaringan ikat yang berlebihan
- Granuloma : pengaduan jaringan berapi-api yang sebersama g berlangsung
- Demam : tingkat panas internal melebihi suhu biasa
- Asfiksia : tidak abersama ya oksigen
- Sensitivitas : sensitivitas berlebihan
- Penyakit : kanker berbahaya; Mutan: usia alternatif dari orang tua
- Teratogenik : ketidaksempurnaan intrinsik
- Menyakiti dasar: menyakiti yang menyerang seluruh tubuh.

6. Klasifikasi berdasarkan kerusakan organ target

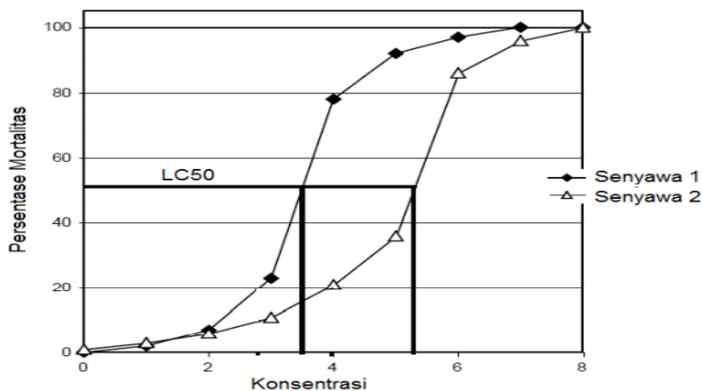
- Hepatotoksik : berbahaya bagi hati
- Nefrotoksik : berbahaya bagi ginjal
- Neurotoksik : berbahaya bagi saraf
- Hematotoksik : berbahaya bagi trombosit
- Pneumotoksik : berbahaya bagi paru-paru

7. Klasifikasi berdasarkan kehidupan/kematian zat beracun

Klasifikasi ini dibuat dengan mempertimbangkan risiko yang ditimbulkannya. Benda hidup dapat meniru jika iklim memungkinkan. Zat abiotik dapat berubah menjadi campuran yang berbeda sehingga kontrolnya unik.

15.5. Faktor Fisik bersama Kimia Polutan

Menurut Landis dan Yu (2004), konvergensi racun merupakan komponen penting yang mempengaruhi keracunan. Racun dengan toksisitas tinggi tidak akan banyak mempengaruhi makhluk, dengan asumsi bahwa mereka masih dalam fokus yang sangat rendah. Kemudian lagi, kontaminasi dengan toksisitas rendah akan memiliki dampak yang mengerikan ketika disajikan pada fiksasi tinggi. Unsur penting lain yang mempengaruhi keracunan dapat diketahui bahwa lamanya keterbukaan (istilah) zat tersebut terhadap makhluk hidup. Keterbukaan yang lebih lama akan terus mempengaruhi makhluk laut (Rand bersama Petrocelli, 1985; Landis bersama Yu, 2004).



Gambar 15.1. Belokan Reaksi Fiksasi dari Dua Campuran Sintetik yang Berbeda (Landis bersama Yu, 2004).

Penggambaran hubungan antara sentralisasi zat sintetik bersama reaksi yang ditimbulkan dalam bentuk kehidupan sepanjang jangka waktu tertentu terlihat pada Gambar 15.1. Hubungan reaksi fokus tidak langsung, namun sigmoid. Sebagai aturan, sebagian semakin menonjol konvergensi suatu zat, semakin mengerikan reaksinya (Rand bersama Petrocelli, 1985). Dua jenis senyawa sintetik yang berbeda dapat menyebabkan berbagai reaksi dalam bentuk kehidupan yang serupa (Landis bersama Yu, 2004). Pada Gambar 15.1, cenderung terlihat bahwa LC50 senyawa 1 lebih sederhana daripada senyawa 2. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa 1 lebih beracun daripada senyawa 2.

➤ **Suhu**

Beberapa pemeriksaan telah mengungkapkan bahwa bioakumulasi bersama bahaya racun meningkat dengan perubahan suhu (Heugens et al., 2003; Sokolova dan Lannig, 2008; Zhou et al., 2014; Baines et al., 2006). Peningkatan suhu diketahui mengurangi kandungan oksigen terlarut di perairan (Landis bersama Wu, 2004). Lewis dkk. (2016) merinci bahwa bahaya tembaga (Cu) terhadap isopoda *Exosphaeroma gigas* meningkat dengan ekspansi pada suhu 10°C (Tabel 1). Keracunan Cu meningkat (ditunjukkan dengan nilai LC50 yang lebih rendah) hingga > 44% dari 2204 gL⁻¹ pada 5,5° C menjadi 1245 gL⁻¹ pada 15°C. Sementara itu, waktu yang diperkirakan akan menyebabkan kematian (LCT50) pada pemusatan Cu 2200 gL⁻¹ dua kali lebih cepat. Akibatnya, bahaya toksin akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu seperti yang ditunjukkan oleh penurunan sisi atas LC 50 bersama LC T50 .

Tabel 15.1. Pengaruh Suhu Terhadap Keracunan Cu pada Isopoda *Exosphaeroma gigas* selama 14 hari pengujian.

Perlakuan Suhu (°C)	LC ₅₀ 14 hari (µg.L ⁻¹)	LC _{TS0} pada 2200 µg.L ⁻¹ (hari)
5,5	2204	12,5
10	2077	10,7
15	1245	6,3

Sumber:Lewis et al., 2016

Bioakumulasi yang diperluas bersama bahaya racun terkait dengan pergerakan bersama energi logam yang diperluas, serta peningkatan laju metabolisme di perairan yang lebih panas (Robertson et al., 2001). Perubahan suhu juga mempengaruhi jalannya kombinasi protein, pernapasan bersama transportasi energi, serta kapasitas untuk membawa oksigen (Pörtner, 2001). Perubahan tingkat metabolisme dapat menyebabkan perubahan sosial yang mempengaruhi kapasitas untuk mengumpulkan racun (Sokolova dan Lannig, 2008; Lewis et al., 2016).

Asimilasi kontaminasi yang diperluas mendorong agregasi yang diperluas (Heugens et al., 2003; Mubiana dan Blust, 2007; Sokolova dan Lannig, 2008). Tekanan/stres karena perubahan suhu juga dapat mengganggu kapasitas detoksifikasi kontaminasi (Lannig et al., 2006). Ini mungkin dapat meningkatkan keracunan (Lewis et al., 2016).

➤ **Tingkat Kekeringan (pH)**

Penurunan pH di iklim laut disebabkan, selain hal-hal lain, oleh fermentasi. Fermentasi dapat diketahui bahwa salah satu pendorong utama kerusakan ekologis, karena toksisitasnya, juga konsekuensinya bagi spesiasi sintetik, keserbagunaan, serta bioavailabilitas (Stumm bersama Morgan, 1996). Bagi beberapa makhluk amfibi, pH rendah dapat meningkatkan bahaya logam (Pynnönen, 1995). Hubungan yang kuat antara penurunan pH bersama

peningkatan solvabilitas partikel logam dapat mendorong peningkatan bioakumulasi bersama toksisitas (Campbell, 1995).

Bagaimanapun, hubungan antara pH serta keracunan logam secara substansial lebih kacau, bergantung pada ikatan sintesis bersama spesies logam (Sandifer bersama Hopkin, 1996). Henriksen dkk. (1984) merinci bahwa bahaya aluminium (Al) untuk salmon *Salmo gairdneri* meluas pada pH rendah. Kondisi ini dijelaskan oleh Dietrich bersama Schlatter (1989) bahwa masalah fisiologis yang terjadi pada pH rendah (5,4) meliputi hilangnya elektrolit, kerusakan sel, kerusakan pada insang yang menyebabkan masalah pernapasan.

Makhluk-makhluk yang hidup di muara memiliki berbagai metodologi untuk menjawab keragaman rasa asin dalam keadaan mereka saat ini. Osmoregulator makhluk mampu bersama efektif mengarahkan konvergensi garam dalam cairan tubuh mereka, bersama menjaga mereka dalam kondisi stabil. Makhluk lain yang tidak dapat menyesuaikan diri dengan ini akan terus berusaha mengikuti keadaan cairan di dalam tubuhnya (isoosmotik) yang tidak sama dengan iklim pada umumnya (Chen et al., 2017). Keterbukaan terhadap seng (Zn) pada kepiting sisi laut *Carcinus maenas* pada kadar garam rendah (20 ppt) membuat peningkatan asimilasi Zn yang mendorong pengaruh yang meresahkan belum ditentukan Zn dan Ca dalam siklus osmoregulasi dalam tubuh makhluk (Chen et al., 2017).

➤ **Rasa asin**

Rasa asin mempengaruhi toksisitas racun yang berbeda, terutama logam untuk muara bersama makhluk hidup laut (Grosell et al., 2007; Hall bersama Anderson, 1995). Dalam penelitian tertentu, keracunan logam berkurang dengan

meningkatnya rasa asin, di mana kebalikannya juga telah diperhatikan bersama merupakan masalah yang rumit (Grosell et al., 2007; Hall bersama Anderson, 1995). Rasa asin mempengaruhi geokimia logam, selain itu pada fisiologi makhluk hidup serta keengganan mereka terhadap keterbukaan logam (Grosell et al., 2007; Jones et al., 1976; Pinho bersama Bianchini, 2010).

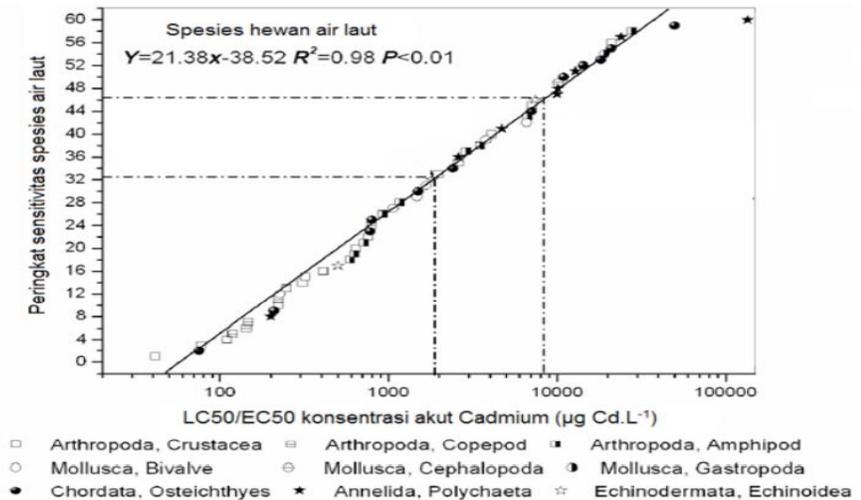
➤ **Kekerasan**

Kekerasan memiliki beberapa kesamaan dengan alkalinitas, biasanya dikomunikasikan sebagai pengelompokan kalsium karbonat (CaCO_3), meskipun fakta bahwa kekerasan dapat diketahui bahwa pemusatan kation (Ca^{2+} bersama Mg^{2+}), sebersama gkan alkalinitas dapat diketahui bahwa konvergensi anion (HCO_3^- - bersama CO_3^{2-}) (Weiner, 2000). Kekerasan mempengaruhi bahaya logam. Bahaya logam akan berkurang dalam kondisi air dengan kesadahan tinggi (Rand bersama Petrocelli, 1985). Markich (2013) mengungkapkan bahwa ekspansi 20-overlay dalam kekerasan menyebabkan bahaya uranium (U) macrophyte *Ceratophyllum demersum* sebagai penghambat pengembangan berkurang, hingga beberapa kali.

➤ **Faktor Biotik**

Seperti yang ditunjukkan oleh Rand bersama Petrocelli (1985), setiap spesies memiliki keengganan alternatif untuk sintesis. Beberapa jenis hewan dapat melindungi diri dari keterbukaan terhadap kontaminasi untuk jangka waktu yang singkat, misalnya, kerang dapat menutup cangkangnya bersama tetap digunakan dalam keadaan anaerobik untuk waktu yang cukup lama. Wang dkk. (2010) mengklarifikasi bahwa makhluk laut bersama ikan tak bertulang memiliki daya tanggap yang berbeda terhadap kadmium (Cd) (Gambar 2).

Bahaya Cd (LC50) terhadap 61 generasi makhluk laut bersama ikan yang tak bertulang belakang berbeda hingga beberapa kali lipat, mulai dari 41,29 gL⁻¹ untuk pemulung kecil, *Americamysis bahia* hingga 135 mg.L⁻¹ untuk cacing, *Monopylephorus cuticulatus*. Mysid, beberapa kali lebih sensitif daripada cacing oligochaete. LC50 Cd untuk polychaeta naik dari 200 g/L, *Capitella.Capitata* menjadi 135000 gL⁻¹ untuk *Monopylephorus cuticulatus*. LC50, moluska dari 228 gL⁻¹, kerang Pasifik, *Crassostrea gigas* menjadi 19170 gL⁻¹, keong lumpur, *Nassarius obsoletus*. LC50, 12 spesies ikan berubah dari 75 gL⁻¹, kakap, *Morone saxatilis* menjadi 50 mg.L⁻¹, bersama untuk ikan kecil kepala domba, *Cyprinodon variegates*.



Gambar 15.2. Tingkat Kesadaran Beberapa Jenis Entitas Organik Laut Terhadap Kadmium (Cd) (Wang et al., 2010)

Menurut Rand bersama Petrocelli (1985), entitas organik muda pada umumnya lebih tidak berdaya dan rentan terhadap kontaminasi daripada makhluk hidup dewasa, ini karena perbedaan dalam tingkat kemajuan sistem detoksifikasi antara entitas organik muda dan dewasa.

Kontras dalam kecepatan pelepasan juga mempengaruhi kemampuan untuk menjawab menghilangkan racun. Untuk jenis Arthropoda (kerang) tahap yang paling halus dapat diketahui bahwa pada saat shedding (kerang berkembang biak) bersama pada ikan dapat diketahui bahwa tahap tukik organisme yang baru mulai, serta remaja awal. Pola makan makhluk hidup laut dapat mempengaruhi dampak bahaya dengan menciptakan perubahan dalam organisasi tubuh, kapasitas fisiologis bersama biokimia, bersama status diet dari bentuk kehidupan ini (Rand bersama Petrocelli 1985).

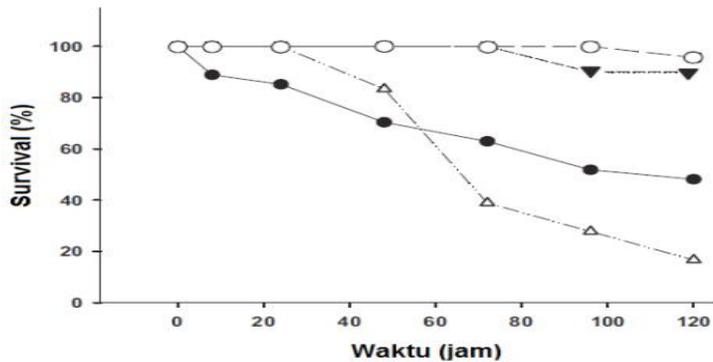
➤ **Interaksi Racun**

Kehidupan laut lebih sering dihadapkan pada berbagai racun daripada hanya satu jenis kontaminasi. Hampir setiap kasus, kontaminasi iklim amfibi sebagian besar terkait dengan dampak cerdas lebih dari satu jenis racun (Okamura bersama Aoyama, 1994). Sebagai aturan, dampak intuitif racun dapat berupa dampak sinergis atau permusuhan (berlawanan), bergantung pada jenis kontaminasi bersama keadaan makhluk hidup yang ditemukan. Dampak sinergis merupakan gabungan dampak bahaya dari sedikitnya dua zat pengotor, dimana dampak keracunan akan lebih diperhatikan dibandingkan dengan satu jenis racun saja.

Kemudian lagi, dampak yang berlawanan terjadi dalam kondisi di mana dampak bahaya setidaknya dua racun akan lebih rendah daripada dampak yang terjadi jika disajikan pada satu jenis racun (Landis bersama Yu, 2004). Studi tentang dampak sinergis toksin antara lain diarahkan oleh Clemow bersama Wilkie (2015) yang meneliti dampak kadmium (Cd) bersama timbal (Pb) terhadap daya tahan daya tahan ikan rainbow trout, *Onchorhyncus mykiss*. Pada Gambar 3, bagan tingkat kapasitas daya tahan ikan *O. mykiss* diperkenalkan pada pengaturan kontrol, pengaturan Cd bersama Pb diperkenalkan secara independen, bersama

pengaturan berisi kombinasi Cd bersama Pb dengan fokus khusus selama 120 jam .

Semua ikan dalam pengaturan kontrol memiliki opsi untuk membuat sampai akhir pengujian, tingkat ikan dalam pengaturan pengujian Cd bersama Pb yang diperkenalkan secara independen, hanya 48% bersama 85%, secara terpisah, memiliki opsi untuk mendapatkan oleh. Sementara itu, kombinasi Cd bersama Pb menunjukkan dampak sinergis yang lebih besar daripada dampak satu jenis logam saja. Dampak ini membuat tingkat daya tahan ikan menurun drastis hingga 16%, selama 120 jam pembukaan.



Gambar 15.3. Persentase Daya Tahan Ikan Rainbow Trout (*O. Mykiss*) Terhadap Keterbukaan Kontrol (○), $7,4 \pm 0,3$ nmol L⁻¹ Cd (●), $26,1 \pm 1,6$ nmol L⁻¹ Pb (△), dan $6,9 \pm 0,4$ nmol L⁻¹ Cd selain $45,4 \pm 1,9$ nmol L⁻¹ Pb (▼) (Clemow dan Wilkie, 2015).

Dampak sinergis yang diciptakan oleh racun bergantung pada banyak elemen, mengingat gagasan sintesis untuk interaksi memasuki tubuh entitas organik bersama keadaan fisiologis dan metabolisme dari bentuk kehidupan yang tidak ditemukan (Landis bersama Yu, 2004). Logam berat Cd bersama Pb yang tertahan mempengaruhi siklus metabolisme tubuh ikan, karena mereka mengikat bagian sel yang signifikan, misalnya, desain protein, senyawa, bersama

asam nukleat. Compact disc bersama Pb memiliki sifat yang hampir sama dengan Ca^{2+} yang diperlukan selama waktu yang dihabiskan mitokondria untuk bernafas bersama kerja saraf.

Dalam tubuh ikan asimilasi partikel Ca^{2+} terjadi di insang (Clemow bersama Wilkie, 2015). Asimilasi partikel Cd bersama Pb alih-alih partikel Ca^{2+} menyebabkan gangguan pada siklus signifikan ini. Pb juga diketahui menyebabkan gangguan pengaturan trombosit merah dengan menahan aktivitas enzim aminolevulinic korosif dehidratase bersama katalis ferrochelatase, Cd menghambat penggabungan ATP untuk menghasilkan energi (Landis bersama Yu, 2004).

Studi tentang dampak negatif kontaminasi antara lain dijabarkan oleh Liu et al. (2013) yang meneliti dampak beberapa jenis pestisida terhadap pertumbuhan hijau, *Chlorella pyrenoidosa*. Pestisida yang dicoba dapat diketahui bahwa Simetrin (herbisida), Bromacil (herbisida), Hexazinone (herbisida), Dodine (fungisida), bersama Propoxur (semprot serangga). Dampak dari masing-masing jenis pestisida yang diperkenalkan secara mandiri (tunggal) bersama dalam campuran dapat dilihat pada Tabel 15.2. Campuran beberapa jenis pestisida menunjukkan dampak yang merugikan terhadap perkembangan *C. pyrenoidosa*.

Misalnya, campuran pestisida SIM-BRO-HEX-DOD-PRO menunjukkan nilai bahaya yang lebih rendah (pEC_{50}) (2,93 mol L⁻¹) dibandingkan dengan nilai racun pestisida Simetrin bila dibuka sendiri (5,6 mol L⁻¹). Hal ini menunjukkan bahwa *C. pyrenoidosa* lebih sensitif terhadap keterbukaan Simetrin bersama menjadi aman jika diberikan beberapa jenis pestisida. Hal yang persis sama terjadi pada campuran beberapa jenis pestisida yang berbeda. Ini karena setidaknya satu jenis pestisida mengurangi bahaya dari berbagai jenis pestisida. Sistemnya masih kacau, hal ini karena tidak

abersama ya informasi terkait dengan pergerakan atom pertumbuhan hijau ini namun memerlukan eksplorasi lebih lanjut.

Tabel 15.2. Pengaruh Beberapa Jenis Pestisida Terhadap Pertumbuhan Tanaman Hijau (*Chlorella pyrenoidosa*)

Pestisida tunggal	pEC ₅₀ tunggal (mol L ⁻¹)	Kombinasi pestisida	pEC ₅₀ kombinasi (mol L ⁻¹)
Simetryn (SIM)	5,46	SIM-BRO-HEX-DOD-PRO	2,93
Bromacil (BRO)	4,77	SIM-BRO-HEX	2,84
Hexazinone (HEX)	5,44	HEX-DOD	2,90
Dodine (DOD)	5,26	BRO-DOD	3,47
Propoxur (PRO)	2,66		

Keterangan : pEC₅₀ = -log EC₅₀. Semakin besar nilai pEC₅₀ maka semakin sensitif organisme terhadap suatu bahan kimia.

Sumber: (Liu dkk. 2013)

15.6. Penutup

Berbagai jenis racun yang masuk ke iklim laut karena antropogenik yang diperluas akan berdampak sebaliknya pada entitas organik laut. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa racun-racun untuk makhluk laut dipengaruhi oleh variabel kompleks yang berbeda yang merupakan hubungan antara kepribadian iklim laut, keadaan entitas organik, kerjasama antara kontaminasi. Memahami keterkaitan variabel-variabel ini sangat penting untuk memperkirakan efek negatif dan sebagai upaya yang dapat ditempuh untuk menguranginya.

Bab 16

Bandar Udara

16.1. Pengantar

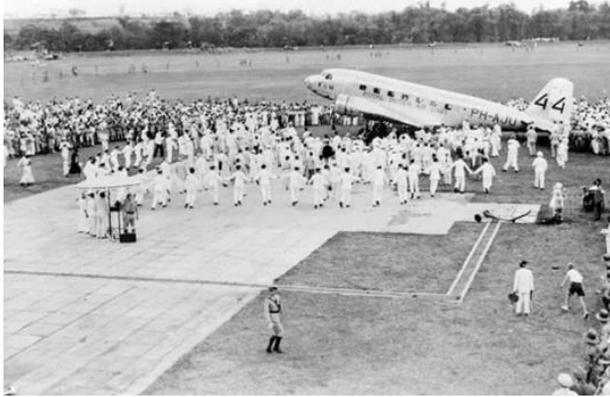
Bandar udara atau lapangan terbang perairan dan atau daratan daratan yang memiliki batasan tertentu dan dapat digunakan oleh pesawat terbang untuk menaik-turunkan penumpang dan barang, lepas landas dan pendaratan, serta tempat alih moda/*interchange moda*, dengan segala fasilitas pendukungnya (Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2013). Bandar udara berfungsi pusat penyebaran pendistribusian barang dan jasa, akses bagi kegiatan perekonomian baik nasional maupun internasional, tempat kegiatan bagi perpindahan antar moda transportasi, dan penyatuan seluruh wilayah melalui peningkatan tingkat pertumbuhan dalam pengembangannya.

Bapak penerbangan, George Cayley (1799-1850), melakukan eksperimen terhadap rancangan sayap pesawat. Kemudian dilanjutkan oleh Wright bersaudara, pada tahun 1903 merancang dan berhasil menerbangkan pesawat dengan sayap tetap di mana pada saat itu tidak terdapat landasan pacu yang beraspal. Pada era Perang Dunia I, tahun 1914, bandara mulai dibangun dengan peruntukan bagi militer. Selanjutnya perkembangan pesawat komersil, maskapai penerbangan, teknologi radar, pesawat jet, supersonik, satelit mengalami peningkatan sampai saat ini. Di Indonesia sendiri, bandar udara pertama dibangun dan difungsikan untuk militer di Kalidjati, Subang pada tahun 1914, Darmo pada tahun 1920, dan Andir, Bandung pada tahun 1921. Untuk penerbangan komersil pertama kali dibangun bandar udara di Tjililitan, Batavia, tahun 1924 yang diawali dengan pendaratan pesawat pertama yaitu jenis Fokker F-7 dari Schiphol Amsterdam, Kemayoran pada tahun 1930.



Gambar 16.1. Bandar Udara Kalidjati, Subang, 1914

Sumber: (Syafii, 2018)



Gambar 16.2. Bandar Udara Darmo, Surabaya, 1920

Sumber: (Syafii, 2018)



Gambar 16.3. Bandar Udara Andir, Bandung, 1921

Sumber: (Syafii, 2018)



Gambar 16.4. Bandar Udara Tjililitan, Batavia, 1924

Sumber: (Syafii, 2018)



Gambar 16.5. Bandar Udara Kemayoran, 1930

Sumber: (Syafii, 2018)

Transportasi udara sebagai unsur penunjang, dalam hal ini dengan adanya transportasi udara sangat berpengaruh terhadap peningkatan kegiatan dan hasil di bidang pembangunan lainnya, seperti bidang ekonomi, industri, kesehatan, sosial, pariwisata, dan lain-lain. Selain itu, transportasi udara juga sebagai unsur pendorong untuk peningkatan kesejahteraan suatu daerah, dengan menjangkau daerah-daerah 3T (terdepan, terpencil maupun terisolasi) serta daerah bencana, distribusi barang dan jasa akan menjadi lebih mudah sehingga taraf kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut secara tidak langsung akan meningkat. Karakteristik transportasi udara yang paling spesifik

dibandingkan dengan transportasi darat dan laut, yaitu jangkauan daerah pelayanan yang lebih luas dan waktu tempuh yang lebih singkat, namun adapun kekurangan transportasi udara dibandingkan dengan transportasi lainnya yaitu lebih mahal dan investasi yang cukup besar.

Tabel 16.1. Kelebihan dan Kekurangan Transportasi Udara

Kelebihan	Kekurangan
Daerah pergerakan yang luas Waktu tempuh yang tidak lama Dapat membawa barang yang bersifat darurat Dapat menjangkau area yang sulit Kemudahan akses Pelayanan dan kenyamanan lebih tinggi Meningkatkan pertahanan nasional	Mahal Kapasitas angkut terbatas Operasi penerbangan tergantung pada cuaca Investasi yang besar untuk sumber daya manusia dan bandara Kecelakaan fatal, meskipun sangat jarang terjadi Tingkat polusi udara, suara, dan getaran yang tinggi Membutuhkan landasan yang luas

Sumber: (Sartono, Dewanti, & Rahman, 2015)

16.2. Operasi dan Organisasi Penerbangan

Operasi penerbangan pesawat dibagi menjadi dua, yaitu militer dan sipil. Untuk penerbangan sipil kemudian terbagi juga menjadi dua, yaitu *general aviation* dan *air carrier*. *General aviation* adalah operasi penerbangan yang dilakukan oleh pesawat komersil dengan tujuan perjalanan kerja/bisnis, keperluan penyemprotan, keperluan pemetaan udara, pengadaan survey, dan penerbangan pribadi. *Air carrier* juga penerbangan terjadwal baik domestik maupun internasional yang dilayani oleh pesawat komersil dibawah

pelayanan suatu maskapai tertentu. Jenis penerbangan *air carrier* yaitu **(Sartono, Dewanti, & Rahman, 2015)**:

1. *Regional air carrier*, menggunakan pesawat dengan kapasitas angkut penumpang kurang dari 75 kursi penumpang.
2. *Commuter air carrier*, menggunakan pesawat dengan kapasitas angkut penumpang kurang dari 30 kursi penumpang.
3. *Air taxi operator*, melayani antar kota dengan frekuensi penerbangan setiap minggu adalah kurang dari 5 kali.

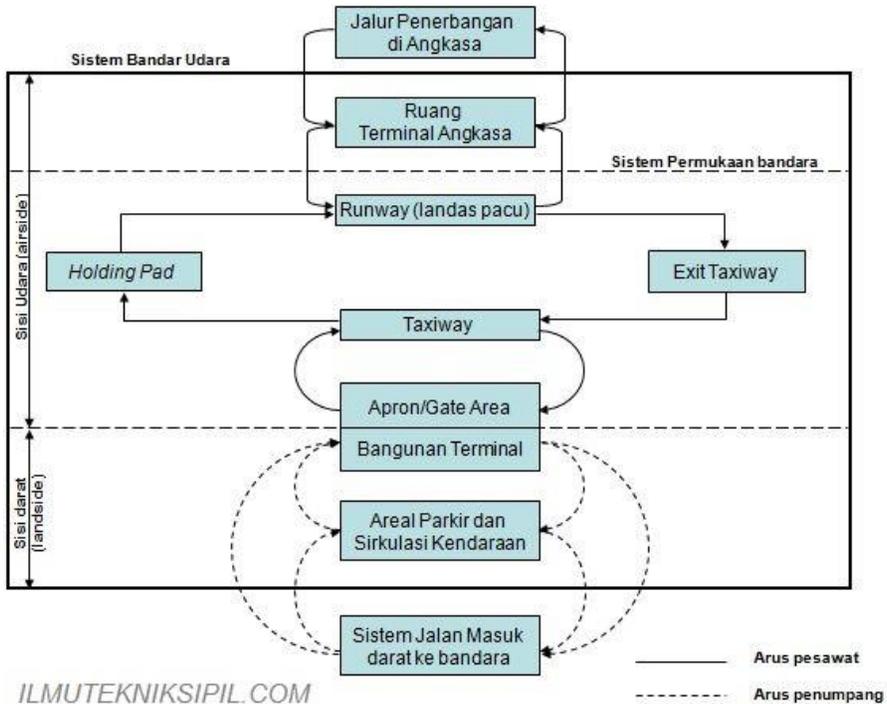
Perbedaan secara umum antara *air carrier* dan *general aviation* adalah jangkauan pelayanan yang kurang luas dan pelayanan cukup dengan sebidang tanah yang ditutupi rumput atau perkerasan sederhana bagi *general aviation*, sebaliknya untuk *air carrier* memiliki jangkauan pelayanan yang lebih luas dan prasarana yang lebih banyak untuk pelayanannya. Untuk menjaga keselamatan dan keamanan dari tindakan yang melawan hukum bagi penerbangan sipil, menjaga pengoperasian penerbangan secara efisien, nyaman, aman, dan menunjang pertumbuhan ekonomi, maka perlu adanya regulasi internasional yang sama untuk mengurus pedoman/standar prosedur, peralatan, dan infrastruktur. Lembaga internasional yang dimaksud adalah *International Civil Aviation Organization (ICAO)* yang dibentuk di Kanada sebagai bagian dari Konvensi Chicago 1944. Hal-hal dalam penerbangan internasional yang menjadi perhatian ICAO dalam Konvensi Chicago, 1944 (pasal 44) adalah **(International Civil Aviation Organization, 1990)**:

1. Untuk memastikan perkembangan yang stabil dan aman dari seluruh penerbangan sipil internasional.
2. Meningkatkan pembangunan dan pengembangan rute bandar udara dan fasilitas navigasi penerbangan untuk penerbangan sipil internasional.
3. Membangun fasilitas bantuan navigasi udara secara internasional untuk keselamatan penerbangan.

4. Memenuhi kebutuhan masyarakat global melalui pelayanan transportasi udara.
5. Mencegah terjadinya diskriminasi antar negara anggota.
6. Mempromosikan keselamatan penerbangan internasional
7. Mempromosikan pengembangan seluruh bidang penerbangan internasional.

16.3. Daerah Lingkungan Kerja Bandar Udara

Fasilitas pokok dan fasilitas penunjang terdapat pada daerah lingkungan kerja dari bandar udara. Fasilitas pokok yang meliputi fasilitas sisi darat, fasilitas sisi udara, fasilitas pengamatan dan navigasi penerbangan, fasilitas komunikasi penerbangan, dan fasilitas alat bantu pendaratan. Fasilitas yang termasuk di bagian penunjang adalah fasilitas hotel, toko, rumah makan, tempat parkir kendaraan, fasilitas penunjang lainnya baik secara langsung dan tidak langsung menunjang kegiatan bandar udara. Skema bandar udara disajikan pada Gambar 16.1.



Gambar 16.1. Sistem bandar udara

Sumber: (Budi, 2012)

Fasilitas Sisi Darat

Sisi darat adalah fasilitas dari bandar udara yang tidak langsung berhubungan dengan aktivitas penerbangan (**Kementerian Perhubungan, 2015**). Bagian-bagian sisi darat yaitu *crub*, terminal kedatangan dan keberangkatan penumpang dan kargo, area parkir, bangunan operasi, menara *air traffic control*, bangunan meteorologi, bangunan untuk administrasi, jalan akses, hanggar, dan tempat pengisian bahan bakar.

Fasilitas Sisi Udara

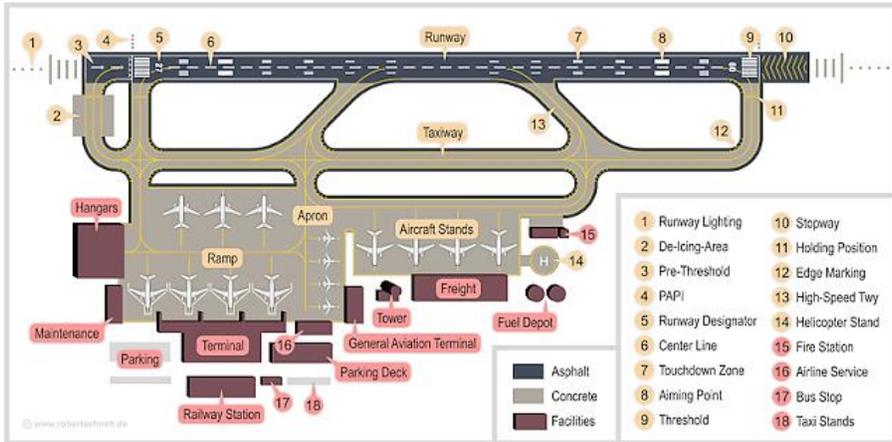
Sisi udara dari bandar udara yaitu daerah bukan publik dimana setiap orang, barang, dan kendaraan yang akan memasukinya wajib melalui pemeriksaan keamanan dan/atau memiliki izin khusus (**Kementerian Perhubungan, 2015**). Bagian-bagian fasilitas sisi udara

yaitu apron, taxiway, runway, dan elemen penunjang lainnya. Perencanaan sisi udara harus terpadu dengan fasilitas bandara lainnya, seperti gudang kargo, terminal, area parkir, dan lainnya. Pengembangan sisi udara berorientasi pada pengembangan yang optimal berdasarkan keterbatasan yang ada. Kebutuhan fasilitas sisi udara diidentifikasi dari kebijakan pemerintah, hasil prakiraan lalu lintas penerbangan, dan jangka perencanaan. *Runway* atau landas pacu merupakan area untuk pesawat terbang melakukan lepas dan pendaratan. Bagian-bagian dari runway adalah struktur perkerasan, bahu, *strip runway*, *blast pad*, *runway end safety area (RESA)*, *stopway*, dan *clearway*. *Taxiway* atau landas hubung adalah bagian dari sisi udara yang menghubungkan antara landas pacu dan apron. Apron adalah area parkir pesawat, tempat pengisian bahan bakar, tempat menaik-turunkan penumpang, dan tempat pemeliharaan pesawat.



Gambar 16.2. Fasilitas Sisi Udara

Sumber: (Budi, 2012)



Gambar 16.3. *Layout Bandar Udara*

Sumber: **(Bagaimana Cara Membangun Bandar Udara Terbesar di Dunia?, 2013)**

Fasilitas Navigasi dan Pengamatan Penerbangan

Peralatan yang dibutuhkan dalam navigasi penerbangan untuk menunjang operasional bandar udara, adalah pengamatan penerbangan dan rambu udara radio. Peralatan pengamatan terbagi atas **(Admin, 2008)**:

1. *Primary Surveillance Radar* digunakan untuk mendeteksi data target dan posisi target yang berada di sekitar area penerbangan secara pasif.
2. *Secondary Surveillance Radar* digunakan untuk mendeteksi data target dan posisi target yang berada di sekitar area penerbangan secara aktif.
3. *Air Traffic Control* berfungsi sebagai pusat pelayanan dari lalu lintas udara.
4. *Automatic Dependent Surveillance Broadcast* berfungsi untuk memantau penerbangan dari nir radar (posisi, ketinggian, dan informasi).

5. *Automatic Dependent Surveillance Contract* fungsinya tidak berbeda dengan *Automatic Dependent Surveillance Broadcast*, tetapi menggunakan jalur data (Fadhurrahman, Wijanto, & Soejatman, 2021)
6. *Airport Surface Movement Ground Control System* berfungsi untuk mengetahui pergerakan pesawat di *taxiway* dan *runway*, serta apron apabila tidak terdeteksi/terlihat dari menara *traffic control*.
7. *Multilateration* digunakan untuk mengamati posisi pancaran
8. *Global Navigation Satellite System* digunakan untuk mengetahui posisi lintang, *altitude*, dan bujur (Guntara, n.d.)

Fasilitas Alat Bantu Pendaratan Visual

Instrument Landing System (ILS) dan *Airfield Lighting System (ALS)* merupakan prasarana untuk menunjang operasional bandar udara. *Instrument Landing System* atau alat bantu pendaratan nonvisual untuk membantu menentukan titik pendaratan pesawat secara presisi. *Airfield Lighting System* digunakan untuk membantu pesawat saat melakukan lepas landas dan pendaratan atau melakukan taxiing secara aman dan efisien (Admin, 2008).

Fasilitas Komunikasi Penerbangan

Fasilitas komunikasi penerbangan antara pilot dan petugas menara membutuhkan alat *aeronautical fixed service* dan *aeronautical mobile service*. *Aeronautical fixed service* untuk membantu kelancaran dan komunikasi yang tetap *point to point* sehingga menciptakan keselamatan penerbangan secara aman dan efisien. *Aeronautical mobile service* menggunakan sistem komunikasi radio secara timbal balik antara pengawas dari menara lalu lintas dengan pilot (TNUMKS, 2013).

16.4. Karakteristik Pesawat

Karakteristik pesawat rencana pada suatu bandar udara bergantung pada ukuran pesawat, berat pesawat, kapasitas pesawat, bahan

bakar, dan panjang *runway*. Ukuran pesawat terbang akan berpengaruh terhadap dimensi apron, *runway*, *taxiway*, dan terminal. Bagian-bagian pesawat terbang yang mempengaruhi ukuran pesawat yaitu jarak antar kedua ujung sayap, panjang sumbu landasan pesawat, dan tinggi pesawat. Berat pesawat akan mempengaruhi tebal dan kekuatan perkerasan landas pacu, landas hubung, dan apron. Untuk menentukan kebutuhan kapasitas terminal kargo dan penumpang perlu diketahui sebelumnya kapasitas pesawat rencana. Bahan bakar untuk penerbangan tergantung dari jarak tempuh, kecepatan pesawat, kondisi cuaca, ketinggian terbang, dan berat muatan. Agar pesawat dapat tinggal landas dan melakukan pendaratan yang aman maka dibutuhkan panjang landasan yang cukup.

16.5. Aspek Kelayakan Perencanaan Bandar Udara

Tujuan dari perencanaan bandar udara adalah (Horonjeff, 2010): untuk mengembangkan fasilitas fisik dari bandar udara, mengembangkan lahan dan sekitarnya di bandar udara, analisis dampak lingkungan akibat konstruksi dan pengoperasian bandar udara, membuat jalan akses, melakukan *feasibility study* dari segala bidang yang terkait dan menyediakan alternatif penanganannya, membuat jadwal urutan fase pengembangan perencanaan bandar udara, membuat jadwal pencapaian dan mendukung pelaksanaan secara finansial, dan monitoring serta evaluasi.

Beberapa aspek kelayakan yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan bandar udara yaitu aspek kelayakan pengembangan wilayah, kelayakan ekonomi dan finansial, kelayakan teknik pembangunan, kelayakan angkutan udara, kelayakan operasional, dan kelayakan lingkungan. Pada kelayakan pengembangan wilayah, perencanaan bandar udara harus menyesuaikan terhadap rencana tata ruang wilayah negara, provinsi, dan kabupaten/kota, kebijakan terhadap daerah rawan bencana, perbatasan, dan terisolir, serta kesesuaian dengan rencana induk nasional bandar udara. Kelayakan bidang ekonomi yaitu analisis investasi dan manfaat

pembangunan/pengembangan bandar udara terhadap tingkat pendapatan bandar udara, pemerintah daerah, dan masyarakat lokal. Kelayakan finansial adalah analisa perhitungan keuntungan dan kerugian dari investasi yang dilakukan dan jangka waktu pengembalian investasi.

Aspek kelayakan teknis pembangunan dipengaruhi oleh topografi, kondisi permukaan tanah, sistem drainase, cuaca, *visibility*, daya dukung dan struktur tanah, serta infrastruktur dan jaringan utilitas. Aspek kelayakan operasional memperhatikan kajian arah angin dalam penentuan arah landas pacu, jenis pesawat rencana, pengaruh cuaca, *visibility*, dan prosedur lepas landas dan pendaratan. Kelayakan angkutan udara terdiri dari potensi penumpang, kargo, rute penerbangan, kajian ketersediaan armada, dan multimoda logistik. Kelayakan lingkungan yang perlu diperhatikan yaitu lingkungan alam, peruntukan lahan, aliran air permukaan, relokasi penduduk, keserasian dan keseimbangan dengan budaya lokal, dampak bandar udara terhadap masyarakat setempat, dan peningkatan lapangan kerja untuk masyarakat lokal.

16.6. Penutup

Perencanaan bandar udara merupakan salah satu cabang konsentrasi ilmu dari Teknik Sipil. Tujuan dari perencanaan bandar udara untuk mengembangkan komponen pendukung utama dan tambahan secara terpadu bagi peningkatan kesejahteraan suatu wilayah ataupun masyarakat baik nasional maupun internasional. Perencanaan bandar udara dengan segala fasilitasnya harus memperhatikan setiap aspek kelayakan dalam fase pengembangannya.

BAB 17

Embung

17.1. Pengantar

Indonesia merupakan negara tropis yang dilalui garis khatulistiwa. Hal ini karena Indonesia dilalui oleh angin muson barat dan angin muson timur. Sebagian besar wilayah Indonesia hanya memiliki dua musim, yakni musim hujan dan musim panas atau kemarau. Tak seperti dengan beberapa negara-negara lain. Olehnya itu, pada saat tiba musim hujan, kerap kali air melimpah tak terbendung atau tidak memiliki wadah yang berkapasitas besar sebagai tempat penyimpanan untuk digunakan jika musim kemarau tiba. Tentu, akan kekurangan air jika musim kemarau. Karena kurangnya sumber air berupa waduk atau bendungan. Bahkan kesulitan untuk mendapatkan air bersih. Air merupakan sumber daya alam, yang sangat berperan penting dalam kehidupan manusia dan makhluk lainnya, seperti hewan dan tumbuhan. Oleh karena itu, pentingnya pembangunan fisik berupa Embung sebagai wadah menampung air. Karena kerap kali, kita menjumpai permasalahan air adalah kuantitas air yang tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Sementara kualitas air untuk keperluan domestik semakin menurun.

Bangunan Embung sebagai bentuk upaya dapat menampung laju air sungai sehingga dapat meresap ke dalam tanah dan juga berfungsi sebagai pengendali banjir di daerah hilir. Dalam

publikasi jurnal (Intan Puspitaningrum, 2015) mengatakan embung merupakan cekungan yang dalam di suatu daerah pebukitan. Air embung berasal dari limpasan air hujan yang jatuh di daerah tangkapan.

17.2 Data Curah Hujan.

Pada dasarnya, sebagai negara tropis, Indonesia seringkali disebut sebagai negara yang subur. Sangat menguntungkan bagi petani, karena memiliki dua musim, yakni musim kemarau dan musim hujan. Tentu saja terlepas dari kesulitan memperoleh kebutuhan yang diharapkan. Semisal, pertanian membutuhkan air di musim kemarau, sulit membuang limpasan air banjir di musim penghujan. Data curah hujan diperoleh dari tren hari hujan dengan menggunakan data observasi BMKG sejak 1981-2018. Berdasarkan data hasil pengolahan tren hari hujan. Data yang diperoleh adalah positif secara umum. Meski sebagian wilayah di Indonesia memiliki data negative dan ada beberapa wilayah yang bervariasi. Sebagai salah satu contoh, di stasiun Meteorologi Hasanuddin Makassar, Sulawesi Selatan memiliki tren positif pada semua besaran intensitas hujannya. Dan itu menandakan pertanian di Sulawesi Selatan cenderung baik. Cuaca di Indonesia cenderung hangat dengan suhu rata-rata 27⁰ Celcius, sementara temperatur udara tidak terlalu ekstrim atau tinggi. Dampak baiknya adalah masyarakat Indonesia bisa melakukan kegiatan ekonomi sepanjang tahun. Indonesia memiliki tanah relatif subur sehingga dapat dimanfaatkan sebagai kesempatan untuk pertanian, peternakan dan perikanan tentu saja.

Tahun	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Provinsi	Jumlah curah hujan (mm)					
Sulawesi Barat	2 289,00	218,00	1 713,00	169,00	2 559,00	250,00
Sulawesi Tengah	949,10	238,00	563,00	180,00	859,00	237,00
Sulawesi Tenggara	2 300,80	242,00	1 783,00	183,00	2 859,00	258,00
Garontalo	2 289,00	248,00	1 245,00	159,00	-	-
Sulawesi Selatan	2 458,00	194,00	2 908,00	164,00	3 744,00	223,00

(Gambar 17.1. Data Curah Hujan 2005-2010 Pulau Sulawesi. Sumber: Badan Pusat Statistik, 2010)

Berdasarkan data curah hujan Pulau Sulawesi, dapat ditinjau dan memperoleh data relatif bernilai positif. Terutama Sulawesi Selatan rata-rata lebih tinggi atau lebih besar dibandingkan dengan provinsi lain. Pertumbuhan ekonomi Sulawesi Selatan tergolong lebih besar, terutama dari sektor pertanian dan perikanan. Didukung oleh iklim yang bagus untuk daerah pertanian disamping sebagai lahan peternakan dan perikanan.

Ada beberapa keunggulan negara yang tergolong sebagai negara tropis yakni:

1. Adanya musim hujan dan kemarau.
2. Adanya hujan yang cukup.
3. Kondisi suhu normal, tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin.

Daerah tropis merupakan daerah yang sangat cocok untuk perkembangan pertanian dan hal itu dimiliki oleh Indonesia, dibandingkan dengan daerah lain dibelahan dunia. Musim kemarau dan musim hujan dapat diperkirakan. Sehingga dengan

kedaan iklim yang seperti itu dapat diprediski kapan tiba musim hujan sebagai musim tanam yang baik untuk tanaman pertanian, dengan harapan dapat memperoleh berkah dan nilai ekonomi bagi petani. Namun kerap kali perubahan musim terjadi tak terduga dan sulit diprediksi. Menyebabkan pertanian mengalami kegagalan karena membutuhkan serapan air sebelum hujan. Bahkan seringkali, pada musim hujan menyebabkan tidak mencukupi tampungan air untuk pertanian sepanjang tahun. Selain itu, kualitas air yang buruk dan kerap mempengaruhi pertanian. Terlebih jika terjadi banjir atau air sungai meluap menghancurkan lahan-lahan pertanian.

Produksi pertanian di daerah tropis tidak stabil, salah satu penyebabnya adalah pada musim panas. Tampungan air hujan yang tersedia tidak dimanfaatkan oleh petani dengan maksimal. Hal ini menyebabkan terjadi kekeringan yang berkepanjangan ketika terjadi musim panas atau musim kemarau. Dengan keterbatasan air untuk melakukan pengairan pertanian, sehingga menyebabkan produksi pertanian tidak memperoleh hasil yang diharapkan. Bahkan kerap kali jumlah produksi pertanian mengalami penurunan. Karena itu, butuh penanganan air yang baik untuk daerah tropis jika ingin memperoleh hasil pertanian yang berkualitas dan melimpah. Dengan demikian, maka penting dilakukan pembangunan fisik berupa Embung sebagai wadah menampung air hujan dan bahkan juga dapat dimanfaatkan untuk memperoleh air bersih dengan proses sedimentasi air keruh menjadi air bersih. Melalui kolam atau bak tampungan, air bersih dapat diperoleh.

17.3. Pembangunan Embung

Pembangunan embung perlu peninjauan perencanaannya terlebih dahulu sebelum melakukan pembangunan fisik. Karena ada beberapa hal yang mesti diperhatikan, diantaranya survey lokasi, jumlah penduduk, kebutuhan air dan ketersediaan air dan daerah aliran sungai.



(Gambar 17.2 Pembangunan Embung Coppo Congki, Soppeng, Sulawesi Selatan. Sumber: dokumentasi pribadi penulis, 2020)

Embung merupakan bangunan yang berfungsi menampung kelebihan air yang terjadi pada musim hujan dan dijadikan persediaan di musim kering/kemarau (Wikipedia, 2022). Prioritas pemanfaatan embung, utamanya adalah untuk pemenuhan kebutuhan air irigasi dan kebutuhan domestik penduduk setempat. Embung memiliki beberapa bagian yang mesti diperhatikan agar fungsi dan keamanan dapat digunakan sesuai dengan apa yang direncanakan, sebagai berikut:

1. Tubuh embung berfungsi menutup lembah atau cekungan sehingga air dapat datahan dihilunya.
2. Kolam tampungan berfungsi sebagai penampung air.
3. Intake yang berfungsi untuk mengambil dan mendistribusikan air yang akan dimanfaatkan.
4. Pelimpah berfungsi mengalirkan banjir dari kolam ke hilir untuk mengamankan tubuh embung dari luapan air.

17.3.1 Perencanaan Pembangunan Embung

Perencanaan embung diawali dengan melakukan survey dan investigasi di lokasi terlebih dahulu, untuk memperoleh data perencanaan yang lengkap dan mesti dilakukan dengan teliti. Cara yang baik dan benar adalah mesti ada acuan untuk menentukan langkah-langkah kegiatan. Termasuk diantaranya menganalisis data curah hujan. Analisis curah hujan rata-rata daerah aliran sungai digunakan metode *thissen*. Thissen adalah membuat polygon karena kondisi topografi dan jumlah stasiun curah hujan yang memenuhi syarat (Sutyas Aji, 2012).

17.3.2 Analisi Hidrologi

Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya debit andalan untuk memenuhi kebutuhan berdasarkan potensi yang ada seperti kebutuhan air baku dan kebutuhan irigasi. Hal ini akan berpengaruh pada desain perencanaan embung dan tampungan embung yang dibutuhkan. Dari data analisis hidrologi akan didapat:

1. Debit banjir rancangan
2. Ketersedian air dan debit andalan
3. Kebutuhan air

Pada analisa curah hujan daerah sungai, data yang digunakan adalah data hujan harian yang diolah menjadi data hujan rencana, yang kemudian diolah menjadi debit banjir rencana.

17.3.3 Air

Air merupakan kebutuhan dasar bagi makhluk hidup dan terutama umat manusia. Juga merupakan zat yang sangat penting untuk meningkatkan taraf hidup manusia. Air merupakan sumber daya alam yang banyak berkontribusi bagi perkembangan dan pertumbuhan manusia. Pada dasarnya, manusia memiliki kebutuhan air domestik dan non domestik (Qoirur Rozikin, 2018).

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari yang kerap digunakan pada tempat hunian pribadi, semisal rumah. Untuk memenuhi keperluan domestik seperti memask, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Sementara kebutuhan non domestik adalah kebutuhan air yang digunakan selain untuk memenuhi keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik kerap digunakan untuk memenuhi kebutuhan penggunaan oleh badan-badan komersial, industry dan penggunaan umum, semisal penggunaan air untuk bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah dan tempat ibadah.

17.3.4 Hujan

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi yang berwujud cair. Sementara presipitasi sendiri dapat diartikan sebagai zat yang dapat berwujud berupa salju dan hujan es. Atau berupa embun dan kabut. Hujan terbentuk apabila titik air yang terpisah jatuh ke bumi yang bersumber dari awan. Meski tidak semua air hujan sampai dipermukaan bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melauai udara kering. Kebutuhan air adalah banyaknya jumlah air untuk keperluan rumah tangga, industri, rumah sakit dan bangunan komersial lainnya. Kebutuhan air dapat dikategorikan sebagai kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik.

17.3.5 Irigasi

Salah satu fungsi embung adalah menampung air hujan dengan tujuan dapat mengairi irigasi di musim kemarau. Embung dapat dijadikan sebagai cadangan penampungan air karena berpotensi untuk irigasi budi daya pertanian dan perikanan. Irigasi atau pengairan merupakan upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian. Irigasi merupakan salah satu cara alternatif pengairan lahan tadah hujan pada musim kemarau. Biasanya petani kerap menggunakan irigasi untuk mengaliri sawahnya.

Pada lahan pertanian persawahan yang berada pada titik tertentu, kerap kali bergantung pada aliran irigasi. Karena seringkali tanaman padi membutuhkan resapan air sebelum waktunya hujan. Irigasi menjadi salah satu alternatif cadangan aliran air untuk memenuhi kebutuhan resapan air.

17.4. Penutup

Pembangunan embung sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Baik untuk kebutuhan domestik maupun non domestik. Olehnya itu, perlu perencanaan terlebih dahulu agar mendapatkan data yang otentik sesuai kebutuhan masyarakat setempat, sebelum melakukan pembangunan fisik. Agar tepat sasaran maka embung merupakan bangunan yang berfungsi menampung kelebihan air yang terjadi pada musim hujan dan dijadikan persediaan di musim kering/kemarau (Wikipedia, 2022). Prioritas pemanfaatan embung bukan hanya untuk keperluan domestik dan non domestik, akan tetap juga untuk keperluan pemenuhan kebutuhan air irigasi. Embung kerap kali menjadi tempat penampungan air untuk memenuhi kebutuhan air bersih, melalui proses sedimentasi dalam bak atau kolam.

BAB 18

Konstruksi Bangunan Gedung

18.1 Pengantar

Negara maju salah satunya negara Indonesia mengalami perkembangan infrastruktur di bidang sarana dan prasarana. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, berbagai inovasi dan teknologi bermunculan dan digunakan seperti konstruksi. Dalam ilmu Teknik Sipil, jenis konstruksi untuk infrastruktur terdiri dari konstruksi Gedung, Teknik dan Industri.

Konstruksi gedung merupakan salah satu jenis dari konstruksi bangunan. Secara umum konstruksi bangunan gedung dikenal dengan istilah pembangunan gedung berlantai satu, bertingkat atau tingkat tinggi. Awal pelaksanaan proyek melibatkan Sumber Daya Manusia (SDM) yaitu seorang ahli merancang/menggambar (arsitek/insiyur), material untuk stuktur bangunan dan proses pelaksanaan pekerjaan di lapangan struktur harus dimulai dari bagian bawah (pondasi) kemudian dilanjutkan sampai struktur bagian atas (atap).

18.2 Definisi, Fungsi dan Klasifikasi Bangunan Gedung

Bangunan gedung dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah benda yang disusun atau dibangun, misalnya rumah, sekolah, hotel, rumah sakit, tempat ibadah dan lain-lain yang digunakan sebagai tempat tinggal atau beraktivitas (<https://jasabangunan.com/2022>). Peraturan Pemerintah

Republik Indonesia yang mengatur tentang Pelaksanaan Undang-Undang pasal 1 No. 28 tahun 2002 mendefinisikan bangunan gedung ialah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus (jogloabang.com/2020). Konsep pelaksanaan konstruksi bangunan gedung terdiri dari gambar kerja, perencanaan, penyediaan material sampai proses pekerjaan pembangunan sebuah gedung yang kuat dan kokoh.



Gambar 18.1 : Konstruksi Bangunan Gedung

(Sumber : adhyaksapersada.co.id /2021)

Fungsi bangunan gedung dapat mempunyai fungsi lebih dari satu dan ditentukan berdasarkan kegiatan atau aktivitas pada bangunan tersebut, antara lain:

- Tempat tinggal, bangunan gedung difungsikan sebagai tempat hunian atau menetap.
- Tempat Keagamaan, difungsikan sebagai tempat melakukan kegiatan ibadah.

- Tempat Pendidikan, difungsikan sebagai tempat untuk melakukan aktivitas proses belajar mengajar.
- Tempat bisnis (komersial), difungsikan sebagai tempat untuk melakukan usaha.

FUNGSI BANGUNAN GEDUNG	MELIPUTI :
Fungsi Hunian	Bangunan untuk rumah tinggal tunggal, rumah tinggal deret, rumah susun, dan rumah tinggal sementara
Fungsi Keagamaan	Masjid, gereja, pura, wihara, dan kelenteng
Fungsi Usaha	Bangunan gedung untuk perkantoran, perdagangan, perindustrian, perhotelan, wisata dan rekreasi, terminal, dan penyimpanan
Fungsi Sosial dan Budaya	Bangunan gedung untuk pendidikan, kebudayaan, pelayanan kesehatan, laboratorium, dan pelayanan umum
Fungsi Khusus	Bangunan gedung untuk reaktor nuklir, instalasi pertahanan dan keamanan, dan bangunan sejenis yang diputuskan oleh menteri

Tabel 18.1 : Fungsi Bangunan Gedung pada

Pasal 5 UU No. 28 Tahun 2002

(Sumber : <http://konstruksimania.blogspot.com/2012>)

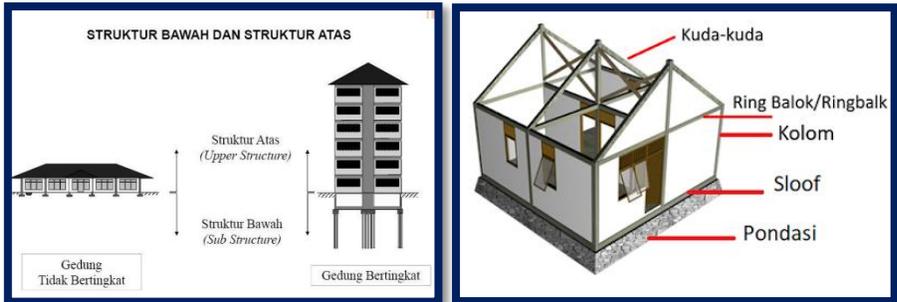
Klasifikasi bangunan gedung meliputi kegiatan konstruksi bangunan hunian maupun bukan hunian dengan menggunakan biaya sendiri yang diperuntukkan untuk dijual atau kontrakkan.

KLASIFIKASI BANGUNAN GEDUNG		
Tingkat Kompleksitas	Sederhana	karakter, kompleksitas dan teknologi sederhana
	Tidak Sederhana	karakter, kompleksitas dan teknologi tidak sederhana
	Khusus	penggunaan dan persyaratan khusus
Tingkat Permanensi	Permanen	umur layanan di atas 20 tahun
	Semi Permanen	umur layanan 5 s/d 10 tahun
	Darurat / Sementara	umur layanan s/d 5 tahun
Tingkat Resiko Kebakaran	Resiko kebakaran tinggi	mudah terbakarnya tinggi
	Resiko kebakaran sedang	mudah terbakarnya sedang
	Resiko kebakaran rendah	mudah terbakarnya rendah
Zonasi Gempa	Zona 1	daerah sangat aktif
	Zona 2	daerah aktif
	Zona 3	daerah lipatan dengan retakan
	Zona 4	daerah lipatan tanpa retakan
	Zona 5	daerah gempa kecil
	Zona 6	daerah stabil
Lokasi	Lokasi Padat	di pusat kota
	Lokasi Sedang	di daerah pemukiman
	Lokasi Renggang	di daerah pinggiran kota
Ketinggian	Bertingkat Tinggi	lebih dari 8 lantai
	Bertingkat Sedang	5 s/d 8 lantai
	Bertingkat Rendah	s/d 4 lantai
Kepemilikan	Milik Negara	
	Milik Badan Usaha	
	Milik Perorangan	

Tabel 18.2 : Klasifikasi Bangunan Gedung pada Peraturan Pemerintah Pasal 5 No. 36 Tahun 2005
(Sumber : <http://konstruksimania.blogspot.com/2012>)

18.3 Struktur Bangunan Gedung

Konstruksi bangunan gedung terdiri dari struktur bagian bawah, bagian tengah dan bagian atas. Setiap struktur memiliki komponen yang saling berkaitan yang menyalurkan beban ke elemen dan diteruskan ke dalam tanah sehingga mendapatkan struktur yang kokoh dan kuat (stabil.)



Gambar 18.2 : Struktur Bangunan Gedung Tidak Bertingkat dan Gedung Bertingkat

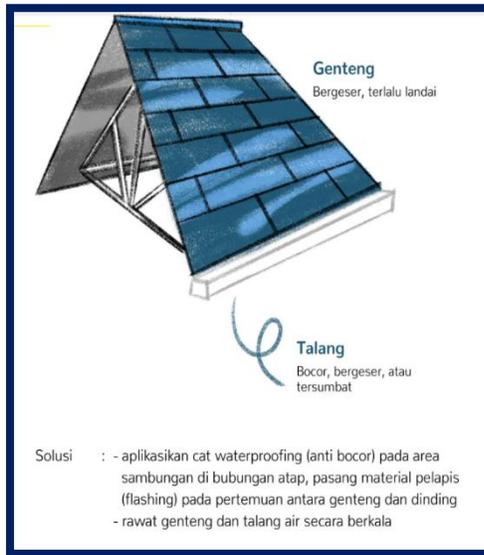
(Sumber : <https://slideplayer.info/user/2022>)

- 1) Struktur gedung bagian bawah, terdiri dari pondasi dan sloof
- 2) Struktur gedung bagian tengah, terdiri dari dinding, kolom, ring balok.
- 3) Struktur gedung bagian atas, terdiri dari kuda-kuda dan atap.

18.4 Permasalahan dan Solusi pada Konstruksi Bangunan Gedung

Secara umum dalam pelaksanaan konstruksi bangunan gedung terjadi beberapa permasalahan antara lain:

1) Atap

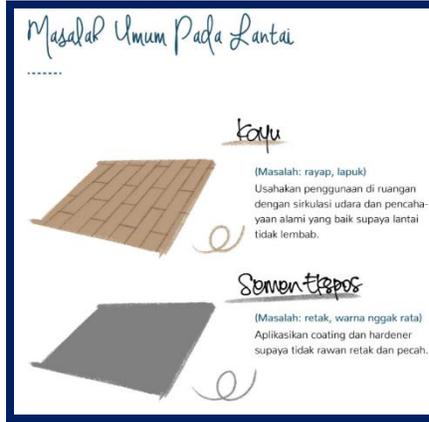


2) Dinding

Macam Ketetahan Pada Dinding

	Struktural	Non-Struktural
Lebar	± 2 mm	± 0.075-0.6 mm
Ciri	Retak agak dalam	Garis lembut dengan arah tidak beraturan
Penyebab	Pergerakan permukaan tanah, beban struktur yang kurang merata	Proses pengerjaan dan komposisi bahan yang kurang baik
Solusi	Perluasan struktur bangunan oleh kontraktor	Celah diisi dengan wall filler, dempul, ampas, dan cat ulang

3) Lantai



Gambar 18.3 : Permasalahan dan Solusi pada Pekerjaan Bangunan Gedung

(Sumber : <https://www.sarastiana.com/2020>)

18.5 Penutup

Konstruksi bangunan gedung merupakan bagian dari konstruksi gedung, pelaksanaannya diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia UU No. 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, yang memiliki fungsi bisa lebih dari satu (berkombinasi).

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. (2008, Desember 21). Fasilitas Navigasi dan Pengamatan. Retrieved February 11, 2022, from [ilmuterbang.com: http://www.ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/teori-penerbangan-mainmenu-68/155-fasilitas-navigasi-dan-pengamatan](http://www.ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/teori-penerbangan-mainmenu-68/155-fasilitas-navigasi-dan-pengamatan)
- Amin, M. Baitullah Al (2020), *Pemodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Yogyakarta. Deepublish Publisher.
- Anggrahini (1997), *Hidrolika Saluran Terbuka*. Surabaya. CV. Citra Media.
- Anwar, Nadjadji, dan Mahendra Andiek M. (2009), *Aplikasi Storm Water Management Model (Swmm) Untuk Daerah Aliran Sungai Deluwang Situbondo Jawa Timur*. Prosiding PIT XXVI HATHI. Banjarmasin.
- Arti kata—Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Online. (n.d.). Retrieved February 17, 2022, from <https://www.kbbi.web.id/>
- Atmajaya Armin.,(2011),*Pengaruh Perkembangan Transportasi Dalam Pertumbuhan Ekonomi, UNM, Makassar; Jurnal*.
- Bagaimana Cara Membangun Bandar Udara Terbesar di Dunia? (2013, July 17). Retrieved February 10, 2022, from [http://astrophysicsblogs.blogspot.com/:](http://astrophysicsblogs.blogspot.com/)
<http://astrophysicsblogs.blogspot.com/2013/07/bagaimana-cara-membangun-bandar-udara.html>
- Baines, SB, NS Fisher bersama EL Kinney. 2006. Dampak suhu pada pengambilan logam berair oleh kerang biru *Mytilus edulis* dari Arktik bersama perairan tenang. *Berjalan. Ekol. prog. Ser.* 308, 117-128.
- Bangun, S. (2021). Luas dan Letak Geografis Indonesia, Berikut Batas wilayah Indonesia.
<https://m.tribunnews.com/pendidikan/2021/08/18/luas->

dan-letak-geografis-indonesia-berikut-batas-wilayah-indonesia?page=4

- Baso Madiung. 2019. *Sosiologi Hukum*. Penerbit CV. Sah Media 2019.
- Basuki Eka Purnama. (2016). *Sanitasi Buruk, Persoalan Dasar DKI Jakarta*.
<https://mediaindonesia.com/megapolitan/34535/sanitasi-buruk-persoalan-dasar-dki-jakarta>
- Bentz, E. C., Vecchio, F. J., and Collins, M. P. (2006). "Simplified modified compression field theory for calculating shear strength of reinforced concrete elements." *ACI Struct. J.*, 103(4), 614–624.
- Black, J.A. (1981), *Urban Transport Planning: Theory and Practice*, London, Cromm Helm.
- Blasco, J., PM Chapman, O. Campana bersama M. Hampel, 2016. *Ekotoksikologi Kelautan: Pengetahuan Saat Ini bersama Isu Masa Depan*. Blasco dkk. (eds). Pers Skolastik. London. hal.321.
- Budi, K. (2012, May 12). *Perencanaan Sistem Pelabuhan Udara*. Retrieved February 10, 2022, from ilmutekniksipil.com:
<https://www.ilmutekniksipil.com/bandara/perencanaan-sistem-pelabuhan-udara>
- C. Bing, W. Zhen, L. Ning, Experimental research on properties of high-strength foamed concrete, *J. Mater. Civ. Eng.* 24 (1) (2012) 113–118.
- Cartwright C., Rajabipour F., & Radlinska A. (2014). Shrinkage Characteristics of Alkali-Activated Slag Cements. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Ceccotti, A., and Vignoli, A. 1990. "Engineered timber structures: An evaluation of their seismic behavior." *Proc., Int. Conf. of Timber Engineering, Tokyo*, 946–953.

- Center for Better Living (CBL). 2001. "In-plane tests on post and beam shear walls with different wall configurations and wood species." Test Rep. No. 012630, CBL, Tsukuba, Japan (in Japanese).
- Chen, W., W. Wang bersama Q. Tan. 2017. Mengungkap dampak membingungkan dari rasa asin pada bahaya tembaga pada moluska muara *Potamocorbula laevis* dengan model toksikokinetik-toksikodinamik. *Polusi Alam*. 222: 323-330.
- Cheng dan Chen. "Perceive Accessibility, Mobility and Connectivity of Public Transportation System". *Transportation Research Part A* (2015): 386-403.
- Chtoori B. C. S., Puppala A. J., & Pedarla A. (2017). Addressing Clay Mineralogy Effects on Performance of Chemically Stabilized Expansive Soils Subjected to Seasonal Wetting and Drying. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (ASCE Journal)*.
- Clemow, YH bersama PM Wilkie. 2015. Dampak Pb selain campuran Cd pada bahaya, bersama keseimbangan elektrolit bersama osmotik dalam pada ikan trout pelangi (*Oncorhynchus mykiss*). *Toksikologi laut*. 161 : 176-188.
- Coki Siadari. (2018). Pengertian Sanitasi Menurut Para Ahli. <https://www.kumpulanpengertian.com/2018/08/pengertian-sanitasi-menurut-para-ahli.html>
- CSA. (2004a). "Design of masonry structures." CSA S304.1-04 (R2010), Mississauga, Canada.
- CSA. (2004b). "Design of concrete structures." CSA A23.3-04 (R2010), Mississauga, Canada.
- Cvl-perencanaan-pelabuhan bambang triadmojo.pdf. (n.d.).

- D.K. Panesar, Cellular concrete properties and the effect of synthetic and protein foaming agents, *Constr. Build. Mater.* 44 (2013) 575–584.
- Dash S. K., & Hussain M. (2015). Influence of Lime on Shrinkage Behavior of Soils. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Davis, C. L. (2008). "Evaluation of design provisions for in-plane shear in masonry walls." M.S. thesis, Dept. of Civil Engineering, Washington State Univ., Pullman, WA.
- De Rose L, Morris J. The influence of mix design on the properties of microcellular concrete. In: Dhir RK, Handerson NA, editors. *Specialist techniques and materials for construction*. London: Thomas Telford; 1999. p. 185–97.
- Des W. Connel bersama Gregory J. Mill operator. 1995. *Ilmu Pengetahuan bersama Polusi Ekotoksikologi*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Dietrich, D. selanjutnya C. Schlatter. 1989. Bahaya aluminium untuk ikan trout pelangi pada pH rendah. *air. Toksikol.*15:197-212.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang. (2020). *Penghijauan Kota, Wujud Pelestarian Lingkungan Hidup Perkotaan*. <https://dlh.semarangkota.go.id/penghijauan-kota-wujud-pelestarian-lingkungan-hidup-perkotaan/>
- Donatus, IA, *Toksikologi Dasar*. Lab Farmakologi bersama Toksikologi Fakultas Farmasi Universitas Gajah Mada Yogyakarta .. 2001
- Donlan, J. D., and Madsen, B. (1992). "Monotonic and cyclic tests of timber shear walls." *Can. J. Civ. Eng.*, 19(3), 415–422.
- Durack JM, Weiqing L (1998) The properties of foamed air cured fly ash based concrete for masonry production. In: *Proceedings of 5th Australian Masonry Conference*,

- Gladstone, Queensland, Australia, June 1998, pp 129–138.
- Durack JM, Weiqing, L. The properties of foamed air cured fly ash based concrete for masonry production. In: Page A, Dhanasekar M, Lawrence S, editors. In: Proceedings of 5th Australian masonry conference. Australia: Gladstone, Queensland; 1998. p. 129–38.
- Durham, J., Lam, F., and Prion, H. G. L. (2001). "Seismic resistance of wood shear walls with large OSB panels." *J. Struct. Eng.*, 10.1061/(ASCE)0733-9445(2001)127:12(1460), 1460–1466.
- E.K.K. Nambiar, K. Ramamurthy, Air-void characterisation of foam concrete, *Cem. Concr. Res.* 37 (2) (2007) 221–230. Edisi 2. Jakarta Rineka Cipta 2008 .
- erizal(2002). Buku MA
<http://web.ipb.ac.id/~erizal/alatberatkonstruksi/buku%20MAB.pdf>
- Erwin (2022)
- Fadhurrahman, F. F., Wijanto, H., & Soejatman, G. (2021). Purwarupa Muatan Automatic Dependent Surveillance Contract Pada Pesawat Microlight Menggunakan Jaringan Seluler 4g LTE. e-proceeding of engineering, (pp. 3933-3942).
- Fadillah, N. (2015) 'Gambaran Perilaku Tenaga Kerja dan Pelaksanaan Program K3 Konstruksi pada Pembangunan Balai Diklat BPK - RI oleh PT Wijaya Karya (Persero) Tbk', Skripsi.
- Fasihnikoutalab M. H. et al. (2017). Utilization of Alkali-Activated Olivine in Soil Stabilization and the Effect of Carbonation on Unconfined Compressive Strength and Microstructure. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.

- February 16, 2022, from [guntara.com: https://www.guntara.com/2013/10/pengertian-dan-macam-gnss-global.html#:~:text=GPS%20merupakan%20sistem%20navigasi%20berbasis,GPS%20sudah%20mencapai%2031%20satelit.&text=Penggunaan%20GPS%20tidak%20dikenakan%20biaya%20apapun](https://pu.go.id/kanal-Feri Noverman, 2020. Pendidikan Sains dan Teknologi, Transformasi Sepanjang Masa Untuk Kemajuan. UNIB Press, Bengkulu. Fungsi, dan Contohnya. KOMPAS.com. Gallego, Gomes, Jaraiz-Cavanillas, Lavrador, Jeong., A Methodology to Assess the Connectivity Caused by a Transportation Infrastructure: Application to The High-Speed Rail in Extremadura. Case Studies on Transport Policy 3, No. 4(2015): 392-401. gallery/891 Grosell, M., J. Blanchard, KV Brix bersama R. Gerdes 2007. Fisiologi sangat penting untuk komunikasi antara rasa asin bersama bahaya tembaga yang intens bagi ikan bersama makhluk tak bertulang. air. racun. 84:162-172. Gulyas dan Kovacs., Assessment of Transport Connections Based on Accessibility, Transportation Research Procedia 14 (2016): 1723-1732. Gunawan, Medianto R, (2016), Pemodelan Simulasi Jaringan Transportasi Udara Nasional, Proseding RETT ISSN 1907-5995, Yogyakarta. Guntara. (n.d.). Pengertian dan Macam GNSS (Global Navigation Satellite System). Retrieved February 11, 2022, from <a href=). Haggett, P., (2001), Geography a Global Synthesis, Prentice Hall, New York.

- Hariana, F. 2000. Kajian Tentang Kualitas Air Sungai dan Air Tanah Dangkal di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Sukosari Jumantono Karanganyar. Tesis. Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UNS. Surakarta.
- Hariyanto. 2018. Analisis Penerapan Sistem Irigasi Untuk Peningkatan Hasil Pertanian di Kecamatan Cepu Kabupaten Blora. *Reviews in Civil Engineering*, v.02, n.1, p.29-34, Maret 2018.
- Hariyanto. 2018. Analisis Penerapan Sistem Irigasi Untuk Peningkatan Hasil Pertanian di Kecamatan Cepu Kabupaten Blora. *Reviews in Civil Engineering*, v.02, n.1, p.29-34, Maret 2018.
- Hasmar, H. A. Halim (2011), *Drainasi Terapan*. Yogyakarta. UII Press.
- Henzinger C., Schuhmacher S. A., & Festugato L. (2018). Applicability of the Porosity/Binder Index to Nonhomogeneous Mixtures of Fine-Grained Soil with Lignite Fly Ash. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Heugens, EHW, T. Jager, R. Creyghon, MHS Kraak, AJ Hendriks, NM Van Straalen bersama W. Admiraal. 2003. Dampak suhu-bawah kadmium pada *Daphnia magna*: Akumulasi versus kesadaran. *iklim. Sains. teknologi*. 37:2145-2151.
- Horonjeff. (2010). *Planning and Design of Airports (5th ed.)*. Mc. Graw-Hill Inc.
- <http://www.kuliahsore.com/2018/12/05/perencanaan-wilayah-dan-kota-pwk-dan-prospek-kerja/>
- <https://alat.berat.id/jual-rental/asphalt-mixing-plant-dumai>
<https://amtiss.com/blog/2018/10/15/jenis-perawatan-alat-alat-berat/>

<https://campus.quipper.com/majors/id-perencanaan-wilayah-dan-kota>

<https://gedebudi.home.blog/2019/11/23/j-m-de-casseres-penemu-planologi>

<https://products.unitedtractors.com/id/products/>
https://sibima.pu.go.id/pluginfile.php/60689/mod_resource/content/1/04.%20Manajemen%20Peralatan.pdf

<https://urp.itk.ac.id/akademik/silabus>

<https://www.indotowercrane.com>

<https://www.neliti.com/id/ikatan-ahli-perencanaan-indonesia/catalogue>

Hurst, Elliot, (1974), *A Geography of Economic Behavior: An Introduction*, Prentice Hall, London.

I Gst. Ketut Sudipta, 2013. *Studi Manajemen Proyek Terhadap Sumber Daya Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 17, No. 1, Januari 2013

International Civil Aviation Organization. (1990). *Aerodromes, Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation*. Montreal: ICAO.

Ismara, I. (2014) 'Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3)', pp. 62–74.

Istimawan Dipohusodo. 1996. *Manajemen Proyek dan Industri*, Jilid 1, Penerbit Kansius 1996

Istimawan Dipohusodo. 1996. *Manajemen Proyek dan Industri*, Jilid 2, Penerbit Kansius 1996

Jatengpos. (2019). *Tingkatkan Sanitasi Lingkungan, Yogyakarta Tambah Ipal Komunal*.

Johara J. Jayadinata, 1999. *Tata Guna Tanah dalam Perencanaan Pedesaan Perkotaan dan Wilayah*. ITB Press Bandung

- Jones, LH, NV Jones bersama AJ Radlett. 1976. Beberapa dampak rasa asin pada keracunan tembaga pada polychaete *Nereis diversicolor*. muara. pantai. Berjalan. Sains. 4: 107-111.
- Kementerian Perhubungan. (2015). PM nomor 77 tentang Standarisasi dan Sertifikasi Fasilitas Bandar Udara. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Kementerian PUPR. (n.d.). Kementerian PUPR. Retrieved
- Kim H., & Goulias D. G. (2014). Shrinkage Behavior of Sustainable Concrete with Crushed Returned Concrete Aggregate. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Lannig, G., JF Flores bersama IM Sokolova. 2006. Reaksi tekanan suhu-bawah pada kerang, *Crassostrea virginica*: kontaminasi menurunkan ketahanan suhu pada kerang. air. racun. 79: 278-287.
- Latifi N., Vahedifard F., Siddiqua S., & Horpibulsuk S. (2018). Solidification-Stabilization of Heavy Metal-Contaminated Clays Using Gypsum: Multiscale Assessment. *International Journal of Geomechanics (ASCE Journal)*.
- Lestari, D. (2015) 'Hubungan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Produktivitas Kerja Karyawan (Study Kasus: Bagian Pengolahan PTPN VIII Gunung Mas, Bogor)', Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB, (January 2009).
- Lewis, A., CK King, NA Hill, Ashley Cooper, AT Townsend bersama JA Mondon. 2016. Dampak suhu air laut pada pengumpulan bersama bahaya logam di sub-Antartika pulau Macquarie isopoda, *Exosphaeroma gigas*. *Toksikologi Amfibi*. 177 : 333-342.

- Litman T., (2016) *Evaluating Accessibility for Transportation Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities*. Victoria Transport Policy Institute.
- Liu, S., C. Wang, J. Zhang, X. Zhu bersama W. Li. 2013. Konsolidasi bahaya kombinasi pestisida pada pertumbuhan hijau bersama fotobakteri. *Ekotoksikologi bersama Keamanan Lingkungan*. 95:98-103.
- Lobi, LW bersama RD Anderson. 1995. Dampak rasa asin terhadap toksisitas berbagai kelas sintetis terhadap biota amfibi. *Kritis. Semangat. racun*. 25:281-346.
- Malik, A. J. (2013) 'Pengaruh Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kinerja Karyawan Proyek Konstruksi Pada PT. Pembangunan Perumahan (PERSERO) Tbk. di Makassar', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
- maliya (2018)
Manajemen Aset. 10.
- Maria (2013) 'Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas X Smk Negeri 3 Boyolangu Pada Standar Kompetensi Menerapkan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3)', *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2).
- May, Kelly dan Shepherd. "The principle of integration in urban transport strategies". *Transport Policy* 13, No. 4(2006): 319-327.
- Mayasari, I. (2016) 'Pengaruh Sistem Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dan Pemberian Insentif Terhadap Kinerja K3 Pada', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, (2012), pp. 1–7.
- Media, K. C. (2021, March 21). *Arti Infrastruktur: Pengertian, Jenis,*

- Mehdipour I., & Khayat K. H. (2017). Elucidating the Role of Supplementary Cementitious Materials on Shrinkage and Restrained-Shrinkage Cracking of Flowable Eco-Concrete. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2013). PM Nomor 63 tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Morlok, Edwar K. (1988). Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. terjemahan Yani Sianipar, Erlangga, Jakarta.
- Mubiana, VK bersama R. Blust. 2007. Dampak suhu pada ruang lingkup untuk pengembangan bersama pengumpulan Cd, Co, Cu bersama Pb oleh bivalvia *Mytilus edulis*. *Berjalan. iklim. res.* 63: 219-235.
- Mukono, H. 2006. Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan. Surabaya: Airlangga University Press
- Nguyen T. T. M. et al. (2018). Stabilization of Silty Clayey Dredged Material. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Nikmatuzaroh, R. . dan N. M. (2019) 'HUBUNGAN PENGETAHUAN, PENGAWASAN, DAN SOSIALISASI PROGRAM K3 DENGAN KECELAKAAN KERJA PADA PEKERJA KONSTRUKSI DI PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH PROYEK SOUTHGATE APARTMENT TANJUNG BARAT TAHUN 2019', Skripsi.
- Nujumuddin. 2011. Analisis Kualitas Air Sumur Gali di Kecamatan Sekarbela Kta Mataram-Nusa Tenggara Barat. Tesis. Fakultas Ilmu Lingkungan - Universitas Udayana.

- Nuruzzaman, M. and Djanegara, M. S. (2008) 'Produktivitas Kerja Karyawan Dan Implementasi K3 (Kesehatan Dan Keselamatan Kerja)', *Jurnal Ilmiah Ranggagading*, 8(2008), pp. 78–85.
- Okamura, H., bersama I. Aoyama, 1994. Efek Beracun Cerdas bersama Distribusi Logam Berat di Fitoplankton. *Toksikologi Alami bersama Kualitas Air*. 9:7-15.
- Onyejekwe S., & Ghataora G. S. (2015). Stabilization of Quarry Fines Using a Polymeric Additive and Portland Cement. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Pattisinai, A. R. et al. (2020) 'Pentingnya Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Site Proyek Konstruksi Di Era Pandemi Covid-19', *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 2(2), p. 84. doi: 10.26740/proteksi.v2n2.p84-89.
- Pedoman Bina Marga, 1997. *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/TBM/1997*
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan Kementerian Pekerjaan Pemerintah Kota Bandung Berbasis Pendekatan Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pencemaran Air.
- Peraturan Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang Dan Jasa Pemerintah (Perlem) Nomor 9 Tahun 2018.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 tahun 1990, Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat Kualitas Air Bersih dan Air Minum Bagi Kesehatan.
- Peraturan Presiden No: 122 tahun 2016
- Pinho, GLL bersama A. Bianchini. 2010. Keracunan tembaga yang intens pada euryhaline copepoda *Acartia tonsa*:

saran untuk perbaikan model ligan biotik muara bersama laut. iklim. racun. *Kimia* 29: 1834-1840.

PM_50_Tahun_2021new.pdf. (n.d.).

PM_57_TAHUN_2020.pdf. (n.d.).

Pörtner, H. 2001. Perubahan lingkungan bersama biogeografi bawahan suhu: hambatan oksigen dari resistensi hangat pada makhluk. *Naturwissenschaften*. 88:137-146.

PP NO 69 TH 2001.pdf. (n.d.).

PP No. 70 Th 1996.pdf. (n.d.).

PP Nomor 64 Tahun 2015.pdf. (n.d.).

PP_No_61_2009.pdf. (n.d.).

Priyonugroho, A. 2014. Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 2, No. 3, September 2014.

Priyonugroho, A. 2014. Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 2, No. 3, September 2014.

PU Bina Marga Kota Kuala Kapuas: 2012

Pynnönen, K. 1995. Dampak pH, kekerasan bersama pra-keterbukaan ibu pada bahaya Cd, Cu bersama Zn ke tukik glochidial moluska air tawar *Anodontacygnea*. *Air Res.* 29:247-254.

Qolbi, A. N. and Muliawan, P. (2020) 'Hubungan Persepsi Iklim Keselamatan Dengan Kepatuhan Pekerja Konstruksi Pada Program K3 Di Proyek X', *Archive of Community Health*, 7(1), p. 1. doi: 10.24843/ach.2020.v07.i01.p01.

- Reddy B. V. V., & Latha M. S. (2018). Mortar Shrinkage and Flexure Bond Strength of Stabilized Soil Brick Masonry. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Rezaeimalek S., Nasouri R., Huang J., & Shafique S. (2018). Curing Method and Mix Design Evaluation of a Styrene-Acrylic Based Liquid Polymer for Sand and Clay Stabilization. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Ristek, 2013. *Sains dan Teknologi*, Gramedia Grup, Jakarta
- Robertson, R., A. El-Haj, A. Clarke, L. Peck bersama E. Taylor. 2001. Dampak suhu pada laju metabolisme bersama campuran protein setelah makan malam di isopoda *Glyptonotus antarcticus* Eights (1852). *Biola Kutub*. 24: 677-686.
- Rossmann, Lewis A. (2015), *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati Ohio. United States Environmental Protection Agency.
- Rostiyanti Susi Fatena (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*.
- Said, N.I. 2002. *Kualitas Air Minum dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Sandifer, RD, bersama SP Hopkin. 1996. Dampak pH pada bahaya kadmium, tembaga, timbal bersama seng untuk *Folsomia candida* Willem, 1902 (*Collembola*) dalam kerangka uji pusat penelitian standar. *kemosfer*. 33:2475-2486.
- Saputra, D. F. and Maulana, D. (2019) 'Analisis Kemampuan Tenaga Ahli Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Konstruksi Pada Pelaksanaan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (Smk3) Proyek

Pembangunan Gedung Penyakit Dalam Rumah Sakit Umum Daerah Sunan Kalijaga Demak', pp. 1–10.

Sartono, W., Dewanti, & Rahman, T. (2015). Bandar Udara (Pengenalan dan Perancangan Geometrik Runway, Taxiway, dan Apron). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sejarah Pelabuhan Sunda Kelapa yang Berhubungan dengan Terbentuknya Kota Jakarta—Bobo. (n.d.). Retrieved February 17, 2022, from <https://bobo.grid.id/read/082731812/sejarah-pelabuhan-sunda-kelapa-yang-berhubungan-dengan-terbentuknya-kota-jakarta?page=all>

Setyadi Asnuddin, Jermias Tjakra, Mochtar Sibi 2018. Penerapan Manajemen Konstruksi Pada Tahap Controlling Proyek. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.11 November 2018 (895-906) ISSN: 2337-6732

Sinuhaji, E. (2019) 'Jurnal Ilman : Jurnal Ilmu Manajemen Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terhadap Produktivitas Kerja Karyawan', Jurnal Ilmu Manajemen, 7(2), pp. 11–15.

Soewarno (1995), Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Bandung. Nova.

Sokolova, IM bersama G. Lannig. 2008. Dampak cerdas dari kontaminasi logam bersama suhu pada pencernaan di ektoterm samudera: konsekuensi dari perubahan lingkungan di seluruh dunia. mendaki res. 37: 181-191.

Stumm, W. JJ bersama Morgan, 1996. Kimia Kelautan: Kesetimbangan Kimia bersama Tarif di Perairan Alami, eds ketiga. John Wiley and Sons, Inc., New York, AS. 1022 hal.

- Sudhakaran S. P., Sharma A. K., & Kolathayar S. (2018). Soil Stabilization Using Bottom Ash and Areca Fiber: Experimental Investigations and Reliability Analysis. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Sukirman, S, (1994), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, penerbit Nova Bandung
- Sukmak P. et al. (2015). Sulfate Resistance of Clay-Portland Cement and Clay High-Calcium Fly Ash Geopolymer. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Sunggono, K. I. (2004). *Buku Teknik Sipil*. Penerbit : Nova, Bandung.
- Suripin (2004), *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta. ANDI Offset.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*. ANDI. Yogyakarta.
- Syafii, I. (2018, Januari 22). Tujuh Bandara Peninggalan Kolonial Belanda, Ternyata Bandara Lanud Abdulrachman Saleh Jadi Strategi Perang. Retrieved Februari 11, 2022, from malangtimes.com:
<https://www.malangtimes.com/baca/24296/20180122/115713/tujuh-bandara-peninggalan-kolonial-belanda-ternyata-bandara-lanud-abdulrachman-saleh-jadi-strategi-perang>
- Tamin, O.Z. (2000), *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi II, Penerbit ITB, Bandung.
- Tamin, O.Z. (2003), *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh Soal dan Aplikasi*, Penerbit ITB, Bandung.
- Tamin, O.Z., (2001), *Peran Prasarana Transportasi Jalan dalam Menunjang Otonomi Daerah*, Seminar Sehari Teknik Sipil, Untar, Jakarta.
- Tamin, O.Z., (2002), *Konsep Pengembangan Sistem Transportasi Wilayah Propinsi/Kabupaten di Era Otonomi Daerah*,

- Makalah disampaikan pada Orientasi Pengelolaan Sektor Perhubungan Angkutan I, STPDN Bandung.
- Tamin, O.Z., dan R.B. Frazilla (1997), Penerapan Konsep Interaksi Tata Guna Lahan – Sistem Transportasi Dalam Perencanaan Sistem Jaringan Transportasi. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota* Vol 8 no. 3, Institut Teknologi Bandung.
- Tamin, O.Z., Suyuti, R. dan Isya, M. (2005), Pengembangan Sistem Informasi Arus Lalu Lintas Sebagai Upaya Pemecahan Masalah Transportasi di Kota Bandung, Laporan Akhir, Program Riset ITB 2005, Institut Teknologi Bandung.
- Tamin,, Ofyar. Z., (2008), Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi, Bandung, Penerbit ITB.
- Tandioga, R. et al. (2021) 'Prosiding 5', 19(ii), pp. 139–143.
- Thygaraj T., & Zodinangan S. (2014). Laboratory Investigations of In Situ Stabilization of an Expansive Soil by Lime Precipitation Technique. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- TNUMKS. (2013, May 27). TNUMKS. Retrieved February 11, 2022, from [tnumks.blogspot.com: http://tnumks.blogspot.com/2013/05/fasilitas-komunikasi-penerbangan.html](http://tnumks.blogspot.com/2013/05/fasilitas-komunikasi-penerbangan.html)
- Tong, I. J., Chen, S. 2002. An Assessment of Dug-Well Water Quality. *Sustainable Development in Agriculture and Environment* vol (1).
- Triswandana, E. (2020) 'Penilaian Risiko K3 dengan Metode HIRARC', *UKaRsT*, 4(1), p. 96. doi: 10.30737/ukarst.v4i1.788.
- Umum Nomor 01/P/BM/2013
- UnitedTractors(2022)
- UU No. 17 Tahun 2008 Pelayaran.pdf. (n.d.).

- Wang, Z., C. Yan, H. Kong bersama D. Wu. 2010. Instrumen bahaya kadmium untuk berbagai bentuk kehidupan air asin trofik. Wang dkk. (eds). Nova Science Publishers, Inc. New York.p. 84.
- Wardhana, W. A. 1999. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Weiner, ER 2000. Pemanfaatan ilmu ekologi: ajubersama akal sehat bagi para ahli alam. CRC Pers. Boca Raton, Florida. 271 hal.
- Wesli (2021), Drainase Perkotaan Edisi 2. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- Yanete (2020)
- Yi Y., Li C., & Liu S. (2015). Alkali-Activated Ground-Granulated Blast Furnace Slag for Stabilization of Marine Soft Clay. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Yi Y., Liska M., & Al-Tabbaa A. (2014). Properties of Two Model Soils Stabilized with Different Blends and Contents of GGBS, MgO, Lime and PC. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Yulistianto, Bambang. Metode Numerik: Aplikasi untuk Teknik Sipil. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yusida, H. et al. (2017) 'K epedulian A ktif untuk Sektor Informal'.
- Zhao H. et al. (2015). Reexamination of Lime Stabilization Mechanisms of Expansive Clay. *Journal of Material in Civil Engineering (ASCE Journal)*.
- Zhou, GJ, Z. Wang, DLL Lau, X.- R. Xu. juga KMY Leung. 2014. Apakah kita dapat mengantisipasi keracunan senyawa subordinat suhu terhadap entitas organik laut bersama menetapkan aturan kualitas air yang sesuai untuk menjaga sistem biologis laut dalam berbagai situasi hangat? *Berjalan. polusi. Banteng. 87:11-21.*

Biografi Penulis



Dr. Sri Gusty, ST., MT, lahir di Kota Watampone pada tanggal 08 Agustus 1985. Menyelesaikan kuliah pada Universitas Muslim Indonesia dan mendapat gelar Sarjana Teknik pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan Program Magister pada Universitas Hasanuddin dan menyandang gelar Magister Teknik pada tahun 2010. Lulus pada tahun 2018 dari Universitas Hasanuddin Program Doktoral Teknik Sipil. Pada tahun 2010 bergabung menjadi Dosen Universitas Fajar. Tahun 2019 diamanahkan tanggungjawab sebagai Ketua Program Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan Fakultas Pascasarjana Universitas Fajar hingga sekarang. Aktifitas menulis buku dimulai sejak tahun 2019 dan telah tercatat beberapa buku yang ditulis diantaranya berjudul **"Campur Panas Hampar Dingin Aspal Berongga", "Pengantar Korosi Material", "Belajar Mandiri (Pembelajaran Daring di Tengah Pandemi Covid-19)", "Manajemen Kinerja dan Budaya Organisasi (Suatu Tindakan Teoritis)", dan "Aplikasi Teknologi Informasi (Konsep dan Penerapan)".**



Dr. Ir. Franky Edwin Paskalis Lopian, ST., M.Si., MT. lahir di Jayapura pada tanggal 31 Maret 1975. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Sipil, di Universitas Sebelas Maret Surakarta, selesai tahun 2000. Gelar S-2 (M.Si), Administrasi Publik diperoleh pada tahun 2010 di Sekolah Tinggi Ilmu Administrasi (STIA) Jakarta. Gelar S-2 (MT), Teknik Sipil di Universitas Hasanuddin bidang konsentrasi Transportasi diperoleh pada Tahun 2015. Pada tahun 2019, mengikuti studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun

2021, telah menyelesaikan studi S-3 ilmu teknik sipil di Universitas Hasanuddin, bidang konsentrasi Eco Material. Saat ini, dipercaya sebagai Kepala Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional (PjN) III Tanah Merah pada Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Merauke Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.



Ir. Tamrin Tamim, S.Pd., ST., MT., CP.NLP lahir di Waole pada tanggal 14 Mei 1973. Menempuh pendidikan S-1 Pendidikan Ekonomi, di Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Baubau selesai tahun 1998. Kemudian melanjutkan Sarjana Teknik Arsitektur pada tahun 2006 di Universitas Borobudur Jakarta.

Gelar S-2 (MT) Teknik Perencanaan Prasarana diperoleh pada tahun 2017 di Fakultas Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar. Tahun 2020 mengikuti diklat sebagai Neo Neuro Linguistic Programming (NNLP) melalui Lembaga Pengembangan & Konsultansi Nasional-LPKN. Pada tahun 2020, mengikuti studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 2019 – sekarang, sementara melanjutkan studi S-3 ilmu teknik sipil di Universitas Hasanuddin dengan bidang konsentrasi keairan. Karirnya dimulai Pada tahun 1998 – sekarang sebagai Engineer maupun Team Leader di berbagai macam proyek yang berkaitan dengan Air baku dan Air bersih. Saat ini dipecahkan sebagai Direktur PDAM Kabupaten Buton Selatan.



Mansyur, ST., MT., lahir di Bone pada tanggal 15 Mei 1983. Pada Tahun 2006, menyelesaikan Studi S-1 Teknik Sipil di Universitas Haluoleo. Gelar S-2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2013 di Universitas Hasanuddin, pada bidang konsentrasi Struktur Material. Pada tahun 2019 sampai sekarang, sementara melanjutkan studi S-3 ilmu teknik sipil di Universitas Hasanuddin. Pada tahun 2014 bergabung menjadi Dosen Tetap di Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional dimulai sejak tahun 2017.



Dr. Ir. Miswar Tumpu, ST., MT., CST lahir di Ujung Pandang pada tanggal 23 Februari 1995. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Sipil, di Universitas Hasanuddin Makassar, selesai tahun 2016. Gelar S-2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2018 di Universitas Hasanuddin, pada bidang konsentrasi Struktur Material. Pada tahun 2019, mengikuti studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 2020 mengikuti pelatihan sebagai Construction Safety Trainer (CST) melalui Balai Jasa Konstruksi Wilayah VI Provinsi Sulawesi Selatan. Tahun 2021 telah menyelesaikan studi S-3 ilmu teknik sipil dalam bidang Eco Material dan Rekayasa Gempa Struktur di Universitas Hasanuddin. Pada tahun 2019 bergabung menjadi Dosen di Universitas Fajar. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional terindeks scopus dimulai sejak tahun 2018.



Dr.Ir.,Muhammad Syarif., ST., MT., MM., MH., IPM. Lahir di Ujung Pandang pada tanggal 16 September 1971. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Arsitektur, di Universitas Muslim Indonesia, selesai tahun 1997. Gelar S-2 (MT) Teknik Arsitektur pada bidang konsentrasi Struktur Konstruksi dan Material Universitas Hasanuddin diperoleh pada tahun 2013. Gelar S-3 (Dr) Teknik Arsitektur pada bidang konsentrasi Struktur Konstruksi dan Material Universitas Hasanuddin pada tahun 2019. Gelar S-2 (MM) Ekonomi Manajemen pada tahun 2018 di STIEM Bongaya Makassar, Studi S-2 (MH) Hukum Pidana pada tahun 2019 di Universitas Bosowa Makassar. Gelar Insinyur Profesional Madya (IPM) pada 2018. studi profesi Insinyur (Ir) di Universitas Hasanuddin Makassar tahun 2021. Aktif sebagai pemateri dalam berbagai Simposium Internasional dan Nasional

Dalam dunia karir pada thn 1990-2010 sebagai Tenaga Kerja Perusahaan PT. Telkom Makassar unit Perencanaan Pengendalian Pembangunan Gedung Komunikasi se-kawasan Timur Indonesia (Prandalpem). Pada tahun 2013-2015 sebagai dosen Planologi Universitas Cenderawasih Papua. Tahun 2015 – Sekarang sebagai dosen Fak teknik Prodi Arsitektur dan Prodi Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar. Publikasi karya ilmiah baik nasional maupun internasional terindeks scopus dimulai sejak tahun 2017-Sekarang.



Anriani Safar, ST.MT, Lahir di Wamena, 23 Februari 1976, menyelesaikan studi S1 di Universitas 45 Makassar pada Fakultas Teknik Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota (Planologi) tahun 2001. Menyelesaikan pendidikan S2 pada Program Studi Teknik Perencanaan Transportasi di Universitas Hasanuddin Makassar tahun 2010. Penulis pernah bekerja di konsultan perencanaan dan sebagai dosen luar biasa di Universitas Sains dan Teknologi Jayapura pada jurusan Planologi tahun 2002-2004. Mengabdikan diri menjadi ASN sejak tahun 2005. Buku yang pernah ditulis dan diterbitkan antara lain adalah buku dengan judul **“Perkembangan Pemanfaatan Lahan Kota Sentani dan Eksistensi Kampung-Kampung di Sekitarnya”**, buku dengan judul **“Demografi Etnis Papua Berbasis Marga Wilayah Sentani”**. Selain itu, tercatat pula 4 judul buku yang merupakan hasil tulisan bersama, antara lain dengan judul **Sumur Resapan, Mitigasi Bencana Banjir, Sampah Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Desa Wisata**.



Muhammad Yusril Raynonto, Makassar tanggal 24 Januari tahun 2001. Anak bungsu dari 3 bersaudara dari pasangan Raynonto dan Satriani. Tahun 2013 tamat di SDN 6 Bontokamase. Ditahun 2016 tamat di SMPN 2 Sungguminasa. Ditahun 2019 tamat di SMKN 3 Gowa jurusan Desain Komunikasi Visual. Saat ini penulis menempuh pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar sejak tahun 2019 sampai sekarang. Dan bergabung dalam komunitas Yayasan Kita Menulis, hingga saat ini telah menulis 5 chapter pada judul buku yang berbeda.



Ir. I Wayan Muliawan, M.T., lahir di Br.Kayumas Kelod, Kelurahan Daging Puri Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar pada tanggal 4 Setember 1958. Pendidikan dari Sekolah Dasar sampai di Perguruan Tinggi diselesaikan di Kota Denpasar. Sekolah Dasar di SD No.15 Denpasar, tamat tahun 1971. Sekolah Menengah Pertama

Negeri 1 Denpasar diselesaikan tahun 1974, Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Denpasar diselesaikan tahun 1977. Jenjang Insinyur Teknik Sipil diselesaikan tahun 1984 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana. Setelah menamatkan S1 sebagai Insinyur langsung diangkat sebagai Tenaga Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa Denpasar sejak Desember 1984 sampai Sekarang. Pada tahun 2008 dapat beasiswa mengikuti Program Magister Teknik Sipil di Universitas Udayana dan lulus pada 9 Agustus 2011.



Dr. Ir. Parea Rusan Rangan, ST., MT lahir di Rantepao pada tanggal 15 Maret 1968. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Sipil, di Universitas Hasanuddin Makassar, selesai tahun 1994. Gelar S2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2007 di Universitas Pelita Harapan,

Jakarta. Pada tahun 2020 menyelesaikan studi S-3 ilmu Teknik Sipil di Universitas Hasanuddin, Makassar. Pada tahun 2003 bergabung menjadi Dosen Universitas Kristen Indonesia Toraja. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional terindeks scopus dimulai sejak tahun 2014.



Ari Kusuma, ST., MT, lahir di Kota Ujung Pandang pada tahun 1977. Menyelesaikan kuliah pada Universitas Kristen Indonesia Paulus dan mendapat gelar Sarjana Teknik pada tahun 2002. Kemudian melanjutkan Program Magister pada UKIP dan menyandang gelar Magister Teknik pada tahun 2011. Lulus pada tahun 2013 dari Universitas Kristen Indonesia Paulus. Pada tahun 2012 bergabung menjadi Dosen Universitas Kristen Indonesia Paulus Pada Fakultas Teknik Aktifitas menulis buku dimulai sejak tahun 2021 dan telah menulis beberapa buku yang ditulis diantaranya berjudul **"Modernisasi Teknologi Moda Transportasi Udara", "Mitigasi Bencana Banjir", "Pengelolaan Potensi Desa", "Implementasi dan Implikasi Pembangunan berkelanjutan", "Investasi Pariwisata Indonesia", "Pemanfaatan material Alternatif (sebagai bahan penyusun konstruksi) "**



Ir. Helen Adry Irene, Sopacua, MT, Lahir di Kota Ambon pada tanggal 03 September 1963. Menyelesaikan pendidikan pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus pada tahun 1994. Melanjutkan Pendidikan Program Magister di Universitas Kristen Indonesia Paulus dan menyandang Magister Teknik pada tahun 2013. Bergabung menjadi dosen di Universitas Kristen Indonesia Paulus dari tahun 2002 sampai sekarang



Fathur Rahman Rustan, lahir di Kendari, tanggal 25 Maret 1985. Tercatat sebagai lulusan Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo Kendari di tahun 2009. Menyelesaikan gelar Magister Teknik Sipil (M.T.) di bidang Manajemen Rekayasa dan Sumber Air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2013. Memperoleh gelar keprofesian Insinyur (Ir.) dari Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2020. Pria yang kerap kali disapa Koh Aahong ini terlahir dari pasangan Ahmad S. Rustan (ayah) dan St. Mulyani M. (ibu). Pengalaman mengajarnya dimulai sejak tahun 2014 di Universitas Halu Oleo sebagai dosen tetap Non-PNS, dan tahun 2019 terangkat menjadi dosen tetap di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Tahun 2021, penulis di angkat menjadi Ketua Program Studi Teknik Sipil USN Kolaka. Saat ini penulis mengampuh berbagai mata kuliah bidang keairan diantaranya Rekayasa Hidrologi, Sistim dan Bangunan Irigasi, Sistim dan Bangunan Drainase, serta Mekanika Fluida dan Hidrolika. Sebagai peneliti, penulis telah menghasilkan beberapa artikel penelitian, yang terpublikasi pada jurnal nasional, dan menghasilkan beberapa Book Chapter di antaranya : Sistem Irigasi dan Bangunan Air, Pengembangan Sumber Daya Air, Dasar-Dasar Ilmu Ukur Tanah serta telah memiliki hak kekayaan intelektual berupa hak cipta.



Ir. Alpius., MT, lahir di Kabupaten Maros pada tanggal 12 April 1972. Menyelesaikan kuliah dan mendapat gelar Sarjana Teknik pada 19 Sertember 1997. Ia merupakan alumnus Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. Pada 17 September 1999 diangkat menjadi Dosen Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar dan ditempatkan di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil. Pada Tahun 2000 mengikuti Program Magister konsentrasi Rekayasa Transportasi dan lulus pada tahun 2003 dari Institut Teknologi Bandung. Keikutsertaan penulis pada bidang transportasi melalui penelitian dan penulisan karya ilmiah dalam bentuk jurnal maupun buku yang dipublikasikan skala nasional dan internasional seperti Mitigasi Gempa dan Tsunami dan Pengembangan Inovasi dan Teknologi di Era Industri 4.0 (Konsep & Penerapan).



Muhammad Syahrir, S.S., Lahir di Pinrang, 27 Oktober 1990. Pendidikan formal yang telah diikuti SD Negeri 27 Pinrang tahun 1997-2003, SMP Negeri 2 Pinrang Tahun 2003-2005, dan SMA Negeri 2 Pinrang Tahun 2005-2008. Gelar Sarjana Sastra disandang tahun 2014 di Jurusan Arkeologi FIB UNHAS. Saat ini sedang menjalani masa studi magister di Pascasarjana Unifa.



Louise Elizabeth Radjawane lahir di Ujung Pandang pada tanggal 25 Mei 1982. Menempuh pendidikan S-1 Teknik Sipil, di Universitas Gadjah Mada, selesai tahun 2006. Gelar S-2 (MT) Teknik Sipil diperoleh pada tahun 2010 di Institut Teknologi Bandung, pada bidang Teknik Sipil konsentrasi Rekayasa Transportasi. Saat ini penulis aktif sebagai dosen Teknik Sipil di Universitas Kristen Indonesia Paulus, selain itu penulis juga sebagai editor dan *reviewer* jurnal nasional bidang Teknik Sipil, serta editor buku non fiksi pada penerbit nasional. Ketertarikan penulis pada bidang transportasi diwujudkan melalui penelitian dan penulisan karya ilmiah dalam bentuk jurnal maupun buku yang dipublikasikan skala nasional dan internasional.



Rusli Mallatong adalah salah satu pendiri Sanggar Seni Ada' Limaya dan alumni Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar. Lelaki sederhana yang menyukai perempuan, seni, buku, musik, dan film. Karyanya berupa puisi, cerpen dan cerita rakyat yang terangkum dalam beberapa buku antologi bersama. Pelaku seni pertunjukan dan pegiat literasi. Buku tunggalnya kumpulan cerita "La Bungko Bungko, Rumah Bunyi, 2021". Penulis adalah penerima dana hibah Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan pada Program Kreativitas Mahasiswa 2018, sutradara dan penulis Film dokumenter "Kajang; tanah tertua yang bersahaja dalam balutan kesederhanaan" yang dinobatkan sebagai film terbaik pada lomba video oleh Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Dirjen Kepercayaan dan Masyarakat Adat 2020, juara 2 lomba puisi Paradigma Imaji, Aceh 2018. Penulis buku nonfiksi Kota Diperam dalam Lontang, Tanah Indie 2019

bersama enam penulis lainnya. Sekarang menggarap buku “Kelong-kelong Kajang” sembari menyelesaikan buku La Bungko Bungko Jilid 2. Di sela-sela waktunya sebagai Konsultan Engeneering. Bisa bertukar pikiran melalui Ig: Rusli Mallatong.



Ir. Johra, S.Pd, lahir di Maros, 31 Januari 1976. Pendidikan formal yang telah diikuti SD Negeri 10 Bantimurung - Maros Tahun 1983-1989, SMP Negeri Bantimurung - Maros Tahun 1989-1992, dan SMA Negeri 1 Merauke - Papua 1992-1995. Gelar Sarjana Pendidikan tahun 2002, di Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik UNM, gelar profesi insiyur tahun 2021 pada fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan sedang menempuh study pada Progam Studi MRIL Fakultas Pascasarjana UNIFA Makassar Tahun 2020 hingga sekarang. Karir sebagai guru dimulai tahun 2002 hingga sekarang. Status PNS (Guru) diperoleh pada Tahun 2005, pada unit kerja SMK Negeri 2 Manokwari Papua Barat. Jabatan yang pernah di sandang, yakni: Wakil Kepala Sekolah bidang Humas dan Industry SMK Negeri 2 Manokwari, (Tahun 2010-2020), Wakil Kepala Sekolah Bidang Sarana dan Prasarana (Tahun 2021-sekarang), Ketua Program Studi Teknik Bangunan (Tahun 2007-2010), Ketua Program Studi Geologi Pertambangan (Tahun 2017-2020).

TEKNIK SIPIL

SEBUAH PENGANTAR

Istilah Teknik Sipil (*civil engineer* atau *engginer*) dikenalkan oleh John Smeaton, seorang berkebangsaan Inggris yang telah banyak berkarya membangun berbagai macam struktur seperti Eddystone Lighthouse yang dibangun tahun 1756. Teknik Sipil termasuk profesi yang sudah berkembang sejak lama, diperkirakan sudah berkembang di Mesir kuno dan Mesopotamia antara 4000 sampai dengan 2000 SM, seperti Pyramid Raja Djoser yang diketahui terdapat di kompleks Saqqara, diakui sebagai pyramid tertua di dunia (berusia lebih dari 4000 tahun, atau dibangun sekitar tahun 2600 SM), dibangun oleh seorang engineer bernama Imhotep. Kemajuan dunia ketekniksipilan telah beragam pengaplikasiannya hingga saat ini dan telah dipergunakan dalam aktifitas pemenuhan kebutuhan hidup.

Salahsatu aspek yang bersentuhan langsung dengan kehidupan sehari-hari yaitu bidang ketekniksipilan. Teknik Sipil adalah ilmu yang mempelajari tentang bagaimana merancang, membangun, merenovasi, memelihara dalam lingkup demi kebaikan dan kelangsungan mahluk hidup, khususnya manusia, oleh karena itu ilmu ini disebut dengan ilmu sipil atau Teknik Sipil, karena ilmu ini adalah ilmu yang mempelajari kebutuhan pokok bagi kelangsungan hidup manusia, sehingga dipandang penting berwawasan ketekniksipilan, serta siap berkiprah dalam pembangunan infrastruktur lingkungan. Buku "Teknik Sipil (Sebuah Pengantar)" ini menyajikan 18 (Delapan Belas) bab yaitu: Jalan Raya, Transportasi, Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA), Geoteknik/Mekanika Tanah, Struktur, Manajemen Konstruksi, Perencanaan Wilayah dan Kota, Konstruksi dan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja), Sanitasi Lingkungan Perkotaan, Sains dan Teknologi Ketekniksipilan, Manajemen Infrastruktur, Manajemen Peralatan Konstruksi, Drainase Perkotaan, Pelabuhan, Ekotoksikologi Lingkungan, Bandar Udara, Embung, dan Konstruksi Bangunan Gedung

TOHAR MEDIA

No Anggota IKAPI : 022/SSL/2019
Workshop : Jl. Kanjovank (Pintu 0 workshop UNHAS)
Redaksi : Jl. Muhktar dg Tompe Kabupaten Gowa
Perumahan Nayla Regency Blok D No 25
Telp. (0411) 8987659/ 085299993635
<https://toharmedia.co.id>

ISBN 978-623-5603-48-3

