

**UJIAN SEMINAR**

**PENGARUH SEDIMENTASI TERHADAP KINERJA SALURAN PADA  
JARINGAN IRIGASI D.I. KAMPILI**



Oleh :

**AHMAD ZAINUDDIN**  
105 81 2312 14

**SRIRAHAYU PUTRIANI H.**  
105 81 1755 12

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2019**



# FAKULTAS TEKNIK

## GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

Skripsi atas nama Ahmad Zainuddin dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2312 14 dan Srirahayu Putriani Hairun dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1755 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0004/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 05 Agustus 2019

Makassar, 04 Dzulhijjah 1440 H  
05 Agustus 2019 M

#### Panitia Ujian :

##### 1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. Muh. Arsyad Thaha, M.T.

##### 2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, M.T.

b. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T.

3. Anggota : 1. Dr. Muhammad Yunus Ali, S.T., M.T.

2. Dr. Ir. Fenti Daud Sindagamanik, M.T.

3. Amrullah M, S.T., M.T.

#### Mengetahui :

Pembimbing I

Riswal K, S.T., M.T.

Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny, S.T., M.T.

Dekan

  
Dr. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.  
NIDN : 0904126802



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

# **FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PENGARUH SEDIMENTASI TERHADAP KINERJA SALURAN PADA JARINGAN IRIGASI KAMPILI**

Nama : **AHMAD ZAINUDDIN  
SRIRAHAYU PUTRIANI HAIRUN**

Stambuk : **10581 2312 14  
10581 1755 12**

Makassar, 22 Agustus 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II

**Riswal K., S.T., M.T.**

**Dr. Ir. Nenny, S.T., M.T.**

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Sipil Pengairan



**Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T.**

NBM : 1183 084

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun Makalah Ujian Komprehensif ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun Judul Proposal Penelitian kami adalah:

**“ PENGARUH SEDIMENTASI TERHADAP KINERJA SALURAN PADA  
JARINGAN IRIGASI D.I. KAMPILI ”**

Proposal penelitian ini terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. H. Abd. Rahman Rahim, S.E., M.M. sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Hamzah Al Imran, ST., MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak A.Makbul Syamsuri ST.MT sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Riswal K.,ST.MT. selaku Pembimbing I dan Ibu Dr Nenny Triana Karim,ST.MT. selaku pembimbing II, yang telah banyak

meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.

5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Angkatan 2012 dan 2014 yang dengan keakraban dan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Ayahanda dan Ibunda serta saudara-saudara saya yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a, dorongan, semangat dan pengorbanannya.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan proposal penelitian yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amin.

Makassar,.....2019

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b>	iii
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>DAFTAR TABEL</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	viii
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b>	ix
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN</b>	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
<b>BAB II</b>	
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	6
A. Definisi Irigasi	6
B. Jaringan Irigasi	7
C. Definisi Sedimen	16
D. Pergerakan Sedimen	18
E. Angkutan Sedimen	20

	F. Energi Spesifik	24
	G. Unsur-unsur Geometri Saluran	25
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	27
	A. Lokasi dan Waktu Penelitian	27
	B. Variabel Penelitian	29
	C. Pengumpulan Data	29
	D. Model Analisis	30
	E. Prosedur Penelitian	31
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	32
	A. Analisis Sedimentasi	32
	B. Analisis hidrolis	40
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		45

## DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Bangunan ukur yang dapat dipakai	14
2.	Klasifikasi jaringan irigasi	16
3.	Proses sedimen dasar	21
4.	Konsentrasi sedimen pada saluran primer, sekunder, dan tersier setiap periode	35
5.	Debit aliran ( $Q_w$ ) pada saluran primer, sekunder, dan tersier	37
6.	Perhitungan $Q_s$ (ton/hari) pada saluran primer, sekunder, dan tersier	39

## DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Contoh saluran primer dan sekunder	9
2.	Bagan mekanisme dan asal bahan sedimen	20
3.	Tampang panjang saluran dengan dasar granuler	21
4.	Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler	21
5.	Penampang Saluran Trapesium	28
6.	Bendung kampili	30
7.	Saluran Irigasi desa kampili	30
8.	Flow chart penelitian	33
9.	Hubungan $D$ (m) dan $V_p$ (mdpl) pada saluran primer	40
10.	Hubungan $D$ (m) dan $V_p$ (mdpl) pada saluran sekunder	41
11.	Hubungan $D$ (m) dan $V_p$ (mdpl) pada saluran tersier	41

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- D** = Diameter butir sedimen (mm)
- U** = Kecepatan aliran (m/detik)
- $U^*$**  = Kecepatan geser
- S** = Kemiringan saluran
- d** = Kedalaman aliran (m)
- B** = Lebar saluran (m)
- $q_B$**  = Laju beban alas (kg/(detik)(m))
- $q_C$**  = Laju perpindahan sedimen (kg/(detik)(m))
- $Q_B$**  = Berat sedimen per satuan waktu (kg/(detik)(m))
- $\gamma_s$**  = Berat jenis sedimen (kg/m<sup>3</sup>)
- $\tau_o$**  = Tegangan Geser (kg/m<sup>2</sup>)
- $\tau_c$**  = Tegangan kritis (kg/m<sup>2</sup>)
- $R_b$**  = Jari-jari hidrolis (m)
- $\rho_s$**  = Rapat massa sedimen
- $\rho_w$**  = Rapat massa air
- $\psi$**  = Intensitas geser pada butir sedimen
- $\phi$**  = Intensitas transport pada butir sedimen
- h** = tinggi kedalaman air (m)

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Besarnya sedimen pada suatu sungai merupakan salah satu komponen informasi hidrologi selain banjir, kekeringan, dan potensi sumber daya air. Sedimentasi menggambarkan material tersuspensi (*suspended load*) yang diangkut oleh gerakan air dan diakumulasi sebagai material dasar (*bed load*). Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang diukur pada waktu dan tempat tertentu dalam bentuk muatan sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment load*) maupun bentuk endapan di bawah kaki bukit, daerah genangan banjir, saluran air, sungai atau waduk.

Ketersediaan air untuk proyek irigasi merupakan faktor utama keberhasilan proyek irigasi. Meskipun jumlah air tersedia cukup, namun bila konsistensi efisiensi distribusi air tidak terjaga, maka dapat menyebabkan air tidak dapat mencukupi seluruh areal yang direncanakan. Salah satu kinerja jaringan irigasi dapat dilihat dari konsistensi nilai efisiensi irigasi itu sendiri. Penurunan efisiensi dapat terjadi karena pengelolaan daerah irigasi yang kurang baik. Operasi dan pemeliharaan yang tidak dijalankan dengan baik dan teratur mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah air akibat peningkatan kehilangan air dan tidak diperhatikannya akibat atas sedimen-sedimen yang mengganggu kinerja

saluran itu sendiri. Hal inilah yang menjadi permasalahan utama dari proyek-proyek irigasi yang ada di kabupaten Gowa.

Sedimentasi dapat terjadi apabila sedimen yang terangkut lebih besar dari pada kapasitas sedimen yang ada. Sifat-sifat aliran air yang berubah-ubah mengakibatkan bentuk, aliran, pengangkutan sedimen, dan kekasaran dasar sungai ikut berubah. Hal ini diakibatkan oleh faktor sifat-sifat aliran air, sifat-sifat sedimen, dan pengaruh timbal balik (*interaction*). Faktor-faktor tersebut berubah secara terus-menerus sejalan dengan kondisi curah hujan yang terjadi. Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka (*open channel flow*) maupun aliran pipa (*pipe flow*). Saluran terbuka dapat digolongkan menjadi saluran alam (*natural*) dan saluran buatan (*artificial*).

Sedimen yang terdapat di saluran dapat menyebabkan perubahan dimensi saluran dari dimensi asal saluran berubah. Dimana sedimen tersebut menimbulkan pendangkalan badan perairan seperti sungai, waduk, bendungan atau pintu air dan daerah sepanjang saluran irigasi, yang dapat menimbulkan banjir. Selain itu sedimen yang terdapat di saluran dapat menyebabkan perubahan penampang basah saluran dari penampang basah eksisting saluran serta dapat mempengaruhi energy spesifik penampang basah saluran sehingga secara tidak langsung dapat mengakibatkan kurang optimumnya kinerja saluran irigasi. Dengan dasar ini kami selaku penulis ingin meneliti "*Pengaruh Sedimentasi terhadap Kinerja Saluran pada Jaringan Irigasi di Kampili*".

## B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana besar laju sedimentasi pada daerah saluran irigasi kampili?
2. Bagaimana pengaruh laju sedimentasi terhadap kinerja saluran irigasi kampili?

## C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu :

1. untuk mengetahui laju sedimentasi di saluran primer, sekunder, dan tersier pada jaringan irigasi kampili
2. Untuk mengetahui perubahan dimensi saluran yang disebabkan oleh sedimen, dan mengetahui pengaruh sedimen terhadap energi spesifik pada penampang saluran

## D. Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian tentang pengaruh sedimentasi terhadap kinerja saluran pada jaringan irigasi
2. Sebagai antisipasi untuk kedepannya agar sedimentasi ini bisa diminimalisir agar tidak mengganggu kinerja saluran pada jaringan irigasi.

## **E. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi Penelitian berada di kabupaten gowa desa kampili sulawesi selatan
2. Pengambilan data lapangan yaitu debit aliran.
3. Pengambilan data kecepatan aliran dan dimensi saluran
4. Pengambilan sampel material dasar saluran pada daerah kampili kabupaten gowa
5. Pengambilan data sedimentasi pada saluran dan pendekatan empiris

## **F. Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran mengenai penulisan ini maka kami menguraikan secara sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan yang terdiri dari latar belakang penelitian, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian pustaka yang terdiri dari definisi irigasi, jaringan irigasi, definisi sedimen, pergerakan sedimen, angkutan sedimen, pendekatan empiris angkutan sedimen dasar, serta unsur-unsur geometri saluran.

Bab III Metodologi penelitian yang terdiri dari lokasi dan waktu penelitian, prosedur penelitian, pengumpulan data, dan model analisis

Bab IV Hasil dan pembahasan yang terdiri dari penjabaran dari hasil penelitian dan cara perhitungan konsentrasi sedimen, debit aliran dan laju sedimentasi.

Bab V penutup yang berisi kesimpulan dan saran yang menunjukkan hasil yang dicapai dalam penelitian ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Definisi Irigasi

Irigasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Daring (Dalam Jaringan/Online) Edisi III, Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Indonesia Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia (dahulu Pusat Bahasa) didefinisikan sebagai "Pengaturan pembagian pengaliran air menurut sistem tertentu untuk sawah dan sebagainya." Berdasarkan pengertian tersebut, irigasi adalah berkenaan dengan pengaturan pembagian pengaliran air yang menggunakan suatu sistem tertentu dengan tujuan untuk mengairi sawah dan kepentingan lainnya, seperti untuk mengairi perkebunan, peternakan, dan perikanan. Definisi irigasi menurut KBBI Daring Edisi III dapat dikatakan mencakup pengertian yang sangat luas, karena mencakup maksud dan tujuan selain bidang pertanian.

Wikipedia Bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas, secara umum dan sederhana mendefinisikan: "Irigasi merupakan upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian." Dalam hal ini irigasi diartikan sebagai suatu upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian. Meskipun tidak dijelaskan lebih lanjut secara teknis tentang bagaimana cara mengairi lahan pertanian, dapat dikatakan bahwa

pengertian irigasi tersebut mencakup jenis irigasi tradisional yang sederhana hingga jenis irigasi modern yang kompleks.

Pengertian irigasi yang lebih spesifik dijelaskan dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, penjelasan pasal 41 ayat 1, yaitu sebagai berikut: "Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak." Berdasarkan UU No.7 Tahun 2004, irigasi meliputi usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air dengan tujuan untuk menunjang pertanian. Pengertian irigasi dijelaskan secara rinci dan spesifik meliputi beberapa jenis, yaitu irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi tambak.

Adapun definisi irigasi yang dimaksud dalam tulisan ilmiah ini mengacu pada pengertian irigasi sesuai UU No.7 Tahun 2004 dengan spesifikasi jenis irigasi permukaan. Irigasi permukaan adalah pengaliran air di atas permukaan tanah dengan mengalirkannya langsung dari sungai melalui bendung ataupun tanpa bangunan bendung ke lahan pertanian secara gravitasi.

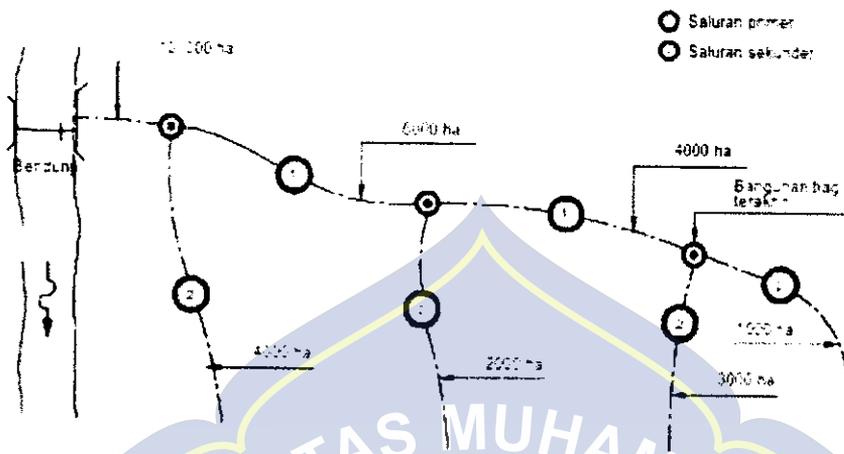
## **B. Jaringan irigasi**

Jaringan irigasi adalah saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang merupakan satu kesatuan yang diperlukan untuk

penyediaan, pembagian, pemberian, penggunaan, dan pembuangan air irigasi. (Sumber : Undang-undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, Bab I pasal 1). Dalam suatu jaringan irigasi dapat dibedakan adanya empat unsur fungsional pokok, yaitu :

- a. Bangunan-bangunan utama (*headworks*) di mana air diambil dari sumbernya, umumnya sungai atau waduk,
- b. Jaringan pembawa berupa saluran yang mengalirkan air irigasi ke petak-petak tersier,
- c. Petak-petak tersier dengan sistem pembagian air dan sistem pembuangan kolektif, air irigasi dibagi-bagi dan dialirkan kesawah-sawah dan kelebihan air ditampung di dalam suatu sistem pembuangan di dalam petak tersier;
- d. Sistem pembuang berupa saluran dan bangunan bertujuan untuk membuang kelebihan air dari sawah ke sungai atau saluran-saluran alamiah.

Sedangkan menurut Kriteria Perencanaan (KP) Irigasi Kementrian Pekerjaan Umum 1986, yang dimaksud dengan jaringan irigasi adalah "seluruh bangunan dan saluran irigasi." Berdasarkan pengertian tersebut, jaringan irigasi terdiri dari 2 (dua) bagian, yaitu bangunan irigasi, dan saluran irigasi. Sedangkan saluran irigasi terdiri dari saluran primer dan saluran sekunder.



Gambar 1. Contoh Saluran primer dan sekunder (Mardjikoen, 1987)

### 1. Bangunan Irigasi

Bangunan Irigasi terdiri dari bangunan Utama (*head works*) dapat didefinisikan sebagai kompleks bangunan yang direncanakan di dan sepanjang sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam saluran agar dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Bangunan utama bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan, serta mengukur banyaknya air yang masuk. Bangunan utama terdiri dari bendung dengan peredam energi, satu atau dua pengambilan utama pintu bilas kolam olak dan (jika diperlukan) kantong lumpur, tanggul banjir pekerjaan sungai dan bangunanbangunan pelengkap. Bangunan utama dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori sesuai perencanaannya. Berikut ini akan dijelaskan beberapa kategori Bangunan Utama :

- a. Bendung Gerak adalah bangunan yang dilengkapi dengan pintu yang dapat dibuka untuk mengalirkan air pada waktu terjadi banjir besar dan ditutup apabila aliran kecil. Bendung gerak dipakai untuk meninggikan

muka air di sungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier.

- b. Bendung Karet berfungsi meninggikan muka air dengan cara mengembangkan tubuh bendung dan menurunkan muka air dengan cara mengempiskan tubuh bendung yang terbuat dari tabung karet dapat diisi dengan udara atau air. Proses pengisian udara atau air dari pompa udara atau air dilengkapi dengan instrumen pengontrol udara atau air (manometer). Bendung karet memiliki dua bagian pokok yaitu tubuh bendung yang terbuat dari karet dan pondasi beton berbentuk plat beton sebagai dudukan tabung karet serta dilengkapi satu ruang control dengan beberapa perlengkapan (mesin) untuk mengontrol mengembang dan mengempisnya tabung karet.
- c. Bangunan Pengambilan Bebas adalah bangunan yang dibuat di tepi sungai yang mengalirkan air sungai ke dalam jaringan irigasi, tanpa mengatur tinggi muka air di sungai. Dalam keadaan demikian, jejas bahwa muka air di sungai harus lebih tinggi dari daerah yang diairi dan jumlah air yang dibelokkan harus dapat dijamin cukup ketersediaannya.
- d. Waduk (*reservoir*) digunakan untuk menampung air irigasi pada waktu terjadi surplus air di sungai agar dapat dipakai sewaktu-waktu terjadi kekurangan air. Jadi, fungsi utama waduk adalah untuk mengatur aliran sungai. Waduk berukuran besar biasanya mempunyai banyak fungsi seperti untuk keperluan irigasi, pembangkit listrik tenaga air,

pengendali banjir, perikanan dsb. Sedangkan waduk berukuran kecil lazimnya hanya dipakai untuk keperluan irigasi saja.

- e. Stasiun Pompa (rumah pompa) berfungsi sebagai tempat pompa, mesin, dan alat-alat pendukung lainnya dan juga untuk menyimpan buku catatan kegiatan O & P pompa dan fasilitasnya yang terkait. Air dari sumber air irigasi dialirkan melalui stasiun pompa ke saluran irigasi, selanjutnya mengalir ke petak sawah. Irigasi dengan pompa bisa dipertimbangkan apabila pengambilan secara gravitasi ternyata tidak layak dilihat dari segi teknis maupun ekonomis.

## 2. Saluran Irigasi

Saluran Irigasi terbagi atas 3 (tiga) bagian, yaitu :

### a. Saluran Irigasi Utama, terdiri dari :

- 1) Saluran primer berfungsi untuk membawa air dari bendung ke saluran sekunder dan selanjutnya ke petak-petak tersier yang perlu diairi. Batas ujung saluran primer adalah pada bangunan bagi yang terakhir.
- 2) Saluran sekunder berfungsi untuk membawa air dari saluran primer ke petak-petak tersier yang terhubung dengan saluran sekunder tersebut. Batas ujung saluran ini adalah pada bangunan sadap terakhir.
- 3) Saluran pembawa berfungsi untuk membawa air irigasi dari sumber air lain (bukan sumber yang memberi air pada bangunan utama proyek) ke jaringan irigasi primer. Saluran muka tersier berfungsi

untuk membawa air dari bangunan sadap tersier ke petak tersier yang terletak di seberang petak tersier lainnya.

b. Saluran Irigasi Tersier , terdiri dari :

- 1) Saluran tersier berfungsi untuk membawa air dari bangunan sadap tersier di jaringan utama ke dalam petak tersier untuk selanjutnya dibawa ke saluran kuartar. Batas ujung saluran ini adalah pada boks bagi kuartar yang terakhir.
- 2) Saluran kuartar berfungsi untuk membawa air dari boks bagi kuartar melalui bangunan sadap tersier atau parit sawah ke sawah-sawah.

c. Garis Sempadan Saluran berfungsi untuk mengamankan saluran dan bangunan irigasi dari risiko kerusakan akibat adanya aktivitas di sekitar jaringan irigasi. Adapun batas Garis Sempadan Saluran ditetapkan dalam peraturan khusus mengenai hal tersebut. Dalam hal ini, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No.17/PRT/M/2011 Tentang Pedoman Penetapan Garis Sempadan Jaringan Irigasi. Satu hal yang perlu diketahui bahwa ketentuan tentang Garis sempadan jaringan irigasi diberlakukan baik untuk jaringan irigasi yang akan dibangun maupun yang telah terbangun dan berlaku secara menyeluruh untuk jaringan irigasi yang dibangun oleh Pemerintah, pemerintah provinsi, dan pemerintah kabupaten/kota, perseorangan, maupun oleh badan usaha atau badan sosial.

### 3. Saluran Pembuang

Saluran Pembuang berfungsi untuk membuang kelebihan air pada saluran irigasi utama, saluran Pembuang terbagi atas 2 (dua), yaitu :

- a. Saluran Pembuang Tersier terletak di dan antara petak-petak tersier yang termasuk dalam unit irigasi sekunder yang sama dan menampung air, baik dari pembuang kuarter maupun dari sawah-sawah. Air tersebut dibuang ke dalam jaringan pembuang sekunder. Saluran pembuang kuarter terletak di dalam satu petak tersier, menampung air langsung dari sawah dan membuang air tersebut ke dalam saluran pembuang tersier.
- b. Saluran Pembuang mengalirkan air lebih dari saluran pembuang sekunder ke luar daerah irigasi. Pembuang primer sering berupa saluran pembuang alamiah yang mengalirkan kelebihan air tersebut ke sungai, anak sungai atau ke laut. Saluran pembuang sekunder menampung air dari saluran pembuang tersier dan membuang air tersebut ke pembuang primer atau langsung ke jaringan pembuang alamiah dan ke luar daerah irigasi.

### 4. Bangunan bagi dan sadap

Bangunan bagi dan sadap pada irigasi teknis dilengkapi dengan pintu dan alat pengukur debit untuk memenuhi kebutuhan air irigasi sesuai jumlah dan pada waktu tertentu. Aliran air akan diukur di hulu (udik) saluran primer, di cabang saluran jaringan primer dan di bangunan sadap sekunder maupun tersier. Meskipun demikian, dalam keadaan tertentu

sering dijumpai kesulitankesulitan dalam operasi dan pemeliharaan sehingga muncul usulan system proporsional, yaitu bangunan bagi dan sadap tanpa pintu dan alat ukur tetapi dengan syarat-syarat sebagai berikut : Elevasi ambang ke semua arah harus sama, Bentuk ambang harus sama agar koefisien debit sama, Lebar bukaan proporsional dengan luas sawah yang diairi.

#### 5. Bangunan pengukur

Bangunan ukur dapat dibedakan menjadi bangunan ukur aliran atas bebas (*free overflow*) dan bangunan ukur aliran bawah (*underflow*). Beberapa dari bangunan pengukur dapat juga dipakai untuk mengatur aliran air. Bangunan ukur yang dapat dipakai ditunjukkan pada Tabel1.'

Tabel 1. Bangunan ukur yang dapat dipakai

Tipe	Mengukur dengan	Mengatur
- Bangunan Ukur ambang lebar	Aliran atas	Tidak
- Bangunan ukur parshall	Aliran atas	Tidak
- Bangunan ukur cipoletti	Aliran atas	Tidak
- Bangunan ukur romijn	Aliran atas	Ya
- Bangunan ukur crump-de gruyter	Aliran bawah	Ya
- Bangunan sadap pipa sederhana	Aliran bawah	Ya
- Constant – head orifice (CHO)	Aliran bawah	Ya
- Cut throat flume	Aliran atas	Tidak

Sumber : Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01 Tahun 1986

Untuk menyederhanakan operasi dan pemeliharaan, bangunan ukur yang dipakai di sebuah jaringan irigasi hendaknya tidak terlalu banyak, dan diharapkan pula pemakaian alat ukur tersebut bisa benar-benar mengatasi permasalahan yang dihadapi para petani.

Peralatan berikut dianjurkan pemakaiannya :

- a. di hulu saluran primer Untuk aliran besar alat ukur ambang lebar dipakai untuk pengukuran dan pintu sorong atau radial untuk pengatur.
- b. di bangunan bagi bangunan sadap sekunder Pintu Romijn dan pintu Crump-de Gruyter dipakai untuk mengukur dan mengatur aliran. Bila debit terlalu besar, maka alat ukur ambang lebar dengan pintu sorong atau radial bisa dipakai seperti untuk saluran primer.
- c. bangunan sadap tersier Untuk mengatur dan mengukur aliran dipakai alat ukur Romijn atau jika fluktuasi di saluran besar dapat dipakai alat ukur Crump-de Gruyter. Di petak-petak tersier kecil di sepanjang saluran primer dengan tinggi muka air yang bervariasi dapat dipertimbangkan untuk memakai bangunan sadap pipa sederhana, di lokasi yang petani tidak bisa menerima bentuk ambang sebaiknya dipasang alat ukur parshall atau cut throat flume. Alat ukur parshall memerlukan ruangan yang panjang, presisi yang tinggi dan sulit pembacaannya, alat ukur *cut throat flume* lebih pendek dan mudah pembacaannya.

#### 6. Klasifikasi jaringan irigasi

Berdasarkan cara pengaturan dan pengukuran aliran air dan lengkapnya fasilitas, jaringan irigasi dapat dibedakan ke dalam tiga tingkatan (lihat Tabel 2), yakni sederhana, semiteknis, atau teknis.

Tabel 2. Klasifikasi Jaringan Irigasi

Uraian		Klasifikasi jaringan irigasi		
		Teknis	Semiteknis	Sederhana
1	Bangunan Utama	Bangunan permanen	Bangunan permanen atau semi permanen	Bangunan sementara
2	Kemampuan bangunan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Jelek
3	Jaringan saluran	Saluran irigasi dan pembuang terpisah	Saluran irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran irigasi dan pembuang jadi satu
4	Petak tersier	Dikembangkan sepenuhnya	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan
5	Efisiensi secara Keseluruhan	Tinggi 50 – 60 % (Ancar-ancar)	Sedang 40 – 50% (Ancar-ancar)	Kurang < 40% (Ancar-ancar)
6	Ukuran	Tak ada batasan	Sampai 2.000 ha	Tak lebih dari 500 ha
7	Jalan Usaha Tani	Ada ke seluruh areal	Hanya sebagian areal	Cenderung tidak ada
8	Kondisi O & P	- Ada instansi yang menangani Dilaksanakan teratur	Belum teratur	Tidak ada O & P

Sumber : *Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*

Dalam konteks Standarisasi Irigasi ini, hanya irigasi teknis saja yang ditinjau. Bentuk irigasi yang lebih maju ini cocok untuk dipraktekkan di sebagian besar pembangunan irigasi di Indonesia.

### C. Definisi Sedimen

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Proses erosi terdiri atas

tiga bagian yaitu : pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*)(Asdak, 2014).

Erosi dan sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya dari suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti oleh pengendapan material yang terjadi di tempat lain(bersumberkan jurnal teknik sipil Universitas Hasanuddin).

Erosi yang disebabkan oleh air dapat Sedimentasi dan erosi adalah dua hal yang sangat berkaitan erat.Erosi dan sedimentasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu air, aliran glesler (es).Erosi juga sering disebut sebagai faktor penyebab banyaknya sedimen yang terangkut oleh air.

Beberapa dampak dari sedimentasi yang merupakan akibat dari erosi antara lain:

- a) Di sungai, pengendapan sedimen didasar sungai menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya muka air sehingga berakibat sering terjadinya banjir.
- b) Di saluran, jika saluran irigasi atau saluran pelayaran di aliri air yang penuh sedimen akan terjadi pengendapan sedimen di saluran, sudah tentu di butuhkan biaya yang besar untuk pengerukan sedimen.
- c) Di waduk-waduk, pengendapan sedimen diwaduk akan mengurangi volume efektifnya.

- d) Di bendungan atau pintu-pintu air, menyebabkan kesulitan dalam mengoperasikan pintu-pintunya.
- e) Di daerah sepanjang sungai, sebagaimana telah diuraikan diatas bahwa banjir akan lebih sering terjadi didaerah-daerah yang tidak di lindungi. Daerah yang dilindungi oleh tanggul akan aman, selama tanggulnya selalu dipertinggi.

#### **D. Pergerakan sedimen**

Proses sedimentasi terjadi ketika sungai maupun saluran tidak mampu lagi mengangkut material yang dibawanya. Apabila tenaga angkut semakin berkurang, maka material yang berukuran kasar akan diendapkan terlebih dahulu kemudian diendapkan material yang lebih halus. Ukuran material yang diendapkan berbanding lurus dengan besarnya energy pengangkut, sehingga semakin ke arah hilir ukuran butir material yang diendapkan semakin halus. Ada tiga macam pergerakan *sediment transport* yaitu :

##### **1. Bed Load Transport**

Material kasar yang bergerak sepanjang dasar saluran secara keseluruhan disebut dengan bed load. Adanya bed load ditunjukkan oleh gerakan material di dasar saluran yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar saluran.

## 2. Wash Load Transport

Wash load adalah angkut material yang dapat berupa lempung dan debu yang terbawa oleh aliran saluran. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke hilir atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang.

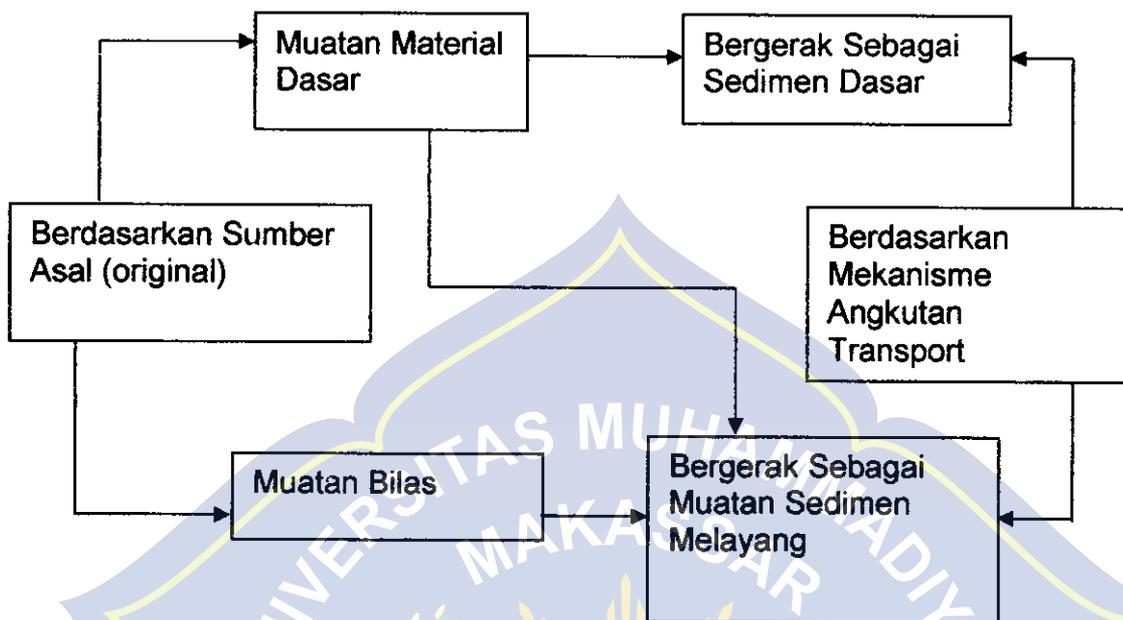
## 3. Suspended Load Transport

Suspended load adalah material dasar saluran yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa mengambang di atas dasar saluran, karena selalu didorong oleh turbulensi aliran. Suspended load itu sendiri umumnya bergantung pada kecepatan jatuh atau lebih dikenal dengan fall velocity.

Sedangkan menurut mekanisme pengangkutan dapat dibedakan menjadi:

- 1) Muatan sedimen dasar (*bed load*), dimana gerakan dan perpindahan tanahnya selalu pada dasar saluran atau aliran dengan cara melompat (*jatuh*), berguling dan menggelinding. Akan tetapi partikel angkutan dasar ini lambat laun kemungkinan dapat berubah diri menjadi angkutan melayang akibat percobaan-percobaan selama dalam pemindahannya.
- 2) Muatan sedimen melayang (*suspended load*), dimana perpindahan partikel-partikel tanahnya bergerak melayang-layang dalam air dan terbawah aliran air.

Secara skematis angkutan sedimen dapat digambarkan sebagai berikut :



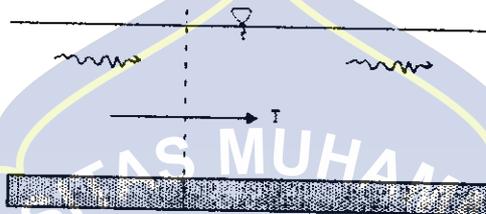
Gambar 2. Bagan mekanisme dan asal bahan sedimen (Mardjikoen, 1987)

### E. Angkutan Sedimen

Akibat adanya aliran air, timbul gaya-gaya yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menggerakkan atau menyeret butiran material sedimen. Pada waktu gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen mencapai suatu harga tertentu, sehingga apabila sedikit gaya ditambah akan menyebabkan butiran sedimen bergerak, maka kondisi tersebut disebut kondisi kritis. Parameter aliran pada kondisi tersebut, seperti tegangan geser ( $\tau_0$ ), kecepatan aliran ( $U$ ) juga mencapai kondisi kritik (sumber: skripsi kajian perubahan pola gerusan pada tikungan sungai akibat penambahan debit)

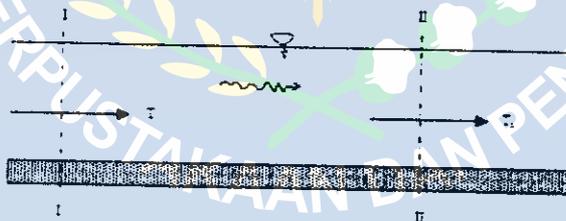
Menurut Mardjikoen (1987), angkutan sedimen merupakan perpindahan tempat bahan sedimen *granular (non kohesif)* oleh air yang

sedang mengalir searah aliran. Banyaknya angkutan sedimen  $T$  dapat ditentukan dari perpindahan tempat suatu sedimen yang melalui suatu tampang lintang selama periode waktu yang cukup. Lihat Gambar 3.  $T$  dinyatakan dalam (berat, massa, volume) tiap satuan waktu.



Gambar 3. Tampang panjang saluran dengan dasar granuler. (Mardjikoen, 1987)

Laju sedimen yang terjadi bias dalam kondisi seimbang (*equilibrium*). Erosi (*erosion*), atau pengendapan (*deposition*), maka dapat ditentukan kuantitas sedimen yang terangkut dalam proses tersebut. Proses sedimentasi di dasar saluran dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler. (Mardjikoen, 1987)

Tabel 3. proses sedimen dasar

Perbandingan $T$	Proses yang terjadi	
	Sedimen	Dasar
$T_1 = T_2$	Seimbang	Stabil
$T_1 < T_2$	Erosi	Degradasi
$T_1 > T_2$	Pengendapan	Agradasi

Sumber : (Mardjikoen, 1987)

Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan muatan sedimen dasar (*bed load*). Adanya muatan sedimen dasar ditunjukkan oleh gerakan partikel-partikel dasar sungai. Gerakan itu dapat bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir.

Besarnya ukuran sedimen yang terangkut aliran air ditentukan oleh interaksi faktor-faktor sebagai berikut : ukuran sedimen yang masuk kedalam sungai/saluran air, karakteristik saluran, debit, dan karakteristik fisik partikel sedimen. Besarnya sedimen yang masuk ke sungai dan besarnya debit ditentukan oleh faktor iklim, topografi, geologi, vegetasi, dan cara bercocok tanam di daerah tangkapan air yang merupakan asal datangnya sedimen. Sedang karakteristik sungai yang penting, terutama bentuk morfologi sungai, tingkat kekasaran dasar sungai, dan kemiringan sungai. Interaksi dan masing-masing faktor tersebut di atas akan menentukan jumlah dan tipe sedimen serta kecepatan transport sedimen.

Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya, dikenal bermacam jenis sedimen seperti pasir, liat, dan lain sebagainya. Tergantung dari ukuran partikelnya, sedimen ditemukan terlarut dalam sungai atau disebut muatan sedimen (*suspended sediment*) dan merayap di dasar sungai atau dikenal sebagai sedimen merayap (*bed load*).

Menurut ukurannya, sedimen dibedakan menjadi (Asdak, 2014) :

1. Liat ukuran partikelnya  $< 0,0039$  mm
2. Debu ukuran partikelnya  $0,0039-0,0625$  mm
3. Pasir ukuran partikelnya  $0,0625-2,0$  mm
4. Pasir besar ukuran partikelnya  $2,0-64,0$  mm

Proses pengangkutan sedimen (*sediment transport*) dapat diuraikan meliputi tiga proses sebagai berikut :

- a) Pukulan air hujan (*rainfall detachment*) terhadap bahan sedimen yang terdapat diatas tanah sebagai hasil dari erosi percikan (*splash erosion*) dapat menggerakkan partikel-partikel tanah tersebut dan akan terangkut bersama-sama limpasan permukaan (*overland flow*).
- b) Limpasan permukaan (*overland flow*) juga mengangkat bahan sedimen yang terdapat di permukaan tanah, selanjutnya dihanyutkan masuk kedalam alur-alur (*rills*), dan seterusnya masuk kedalam selokan dan akhirnya ke sungai.
- c) Pengendapan sedimen, terjadi pada saat kecepatan aliran yang dapat mengangkat (*pick up velocity*) dan mengangkut bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan (*settling velocity*) yang dipengaruhi oleh besarnya partikel-partikel sedimen dan kecepatan aliran.

## F. Energi Spesifik

Sedimen yang terdapat di dasar saluran irigasi menyebabkan kemiringan dasar saluran irigasi berubah, sehingga jumlah tinggi tekanan (kedalaman) juga berubah dan pada suatu ketika dapat menyebabkan air irigasi melimpah ke luar saluran apabila sedimen di dasar saluran dibiarkan. Perubahan tinggi tekanan ini berkaitan dengan energi spesifik dalam suatu penampang saluran dimana keduanya merupakan unsur penentu laju pengaliran air pada saluran, sehingga berpengaruh juga terhadap kinerja saluran dalam pendistribusian air irigasi.

- a. Menghitung  $E_{\min}$  dengan data dimensi asal dan debit rencana yaitu sebagai berikut:

$$A = H (b + fh)$$

$$P = B + 2h \sqrt{1 + f^2}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} |^{1/2}$$

$$E_{\min} = y + \frac{V^2}{2g}$$

- b. Menghitung  $E$  pada saluran primer periode 1, dengan dimensi asal dan debit rencana namun dengan kemiringan berbeda (setelah terdapat sedimen di dasar saluran) yaitu sebagai berikut:

$$s = \tau_g \theta = \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

$$\theta = \text{arc. tg} \theta$$

dengan  $h$  diperoleh dari selisih rata-rata beda tinggi pada 8 point pada ruas hulu dan ruas hilir.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$E_{\min} = y + \frac{V_c^2}{2g}$$

- c. Dimensi asal saluran dengan debit rencana menunjukkan bahwa energi spesifik adalah minimum  $E_{\min}$  dengan kedalaman kritis  $y_c$ . Apabila pada keadaan tersebut saluran dikatakan bekerja 100%, maka dengan adanya sedimen pada saluran maka akan berpengaruh terhadap kinerja saluran, sehingga parameter kinerja saluran dapat diukur dari:

$$E = 100\% \frac{E - E_{\min}}{E} \times 100\%$$

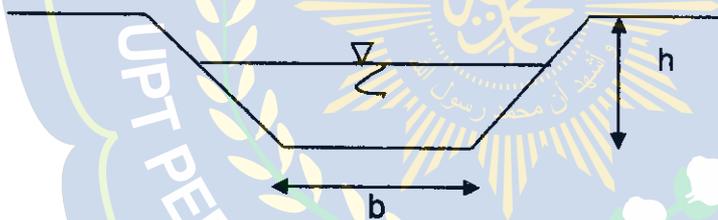
### G. Unsur-unsur Geometri Saluran

Unsur-unsur geometri saluran adalah sifat-sifat suatu saluran yang dapat diuraikan seluruhnya berdasarkan geometri penampang dan kedalaman aliran. Unsur-unsur ini sangat penting dan banyak sekali dipakai dalam perhitungan aliran.

Untuk penampang biasa yang sederhana, geometri dapat dinyatakan secara matematik menurut kedalaman aliran dan dimensi lainnya dari penampang tersebut. Namun untuk penampang yang rumit dan penampang saluran alam, belum ada rumus tertentu untuk menyatakan unsur-unsur tersebut, selain kurva-kurva yang menyatakan

hubungan unsur-unsur ini dengan kedalaman aliran yang disiapkan untuk perhitungan hidrolis.

Penampang saluran buatan biasanya direncanakan berdasarkan bentuk geometris yang umum. Penampang saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk seperti parabola sampai trapesium. Istilah penampang saluran (*channel section*) adalah tegak lurus terhadap arah aliran, sedangkan penampang vertikal saluran (*vertical channel section*) adalah penampang vertikal melalui titik terbawah atau terendah dari penampang. Oleh sebab itu pada saluran mendatar penampangnya selalu merupakan penampang vertikal.



Gambar 5. Penampang Saluran Trapesium

$$\text{Luas (A)} = (b + mh) h \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{Kelilingbasah (P)} = b + 2h \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{Jari jari Hidrolik (R)} = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana :

$b$  = lebar dasar saluran (m) dan  $h$  = tinggi kedalaman air (m)

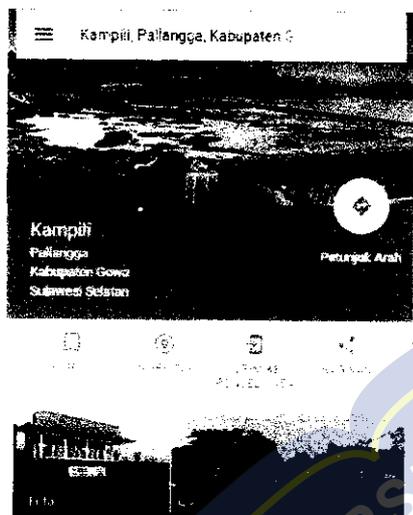
## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 3 bulan di desa kampili yang dimana desa ini terletak di wilayah Kecamatan Pallangga, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia.

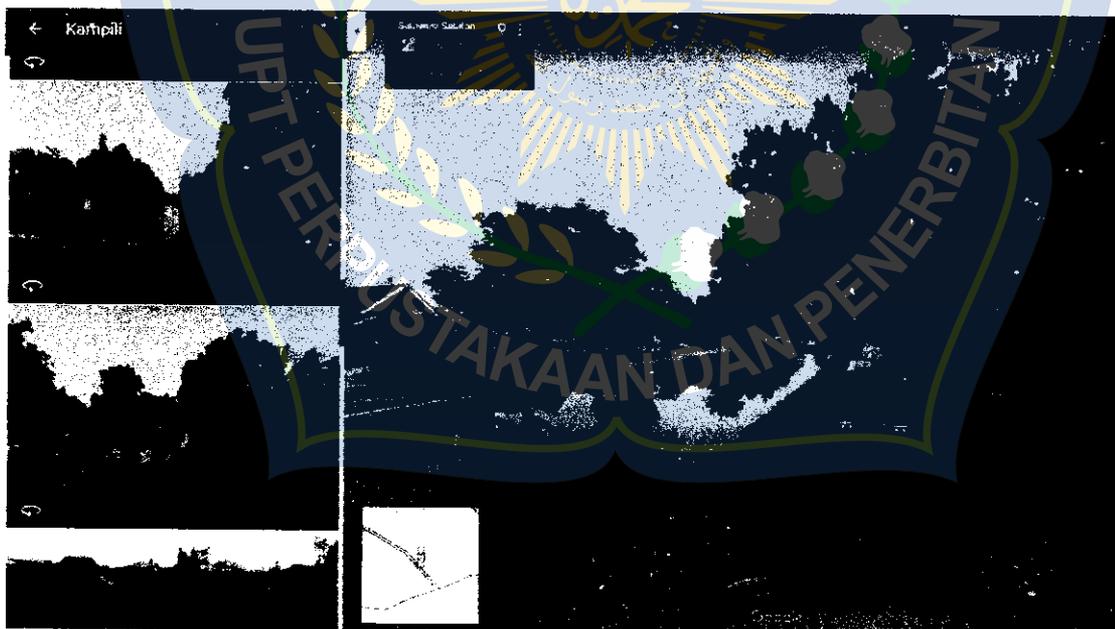
Secara geografi Kabupaten Gowa terletak pada koordinat antara 50 33' 6" sampai 50 34' 7" Lintang Selatan dan 120 38' 6" sampai 120 33' 6" Bujur Timur. Batas-batas wilayah : Sebelah Utara : Kota Makassar dan Kabupaten Maros, Sebelah Selatan : Kabupaten Takalar dan Kabupaten Jeneponto, Sebelah Timur : Kabupaten Sinjai Kabupaten Bulukumba dan Kabupaten Bantaeng, Sebelah Barat : Kota Makassar dan Kabupaten Takalar. Luas wilayah Kabupaten Gowa adalah 1.883,33 km<sup>2</sup> atau sama dengan 3,01% dari luas wilayah Provinsi Sulawesi Selatan. Wilayah Kabupaten Gowa terbagi dalam 18 Kecamatan dengan jumlah desa/kelurahan definitive sebanyak 167 dan 726 dusun atau lingkungan. Dan untuk daerah Kampili itu sendiri terletak tidak jauh dari pusat kota Sungguminasa di Kabupaten Gowa.



#### Fakta singkat

Kampili adalah sebuah desa di wilayah Kecamatan Pallangga, Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan Indonesia. Sebuah kampung konsentrasi Jeddah pernah didirikan di desa ini selama pengalihan Jepang ke Belanda.

Gambar 6. Bendung Kampili



Gambar 7. Saluran Irigasi desa kampili

## B. Variabel penelitian

Adapun variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Variabel bebas, untuk variabel bebas melakukan pengambilan data di lapangan.

- a. Tinggi muka air (h)
- b. Kecepatan aliran (v)
- c. Waktu (t)

2. Variabel terikat :

a. Debit (Q) → Debit aliran (v) =  $\frac{\text{Debit aliran (Q)}}{\text{Luas Penampang (A)}}$

b. Froude (Fr) → Froude (Fr) =  $\frac{\text{Kecepatan rata rata aliran (V)}}{\sqrt{\text{gravitasi (g) x kedalaman aliran (h)}}$

c. Vol. Sedimen → menggunakan rumus pendekatan empiris seperti pendekatan kalinske  $\frac{qs}{U^*D} = \left(\frac{\tau_c}{\tau_o}\right)$

## C. Pengumpulan Data

Untuk mencapai tujuan dan sasaran penelitian ini maka tahapan proses penelitian yang di lakukan oleh penulis adalah sebagai berikut:

Pada penelitian ini menggunakan dua sumber data yaitu data primer dan data sekunder:

1. Data primer yaitu Data keadaan umum lokasi penelitian dan Keadaan saluran irigasi
2. Data sekunder

Data yang di peroleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada, baik yang telah diteliti sebelumnya maupun dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian pengaruh sedimentasi terhadap kinerja slauran serta dengan melakukan wawancara untuk melengkapi data dan keterangan yang di butuhkan.

#### D. Model Analisis

Pada tahap analisis di lakukan hitungan dengan di dasarkan pada data-data yang di peroleh seperti menggunakan Rumus Pendekatan

##### 1. Pendekatan Schocklitsch

Schoklitsch adalah ilmuan yang pertama kali menggunakan parameter debit air untuk menentukan *bed load*. Formula schoklitsch dengan satuan metrik:

$$q_B = 2500 S^{3/2} (q - q_c)$$

##### 2. Pendekatan Kalinske

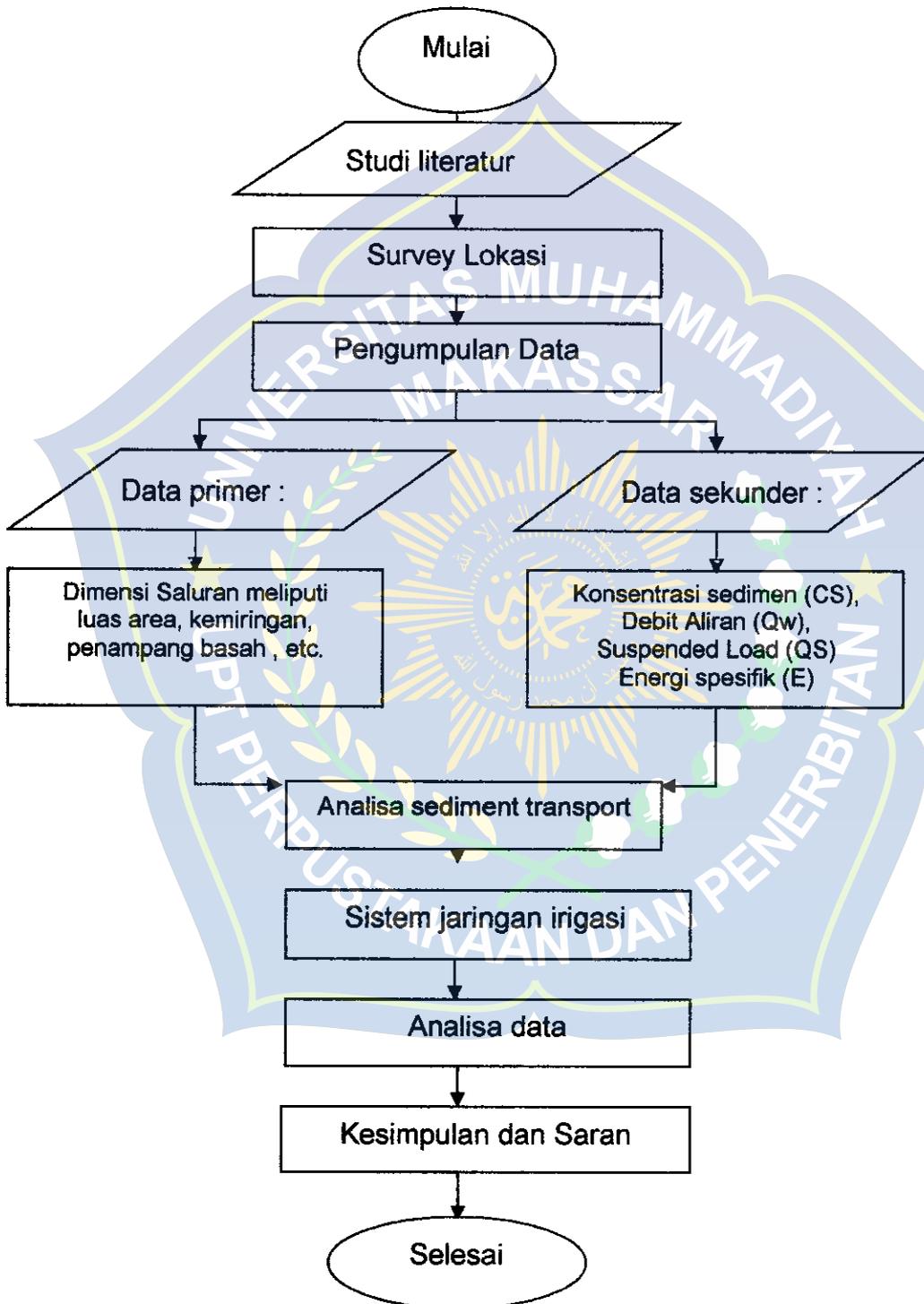
Kalinske mengemukakan bahwa mekanisme turbulen mempunyai peranan dalam menentukan *sediment transport* di dasar saluran.

$$\frac{qs}{U^*D} = \left( \frac{\tau_c}{\tau_o} \right)$$

##### 3. Pendekatan Einstein

Untuk menentukan besar sedimen dasar pada saluran Einstein menggunakan parameter intensitas aliran. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :  $\phi = f(\psi)$

## E. Prosedur Penelitian



Gambar 8. Flow Chart Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisis Sedimentasi

##### 1. Konsentrasi Sedimen

Konsentrasi sedimen dapat diketahui dari perbandingan berat sedimen kering (mg) terhadap berat total sampel (liter) dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4

Untuk mendapatkan rata-rata periode konsentrasi sedimen digunakan rumus sebagai berikut :

a. saluran primer :

$$\bar{X} P = \frac{X Pr1 + X Pr2 + X Pr3}{3} = \frac{46.67 + 43.33 + 36.67}{3} = 42.22 \text{ mg/l}$$

b. Saluran Sekunder

$$\bar{X} P = \frac{X S1 + X S2}{2} = \frac{40.00 + 40.00}{2} = 40.00 \text{ mg/l}$$

c. Saluran Tersier

$$\bar{X} P = \frac{X T1 + X T2}{2} = \frac{40.00 + 16.67}{2} = 28.33 \text{ mg/l}$$

Hasil pengukuran bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi sedimen pada saluran primer, sekunder, dan tersier setiap periode

Jenis Sampel		Konsentrasi Sedimen (mg/L)			
		P1	P2	P3	P4
Primer 1	Kn	30	60	60	60
	Tg	40	70	30	60
	Kr	70	70	50	400
Rata-rata periode sedimen		<b>46.67</b>	<b>66.67</b>	<b>46.67</b>	<b>53.33</b>

Primer 2	Kn	50	40	50	50
	Tg	60	40	50	20
	Kr	20	60	40	20
Rata-rata periode sedimen		<b>43.33</b>	<b>46.67</b>	<b>46.67</b>	<b>30.00</b>
Primer 3	Kn	50	60	50	60
	Tg	30	40	60	20
	Kr	30	50	40	60
Rata-rata periode sedimen		<b>36.67</b>	<b>50.00</b>	<b>50.00</b>	<b>46.67</b>
Sekunder 1	Kn	30	60	30	60
	Tg	60	50	50	50
	Kr	30	60	10	20
Rata-rata periode sedimen		<b>40.00</b>	<b>56.67</b>	<b>30.00</b>	<b>43.33</b>
Sekunder 2	Kn	20	30	50	60
	Tg	40	30	50	30
	Kr	60	40	30	30
Rata-rata periode sedimen		<b>40.00</b>	<b>33.33</b>	<b>43.33</b>	<b>40.00</b>
Tersier 1	Kn	30	20	30	20
	Tg	60	20	20	30
	Kr	30	30	20	30
Rata-rata periode sedimen		<b>40.00</b>	<b>23.33</b>	<b>23.33</b>	<b>26.67</b>
Tersier 2	Kn	10	40	10	30
	Tg	20	30	10	10
	Kr	20	30	20	10
Rata-rata periode sedimen		<b>16.67</b>	<b>33.33</b>	<b>13.33</b>	<b>16.67</b>

Tabel 4 menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen rata-rata pada saluran primer periode 1,2,3 dan 4 sebesar 42,22 mg/L; 45,56 mg/L; 46.67 mg/L, dan 43.33 mg/L. Konsentrasi sedimen rata-rata pada saluran sekunder periode 1,2,3 dan 4 sebesar 40.00 mg/L; 45.00 mg/L; 36.67 mg/L, dan 41.67 mg/L, sedangkan konsentrasi sedimen rata-rata pada saluran tersier pada periode 1,2,3 dan 4 sebesar 28,33 mg/L; 28,33 mg/L; 18.33 mg/L, dan 21.67 mg/L.

## 2. Debit aliran

Debit aliran diketahui dengan terlebih dahulu mengukur kecepatan aliran. Kecepatan aliran dapat diketahui dari pengukuran langsung menggunakan alat ukur *currentmeter* yang kemudian dimasukkan ke dalam saluran pada kedalaman  $2/3$  atau  $0,6$  dari kedalaman pada masing-masing segmen di setiap ruas saluran irigasi kampili.

Lamanya pengukuran kecepatan aliran pada penelitian ini yaitu 30 detik pada masing-masing segmen di setiap ruas saluran irigasi.

Untuk mendapatkan rata rata periode debit aliran digunakan rumus sebagai berikut :

a. saluran primer :

$$\bar{X} P = \frac{X Pr1 + X Pr2 + X Pr3}{3} = \frac{8,95 + 9,28 + 3,86}{3} = 7,36 \text{ m/det}$$

b. Saluran Sekunder

$$\bar{X} P = \frac{X S1 + X S2}{2} = \frac{0,12 + 0,07}{2} = 0,095 \text{ m/det}$$

c. Saluran Tersier

$$\bar{X} P = \frac{X T1 + X T2}{2} = \frac{0,09 + 0,07}{2} = 0,081 \text{ m/det}$$

Hasil pengukuran debit aliran dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Debit aliran ( $Q_w$ ) pada saluran primer, sekunder, dan tersier

Jenis Sampel		Debit Aliran (m/det)			
		P1	P2	P3	P4
Primer 1	Kn	7,393	7,637	7,278	7,393
	Tg	10,99	10,750	11,149	11,149
	Kr	8,455	8,713	8,455	8,355
Rata-rata periode debit aliran		<b>8.95</b>	<b>9.03</b>	<b>8.96</b>	<b>8.97</b>

Primer 2	Kn	7,752	8,455	7,996	8,24
	Tg	11,388	11,149	11,149	11,548
	Kr	8,713	8,455	8,455	8,24
Rata-rata periode debit aliran		<b>9.28</b>	<b>9.35</b>	<b>9.20</b>	<b>9.34</b>
Primer 3	Kn	2,383	2,627	2,742	2,526
	Tg	4,402	4,115	5,981	6,221
	Kr	4,78	5,498	4,665	4,881
Rata-rata periode debit aliran		<b>3.86</b>	<b>4.08</b>	<b>4.46</b>	<b>4.54</b>
Sekunder 1	Kn	0,106	0,073	0,088	0,063
	Tg	0,174	0,168	0,125	0,125
	Kr	0,08	0,124	0,08	0,114
Rata-rata periode debit aliran		<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>
Sekunder 2	Kn	0,088	0,099	0,106	0,124
	Tg	0,016	0,179	0,168	0,189
	Kr	0,106	0,106	0,088	0,131
Rata-rata periode debit aliran		<b>0.07</b>	<b>0.13</b>	<b>0.12</b>	<b>0.15</b>
Tersier 1	Kn	0,146	0,091	0,118	0,118
	Tg	0,066	0,047	0,078	0,067
	Kr	0,069	0,097	0,102	0,073
Rata-rata periode debit aliran		<b>0.09</b>	<b>0.08</b>	<b>0.10</b>	<b>0.09</b>
Tersier 2	Kn	0,03	0,026	0,063	0,055
	Tg	0,07	0,069	0,055	0,053
	Kr	0,107	0,091	0,091	0,107
Rata-rata periode debit aliran		<b>0.07</b>	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>

Hasil perhitungan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada saluran primer rata-rata debit aliran pada periode 1,2,3 dan 4 diperoleh 7,36 m<sup>3</sup>/dtk; 7,49 m<sup>3</sup>/dtk; 7,54 m<sup>3</sup>/dtk, dan 7,62 m<sup>3</sup>/dtk. Debit aliran pada saluran sekunder rata-rata periode 1,2,3 dan 4 diperoleh 0,095 m<sup>3</sup>/dtk; 0,125 m<sup>3</sup>/dtk; 0,109 m<sup>3</sup>/dtk, dan 0,124 m<sup>3</sup>/dtk. Pada saluran tersier diperoleh rata-rata debit aliran pada periode 1, 2, 3, dan 4 sebesar 0,081 m<sup>3</sup>/dtk; 0,07 m<sup>3</sup>/dtk, 0,085 m<sup>3</sup>/dtk, dan 0,079 m<sup>3</sup>/dtk.

### 3. Laju sedimentasi

Laju sedimentasi dapat diketahui dengan mengetahui konsentrasi sedimen dan debit aliran. Untuk mendapatkan rata rata periode suspended load digunakan rumus sebagai berikut :

a. saluran primer :

$$\bar{X} P = \frac{X Pr1 + X Pr2 + X Pr3}{3} \times 10^{-6} = \frac{48.02 + 78.89 + 33.90}{3} \times 10^{-6} = 53,60 \cdot 10^{-6} \text{ ton/hari}$$

b. Saluran Sekunder

$$\bar{X} P = \frac{X S1 + X S2}{2} \times 10^{-6} = \frac{1.00 + 0.56}{2} \times 10^{-6} = 0.78 \cdot 10^{-6} \text{ ton/hari}$$

c. Saluran Tersier

$$\bar{X} P = \frac{X T1 + X T2}{2} \times 10^{-6} = \frac{0.82 + 0.50}{2} \times 10^{-6} = 0.66 \cdot 10^{-6} \text{ ton/hari}$$

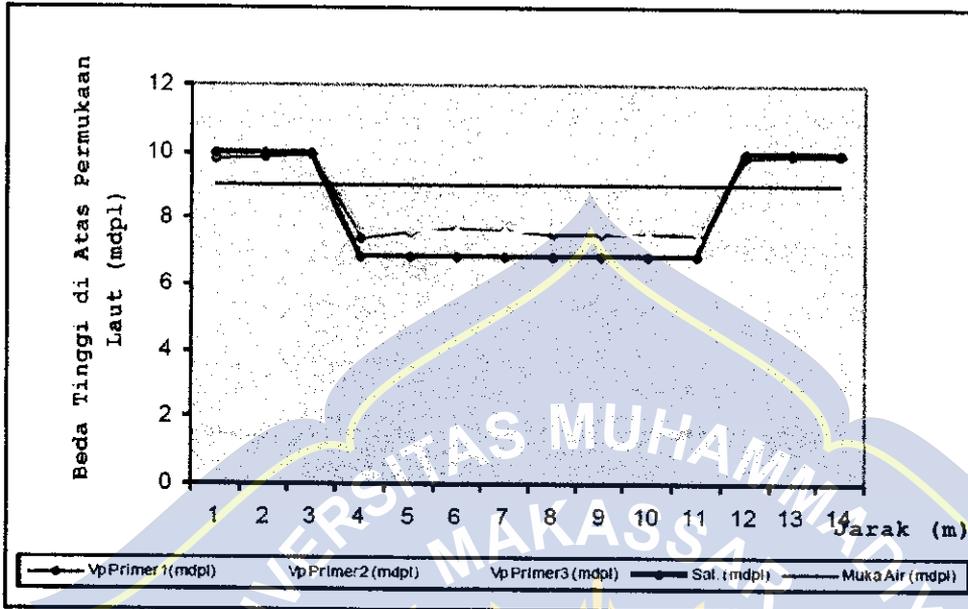
Tabel 6. Perhitungan  $Q_s$  (ton/hari) pada saluran primer, sekunder, dan tersier

Jenis Sampel		Suspended Load ( $\cdot 10^{-6}$ ton/hari)			
		P1	P2	P3	P4
Primer 1	Kn	19,163	39,59	88,035	31,938
	Tg	66,468	65,016	96,327	67,429
	Kr	58,441	52,696	102,272	57,75
Rata-rata periode suspended load		<b>48.02</b>	<b>52.43</b>	<b>95.54</b>	<b>62.37</b>
Primer 2	Kn	33,489	29,22	82,903	71,194
	Tg	127,91	38,531	125,226	69,842
	Kr	75,28	51,136	94,967	56,955
Rata-rata periode suspended load		<b>78.89</b>	<b>39.63</b>	<b>101.03</b>	<b>66.00</b>
Primer 3	Kn	10,295	15,888	26,059	13,095
	Tg	41,837	14,221	62,011	42,999
	Kr	49,559	23,751	44,336	33,737
Rata-rata periode suspended load		<b>33.90</b>	<b>17.95</b>	<b>44.14</b>	<b>29.94</b>
Sekunder 1	Kn	1,282	0,442	0,836	0,327
	Tg	0,902	0,726	1,296	0,54
	Kr	0,829	0,749	0,691	0,886

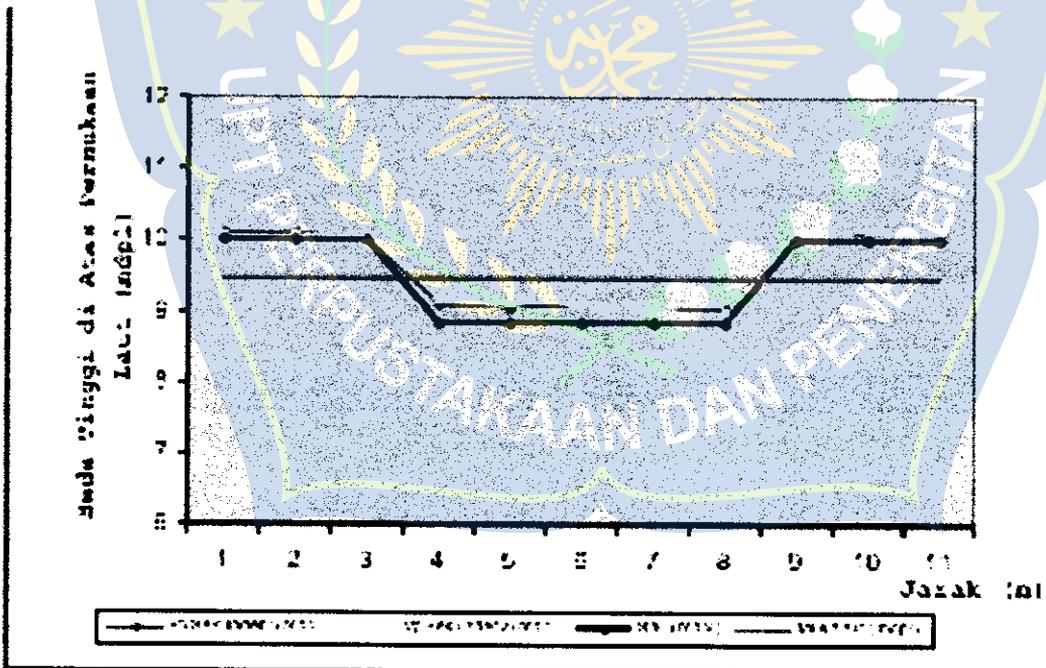
Rata-rata periode suspended load		<b>1.00</b>	<b>0.12</b>	<b>0.94</b>	<b>0.58</b>
Sekunder 2	Kn	1,064	0,769	1,191	0,964
	Tg	0,055	1,392	2,032	1,143
	Kr	0,549	0,733	0,912	0,679
Rata-rata periode suspended load		<b>0.56</b>	<b>0.96</b>	<b>1.38</b>	<b>0.93</b>
Tersier 1	Kn	1,514	0,708	1,427	0,714
	Tg	0,342	0,325	0,943	0,405
	Kr	0,596	0,503	1,41	0,252
Rata-rata periode suspended load		<b>0.82</b>	<b>0.51</b>	<b>1.26</b>	<b>0.46</b>
Tersier 2	Kn	0,207	0,089	0,599	0,19
	Tg	0,544	0,358	0,808	0,183
	Kr	0,739	0,629	1,415	0,555
Rata-rata periode suspended load		<b>0.50</b>	<b>0.36</b>	<b>0.94</b>	<b>0.31</b>

Hasil perhitungan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa *suspended load* rata-rata di saluran primer periode 1,2,3 dan 4 sebesar  $53,60 \cdot 10^{-6}$  ton/hari;  $36,67 \cdot 10^{-6}$  ton/hari;  $80,24 \cdot 10^{-6}$  ton/hari, dan  $49,44 \cdot 10^{-6}$  ton/hari, sehingga total besarnya sedimen dasar yang terdapat pada saluran primer pada periode tertentu  $54,99 \cdot 10^{-6}$  ton/hari.

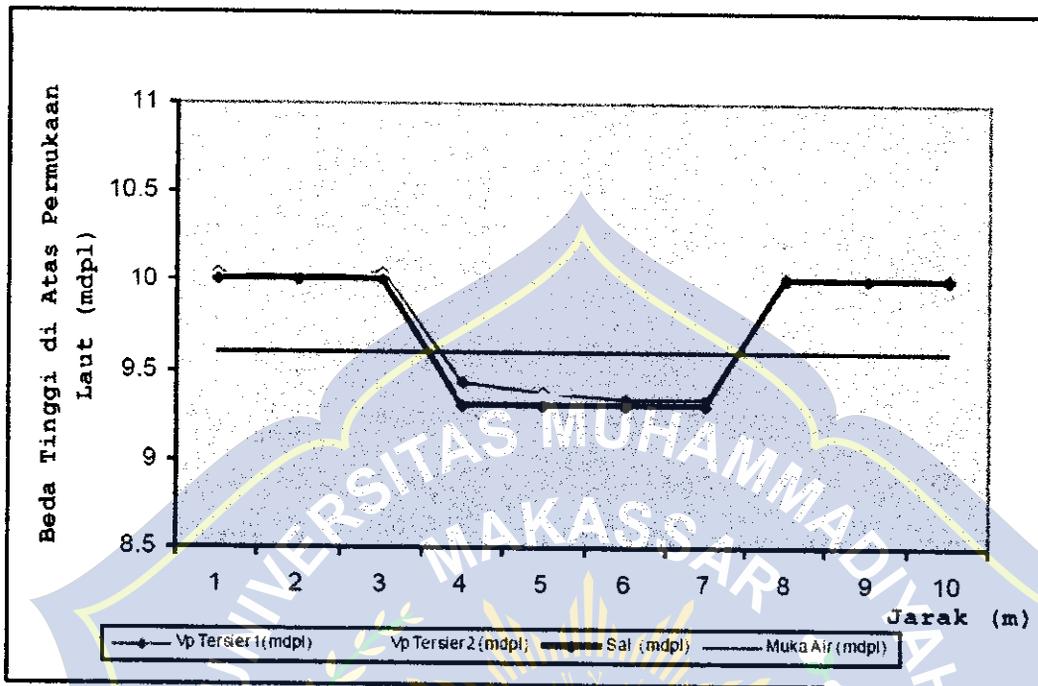
Rata-rata sedimen dasar pada saluran sekunder periode 1,2,3 dan 4 sebesar  $0,78 \cdot 10^{-6}$  ton/hari;  $0,8 \cdot 10^{-6}$  ton/hari;  $1,16 \cdot 10^{-6}$  ton/hari, dan  $0,76 \cdot 10^{-6}$  ton/hari, sehingga total besarnya sedimen yang terdapat pada saluran sekunder pada periode tertentu  $0,88 \cdot 10^{-6}$  ton/hari, sedangkan sedimen dasar pada saluran tersier pada periode 1, 2, 3, dan 4 sebesar  $0,66 \cdot 10^{-6}$  ton/hari;  $0,44 \cdot 10^{-6}$  ton/hari;  $1,1 \cdot 10^{-6}$  ton/hari, dan  $0,38 \cdot 10^{-6}$  ton/hari sehingga total besarnya sedimen yang terdapat pada saluran tersier pada periode tertentu  $0,65 \cdot 10^{-6}$  ton/hari.



Gambar 9. Hubungan D (m) dan Vp (mdpl) pada saluran primer



Gambar 10. Hubungan D (m) dan Vp (mdpl) pada saluran sekunder



Gambar 11. Hubungan D (m) dan Vp (mdpl) pada saluran tersier

Hubungan D (m) dan Vp (mdpl) pada saluran primer, sekunder dan tersier ditunjukkan pada Gambar 9, 10 dan 11. Gambar tersebut menunjukkan perubahan luas sedimen setiap periodenya. Luas sedimen pada saluran primer lebih besar daripada luas sedimen saluran sekunder dan saluran tersier, dikarenakan saluran primer memiliki lebar dasar saluran yang lebih besar daripada saluran sekunder dan saluran tersier, demikian juga dengan kedalamannya.

## B. Analisis hidrolis

1. Karakteristik hidrolis saluran pada saluran terbuka meliputi variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit.

$$A = h(B + fh)$$

$$P = B + 2h\sqrt{1 + f^2}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Data dimensi ini meliputi data lebar dasar saluran, tinggi saluran, kekasaran manning, talud, dan *slope* dan sebagainya.

Untuk perhitungan Selanjutnya lihat pada tabel 7.

Tabel 7. Karakteristik hidrolis saluran

Data / Nama Saluran	Saluran Primer	Saluran Sekunder	Saluran Tersier
Luas Area	21095 Ha	292 Ha	74 Ha
Q	30.57 m <sup>3</sup> /dtk	0.438 m <sup>3</sup> /dtk	0.144 m <sup>3</sup> /dtk
B	13 m	2 m	0.6 m
n	0.017	0.03	0.03
h	3.19 m	1.16 m	0.92 m
v	0.85 m/s	0.32 m/s	0.25 m/s
s	0.0001	0.0003	0.0003
f	1 : 1.5	1 : 1	1 : 1
A	56.374 m <sup>2</sup>	3.086 m <sup>2</sup>	1.398 m <sup>2</sup>
P	24.5017 m	4.781 m	3.202 m
R	2.3155 m	0.645 m	0.435 m

Hasil perhitungan di atas adalah sama di setiap ruas di sepanjang saluran irigasi kampili kab. gowa, karena dimensi saluran irigasi ini adalah homogen.

## 2. Energi spesifik

Sedimen yang terdapat di dasar saluran irigasi menyebabkan kemiringan dasar saluran irigasi berubah, sehingga jumlah tinggi tekanan (kedalaman) juga berubah dan pada suatu ketika dapat menyebabkan air irigasi melimpah ke luar saluran apabila sedimen di dasar saluran dibiarkan. Perubahan tinggi tekanan ini berkaitan dengan energi spesifik dalam suatu penampang saluran dimana keduanya merupakan unsur penentu laju pengaliran air pada saluran, sehingga berpengaruh juga terhadap kinerja saluran dalam pendistribusian air irigasi.

- a. Menghitung  $E_{min}$  dengan data dimensi asal dan debit rencana
- b. Menghitung  $E$  pada saluran primer periode 1, dengan dimensi asal dan debit rencana namun dengan kemiringan berbeda (setelah terdapat sedimen di dasar saluran) dengan  $h$  diperoleh dari selisih rata-rata beda tinggi pada 8 point pada ruas hulu dan ruas hilir.
- c. Dimensi asal saluran dengan debit rencana menunjukkan bahwa energi spesifik adalah minimum  $E_{min}$  dengan kedalaman kritis  $y_c$ . Apabila pada keadaan tersebut saluran dikatakan bekerja 100%, maka dengan adanya sedimen pada saluran maka akan berpengaruh terhadap kinerja saluran, sehingga parameter kinerja saluran dapat diukur dari:

Perubahan tinggi tekanan terhadap energi spesifik dalam suatu penampang saluran merupakan unsur penentu laju pengaliran air pada saluran, dan berpengaruh terhadap kinerja saluran dalam pendistribusian

dapat diketahui dari hasil perhitungan mengkombinasikan data dimensi asal saluran atau data teknis (dt) dengan data pengukuran di lapang (dl).

Data hasil perhitungan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa saluran primer dengan dimensi asal dan debit rencana serta kemiringan  $0,0345^\circ$  setelah terdapat sedimen di dasar saluran, diketahui energi spesifik rata-ratanya 21,807, pada saluran sekunder dengan kemiringan  $0,7705^\circ$  energi spesifik 25,468, dan pada saluran tersier kemiringan  $0,1365^\circ$  energi spesifik sebesar 3,628.

Tabel 8. Perhitungan energi spesifik

Saluran		$I (^\circ)$	$V (m/s)$	E	E (%)
Pr	P1	0.0048	7.134	5.784	56.09
	P2	0.0377	19.993	23.563	13.77
	P3	0.0481	22.583	29.183	11.12
	P4	0.0472	22.371	28.698	11.3
<b>Rata-rata</b>		<b>0.03445</b>	<b>18.0203</b>	<b>21.807</b>	<b>23.07</b>
S	P1	0.3896	15.532	13.456	8.69
	P2	0.4698	17.056	15.987	7.31
	P3	1.4779	30.251	47.802	2.45
	P4	0.7448	21.475	24.626	4.75
<b>Rata-rata</b>		<b>0.77053</b>	<b>21.0785</b>	<b>25.4678</b>	<b>5.8</b>
T	P1	0.2909	8.361	4.483	6.6
	P2	0.0573	5.957	2.728	10.85
	P3	0.1146	6.478	3.059	9.68
	P4	0.1833	8.193	4.241	6.98
<b>Rata-rata</b>		<b>0.1615</b>	<b>7.247</b>	<b>3.628</b>	<b>8.53</b>

Apabila pada keadaan kinerja saluran mendistribusikan air irigasi dengan energi spesifik sebesar 100%, maka berdasarkan hasil perhitungan

tinggi tekanan dan energi spesifik dapat diketahui bahwa sedimen yang terdapat di dasar saluran irigasi menyebabkan saluran irigasi pada saluran primer hanya bekerja  $100 - 23,07 = 76,93\%$  , serta sekunder dan tersier hanya bekerja 94,2%, dan 91,47%.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Laju sedimentasi pada saluran irigasi primer sebesar  $53,60 \cdot 10^{-6}$  ton/hari, pada saluran sekunder  $0,78 \cdot 10^{-6}$  ton/hari, dan pada saluran tersier  $0,66 \cdot 10^{-6}$  ton/hari. Laju sedimentasi pada saluran irigasi mempengaruhi dimensi saluran, pada saluran primer dengan luas penampang lintang saluran asal  $56,734 \text{ m}^2$  karena terdapat sedimen seluas  $10,913 \text{ m}^2$  luas saluran menjadi  $46,541 \text{ m}^2$ , saluran sekunder dengan luas penampang lintang  $3,086 \text{ m}^2$  karena terdapat sedimen seluas  $0,354 \text{ m}^2$  luas saluran menjadi  $2,732 \text{ m}^2$ , dan saluran tersier dengan luas penampang lintang  $1,398 \text{ m}^2$  karena terdapat sedimen seluas  $0,057 \text{ m}^2$  luas saluran menjadi  $1,341 \text{ m}^2$ .
2. Laju sedimentasi pada saluran irigasi menyebabkan perubahan kinerja saluran, pada saluran primer hanya bekerja  $76,93\%$ , sekunder  $94,2\%$ , dan  $91,47\%$  pada saluran tersier.

#### B. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut lagi harus lebih kompleks dan lebih banyak titik data pengambilan di tiap masing masing saluran primer, sekunder dan tersier.

## DAFTAR PUSTAKA

- AdinegaraSubary, 2005, Volume Angkutan Sedimen Dipengaruhi Oleh Kecepatan Aliran, Volume 13,no.2,Edisi XXXII.
- Asdak, C. 2014. *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Daryl B. Simon and FuatSenturk, 1992, *Sediment Transport Technology*,Water Resources Publication, USA
- Direktorat Pengelolaan Air Irigasi, 2014. *Panduan Teknis Pemberdayaan Kelembagaan*. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Graf,1971,*Hydraulic of Sediment Transport*, McGraw-Hill,USA
- Ginting, M., 2014. *Rekayasa Irigasi Teori dan Perencanaan*. USU Press. Medan.
- Hamzah M, Umar. 2013, *Studi Pengaruh Lebar Sungai Terhadap Karakteristik Aliran Sedimen di Dasar*, *Journal Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, Makassar* ([http ://google](http://google),diakses 04 September 2014).
- Harianja, Jhonson A. 2007, *Tinjauan Energi Spesifik Akibat Penyempitan pada Saluran Terbuka*, *Majalah UKRIM edisi 1/th XII/2007*,Yogyakarta.. (<http://google>,diakses 04 September 2014).
- Hariany, S., B. Rosadi dan A. Nur, 2011. *Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi di Saluran Sekunder pada Berbagai Tingkat Pemberian Air di Pintu Ukur*. *Jurnal Rekayasa Vol 15, No. 3*.
- Hasibuan, G. M., 2004. *Pengairan dengan Beberapa Aspek Permasalahannya*. Harsoyo, B dan Suhadi. 1982. *Irigasi dan Drainase I*. Departemem Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Ikhsan, Cahyono. 2007, *Pengaruh Variasi Debit Air Terhadap Laju Bed Load pad Saluran Terbuka dengan Palo Aliran Steady Flow*, *Media Teknik Sipil*. (<http://google>,diakses 04 September 2014).
- Junaidi, 2012, *Kajian Angkutan Sedimen Dasar Pendekatan Laju Angkutan Sedimen Tak Berdimensi Einstein (1950)*, *Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri, Semarang*

- Karim, T Nenny. *Bahan Kuliah Angkutan Sedimen*, Teknik Sipil Unismuh Makassar, 2010.
- Mardjikoen, Pragnyono, 1987. *Transportasi Sedimen*, UGM.
- Mansoer S., 2013. *Penilaian Kinerja Sistem Jaringan Irigasi*. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Palangkaraya.
- Mokonio, dkk, 2013, *Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Saluwangko Di Desa Tounolet Kecamatan Kakas Kabupaten Minasahasa*, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.6. Universitas Sam Ratulangi. (<http://google>, diakses 09 November 2014).
- Rahajeng, E., 2001. *Kinerja Sistem Irigasi Daerah Irigasi Krisak Kabupaten Wonogiri*. [Tesis]. Program Studi Magister Teknik Sipil Konsentrasi Teknik Rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret, Surabaya
- Sebayang, M. S., 2014. *Evaluasi Kinerja Operasi dan Pemeliharaan Sistem Irigasi Medan Krio Di Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Setyawan, C., S. Susanto dan Sukirno., 2011. *Evaluasi Kinerja Sistem Irigasi*. Jurnal Teknotan Vol. 7, No. 2
- Subary 2005, *Volume Angkutan Sedimen dipengaruhi oleh Kecepatan Aliran*, Media Komunikasi Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Palembang, Palembang (<http://google>, diakses 15 Januari 2014).
- Sukri, Ahmad Syarif. 2013, *Analisa Sedimentasi Pada Bendungan Laeya Kabupaten Konawe Selatan*, Journal Teknik Universitas Haluoleo.
- Triatmodjo, Bambang. 2008, *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta
- Wirosoedarmo, dkk, 2011, *Perilaku Sedimen dan Pengaruh pada Jaringan Irigasi*, Jurnal Teknologi Pertanian Vol.12 .
- Yahya, Andi . 2013, *Studi Experimental Angkutan Sedimen Dasar pada Saluran Terbuka*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Yang, 1996, *Sediment Transport, Theory and Practice*, McGraw-Hill, Singapore.
- Yalin, 1997, *Mechanic of Sediment Transport*, Pergamon Press, USA