

**SKRIPSI**

**STUDI PERENCANAAN EMBUNG SUNGAI  
MAJENG KECAMATAN BATULAPPA  
KABUPATEN PINRANG**



**Disusun dan diajukan  
oleh**

**Ihkam Multazam Jamal  
105 81 1695 12**

**Adhy Pamungkas  
105 81 1719 12**

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



**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 : **STUDI PERENCANAAN EMBUNG SUNGAI MAJENG KECAMATAN BATU LAPPA KABUPATEN PINRANG**

Nama : **IHKAM MULTAZAM JAMAL  
ADHY PAMUNGKAS**


Stambuk : 105 81 1695 12  
105 81 1719 12


Makassar, 10 Agustus 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I


Pembimbing II

  
Dr. Ir. H. Muh. Idrus Ompo, SP., PSDA

  
Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan

  
Andi Makbul Syamsuri, ST., MT.  
NBM : 1183 084



# 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

ripsi atas nama Ikhram Multazam Jamal dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1695 12 dan Ikhram Pamungkas dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1719 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 dan Irigasi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu tanggal 7 Agustus 2019

Makassar, 9 Dzulhijah 1440 H  
10 Agustus 2019 M

Panitia Ujian :

Pengawas Umum

1. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.

Penguji

1. Ketua : Riswal K, ST.,MT

2. Sekretaris : Muh. Amir Zainuddin, ST.,MT.,IPM

3. Anggota : 1. Ir. Hamzah AL Imran, ST.,MT.,IPM

2. Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST.,MT

3. Farida Gaffar, ST., MM

Mengetahui :

Pembimbing I

  
Dr. Ir. H. Muh. Idrus Ompo, Sp., PSDA

Pembimbing II

  
Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT.

Dekan



  
Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM  
NBM : 855 500

# STUDI PERENCAAN EMBUNG SUNGAI MAJENG KECAMATAN BATULAPPA KABUPATEN PINRANG

Ihkam Multazam Jamal<sup>1</sup>. Adhy Pamungkas<sup>2</sup>

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : [ihkammultazam@gmail.com](mailto:ihkammultazam@gmail.com) / [adhypamungkass93@gmail.com](mailto:adhypamungkass93@gmail.com)

## Abstrak

Embung merupakan bangunan yang berfungsi menampung kelebihan air yang terjadi pada musim hujan untuk persediaan suatu desa di musim kering. Selama musim kering air akan dimanfaatkan oleh desa untuk memenuhi kebutuhan penduduk. Embung adalah bangunan yang berfungsi menyimpan air hujan dalam suatu kolam dan kemudian dioperasikan selama musim kering untuk berbagai kebutuhan air suatu desa, yaitu rumah tangga, hewan ternak, kebun, dan lain-lain. Klasifikasi embung dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yaitu Embung Besar dengan tampungan antara 100.000 m<sup>3</sup> – 500.000 m<sup>3</sup> dan tubuh embung mempunyai tinggi maksimum 15 m, Embung Sedang dengan tampungan 10.000 m<sup>3</sup> - 100.000 m<sup>3</sup> dan tubuh embung mempunyai tinggi maksimum 10 m, dan Embung Kecil dengan tampungan < 10.000 m<sup>3</sup> dan tubuh embung mempunyai tinggi maksimum 5 m.

**Kata kunci** : Embung, Sungai, Tampungan Air

## Abstract

SmallDam is a building that functions to collect water that occurs during the rainy season to be prepared in the summer village. During the dry season, water will be used by villages to meet the needs of the population. SmallDam is a building that functions to store water in a place and then run in the dry season for various water needs in a village, namely households, livestock, gardens, and others. The reservoir classification is divided into 3 (three) types, namely a large reservoir with a storage area 100,000 m<sup>3</sup> - 500,000 m<sup>3</sup> and a reservoir body has a maximum of 15 m, a medium reservoir with a storage area 10,000 m<sup>3</sup> - 100,000 m<sup>3</sup> and a reservoir body has a maximum height of 10 m, and a small reservoir with a storage area <10,000 m<sup>3</sup> and reservoir body has a maximum height of 5 m.

**Keywords** : SmallDam, River, Water Reservoir

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayahnya lah sehingga dapat menyusun proposal tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Proposal tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan Akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Adapun judul tugas akhir kami adalah **“STUDI PERENCANAAN EMBUNG SUNGAI MAJENG KECAMATAN BATULAPPA KABUPATEN PINRANG”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan- kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitugn-perhitungan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

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

1. Bapak Ir. Hamzah Ali Imran, S.T.,M.T sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. dan seluruh pimpinan serta Bapak/Ibu Dosen/Karyawan atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Bapak Andi Makbul Syamsuri, S.T.,M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Dr. Ir. H.Muh. Idrus Ompo selaku Pembimbing 1 dan Bapak Dr. Muh. Yunus Ali, S.T.,M.T selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
4. Saudara saudaraku serta rekan rekan Mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus Angkatan 2012 yang dengan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan proposal tugas akhir kami.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih banyak yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang , doa serta pengorbanannya terutama dalam bentuk materi untuk menyelesaikan kuliah kami.

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

**“Billahi Fii Sabilil Hak Fastabikul Khaerat”**

Makassar,.....Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABLE .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian .....	4
E. Batasan Masalah .....	5
F. Sistematika Penulisan .....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. Tinjauan Umum .....	6
B. Kriteria Embung .....	7
C. Analisis Hidrologi .....	8
D. Perhitungan Curah Hujan Rencana .....	9
1. Metode Gumbel Tipe I.....	10
2. Metode Distribusi Log Pearson Tipe III.....	12
3. Metode Log Normal .....	14
E. Uji Keselarasan .....	15
1. Uji Keselarasan chi square.....	15

2. Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorov.....	17
F. Perhitungan Intenstias Curah Hujan.....	18
G. Penelusuran Banjir (Flood Routing) .....	20
H. Perencanaan Embung .....	22
1. Tipe Embung .....	22 a.
Tipe Embung Berdasarkan Tujuan .....	23 b. Tipe
Embung Berdasarkan Penggunaannya .....	23 c. Tipe
Embung Berdasar Jalannya Air .....	24 d. Tipe
Embung Berdasarkan Material .....	24
2. Pemilihan Lokasi dan Tipe Embung.....	25
3. Rencana Teknis Pondasi .....	26
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
A. Lokasi Penelitian .....	28
B. Jenis Penelitian .....	29
C. Alat dan Kegunaanya .....	29
D. Model Analisis.....	32
E. Bagan Alir Penelitian .....	40
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
A. Analisis Hidrologi .....	41
1. Curah Hujan .....	42
2. Klimatologi.....	45
3. Curah Hujan Rencana .....	50
4. Debit Banjir Rencana.....	60
5. Debit Andalan.....	63
6. Neraca Air .....	65
B. Analisa Struktur .....	69
1. Tinggi Tubuh Embung.....	69
2. Lebar Mercu Embung .....	69



4. Panjang Dasar Embung .....	70
5. Penimbunan Ekstra .....	71

**BAB V. PENUTUP** .....

A. Kesimpulan .....	72
B. Saran.....	72

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hubungan <i>Reduced meand (Yn)</i> dengan besarnya sampel.....	11
Tabel 2. Hubungan <i>Reduced Standard Deviation (Sn)</i> dengan besarnya Sampel.....	11
Tabel 3. <i>Reduced Variate (Yt)</i> .....	11
Tabel 4. Harga <i>k</i> untuk Distribusi <i>Log Pearson Tipe III</i> .....	13
Tabel 5. Faktor Frekuensi <i>K</i> untuk Distribusi Log Normal 3 Parameter .....	15
Tabel 6. Nilai Kritis untuk Distribusi <i>Chi-Square</i> .....	16
Tabel 7. Nilai Delta Maksimum untuk uji keselarasan <i>Smirnov</i> <i>Kolmogorof</i> .....	18
Tabel 8. Contoh Tabel <i>Flood routing</i> dengan <i>Step By Step Method</i> .....	21
Tabel 9. Curah Hujan Bulanan Stasiun Bendung Benteng.....	43
Tabel 10. Curah Hujan Bulanan Stasiun Talang Riaja. ....	43
Tabel 11. Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan Stasiun Bendung Benteng (2003 - 2012).....	44
Tabel 12. Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan Stasiun Talang Riaja (2003 - 2012).....	44
Tabel 13. Informasi klimatologi.....	46
Tabel 14. Harga <i>Kn</i> Untuk Pemeriksaan <i>Outlier</i> . ....	51
Tabel 15. Hasil Perhitungan <i>Uji Outlier</i> Data Hujan <i>DAS</i> .....	51
Tabel 16. Curah Hujan Harian Maksimal <i>SUB DAS</i> Batulappa.....	52

Tabel 17. Hasil Distribusi dengan Menggunakan Metode <i>Gumbel</i> .....	54
Tabel 18. Curah Hujan Rancangan dengan Menggunakan Metode <i>Gumbel</i> .....	54
Tabel 19. Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas untuk Distribusi <i>Gumbel</i> .....	55
Tabel 20. Perhitungan <i>Uji Chi-Kuadrat</i> Untuk Distribusi <i>Gumbel</i> .....	55
Tabel 21. Perhitungan <i>Uji Smirnov-Kolmogorov</i> Untuk Distribusi <i>Gumbel</i> .....	55
Tabel 22. Hasil Distribusi dengan Menggunakan Metode <i>Log Pearson</i> <i>Type III</i> .....	57
Tabel 23. Curah Hujan Rancangan dengan Menggunakan Metode <i>Log Pearson Type III</i> .....	58
Tabel 24. Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas untuk Distribusi <i>Log Pearson Type III</i> .....	58
Tabel 25. Perhitungan <i>Uji Chi-Kuadrat</i> Untuk Distribusi <i>Log Pearson</i> <i>Type III</i> .....	59
Tabel 26. Perhitungan <i>Uji Smirnov-Kolmogorov</i> Untuk Distribusi <i>Log Pearson Type III</i> .....	59
Tabel 27. Rekap Hasil Pengujian Distribusi.....	59
Tabel 28. Curah Hujan Rancangan .....	60
Tabel 29. Hasil perhitungan debit banjir Metode <i>Weduwen</i> .....	61
Tabel 30. Hasil perhitungan debit banjir Metode <i>Hasper</i> .....	62
Tabel 31. Rekap hasil perhitungan debit banjir.....	63

Tabel 32. Potensi Ketersediaan Air *SUB DAS* Batulappa.....63

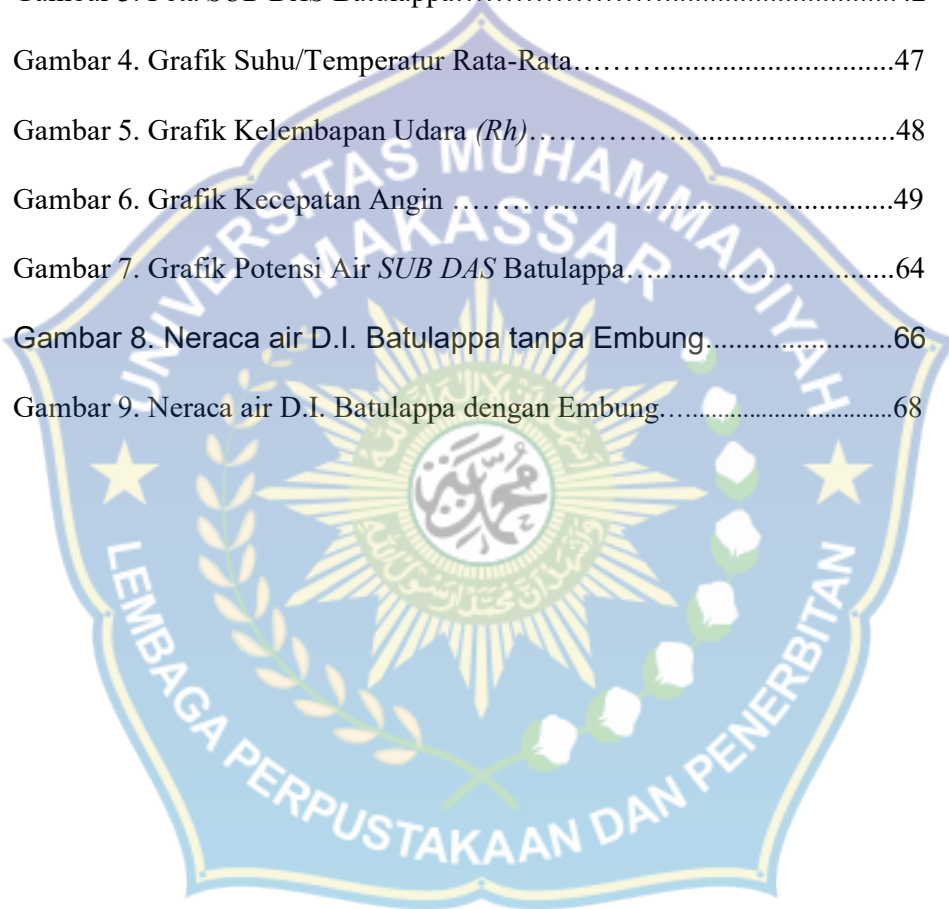
Tabel 33. Neraca Air *SUB DAS* Batulappa Tanpa Embung .....65

Tabel 34. Neraca Air *SUB DAS* Batulappa Dengan Embung.....67



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Lokasi Penelitian.....	28
Gambar 2. Peta Lokasi Pos Hujan & Pos Klimatologi.....	41
Gambar 3. Peta <i>SUB DAS</i> Batulappa.....	42
Gambar 4. Grafik Suhu/Temperatur Rata-Rata.....	47
Gambar 5. Grafik Kelembapan Udara ( <i>Rh</i> ).....	48
Gambar 6. Grafik Kecepatan Angin .....	49
Gambar 7. Grafik Potensi Air <i>SUB DAS</i> Batulappa.....	64
Gambar 8. Neraca air D.I. Batulappa tanpa Embung.....	66
Gambar 9. Neraca air D.I. Batulappa dengan Embung.....	68



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Air merupakan salah satu unsur utama untuk kelangsungan hidup manusia, disamping itu air juga mempunyai arti penting dalam rangka meningkatkan taraf hidup masyarakat. Air yang dibiarkan ke laut dan tidak dimanfaatkan atau disimpan, akan hilang secara percuma tanpa dapat dirasakan manfaatnya. Walaupun air kita jumpai di mana mana namun kuantitas, kualitas dan distribusinya (terhadap ruang dan waktu) sering tidak sesuai dengan keperluan.

Air sangat erat hubungannya dengan kehidupan manusia, air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, karena air merupakan salah satu media dari berbagai macam penularan penyakit, terutama penyakit perut.

Peningkatan kuantitas air adalah syarat kedua setelah kualitas, karena semakin maju tingkat hidup seseorang, maka akan semakin tinggi pula tingkat kebutuhan air dari masyarakat tersebut. Untuk keperluan minum maka dibutuhkan air rata-rata sebesar 5 liter/hari, sedangkan secara keseluruhan kebutuhan air di suatu rumah tangga untuk masyarakat Indonesia diperlukan sekitar 60 liter/hari. Jadi untuk negara-negara yang sudah maju kebutuhan air pasti lebih besar dari kebutuhan untuk negara-negara yang sedang berkembang.

Dengan pertumbuhan penduduk yang pesat, sumber-sumber air telah menjadi salah satu kekayaan yang sangat penting. Air tidak hanya menjadi hal pokok bagi konsumsi dan sanitasi umat manusia, tapi juga untuk produksi barang industri. Air tersebar tidak merata diatas bumi, sehingga ketersediaannya disuatu tempat akan sangat bervariasi. Perencanaan yang didasarkan keahlian serta pengolahan yang seksama merupakan hal yang penting untuk mencapai tingkat efisiensi pemanfaatan air yang akan dibutuhkan di masa yang akan datang. Walaupun demikian, usaha-usaha ini haruslah mempunyai lingkup yang lebih luas. Investasi dalam pengembangan sumber daya air dipengaruhi oleh pertimbangan-pertimbangan ekonomi, sosial, dan politis serta kenyataan-kenyataan teknik dasar.

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi yang sangat vital bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di muka bumi. Untuk itu air perlu dilindungi agar dapat tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa air memiliki peran yang sangat strategis dan harus tetap tersedia dan lestari, sehingga mampu mendukung kehidupan dan pelaksanaan pembangunan di masa kini maupun di masa mendatang. Tanpa adanya air maka kehidupan tidak dapat berjalan normal.

Dari beberapa daerah Kabupaten di Sulawesi Selatan sering mengalami permasalahan dengan air, terutama pada saat musim kemarau. Khususnya di Kecamatan Batulappa Kabupaten Pinrang yang sering mengalami banjir saat musim hujan dan kekeringan saat musim kemarau. Sehubungan dengan permasalahan tersebut, upaya pemecahannya diperlukan

bangunan yang dapat menampung air antara lain bendung, embung dan lain-lain. Untuk Kecamatan Batulappa terdapat sungai yang dimusim hujan sering terjadi banjir dan diperlukan wadah/tampungan air saat musim hujan yang dapat mengurangi bencana banjir, saat musim kemarau air yang ditampung dapat digunakan untuk kebutuhan air baku dan irigasi.

Sungai Majeng yang terletak di Kecamatan Batulappa Kabupaten Pinrang yang sering meluap saat musim hujan ini perlu ditindak lanjuti. Sungai ini juga memiliki potensi yang dapat memenuhi kebutuhan air untuk masyarakat di daerah tersebut pada saat musim kemarau, terutama untuk irigasi yang dapat di aliri meskipun musim kemarau. Di Sungai Majeng sudah ada bangunan air yaitu Bendung yang telah dibangun oleh Pemprov untuk irigasi yang ada di Kecamatan Batulappa, akan tetapi bendung tersebut tidak lagi berfungsi dengan baik di karenakan terjadi sedimentasi yang menyebabkan debit tampungan bendung menjadi berkurang.

Kecamatan Batulappa ini memiliki 5 Kelurahan/Desa yang memiliki 2.294 rumah tangga dengan jumlah penduduk 10.027 jiwa. Dengan jumlah penduduk tersebut menyebabkan kekurangan air ketika musim kemarau karena tidak adanya tampungan air.

Oleh karena itu kami melakukan suatu penelitian dengan judul **Studi Perencanaan Embung Sungai Majeng Kecamatan Batulappa Kabupaten Pinrang** guna mendapatkan suatu perencanaan bangunan Embung dan bangunan pelengkap nya sesuai dengan kebutuhan serta sesuai dengan asas Pengelolaan Sumber Daya Air.



## **B. Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang tersebut di atas, maka dapat dirumuskan suatu masalah yaitu:

1. Bagaimana ketersediaan air dalam perencanaan Embung Sungai Majeng?
2. Menghitung tinggi dan lebar mercu Embung Sungai Majeng.

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui ketersediaan air di Sungai Majeng dan menentukan lokasi As Embung.

## **D. Manfaat Penelitian**

Sebagaimana hakikat dari suatu penelitian yang senantiasa diharapkan dapat memberikan kegunaan atau manfaat, baik secara langsung maupun tidak langsung, maka penelitian ini juga diharapkan dapat memberi manfaat, sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui ketersediaan air yang ada di Sungai Majeng.
2. Sebagai masukan dalam rencana pembangunan Embung di Sungai Majeng.
3. Sebagai bahan informasi bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian khususnya dalam perencanaan Embung.

### **E. Batasan Masalah**

Agar tujuan penulisan ini mencapai sasaran yang diinginkan dan lebih terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah, diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Batulappa, Kabupaten Pinrang.
2. Evaluasi terbatas pada kondisi daerah aliran Sungai Majeng.
3. Rencana penelitian dengan melakukan pengukuran topografi, analisa hidrologi, analisa struktur, serta pengujian kualitas air.

### **F. Sistematika Penulisan**

Sistematika dalam penulisan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut :

**BAB I**, merupakan pendahuluan yang berisikan penjelasan umum mengenai materi pembahasan yakni latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II**, merupakan landasan teori atau kajian pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini dan penelitian yang pernah dilakukan.

**BAB III**, merupakan metode penelitian yaitu lokasi penelitian, jenis penelitian,, dan metode penelitian.

**BAB IV**, menguraikan hasil analisis dan pembahasan data untuk debit air di sungai majeng dan perencanaan embung di Sungai Majeng.

**BAB V**, Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran sehubungan dengan pengembangan dalam penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum**

Embung merupakan bangunan yang berfungsi menampung kelebihan air yang terjadi pada musim hujan untuk persediaan suatu desa di musim kering. Selama musim kering air akan dimanfaatkan oleh desa untuk memenuhi kebutuhan penduduk. Di musim hujan embung tidak beroperasi karena air di luar embung tersedia cukup banyak untuk memenuhi kebutuhan penduduk. Oleh karena itu pada setiap akhir musim hujan sangat diharapkan kolam embung dapat terisi penuh air sesuai rencana. Embung terdiri dari berbagai komponen, yaitu :

1. Daerah tadah hujan, paling luas 100 ha
2. Tubuh embung paling tinggi 10 m, berfungsi menutup lembah atau cekungan sehingga air dapat tertahan di udiknya.
3. kolam embung, isi paling besar 100000 m<sup>3</sup> berfungsi menampung air hujan.
4. Alat sadap, berfungsi mengeluarkan air dari embung bila diperlukan.
5. Jaringan pipa distribusi, berupa rangkaian pipa yang berfungsi membawa air dari embung ke bak tendon air harian di dekat pemukiman.
6. Pelimpah, berfungsi mengalirkan banjir dari embung ke lembah untuk mengamankan tubuh embung atau dinding kolam terhadap peluapan.
7. Bak penampung air.

Sebagai dasar perencanaan adalah terciptanya bangunan yang berfungsi secara baik dan selama dalam masa pelaksanaan pembangunan dan pengoperasian hingga akhir usia gunanya harus aman dan sesuai dengan yang direncanakan.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan ini adalah :

1. Dihindarkan terjadinya limpasan permukaan pada puncak embung yang dapat menyebabkan bobolnya tubuh embung.
2. Lereng hulu dan hilir embung harus tahan terhadap bahaya-bahaya kelongsoran.
3. Penimbunan material sebaiknya dilaksanakan pada kondisi dan situasi yang sesuai serta dilakukan secara bertahap sesuai prosedur yang berlaku.
4. Aliran filtrasi yang melalui tubuh embung masih dapat diperkenankan pada batas-batas tertentu sesuai dengan syarat yang diijinkan.
5. Keadaan tanah untuk pondasi embung harus memenuhi syarat yang diijinkan.

#### **B. Kriteria Embung**

Embung adalah bangunan yang berfungsi menyimpan air hujan dalam suatu kolam dan kemudian dioperasikan selama musim kering untuk berbagai kebutuhan air suatu desa, yaitu rumah tangga, hewan ternak, kebun, dan lain-lain.

Klasifikasi embung dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yaitu:

1. Embung Besar
  - a. Tampangannya antara 100.000 m<sup>3</sup> – 500.000 m<sup>3</sup>,
  - b. Tubuh embung mempunyai tinggi maksimum 15 m,

## 2. Embung Sedang

- a. Daerah tadah hujan paling luas 100 ha,
- b. Tampungan 10.000 m<sup>3</sup> - 100.000 m<sup>3</sup>,
- c. Tubuh embung mempunyai tinggi maksimum 10 m,

## 3. Embung Kecil

- a. Tampungan < 10.000 m<sup>3</sup>,
- b. Tubuh embung mempunyai tinggi maksimum 5 m.

Adapun embung dilengkapi dengan bangunan sebagai berikut: :

- a. Pelimpah berupa saluran terbuka dengan kapasitas sama dengan banjir 50 tahunan (Q<sub>50</sub>),
- b. Bangunan pengambil,
- c. Jaringan pipa distribusi dan rumah pompa jika diperlukan,
- d. Bak air untuk rumah tangga termasuk didalamnya pengolah air embung,
- e. Bak air untuk hewan ternak,
- f. Bak air untuk kebun.

## C. Analisis Hidrologi

Hidrologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sistem kejadian air di atas, pada permukaan dan di dalam tanah. Definisi tersebut terbatas pada hidrologi rekayasa. Secara luas hidrologi meliputi pula berbagai bentuk air termasuk transformasi antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang

merupakan sumber dan penyimpan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi ini. Curah hujan pada suatu daerah merupakan faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya. Analisis hidrologi dilakukan untuk mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi daerah aliran sungai. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit air yang ekstrim maupun yang wajar yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam penelitian Perencanaan Embung di Sungai Majeng Kabupaten Pinrang.

#### **D. Perhitungan Curah Hujan Rencana**

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan pembuatan embung. Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 2003). Curah hujan area ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Untuk meramal curah hujan rencana dilakukan

dengan analisis frekuensi data hujan Ada beberapa metode analisis frekuensi yang dapat digunakan yaitu:

### 1. Metode *Gumbel Tipe I*

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi *Gumbel Tipe I* digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y_T - Y_n) \quad (1)$$

di mana :

$X_T$  = nilai variat yang diharapkan terjadi.

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung variat

$S$  = Standar Deviasi (simpangan baku)

$$= \frac{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}}{n - 1}$$

$Y_T$  = nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu hubungan antara periode ulang  $T$  dengan  $Y_T$  dapat dilihat pada Tabel 2.3 atau dapat dihitung dengan rumus :

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \frac{T-1}{T} \right] : \text{untuk } T \geq 20, \text{ maka } Y = \ln T$$

$Y_n$  = nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduce variate*) nilainya tergantung dari jumlah data ( $n$ ) dan dapat dilihat pada Tabel 1

$S_n$  = deviasi standar dari reduksi variat (*mean of reduced variate*) nilainya tergantung dari jumlah data ( $n$ ) dan dapat dilihat pada Tabel 2

**Tabel 1** Hubungan *Reduced meand (Yn)* dengan besarnya sampel

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,495	0,499	0,503	0,507	0,510	0,512	0,515	0,518	0,520	0,522
20	0,523	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,582	0,588	0,534	0,535
30	0,536	0,537	0,538	0,538	0,539	0,540	0,541	0,541	0,542	0,543
40	0,546	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548
50	0,548	0,548	0,549	0,549	0,550	0,550	0,550	0,551	0,551	0,551
60	0,552	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554
70	0,554	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556
80	0,556	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558
90	0,558	0,558	0,558	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
100	0,560									

(dalam Soemarto, 1999)

**Tabel 2** Hubungan *Reduced Standard Deviation (Sn)* dengan besarnya Sampel

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,949	0,967	0,983	0,997	1,009	1,020	1,031	1,041	1,049	1,056
20	1,062	1,069	1,075	1,081	1,086	1,091	1,096	1,100	1,104	1,108
30	1,112	1,115	1,119	1,122	1,125	1,128	1,131	1,133	1,136	1,138
40	1,141	1,143	1,145	1,148	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159
50	1,160	1,162	1,163	1,165	1,166	1,168	1,169	1,170	1,172	1,173
60	1,174	1,175	1,177	1,178	1,179	1,180	1,181	1,182	1,183	1,184
70	1,185	1,186	1,187	1,188	1,189	1,189	1,190	1,191	1,192	1,193
80	1,193	1,194	1,195	1,195	1,196	1,197	1,198	1,198	1,199	1,200
90	1,200	1,201	1,202	1,203	1,203	1,204	1,204	1,204	1,205	1,206
100	1,206									

(Soemarto, 1999)

**Tabel 3** Reduced Variate ( $Y_t$ )

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0,366
5	1,499
10	2,250
20	2,960
25	3,198
50	3,901
10	4,600
20	5,296
50	6,214
100	6,919
500	8,539
100	9,921

(Soemarto, 1999)



## 2. Metode *Distribusi Log Pearson Tipe III*

Metode *Log Pearson Tipe III* apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \quad (2)$$

di mana :

X = curah hujan

Y = nilai logaritmik dari X atau log X

$\bar{Y}$  = rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y

S = deviasi standar nilai Y

k = karakteristik distribusi peluang Log Pearson Tipe III (dapat dilihat pada Tabel 2.4)

Langkah-langkah perhitungan kurva distribusi Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

1. Tentukan logaritma dari semua nilai variat X.
2. Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log(X)} = \frac{\sum \log(X)}{n}$$

3. Hitung nilai deviasi standarnya dari log X :

$$S \log(X) = \sqrt{\frac{\sum (\log(X) - \overline{\log(X)})^2}{n - 1}}$$

4. Hitung nilai koefisien kemenangan (CS) :

$$CS = \frac{n \sum (\log(X) - \overline{\log(X)})^2}{(n-1)(n-2)(S \log(X))^3}$$

sehingga persamaan dapat ditulis :

$$\log X = \overline{\log(X)} + k(S \log(X))$$

5. Tentukan anti log dari log X, untuk mendapatkan nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode ulang tertentu sesuai dengan nilai CS-nya. Nilai k dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4** Harga k untuk Distribusi *Log Pearson Tipe III*

Kemencengan	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540

Lanjutan Tabel 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Soewarno, 1995)

### 3. Metode *Log Normal*

Metode *Log Normal* apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (dalam Soewarno, 1995) :

$$X = \bar{X} + k \cdot S \quad (3)$$

di mana :

X = nilai yang diharapkan akan terjadi pada periode ulang tertentu

$\bar{X}$  = nilai rata-rata kejadian dari variabel kontinyu X

S = deviasi standar variabel kontinyu X

K = karakteristik distribusi peluang log-normal 3 parameter yang merupakan fungsi dari koefisien kemencengan CS (lihat Tabel 5)

**Tabel 5** Faktor Frekuensi K untuk Distribusi Log Normal 3 Parameter

Koefisien Kemencengan (CS)	Peluang kumulatif (%)					
	50	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	20	50	100
-2,00	0,2366	-0,6144	-1,2437	-1,8916	-2,7943	-3,5196
-1,80	0,2240	-0,6395	-1,2621	-1,8928	-2,7578	-3,4433
-1,60	0,2092	-0,6654	-1,2792	-1,8901	-2,7138	-3,3570
-1,40	0,1920	-0,6920	-1,2943	-1,8827	-2,6615	-3,2601
-1,20	0,1722	-0,7186	-1,3067	-1,8696	-2,6002	-3,1521
-1,00	0,1495	-0,7449	-1,3156	-1,8501	-2,5294	-3,0333
-0,80	0,1241	-0,7700	-1,3201	-1,8235	-2,4492	-2,9043
-0,60	0,0959	-0,7930	-0,3194	-1,7894	-2,3600	-2,7665
-0,40	0,0654	-0,8131	-0,3128	-1,7478	-2,2631	-2,6223
-0,20	0,0332	-0,8296	-0,3002	-1,6993	-2,1602	-2,4745
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,20	-0,0332	0,8996	0,3002	1,5993	2,1602	2,4745
0,40	-0,0654	0,8131	0,3128	1,7478	2,2631	2,6223
0,60	-0,0959	0,7930	0,3194	1,7894	2,3600	2,7665
0,80	-0,1241	0,7700	1,3201	1,8235	2,4492	2,9043
1,00	-0,1495	0,7449	1,3156	1,8501	2,5294	3,0333
1,20	-0,1722	0,7186	1,30567	1,8696	2,6002	3,1521
1,40	-0,1920	0,6920	1,2943	1,8827	2,6615	3,2601
1,60	-0,2092	0,6654	1,2792	1,8901	2,7138	3,3570
1,80	-0,2240	0,6395	1,2621	1,8928	2,7578	3,4433
2,00	-0,2366	0,6144	1,2437	1,8916	2,7943	3,5196

(Soewarno, 1995)

**E. Uji Keselarasan**

Hal ini dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaam distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada dua jenis keselarasan (*Goodnes of Fit Test*), yaitu uji keselarasan *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorof*. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah nilai hasil perhitungan yang diharapkan (*dalam Soewarno, 1995*).

1. Uji keselarasan *chi square*

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah

pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai *chi square* ( $f^2$ ) dengan nilai *chi square* kritis ( $f^2_{cr}$ ).

Digunakan rumus (dalam Soewarno, 1995):

$$f^2 = \sum \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \quad (4)$$

di mana :

$f^2$  = harga *chi square*

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan *chi square* kritis (didapat dari Tabel 6) paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut:

**Tabel 6** Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi-Square*

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819

Lanjutan Tabel 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,41	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Soewarno, 1995)

## 2. Uji keselarasan *Smirnov Kolmogorof*

Pengujian kecocokan sebaran dengan metode ini dilakukan dengan membandingkan probabilitas untuk tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat perbedaan ( $\Delta$ ) tertentu. Perbedaan maksimum yang dihitung ( $\Delta_{maks}$ ) dibandingkan dengan perbedaan kritis ( $\Delta_{cr}$ ) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika ( $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ ).

Rumus yang dipakai (Soewarno, 1995):

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(xi)}{\Delta Cr} \quad (5)$$

**Tabel 7** Nilai Delta Maksimum untuk uji keselarasan *Smirnov Kolmogorof*

N	A			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

(dalam Soewarno, 1995)

#### F. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Untuk menentukan debit banjir rencana (*design flood*), perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metoda rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Loebis, 1987).

##### 1. Menurut Dr. Mononobe

Rumus yang dipakai (Soemarto, 1999):

$$I = \frac{R_{24}}{24} * \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (6)$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (*mm/jam*)

$R_{24}$  = curah hujan maksimum dalam 24 jam (*mm*)

$t$  = lamanya curah hujan (*jam*)

## 2. Menurut *Sherman*

Rumus yang digunakan (*Soemarto, 1999*):

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (7)$$

di mana :

$I$  = intensitas curah hujan (*mm/jam*)

$t$  = lamanya curah hujan (*menit*)

## 3. Menurut *Talbot*

Rumus yang dipakai (*Soemarto, 1999*):

$$I = \frac{a}{(t+b)} \quad (8)$$

di mana :

$I$  = intensitas curah hujan (*mm/jam*)

$t$  = lamanya curah hujan (*menit*)

$a, b$  = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

## 4. Menurut *Ishiguro*

Rumus yang digunakan (*Soemarto, 1999*):



$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b} \quad (9)$$

di mana :

I = intensitas curah hujan (*mm/jam*)

t = lamanya curah hujan (menit)

a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

### G. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran banjir dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik hidrograf outflow/keluaran, yang sangat diperlukan dalam pengendalian banjir. Perubahan hidrograf banjir antara *inflow (I)* dan *outflow (O)* karena adanya faktor tampungan atau adanya penampang sungai yang tidak seragam atau akibat adanya meander sungai. Jadi penelusuran banjir ada dua, untuk mengetahui perubahan inflow dan outflow pada waduk dan inflow pada satu titik dengan suatu titik di tempat lain pada sungai (*Soemarto, 1999*).

Perubahan *inflow* dan *outflow* akibat adanya tampungan. Maka pada suatu waduk terdapat *inflow* banjir (*I*) akibat adanya banjir dan *outflow (O)* apabila muka air waduk naik, di atas *spillway* (terdapat limpasan) (*Soemarto, 1999*).

- $I > O$  tampungan waduk naik elevasi muka air waduk naik.
- $I < O$  tampungan waduk turun elevasi muka waduk turun.

Pada penelusuran banjir berlaku persamaan kontinuitas (*Sosrodarsono, 1993*).

$$I - O = \Delta S \quad (10)$$

$\Delta S$  = perubahan tampungan air di waduk

Persamaan kontinuitas pada periode  $\Delta t = t_1$

$$\left[ \frac{I_1 + I_2}{2} \right] * \Delta t - \left[ \frac{O_1 + O_2}{2} \right] * \Delta t = S_2 - S_1 \quad (11)$$

Misalnya penelusuran banjir pada waduk, maka langkah yang diperlukan adalah :

- 1) Menentukan hidrograf inflow sesuai skala perencanaan.
- 2) Menyiapkan data hubungan antara volume dan area waduk dengan elevasi waduk.
- 3) Menentukan atau menghitung debit limpasan spillway waduk pada Setiap ketinggian air diatas spillway dan dibuat dalam grafik.
- 4) Ditentukan kondisi awal waduk (muka air waduk) pada saat dimulai routing. Hal ini diperhitungkan terhadap kondisi yang paling bahaya dalam rangka pengendalian banjir.
- 5) Menentukan periode waktu peninjauan  $t_1, t_2, \dots, \text{dst}$ , semakin periode waktu ( $t_2 - t_1$ ) semakin kecil adalah baik.
- 6) Selanjutnya perhitungan dilakukan dengan tabel, seperti contoh di bawah (dengan cara analisis langkah demi langkah).

**Tabel 8** Contoh Tabel *Flood routing* dengan *Step By Step Method*

Waktu ke:	t	I Inflow	Ir Rata <sup>2</sup>	Volume Ir*t	Asumsi el. Waduk	O outflow	Or rata <sup>2</sup>	Vol Or*t	S Storage	Kumulatif Storage x 10 <sup>3</sup>	Elv. M.a. Waduk
1		1			70	0				1000	70
2	60		2	720			1	3600	3600		
dst		3			71,2	2				1003.6	71.1

(Kadoatie dan Sugiyanto, 2000)

## H. Perencanaan Embung

Tinjauan Umum Perencanaan embung memerlukan bidang-bidang ilmu pengetahuan lain yang dapat mendukung untuk memperoleh hasil perencanaan konstruksi embung yang bermutu, komprehensif dan bangunan multiguna. Ilmu geologi, hidrologi, hidrolika dan mekanika tanah merupakan beberapa ilmu yang akan digunakan dalam perencanaan embung ini yang saling berhubungan. Dasar teori ini dimaksudkan untuk memaparkan secara singkat mengenai dasar-dasar teori perencanaan embung yang akan digunakan dalam perhitungan konstruksi dan bangunan pelengkap.

Dalam perhitungan dan perencanaan embung, ada beberapa acuan yang harus dipertimbangkan untuk mengambil suatu keputusan. Untuk melengkapi perencanaan embung ini, maka digunakan beberapa standar antara lain : Tata Cara Penghitungan Struktur Beton SK SNI T-15-1991-03, Penentuan Beban Gempa pada Bangunan Pengairan, 1999/2000, Panduan Perencanaan Bendungan Urugan, Juli 1999, Peraturan Muatan Indonesia 1970 serta beberapa standar lainnya.

Embung adalah bangunan konservasi air berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan serta sumber air lainnya untuk mendukung usaha pertanian, perkebunan dan peternakan terutama pada saat musim kemarau. Embung merupakan cekungan yang dalam di suatu daerah perbukitan. Air embung berasal dari limpasan air hujan yang jatuh di daerah tangkapan. Embung adalah bangunan penyimpan air yang dibangun di daerah depresi.

### 1. Tipe Embung

Tipe embung dapat dikelompokkan menjadi 4 keadaan yaitu :

a. Tipe Embung Berdasar Tujuan Pembangunannya

Ada 2 tipe yaitu embung dengan tujuan tunggal dan embung serba guna (dalam Sudibyo, 1993)

- (1). Embung dengan tujuan tunggal (*single purpose dams*) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja, misalnya untuk pembangkit tenaga listrik atau irigasi (pengairan) atau pengendalian banjir atau perikanan darat atau tujuan lainnya tetapi hanya untuk satu tujuan saja.
- (2). Embung serba guna (*multipurpose dams*) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan misalnya pembangkit tenaga listrik (PLTA) dan irigasi (pengairan), pengendalian banjir dan PLTA, air minum dan air industri, PLTA, pariwisata dan irigasi dan lain-lain.

b. Tipe Embung Berdasar Penggunaannya

Menurut *Soedibyo (1993)* dibedakan menjadi :

- (1). Embung penampung air (*storage dams*) adalah embung yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan. Termasuk dalam embung penampung air adalah untuk tujuan rekreasi, perikanan, pengendalian banjir dan lain- lain.
- (2). Embung pembelok (*diversion dams*) adalah embung yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk keperluan mengalirkan air kedalam sistem aliran menuju ke tempat yang memerlukan.
- (3). Embung penahan (*detention dams*) adalah embung yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek

aliran banjir yang mendadak. Air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (*outlet*). Air ditahan selama mungkin dan dibiarkan meresap di daerah sekitarnya.

c. Tipe Embung Berdasar Jalannya Air

Ada 2 tipe yaitu embung untuk dilewati air dan embung untuk menahan air (*Sudibyo, 1993*).

- (1). Embung untuk dilewati air (*overflow dams*) adalah embung yang dibangun untuk dilimpasi air misalnya pada bangunan pelimpah (*spillway*).
- (2). Embung untuk menahan air (*non overflow dams*) adalah embung yang sama sekali tidak boleh dilimpasi air. Kedua tipe ini biasanya dibangun berbatasan dan dibuat dari beton, pasangan batu atau pasangan bata.

d. Tipe Embung Berdasarkan Material Pembentuknya

Ada 2 tipe yaitu embung urugan, embung beton dan embung lainnya (*Sudibyo, 1993*).

- (1). Embung urugan (*fill dams, embankment dams*) adalah embung yang dibangun dari hasil penggalian bahan (*material*) tanpa tambahan bahan lain yang bersifat campuran secara kimia, jadi betul-betul bahan pembentuk embung asli. Embung ini masih dapat dibagi menjadi dua yaitu :

- embung urugan serba sama (*homogeneous dams*) adalah embung apabila bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan gradasinya (susunan ukuran butirannya) hampir seragam.

- embung zonal adalah embung apabila timbunan yang membentuk tubuh embung terdiri dari batuan dengan gradasi (susunan ukuran butiran) yang berbeda-beda dalam urutan-urutan pelapisan tertentu.

(2). Embung beton (*concrete dam*) adalah embung yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan permukaan hulu dan hilir tidak sama pada umumnya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya lebih ramping. Embung ini masih dibagi lagi menjadi : embung beton berdasar berat sendiri stabilitas tergantung pada massanya, embung beton dengan penyangga (*buttress dam*) permukaan hulu menerus dan di hilirnya pada jarak tertentu ditahan, embung beton berbentuk lengkung dan embung beton kombinasi.

## 2. Pemilihan Lokasi dan Tipe Embung

Embung merupakan salah satu bagian dari proyek secara keseluruhan maka letaknya juga dipengaruhi oleh bangunan-bangunan lain seperti bangunan pelimpah, bangunan penyadap bangunan pengeluaran, bangunan untuk pembelokan sungai dan lain-lain (*Soedibyo, 1993*).

Dalam bukunya *Soedibyo (1993)* faktor yang menentukan didalam pemilihan tipe embung adalah :

1. Tujuan pembangunan proyek
2. Keadaan klimatologi setempat
3. Keadaan hidrologi setempat
4. Keadaan di daerah genangan
5. Keadaan *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta. geologi setempat

6. Tersedianya bahan bangunan
7. Hubungan dengan bangunan pelengkap
8. Keperluan untuk pengoperasian waduk
9. Keadaan lingkungan setempat
10. Biaya proyek

### 3. Rencana Teknis Pondasi

Keadaan geologi pada pondasi embung sangat mempengaruhi pemilihan tipe embung, oleh karena itu penelitian dan penyelidikan geologi perlu dilaksanakan dengan baik. Sesuai dengan jenis batuan yang membentuk lapisan pondasi, maka secara umum pondasi embung dapat dibedakan menjadi 3 jenis (Soedibyo, 1993):

1. Pondasi batuan (rock foundation)
2. Pondasi pasir atau kerikil
3. Pondasi tanah (soil foundation)

Daya dukung tanah (*bearing capacity*) adalah kemampuan tanah untuk mendukung beban baik dari segi struktur pondasi maupun bangunan di atasnya tanpa terjadinya keruntuhan geser (Das, 1985).

Daya dukung batas (*ultimate bearing capacity*) adalah daya dukung terbesar dari tanah mendukung beban dan diasumsikan tanah mulai terjadi keruntuhan (Das, 1985).

Besarnya daya dukung batas terutama ditentukan oleh :

1. Parameter kekuatan geser tanah yang terdiri dari kohesi (C) dan sudut geser dalam ( $\phi$ )
2. Berat isi tanah ( $\gamma$ )
3. Kedalaman pondasi dari permukaan tanah (Zf)
4. Lebar dasar pondasi (B)

Menurut *Sosrodarsono* dan *Takeda (1984)* besarnya daya dukung yang diijinkan sama dengan daya dukung batas dibagi angka keamanan, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$qa = \frac{q_{ult}}{FK} \dots\dots (12)$$

Perhitungan daya dukung batas untuk pondasi dangkal pada kondisi umum :

1. Pondasi menerus

$$q_{ult} = c * N_c + \gamma * D * N_q + \left(\frac{B}{2}\right) * \gamma * N_\gamma \dots\dots (13)$$

2. Pondasi persegi

$$q_{ult} = c * N_c \left(1 + 0.3 * \left(\frac{B}{2}\right)\right) + \gamma * D * N_q + B * 0.4\gamma * N_\gamma \dots\dots (14)$$



### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Batulappa, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan. terletak pada posisi  $3^{\circ}35'35.62''$  Lintang Selatan dan  $119^{\circ}40'21.80''$  Bujur Timur. Penelitian di mulai dari survei kondisi daerah penelitian, pengumpulan data, analisa hidrologi, dan pengukuran topografi.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian di Kecamatan Batulappa Kabupaten Pinrang

## B. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah studi kasus di Kecamatan Batulappa, Kabupaten Pinrang. Metode yang dipakai adalah deskriptif, yaitu metode yang menjelaskan kondisi objektif (sebenarnya) pada suatu keadaan yang menjadi objek studi.

## C. Alat dan Kegunaannya

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran topografi dan pengumpulan data hidrologi. Berikut alat yang digunakan dalam pengukuran topografi:

### 1. *Theodolit*

Theodolit adalah salah satu alat ukur tanah yang digunakan untuk menentukan tinggi tanah dengan sudut mendatar dan sudut tegak. Theodolite merupakan alat yang paling canggih di antara peralatan yang digunakan dalam survei. Pada dasarnya alat ini berupa sebuah teleskop yang ditempatkan pada suatu dasar berbentuk membulat (piringan) yang dapat diputar-putar mengelilingi sumbu vertikal, sehingga memungkinkan sudut horisontal untuk dibaca.

### 2. *Waterpass*

Waterpass adalah alat yang digunakan untuk mengukur atau menentukan sebuah benda atau garis dalam posisi rata baik pengukuran secara vertikal maupun horizontal. Ada banyak jenis alat waterpass yang digunakan dalam pertukangan, tapi jenis yang paling sering digunakan adalah waterpass panjang 120 cm yang terbuat dari bahan kayu dengan

tepi kuningan, dimana alat ini terdapat dua buah alat pengecek kedataran baik untuk vertikal maupun horizontal yang terbuat dari kaca dimana didalamnya terdapat gelembung cairan, dan pada posisi pinggir alat terdapat garisan pembagi yang dapat dipergunakan sebagai alat ukur panjang.

### 3. *Tripod*

Pengertian Tripod merupakan piranti untuk mendirikan alat di lapangan yang terdiri dari kepala statip dan kaki tiga yang dapat di stel ketinggiannya. Statip terbuat dari kayu atau dari metal alumunium sehingga lebih ringan. Kegunaan tripod adalah untuk menunjang theodolit.

### 4. *Handy Talky*

Handy talky atau biasa disebut HT ini merupakan alat komunikasi yang bentuknya mirip dengan telepon genggam, tetapi sifatnya searah. Karena searah, maka si pengirim pesan dan si penerima tidak bisa berbicara pada saat yang bersamaan.

HT menggunakan gelombang radio frekuensi khusus, dan sering dipakai untuk komunikasi yang sifatnya sementara karena salurannya dapat diganti-ganti setiap saat.

### 5. *Kamera*

Fungsi Kamera secara umum adalah untuk membuat atau menangkap suatu gambar dari objek, yang selanjutnya akan dibiaskan melalui lensa pada sensor CCD dan sensor BSI-CMOS kemudian direkam dan disimpan dalam format digital.

Atau dengan kata lain bisa disebut sebagai proses menciptakan diam atau gambar bergerak dengan metode menangkap data langsung menyimpannya pada media sensitif seperti film yang elektromagnetik atau sensor elektronik.

#### 6. *GPS Handheld*

Global Positioning Sistem (GPS) merupakan sistem yang terdiri dari konstelasi satelit radio navigasi, segmen kontrol tanah yang mengelola operasi satelit dan pengguna dengan receiver khusus yang menggunakan data satelit untuk memenuhi berbagai persyaratan posisi. GPS merupakan salah satu metode dalam geodesi satelit yang digunakan untuk penentuan posisi di permukaan bumi secara 3D dimana penentuannya menggunakan teknik trilaterasi dengan menggunakan jarak dari beberapa lokasi yang diketahui untuk menentukan koordinat lokasi yang tidak diketahui. GPS mempunyai berbagai pemanfaatan, tidak hanya untuk keperluan militer, geodesi, survey dan pemetaan, tetapi juga untuk penelitian dalam geofisika, seperti geodinamika, studi deformasi, studi atmosfer dan meteorologi, keperluan oseanografi dan sebagainya. GPS juga dimanfaatkan untuk navigasi pesawat udara, perhubungan darat dan laut. Hal ini disebabkan GPS tidak tergantung pada keadaan cuaca, dan dapat digunakan dalam keadaan statik atau kinematik, serta dapat dipasang di mobil, kereta api, kapal laut, pesawat udara bahkan satelit.

## 7. Laptop

Laptop adalah komputer bergerak (bisa dipindahkan dengan mudah) yang berukuran relatif kecil dan ringan, beratnya berkisar dari 1-6 kg, tergantung ukuran, bahan, dari spesifikasi laptop tersebut, laptop dapat digunakan dalam lingkungan yang berbeda dari komputer. Mereka termasuk layar, keyboard, dan trackpad atau trackball, yang berfungsi sebagai mouse . Karena laptop dimaksudkan untuk digunakan di mana saja, Laptop memiliki baterai yang memungkinkan untuk beroperasi tanpa terhubung ke stopkontak (sumber listrik). Laptop juga termasuk adaptor daya yang memungkinkan untuk menggunakan daya dari stopkontak dan mengisi kembali baterai. Berfungsi sebagai untuk menginput data hasil pengukuran.

### D. Model Analisis

Beberapa parameter hidrologi yang menunjang penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Analisis hujan rancangan.

##### a. Metode Gumbel Tipe I

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumbel Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y_T - Y_n)$$

di mana :

$X_T$  = nilai variat yang diharapkan terjadi.

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung variat

S = Standar Deviasi (simpangan baku)

$$= \frac{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}}{n - 1}$$

$Y_T$  = nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu hubungan antara periode ulang T dengan  $Y_T$  dapat dilihat pada Tabel 2.3 atau dapat dihitung dengan rumus :

$$Y_T = -\ln \left[ -\ln \frac{T-1}{T} \right] : \text{untuk } T \geq 20, \text{ maka } Y = \ln T$$

$Y_n$  = nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduce variate*)

nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 4

$S_n$  = deviasi standar dari reduksi variat (*mean of reduced variate*) nilainya tergantung dari jumlah data (n)

b. Metode Distribusi Log Person Tipe III

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S$$

di mana :

X = curah hujan

Y = nilai logaritmik dari X atau log X

$\bar{Y}$  = rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y

S = deviasi standar nilai Y

k = karakteristik distribusi peluang Log Pearson Tipe III (dapat dilihat pada Tabel 2.4)

Langkah-langkah perhitungan kurva distribusi *Log Pearson Tipe III* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- 1) Tentukan logaritma dari semua nilai variat X.
- 2) Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log(X)} = \frac{\sum \log(X)}{n}$$

- 3) Hitung nilai deviasi standarnya dari log X :

$$S \log(X) = \sqrt{\frac{\sum (\log(X) - \overline{\log(X)})^2}{n - 1}}$$

- 4) Hitung nilai koefisien kemenangan (CS) :

$$CS = \frac{n \sum (\log(X) - \overline{\log(X)})^2}{(n - 1)(n - 2)(S \log(X))^3}$$

sehingga persamaan dapat ditulis :

$$\log X = \overline{\log(X)} + k(S \log(X))$$

Tentukan anti log dari log X, untuk mendapatkan nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode ulang tertentu sesuai dengan nilai CS-nya.

c. Metode *Log Normal*

Sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut:

(Soewarno, 1995):

$$X = \bar{X} + k . S$$

di mana :

X = nilai yang diharapkan akan terjadi pada periode ulang tertentu

$\bar{X}$  = nilai rata-rata kejadian dari variabel kontinyu X

S = deviasi standar variabel kontinyu X

K = karakteristik distribusi peluang log-normal

## 2. Uji Keselarasan

### a. Chi Square

$$f^2 = \sum \frac{(Ei - O)^2}{Ei}$$

di mana :

$f^2$  = harga chi square

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

### b. Smirnov Kolmogorof

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(x_i)}{\Delta Cr}$$

## 3. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

### a. Menurut Dr. Mononobe

Rumus yang dipakai (dalam Soemarto, 1999) :

$$I = (R_{24})/24 * [24/t]^{2/3}$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = lamanya curah hujan (jam)



b. Menurut *Sherman*

Rumus yang digunakan (*Soemarto, 1999*):

$$I = a/tb$$

di mana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

c. Menurut *Talbot*

Rumus yang dipakai (*Soemarto, 1999*):

$$I = a/((t+b))$$

di mana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran

d. Menurut *Ishiguro*

Rumus yang digunakan (dalam *Soemarto, 1999*):

$$I = a/(\sqrt{t+b})$$

di mana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran.

#### 4. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

$$I - O = \Delta S$$

$\Delta S$  = perubahan tampungan air di waduk

Persamaan kontinuitas pada periode  $\Delta t = t_1$

$$\left[ \frac{I_1 + I_2}{2} \right] * \Delta t - \left[ \frac{O_1 + O_2}{2} \right] * \Delta t = S_2 - S_1$$

Perencanaan Tubuh Embung meliputi :

##### 1. Tinggi Embung

Tinggi embung adalah perbedaan antara elevasi permukaan pondasi dan elevasi mercu embung. Apabila pada embung dasar dinding kedap air atau zona kedap air, maka yang dianggap permukaan pondasi adalah garis perpotongan antara bidang vertikal yang melalui hulu mercu embung dengan permukaan pondasi alas embung tersebut. Tinggi maksimal untuk embung adalah 15 m.

##### 2. Tinggi Jagaan (*free board*)

Tinggi jagaan adalah perbedaan antara elevasi permukaan maksimum rencana air dalam waduk dan elevasi mercu embung. Elevasi permukaan air maksimum rencana biasanya merupakan elevasi banjir rencana waduk

Rumus yang digunakan (*Sosrodarsono dan Takeda, 1989*):

$$H_f \geq \Delta h + (h_w \text{ atau } \frac{h_c}{2}) + h_a + h_i$$

$$H_f \geq h_w + \frac{h_c}{2} + h_a + h_i$$

di mana :

$H_f$  = tinggi jagaan

$\Delta h$  = tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk yang terjadi akibat timbulnya banjir abnormal

$h_w$  = tinggi ombak akibat tiupan angin

$h_e$  = tinggi ombak akibat gempa

$h_a$  = tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk, apabila terjadi kemacetan-kemacetan pada pintu bangunan pelimpah

$h_i$  = tinggi tambahan yang didasarkan pada tingkat urgensi dari waduk

### 3. Lebar Mercu Embung

Lebar mercu embung yang memadai diperlukan agar puncak embung dapat tahan terhadap hempasan ombak dan dapat tahan terhadap aliran filtrasi yang melalui puncak tubuh embung. Disamping itu, pada penentuan lebar mercu perlu diperhatikan kegunaannya sebagai jalan inspeksi dan pemeliharaan embung. Penentuan lebar mercu dirumuskan sebagai berikut :

$$b = 3,6 (H)^{1/3} - 3$$

di mana :

$b$  = lebar mercu

$H$  = tinggi embung

### 4. Panjang Embung

Panjang embung adalah seluruh panjang mercu embung yang bersangkutan, termasuk bagian yang digali pada tebing-tebing sungai di kedua ujung mercu tersebut. Apabila bangunan pelimpah atau bangunan

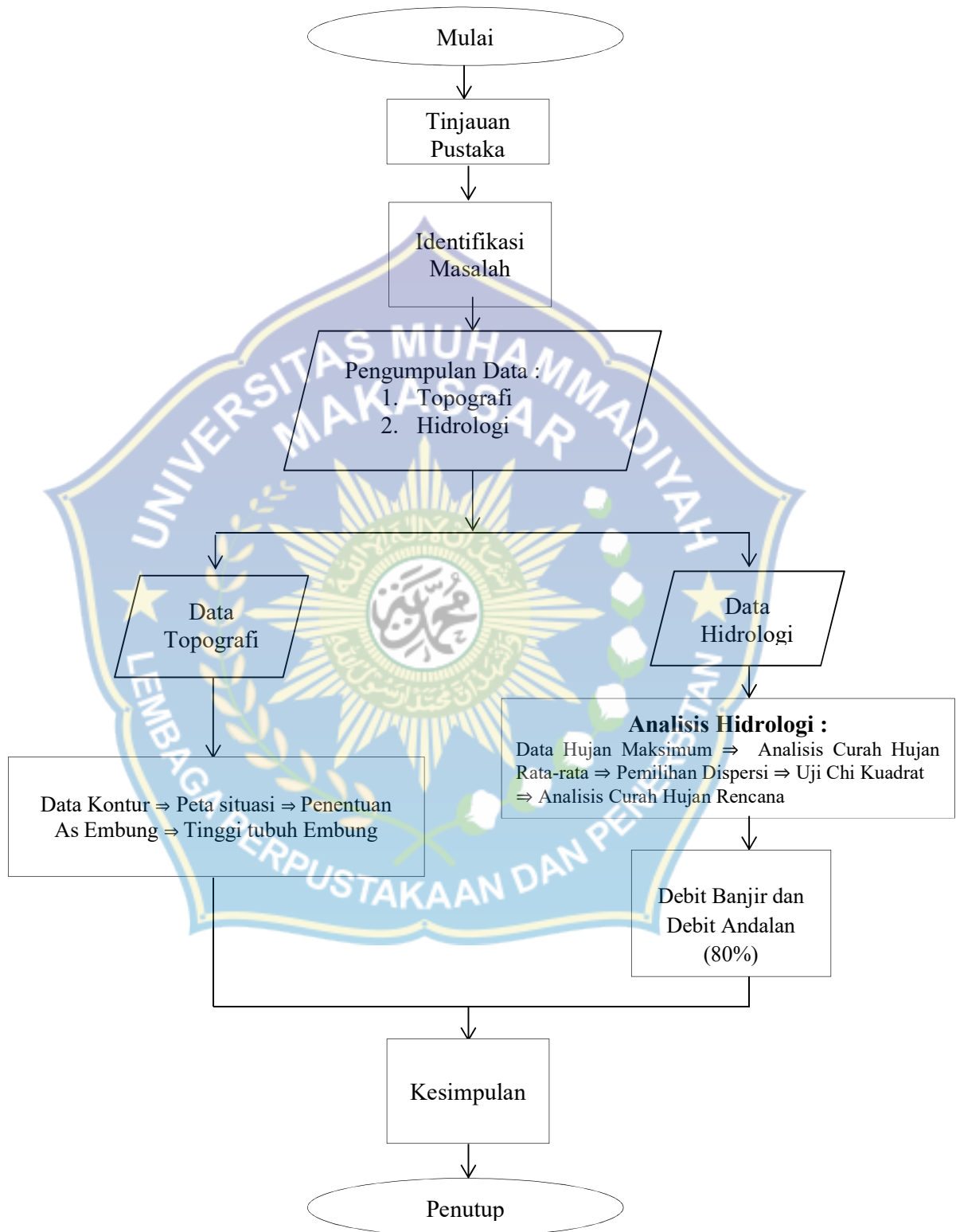
penyadap terdapat pada ujung-ujung mercu, maka lebar bangunan-bangunan pelimpah tersebut diperhitungkan pula dalam menentukan panjang embung.

#### 5. Penimbunan Ekstra (*extra banking*)

Sehubungan dengan terjadinya gejala konsolidasi tubuh embung yang prosesnya berjalan lama sesudah pembangunan embung tersebut diadakan penimbunan ekstra melebihi tinggi dan volume rencana dengan perhitungan agar sesudah proses konsolidasi berakhir maka penurunan tinggi dan penyusutan volume akan mendekati tinggi dan volume rencana embung.



### E. Bagan Alir Penelitian



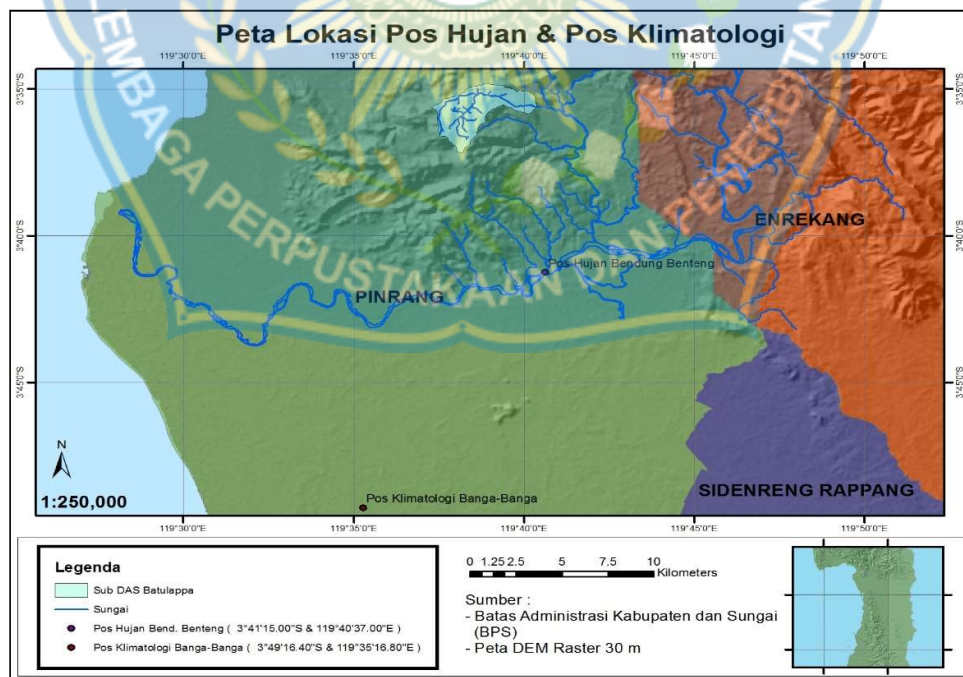
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi ini dilakukan dengan tujuan untuk memantapkan hasil penelitian dari potensi yang ada di Sungai Majeng. Beberapa hal yang menjadi dasar dan pertimbangan dalam analisis dan perhitungan hidrologi ini adalah :

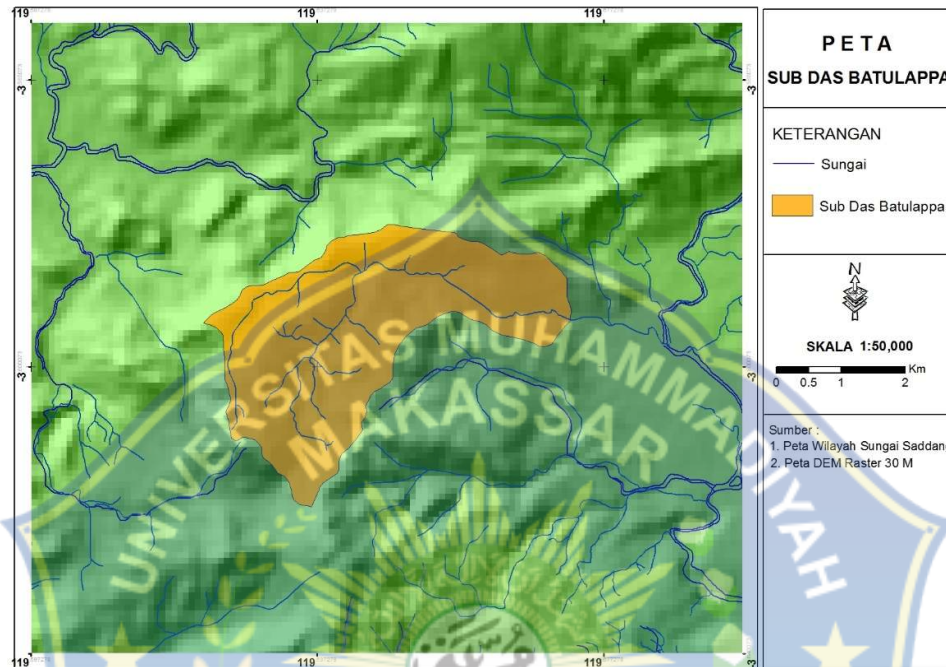
1. Stasiun penakar hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi pada penelitian ini adalah Stasiun Bendung Benteng, dan Stasiun Talang Riaja.
2. Data curah hujan harian yang terekam pada stasiun penakar hujan yang bisa digunakan untuk analisis adalah 10 (Sepuluh) tahun periode tahun 2003 – 2012 yang terlampir pada lampiran I. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar peta lokasi hujan dan pos klimatologi.



Gambar 2 Peta Lokasi Pos Hujan & Pos Klimatologi



3. Berdasarkan map studi didapatkan parameter Daerah Aliran Sungai (*DAS*) Batulappa, dapat dilihat pada gambar sebagai berikut ;



**Gambar 3** Peta *SUB DAS* Batulappa

Beberapa parameter hidrologi yang menunjang penelitian ini adalah:

### 1. Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan untuk analisis hidrologi Embung Serbaguna Sungai Majeng diambil dari pos penakar hujan yaitu Stasiun Bendung Benteng dan Stasiun Talang Riaja. Pemilihan pemakaian stasiun ini didasarkan pertimbangan bahwa lokasi stasiun ini merupakan stasiun yang terdekat dengan *DAS* yang bersangkutan dengan pencatatan yang lengkap selama kurun waktu lebih dari 10 (Sepuluh) tahun.



**Tabel 9** Curah Hujan Bulanan Stasiun Bendung Benteng

Tahun	Bulan												Rata-rata Tahunan	Curah Hujan Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
2003	91	281	534	261	234	189	197	130	41	133	175	426	224	2.692
2004	351	338	279	308	311	125	111	3	77	39	277	438	221	2.657
2005	130	355	214	199	233	168	23	65	22	243	168	210	169	2.030
2006	85	205	125	349	195	300	15	-	-	5	35	120	143	1.434
2007	342	149	98	585	311	555	230	63	126	90	242	270	255	3.061
2008	264	285	305	140	76	233	135	111	102	223	348	117	195	2.339
2009	238	130	102	147	273	11	82		30	5	124	395	140	1.537
2010	123	150	126	218	290	412	352	181	441	251	323	346	268	3.213
2011	255	112	256	181	192	64	13	26	33	210	369	306	168	2.017
2012	121	288	175	218	224	101	428	72	32	153	299	405	210	2.516
<b>Rata-rata</b>	200	229	221	261	234	216	159	81	100	135	236	303		
<b>Maksimal</b>														<b>3.213</b>

**Tabel 10** Curah Hujan Bulanan Stasiun Talang Riaja

Tahun	Bulan												Rata-rata Tahunan	Curah Hujan Tahunan
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des		
2003	272	337	377	283	231	98	55	51	169	150	481	484	249	2.988
2004	479	496	409	328	299	39	225	-	62	24	280	471	283	3.112
2005	300	270	327	278	255	61	90	38	26	162	296	397	208	2.500
2006	322	190	198	178	276	301	52	5	23	-	66	264	170	1.875
2007	180	258	269	312	305	262	224	70	121	129	350	286	231	2.766
2008	243	77	417	257	229	193	206	172	173	203	472	294	245	2.936
2009	308	198	234	352	203	124	90	21	70	92	101	430	185	2.223
2010	248	309	391	193	354	343	278	397	410	351	243	309	319	3.826
2011	197	100	339	212	110	83	36	37	63	109	306	394	166	1.986
2012	157	322	282	322	150	139	318	32	86	66	81	427	199	2.382
<b>Rata-rata</b>	271	256	324	272	241	164	157	91	120	143	268	376		
<b>Maksimal</b>														<b>3.826</b>

Besarnya curah hujan tahunan tertinggi untuk *SUB DAS* Batulappa yang tercatat pada Stasiun Bendung Benteng adalah 3.213 mm per tahun dengan rata-rata hari hujan 132 hari per tahun, pada tahun 2012, dan Stasiun Talang Riaja adalah 3.826 mm per tahun dengan rata-rata hari hujan 190 hari per tahun, pada

tahun 2012. Distribusi hujan pada daerah studi tiap bulannya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 11, sebagai berikut :

**Tabel 11** Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan Stasiun Bendung Benteng (2003 - 2012)

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hari)
Januari	200	12
Pebruari	229	12
Maret	221	13
April	261	14
Mei	234	11
Juni	216	10
Juli	159	10
Agustus	81	7
September	100	8
Oktober	135	9
Nopember	236	12
Desember	303	15

**Tabel 12** Jumlah Curah Hujan dan Hari Hujan Stasiun Talang Riaja (2003 - 2012)

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hari)
Januari	271	12
Pebruari	256	12
Maret	324	13
April	272	14
Mei	241	11
Juni	164	10
Juli	157	10
Agustus	91	7
September	120	8
Oktober	143	9
Nopember	268	12
Desember	376	15

Berdasarkan data di atas, bulan basah terjadi antara bulan Nopember sampai bulan Juni, sedangkan bulan kering terjadi antara bulan Juli sampai bulan Oktober.

Curah hujan yang tercatat pada stasiun terpilih yang diperkirakan dapat mewakili kondisi sungai Majeng masih merupakan data *Point Rainfall*. Artinya data tersebut masih berupa data curah hujan setempat. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata daerah (*Area Rainfall*) bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (*Point Rainfall*). Besarnya curah hujan daerah dinyatakan dalam *mm*. Untuk mendapatkan area rainfall perlu dianalisis terlebih dahulu *point rainfall* masing-masing stasiun yang digunakan.

## 2. Klimatologi

Faktor iklim yang membentuk ciri-ciri hidrologi suatu daerah, antara lain adalah jumlah dan distribusi presipitasi (hujan), pengaruh angin, temperatur dan kelembaban udara terhadap evaporasi.

Evaporasi merupakan faktor penting di dalam studi tentang pengembangan sumber daya air. Evaporasi sangat mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan konsumtif (*consumptive use*) untuk tanaman dan lain-lain. Air akan menguap dari dalam tanah, baik tanah gundul atau yang tertutup oleh tanaman dan pepohonan, permukaan tidak tembus air seperti atap dan jalan raya, air bebas dan air mengalir. Laju evaporasi atau penguapan akan berubah-ubah menurut warna dan sifat pemantulan permukaan (*albedo*) dan berbeda pada permukaan yang langsung tersinari matahari (air bebas) dan yang terlindung. Data klimatologi yang digunakan dari stasiun terdekat yaitu banga-banga.

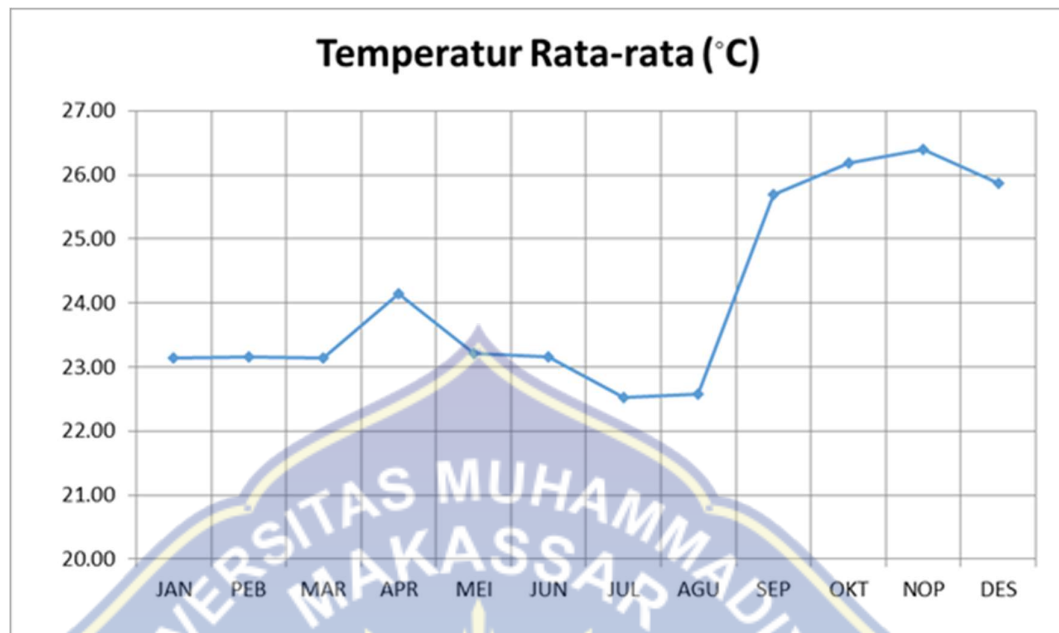
**Tabel 13** Informasi klimatologi ini meliputi:

DASAR PERHITUNGAN	SATUAN	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOP	DES
1. Suhu udara	C	23,14	23,16	23,15	24,15	23,21	23,15	22,52	22,57	25,68	26,19	26,39	25,87
2. Kelembaban udara relatif	%	89,53	89,21	88,42	87,98	88,03	88,29	87,38	89,01	88,06	86,84	84,24	87,55
3. Kecepatan angin (V2)	m/dt	1,10	0,77	0,53	0,41	0,46	0,65	0,91	1,01	0,73	0,54	0,42	0,71
4. Penyinaran matahari (Qr)	%	40,03	43,82	50,87	56,74	55,35	47,36	54,12	64,52	57,52	62,23	59,39	37,85

a. Suhu/Temperatur Udara (*t*)

Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi berjalan lebih cepat dibandingkan dengan jika suhu dan tanah rendah dengan adanya energi panas yang tersedia. Kemampuan udara untuk menyerap uap air naik jika suhunya naik, maka suhu udara mempunyai efek ganda terhadap besarnya evaporasi dengan mempengaruhi kemampuan udara menyerap uap air dan mempengaruhi suhu tanah yang akan mempercepat penguapan. Sedangkan suhu tanah dan air hanya mempunyai efek tunggal.

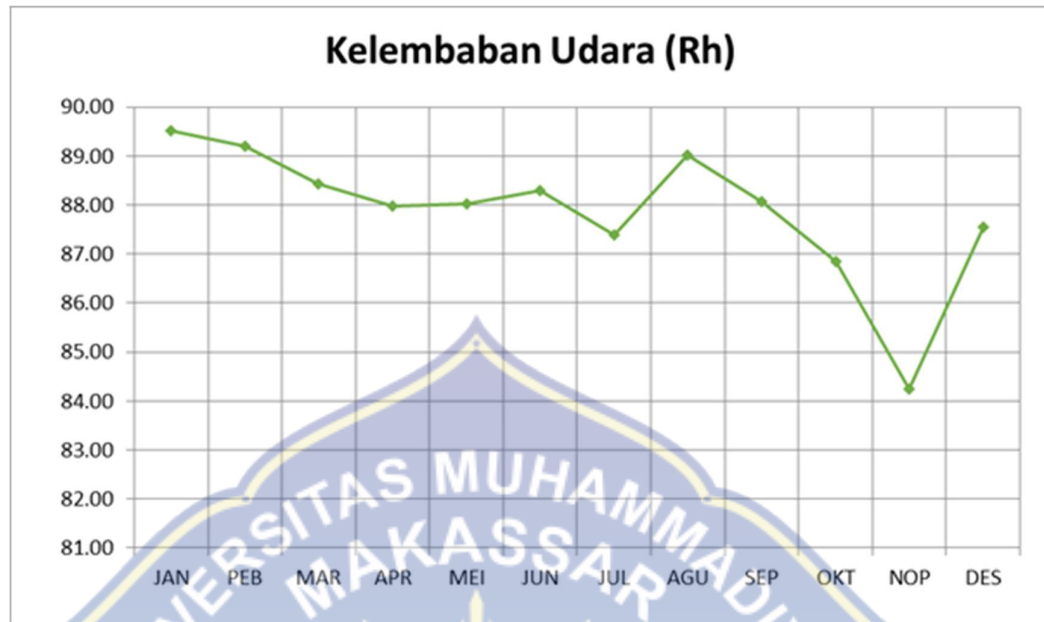
Besarnya temperatur/suhu (*t*) rata-rata bulanan pada lokasi studi sesuai dengan data dari stasiun meteorologi yang ada, dari hasil pencatatan rata-rata suhu/temperatur di daerah studi adalah 24,10°C dengan suhu maksimal 26,39°C dan suhu minimal 22,52°C.



**Gambar 4** Grafik Suhu/Temperatur Rata-Rata

a. Kelembaban Relatif/*Relative Humidity (Rh)*

Jika kelembaban relatif udara naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasinya menurun. Besarnya kelembaban relatif (*Rh*) rata-rata bulanan pada lokasi studi sesuai dengan data dari stasiun meteorologi yang ada, dari hasil pencatatan rata-rata kelembaban *relative/relative humidity* daerah studi adalah 87,88 % dengan kelembaban *relative/relative humidity* maksimal 89,53 % dan kelembaban *relative/relative humidity* minimal 84,24 %.

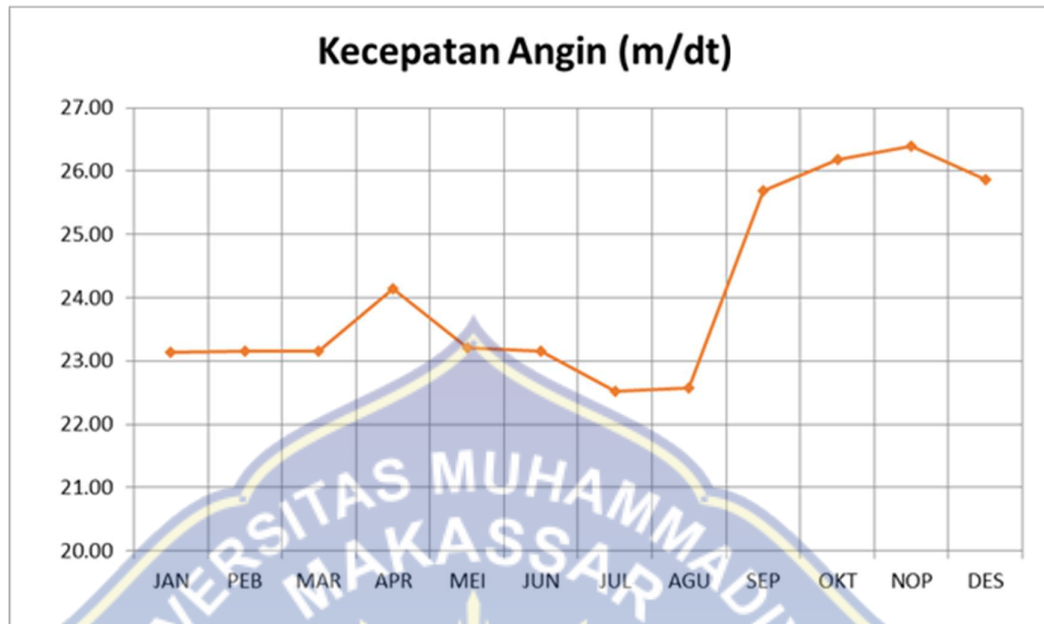


**Gambar 5** Grafik Kelembaban Udara (*Rh*)

b. Kecepatan Angin (*u*)

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses penguapan berhenti. Agar proses tersebut dapat berjalan terus, lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu hanya mungkin kalau ada angin, yang akan menggeser komponen uap jenuh.

Besarnya kecepatan angin (*u*) rata-rata bulanan pada lokasi studi sesuai dengan data dari stasiun meteorologi yang ada, dari hasil pencatatan rata-rata kecepatan angin (*u*) di daerah studi adalah 0,69 km/hari dengan kecepatan angin (*u*) maksimal 1,10 km/hari dan kecepatan angin (*u*) minimal 0,41 km/hari.



**Gambar 6** Grafik Kecepatan Angin

c. Penyinaran Matahari ( $n/N$ )

Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini berjalan terus hampir tanpa berhenti di siang hari dan kerap kali juga di malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas laten untuk evaporasi. Proses tersebut akan sangat aktif jika ada penyinaran matahari langsung. Awan merupakan penghalang/penyinaran matahari dan menghambat proses evaporasi.

Besarnya penyinaran matahari ( $n/N$ ) rata-rata bulanan pada lokasi studi sesuai dengan data dari stasiun meteorologi yang ada, dari hasil pencatatan rata-rata penyinaran matahari ( $n/N$ ) di daerah studi adalah 52,48% dengan penyinaran matahari ( $n/N$ ) maksimal 64,52% dan penyinaran matahari ( $n/N$ ) minimal 37,85%.

### 3. Curah Hujan Rencana

#### a. Pengujian Data Hujan

Pemeriksaan *Outlier* (Data di Luar Ambang Batas), *Outlier* adalah data yang menyimpang cukup jauh dari trend kelompoknya. Keberadaan *outlier* biasanya mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sampel data, sehingga *outlier* ini perlu dibuang. Untuk estimasi *PMF*, *outlier* bawah dapat langsung dibuang namun *outlier* atas harus dipertimbangkan masak-masak, perlu dibandingkan dengan data hujan atau banjir historis dan informasi hujan atau banjir dari stasiun-stasiun didekatnya.

*Uji Grubbs and Beck* menetapkan dua batas ambang bawah  $X_L$  dan ambang atas  $X_H$  sebagai berikut :

$$X_H = \text{Exp}(\bar{X} + K_n \cdot S)$$

$$X_L = \text{Exp}(\bar{X} - K_n \cdot S)$$

Dimana :

$X_H$  = Nilai ambang batas

$X_L$  = Nilai ambang bawah

$\bar{X}$  = Nilai rata – rata

$S$  = Simpangan baku dari logaritma terhadap sampel data

$K_n$  = Besaran yang tergantung pada jumlah sampel data, disajikan pada Tabel 15

$n$  = Jumlah sampel data



**Tabel 14** Harga  $K_n$  Untuk Pemeriksaan *Outlier*

Jumlah Data ( $n$ )	$K_n$	Jumlah Data ( $n$ )	$K_n$	Jumlah Data ( $n$ )	$K_n$	Jumlah Data ( $n$ )	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.7	80	2.94
15	2.247	29	2.549	43	2.71	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.76	130	3.104
22	2.429	36	2.390	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Sumber : U.S. Water Resources Council, 1981

Data yang nilainya diluar  $X_H$  dan  $X_L$  diklasifikasikan sebagai *outlier*. Hasil perhitungan *outlier* data hujan *SUB DAS* Batulappa pada tabel berikut:

**Tabel 15** Hasil Perhitungan *Uji Outlier* Data Hujan *DAS* Batulappa

No.	Tahun	$X$	$Y = \text{Log } X$
1	2003	456	2.658
2	2004	454	2.657
3	2007	449	2.652
4	2010	426	2.629
5	2012	416	2.619
6	2009	413	2.615
7	2008	410	2.613

Lanjutan Tabel 15

1	2	3	4
8	2011	350	2.544
9	2005	313	2.495
10	2006	301	2.478
<b>Total</b>		<b>3985</b>	<b>25.96</b>
<b>Rata-rata</b>		<b>398.52</b>	<b>2.60</b>

Nilai Ambang Atas ( $X_H$ )  $X_H = 539.156$

Nilai Ambang Bawah ( $X_L$ )  $X_L = 288.644$

Karena  $X_L \leq X \leq X_H$ . Semua data bisa dipakai

Dimana:

$n = 10$ , *Standart Deviation* = 0,0666, Rata-Rata = 2,60,  $K_n = 2,036$ ,  $Y_H = 2,732$ ,

$Y_L = 2,460$ . Dari Tabel diatas, diperoleh nilai batas atas ( $X_H$ ) = 539,156 dan nilai batas bawah ( $X_L$ ) = 288,644. Dapat disimpulkan bahwa data hujan telah

memenuhi syarat dari *uji outlier*, mengingat data hujan yang ada maksimal adalah 456 dan minimal adalah 301. Jadi semuanya masih dalam range batas atas dan

batas bawah sesuai yang disyaratkan. Curah hujan harian maksimal *SUB DAS*

Batulappa dapat dilihat pada tabel berikut;

**Tabel 16** Curah Hujan Harian Maksimal *SUB DAS* Batulappa

Tahun	Curah Hujan (mm)
2003	456
2004	454
2005	313
2006	301
2007	449
2008	410
2009	413
2010	426

Lanjutan Tabel 16

1	2
2011	350
2012	416

b. Analisis Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan untuk periode ulang tertentu secara statistik dapat diperkirakan berdasarkan seri data curah hujan harian maksimal tahunan (*maximum annual series*) jangka panjang dengan analisis distribusi frekuensi. Curah hujan rancangan/desain ini biasanya dihitung untuk periode ulang 2, 5, 10, 20 atau 25, 50, 100, dan 1000 tahun.

Disamping curah hujan desain dengan periode ulang tersebut di atas, untuk keperluan desain bangunan pelimpah perlu dihitung pula curah hujan maksimal boleh jadi (*CMB*) atau *Probable Maximum Precipitation*.

Untuk mencari distribusi yang cocok dengan data yang tersedia dari pos-pos penakar hujan yang ada di sekitar lokasi penelitian perlu dilakukan Analisis Frekuensi. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data hujan maupun data debit. Jenis distribusi frekuensi yang banyak digunakan adalah distribusi *Gumbel dan Log Pearson type III*.

1). Metode *E.J. Gumbel*

Menurut *Gumbel (1941)* persoalan yang berhubungan dengan harga-harga ekstrim adalah datang dari persoalan banjir. *Gumbel* menggunakan teori-teori ekstrim  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ , dimana sampel-sampelnya sama besar dan  $X$  merupakan variabel berdistribusi eksponensial.

Tabel 17 Hasil Distribusi dengan Menggunakan Metode *Gumbel*

N0.	Curah Hujan (mm)	$X^2$	$(X - Xr)$	$(X - Xr)^2$	$(X - Xr)^3$
1	455.50	207480	56.98	3247.10	185030.60
2	454.33	206419	55.82	3115.50	173896.84
3	448.50	201152	49.98	2498.33	124875.04
4	425.50	181050	26.98	728.10	19646.57
5	416.00	173056	17.48	305.67	5344.08
6	412.50	170156	13.98	195.53	2734.21
7	410.00	168100	11.48	131.87	1514.27
8	349.83	122383	-48.68	2370.07	-115382.76
9	312.50	97656	-86.02	7398.87	-636425.87
10	300.50	90300	-98.02	9607.27	-941672.28
<b>Jumlah</b>	<b>3985.17</b>	<b>1617754</b>	<b>0.00</b>	<b>29598.30</b>	<b>-1180439.30</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>398.52</b>	<b>161775</b>	<b>0.00</b>	<b>2959.83</b>	<b>-118043.93</b>
<b>Maksimal</b>	<b>455.50</b>	<b>207480</b>	<b>56.98</b>	<b>9607.27</b>	<b>185030.60</b>
<b>Minimal</b>	<b>300.50</b>	<b>90300</b>	<b>-98.02</b>	<b>131.87</b>	<b>-941672.28</b>

Tabel 18 Curah Hujan Rancangan dengan Menggunakan Metode *Gumbel*

$t$	$X$	$Sx$	$K$	$K x Sx$	$t = X + (K * Sx)$
2	398.52	57.35	-0.14	-7.83	390.68
5	398.52	57.35	1.06	60.67	459.19
10	398.52	57.35	1.85	105.99	504.50
20	398.52	57.35	2.60	148.89	547.40
25	398.52	57.35	2.85	163.25	561.77
50	398.52	57.35	3.59	205.73	604.25
100	398.52	57.35	4.32	247.90	646.42
200	398.52	57.35	5.06	289.92	688.44

### Uji Chi Square

**Tabel 19** Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas untuk Distribusi *Gumbel*

<i>P</i> (%)	<i>T</i>	<i>Y<sub>T</sub></i>	<i>S<sub>d</sub></i>	<i>Y<sub>n</sub></i>	<i>S<sub>n</sub></i>	<i>K</i>	<i>X</i> (mm)
25	4,00	1,25	57,35	0,50	0,95	0,79	443,85
50	2,00	0,37	57,35	0,50	0,95	-0,14	390,75
75	1,33	-0,33	57,35	0,50	0,95	-0,87	348,89

**Tabel 20** Perhitungan *Uji Chi-Kuadrat* Untuk Distribusi *Gumbel*

No.	Nilai Batas			Jumlah Data		(OF - EF) <sup>2</sup>	(OF - EF) <sup>2</sup> / EF
	Sub Kelas			OF	EF		
1	X	<	348,89	2	2,5	0,25	0,10
2	348,89	< X <	390,75	1	2,5	2,25	0,90
3	390,75	< X <	443,85	4	2,5	2,25	0,90
4	X	< X <	443,85	0	2,5	6,25	2,50
<b>Jumlah</b>				<b>7</b>	<b>10</b>		<b>4,4</b>

$C_2$  Hasil perhitungan = 4,4,  $DK = K - (P + 1)$ ,  $K$  (jumlah kelas) = 4,  $P = 2$  Untuk  $DK = 2$  dan  $\alpha = 5\%$ ,  $C_2Cr = 5,991$ , Ternyata  $C_2$  Hasil perhitungan  $< C_2Cr$  maka distribusi frekuensi dapat diterima.

### Uji Smirnov-Kolmogorov

**Tabel 21** Perhitungan *Uji Smirnov-Kolmogorov* Untuk Distribusi *Gumbel*

No.	<i>X</i>	<i>S<sub>n</sub> (X)</i>	<i>Y<sub>T</sub></i>	<i>T<sub>r</sub></i>	<i>P<sub>r</sub></i>	<i>P<sub>x</sub> (X)</i>	<b>D</b>
							<b><i>I P<sub>x</sub> (X) - S<sub>n</sub> (X)</i></b>
1	456	0.091	3.94	51.74	0.02	0.98	0.890
2	454	0.182	3.88	49.10	0.02	0.98	0.798
3	449	0.273	3.62	37.81	0.03	0.97	0.701
4	426	0.364	2.58	13.67	0.07	0.93	0.563
5	416	0.455	2.15	9.07	0.11	0.89	0.435
6	413	0.545	1.99	7.81	0.13	0.87	0.327
7	410	0.636	1.88	7.03	0.14	0.86	0.221
8	350	0.727	-0.85	1.11	0.90	0.10	0.631
9	313	0.818	-2.54	1.00	1.00	0.00	0.818
10	301	0.909	-3.09	1.00	1.00	0.00	0.909
<b>D Maksimal</b>							<b>0.909</b>

Rata-rata  $X = 398,52$  , *Standart Deviation*= 57,35 , *D maksimal* = 0,909 ,  $N = 10$  ,  $\alpha$  (derajat Kepercayaan)= 5 % , *D kritis* = 0,409 , Karena : *D maksimal* < *D kritis* , Maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

## 2). Metode *Log Pearson Type III*

Perhitungan curah hujan rencana dengan Metode *Log Pearson III* dapat dijelaskan sebagai berikut :

a). Mengurutkan data curah hujan harian maksimal dari data terkecil sampai terbesar, dan dihitung probabilitasnya dengan menggunakan rumus *Gumbel* sebagai berikut:

$$p = \frac{m}{n + 1} \times 100\%$$

dimana

$m$  = nomor urut data

$n$  = jumlah data

b). Data curah hujan harian maksimal yang telah diurutkan dihitung nilai logaritma dari masing-masing data, jumlah logaritma dan rata-rata logaritmanya.

c). Menghitung harga Standar Deviasi dengan menggunakan sebagai rumus berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log})^2}{n - 1}}$$

d). Menghitung koefisien kepengengan dengan rumus berikut :

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^{15} (\log x_i - \overline{\log})^3}{(n-1)(n-2) \cdot Sd^3}$$

e). Menghitung logaritma hujan P dengan waktu balik yang dikehendaki dengan

rumus :

$$\log P = \log X + G \cdot Sd$$

**Tabel 22** Hasil Distribusi dengan Menggunakan Metode *Log Pearson Type III*

NO.	Xi	Log Xi	(Log Xi - Log X)	(Log Xi - Log X) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log X) <sup>3</sup>
1	455.50	2.66	0.06	0.003900	0.000244
2	454.33	2.66	0.06	0.003762	0.000231
3	448.50	2.65	0.06	0.003105	0.000173
4	425.50	2.63	0.03	0.001080	0.000035
5	416.00	2.62	0.02	0.000532	0.000012
6	412.50	2.62	0.02	0.000376	0.000007
7	410.00	2.61	0.02	0.000280	0.000005
8	349.83	2.54	-0.05	0.002722	-0.000142
9	312.50	2.49	-0.10	0.010239	-0.001036
10	300.50	2.48	-0.12	0.013970	-0.001651
<b>Jumlah</b>	<b>3985.17</b>	<b>25.96</b>	<b>0.00</b>	<b>0.039966</b>	<b>-0.002122</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>398.52</b>	<b>2.60</b>	<b>0.00</b>	<b>0.003997</b>	<b>-0.000212</b>
<b>Maksimal</b>	<b>455.50</b>	<b>2.66</b>	<b>0.06</b>	<b>0.013970</b>	<b>0.000244</b>
<b>Minimal</b>	<b>300.50</b>	<b>2.48</b>	<b>-0.12</b>	<b>0.000280</b>	<b>-0.001651</b>

Rata-rata ( $\log X$ ) = 2,60 , dengan jumlah data ( $n$ ) = 10 , Standart Deviation ( $Sd$ ) =

0,067 , dan koefisien kecepatan ( $C_s$ ) = -0,996

**Tabel 23** Curah Hujan Rancangan dengan Menggunakan Metode *Log Pearson Type III*

No.	Periode Ulang	G	Log Xt	Xt
				(mm)
1	2	0.163	2.607	404.51
2	5	0.852	2.653	449.59
3	10	1.129	2.671	469.09
4	25	1.368	2.687	486.60
5	50	1.494	2.696	496.15
6	100	1.591	2.702	503.56
7	200	1.667	2.707	509.51

#### *Uji Chi Square*

**Tabel 24** Besar Peluang dan Nilai Batas Kelas untuk Distribusi *Log Pearson Type III*

P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
25	-1.00	0.90	2.66	453.03
50	-1.00	0.41	2.62	419.86
75	-1.00	-0.16	2.59	384.82

**Tabel 25** Perhitungan *Uji Chi-Kuadrat* Untuk Distribusi *Log Pearson Type III*

No.	Nilai Batas			Jumlah Data		$(OF - EF)^2$	$(OF - EF)^2$
	Sub Kelas	OF	EF	OF	EF		
1	X <	384.82	3	2.5	0.25	0.10	
2	384.82 < X <	419.86	3	2.5	0.25	0.10	
3	419.86 < X <	453.03	2	2.5	0.25	0.10	
4	X >	453.03	0	2.5	6.25	2.50	
<b>Jumlah</b>			<b>8</b>	<b>10</b>		<b>2.80</b>	

$C_2$  Hasil perhitungan = 2,80 ,  $DK = K - (P + 1)$  ,  $K$  (jumlah kelas) = 4 ,  $P = 2$ ,  
 untuk  $DK = 2$  dan  $a = 5\%$   $C_2Cr = 5,991$  Ternyata  $C_2$  Hasil perhitungan <  $C_2Cr$   
 maka distribusi frekuensi dapat diterima.



### Uji Smirnov-Kolmogorov

**Tabel 26** Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov Untuk Distribusi Log Pearson

Type III

No.	X	LOG X	G	m	Sn(X)	Pr	Px(X)	D
								I PX (X) - Sn (X)
1	456	2.658	0.94	1	0.09	0.80	0.20	0.111
2	454	2.657	0.92	2	0.18	0.60	0.40	0.221
3	449	2.652	0.84	3	0.27	0.42	0.58	0.309
4	426	2.629	0.49	4	0.36	0.50	0.50	0.140
5	416	2.619	0.35	5	0.45	0.38	0.62	0.169
6	413	2.615	0.29	6	0.55	0.40	0.60	0.059
7	410	2.613	0.25	7	0.64	0.41	0.59	0.046
8	350	2.544	-0.78	8	0.73	0.78	0.22	0.506
9	313	2.495	-1.52	9	0.82	1.04	-0.04	0.858
10	301	2.478	-1.77	10	0.91	1.13	-0.13	1.040
							<b>D Maksimal</b>	1.040

Rata-rata  $X = 2,60$  , Standart Deviation =  $0,07$  ,  $D$  maksimal =  $1,040$  ,  $N = 10$  ,  $a$  (derajat Kepercayaan) =  $5\%$  ,  $D$  kritis =  $0,409$  , Karena :  $D$  maksimal  $<$   $D$  kritis, Maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

**Tabel 27** Rekap Hasil Pengujian Distribusi

No.	Metode Distribusi	Uji	
		Chi-Square	Smirnov Kolmogorov
1	Gumbel	Diterima	Diterima
2	Log Pearson Type III	Diterima	Diterima

Curah hujan rancangan dengan metode Log Pearson dan Gumbel dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 28** Curah Hujan Rancangan

T	METODE	
	<i>Log Pearson III</i>	<i>Gumbel</i>
2	404.51	390.68
5	449.59	459.19
10	469.09	504.50
25	486.60	561.77
50	496.15	604.25
100	503.56	646.42
200	509.51	688.44

#### 4. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana atau *design flood* adalah debit maksimal di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan bangunan pengairan dan stabilitas bangunan-bangunannya. Perhitungan debit banjir rencana pada penelitian ini dipergunakan untuk perencanaan bangunan pengendalian banjir dan akan digunakan data curah hujan harian maksimal. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode *weduwen* dan *hasper*.

##### Metode *Weduwen*

Dalam Metode *Weduwen*, beberapa parameter yang harus diketahui sebagai berikut:

$$\text{Luas DAS (A)} = 11,42 \text{ km}^2$$

$$\text{Elevasi Maksimal (H maks)} = 0,802 \text{ km}$$

$$\text{Elevasi Minimal (H min)} = 0,145 \text{ km}$$

$$\text{Panjang Sungai (L)} = 7,50 \text{ km}$$

$$\text{Kemiringan Sungai ((H maks - H min)/L)} = 0,09 \%$$

Rumus-rumus yang digunakan dalam Metode *Weduwen*, sebagai berikut :

$$Q_{max} = \alpha \cdot \beta \cdot q_n \cdot A$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot q_n + 7}$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120 + A}$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \cdot L \cdot Q^{-0,125} \cdot S^{-0,25}$$

$$t = 0,25 \cdot L \cdot Q^{-0,125} \cdot S^{-0,25}$$

Berdasarkan analisis perhitungan *Weduwen*, maka diperoleh debit banjir sebagai berikut:

**Tabel 29** Hasil perhitungan debit banjir Metode *Weduwen*

Kala Ulang Tahun	Debit Banjir m <sup>3</sup> /dtk
2	296.336
5	349.242
10	384.035
25	427.788
50	460.089
100	492.028
200	523.743

### Metode *Hasper*

Dalam Metode *Hasper*, beberapa parameter yang harus diketahui sebagai berikut :

Luas *DAS* (*A*) = 11,42 km<sup>2</sup>

Elevasi Maksimal (*Hmaks*) = 0,802 km

Elevasi Minimal (*Hmin*) = 0,145 km

Panjang Sungai (*L*) = 7,50 km

$$\text{Kemiringan Sungai } ((H_{maks}-H_{min})/L) = 0,09 \%$$

Rumus-rumus yang digunakan dalam Metode *Hasper*, sebagai berikut :

$$Q_{max} = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 A^{0,7}}{1 + 0,075 A^{0,7}}$$

$$\beta = 1 + \frac{t + 3,7 \cdot 10^{0,4t}}{t^2 + 15} \times \left| \frac{A^{3/4}}{12} \right|$$

$$t = 0,1 \cdot L^{0,8} \cdot S^{-0,3}$$

$$R_t = \frac{t \cdot R_{24}}{t + 1 - 0,0008 (260 - R_{24})(2 - t)^2}$$

$$q = \frac{R_t}{3,6 t}$$

Berdasarkan analisis perhitungan *Hasper*, maka diperoleh debit banjir sebagai berikut:

**Tabel 30** Hasil perhitungan debit banjir Metode *Hasper*

<i>Tr</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>t</i>	<i>R<sub>24</sub></i>	<i>R<sub>t</sub></i>	<i>q</i>	<i>α</i>	<i>β</i>	<i>Qt</i>
(Tahun)	(km)		(jam)	(mm)	(mm)	(m <sup>3</sup> /det.km <sup>2</sup> )			m <sup>3</sup> /det
2	7.5	87.6	0.131	390.68	34.208	72.532	0.750	0.867	560.46
5				459.19	35.646	75.580	0.750	0.867	584.01
10				504.50	36.430	77.243	0.750	0.867	596.86
25				561.77	37.277	79.039	0.750	0.867	610.73
50				604.25	37.822	80.194	0.750	0.867	619.66
100				646.42	38.305	81.218	0.750	0.867	627.57
200				688.44	38.737	82.135	0.750	0.867	634.66

**Tabel 31** Rekap hasil perhitungan debit banjir

Kala Ulang	Metode	
	<i>Weduwen</i> ( $m^3/dtk$ )	<i>Hasper</i> ( $m^3/dtk$ )
2	296.336	560.46
5	349.242	584.01
10	384.035	596.86
25	427.788	610.73
50	460.089	619.66
100	492.028	627.57
200	523.743	634.66

Metode yang dipilih adalah debit banjir rencana Metode *Weduwen*, jadi debit kala ulang 100 tahun yang digunakan adalah **492,028  $m^3/dtk$** .

### 5. Debit Andalan

*SUB DAS* Batulappa yang berada dalam Wilayah Sungai Saddang memiliki potensi air yang cukup besar yaitu 84.947.617  $m^3$  dengan luas *DAS* 11,42  $km^2$ .

Untuk perhitungan debit andalan *SUB DAS* Batulappa, dapat mengacu pada data debit andalan *DAS* Saddang. Dengan metode perbandingan luas *DAS*, maka didapat debit perbulan *SUB DAS* Batulappa sebagaimana pada tabel berikut:

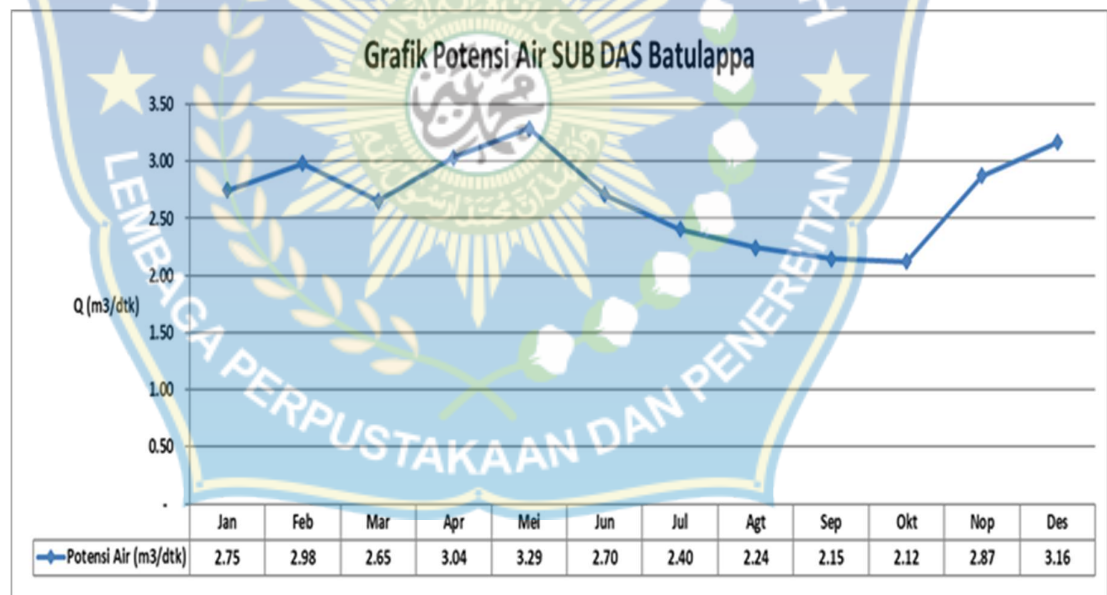
**Tabel 32** Potensi Ketersediaan Air *SUB DAS* Batulappa

No.	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	4.02	4.22	5.15	5.33	4.22	5.70	4.56	3.45	4.81	3.86	4.21	4.43
2	3.98	4.20	3.92	3.98	4.06	4.57	4.44	2.90	2.88	3.12	3.95	4.41
3	3.56	3.92	3.77	3.92	3.71	3.90	4.06	2.82	2.47	2.91	3.84	4.38

Lanjutan Tabel 32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	3.40	3.76	3.42	3.91	3.67	3.41	3.38	2.69	2.38	2.61	3.63	4.35
5	3.38	3.71	3.32	3.27	3.49	3.36	2.87	2.60	2.36	2.56	3.30	4.06
6	2.82	3.31	3.08	3.26	3.47	3.15	2.78	2.33	2.20	2.55	3.06	3.71
7	2.78	3.18	2.72	3.15	3.38	3.03	2.54	2.32	2.19	2.53	2.90	3.59
8	2.75	2.98	2.65	3.04	3.29	2.70	2.40	2.24	2.15	2.12	2.87	3.16
9	2.60	2.95	2.60	2.99	3.09	2.40	2.22	2.13	2.08	2.12	2.19	2.81
10	2.55	2.83	2.54	2.70	2.53	2.37	2.22	2.13	2.08	2.05	2.07	2.13

Dengan melihat ketersediaan air *SUB DAS* Batulappa sebesar 84.947.617 m<sup>3</sup>, maka tampungan yang dibutuhkan embung sebesar 471.411,3 m<sup>3</sup> masih dapat terpenuhi.



**Gambar 7** Grafik Potensi Air *SUB DAS* Batulappa

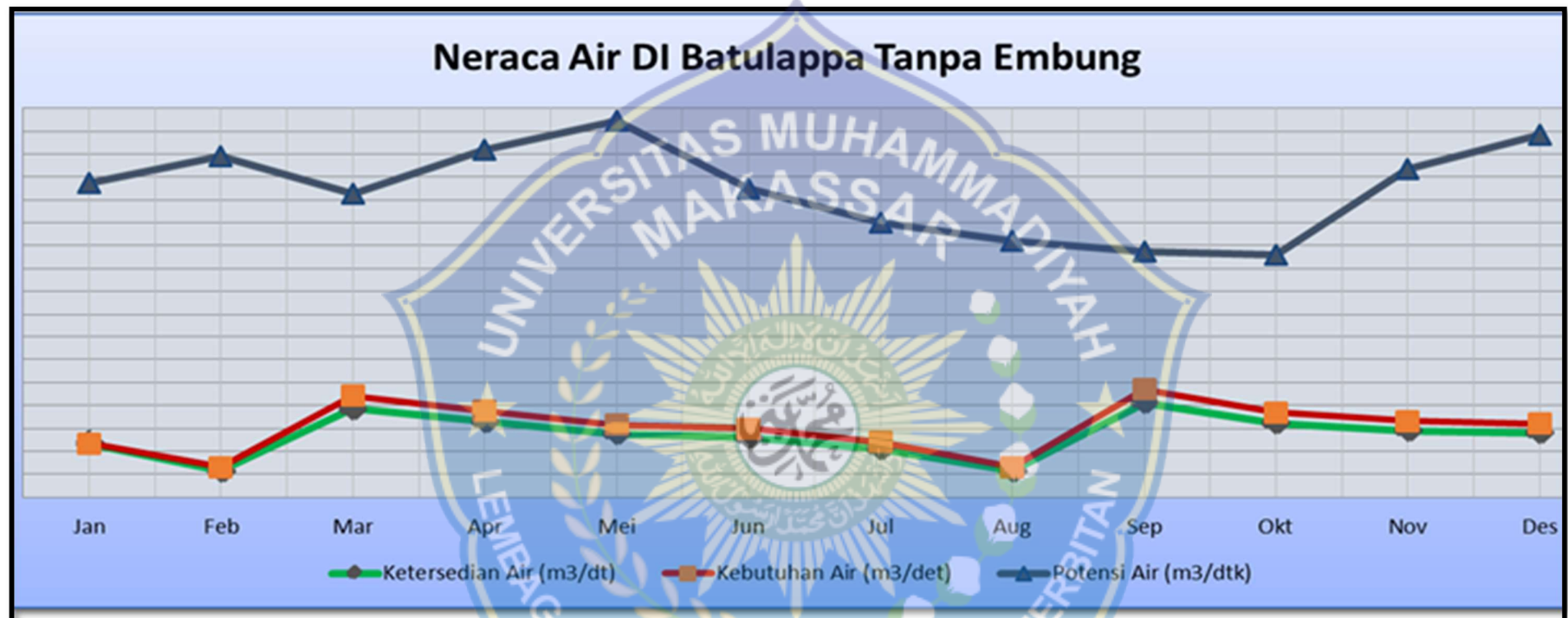
## 6. Neraca Air

Neraca air *SUB DAS* Batulappa dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 33** Neraca Air *SUB DAS* Batulappa Tanpa Embung

Uraian	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
<b>Potensi Air (m<sup>3</sup>/dtk)</b>	2,75	2,98	2,65	3,04	3,29	2,70	2,40	2,24	2,15	2,12	2,87	3,16
<b>Ketersediaan Sawah Eksisting 480 Ha (m<sup>3</sup>)</b>	0,47	0,23	0,77	0,66	0,55	0,52	0,42	0,23	0,82	0,65	0,58	0,56
<b>Kebutuhan Air Sawah 600 Ha (m<sup>3</sup>)</b>	0,47	0,26	0,88	0,75	0,63	0,60	0,48	0,26	0,94	0,74	0,66	0,64



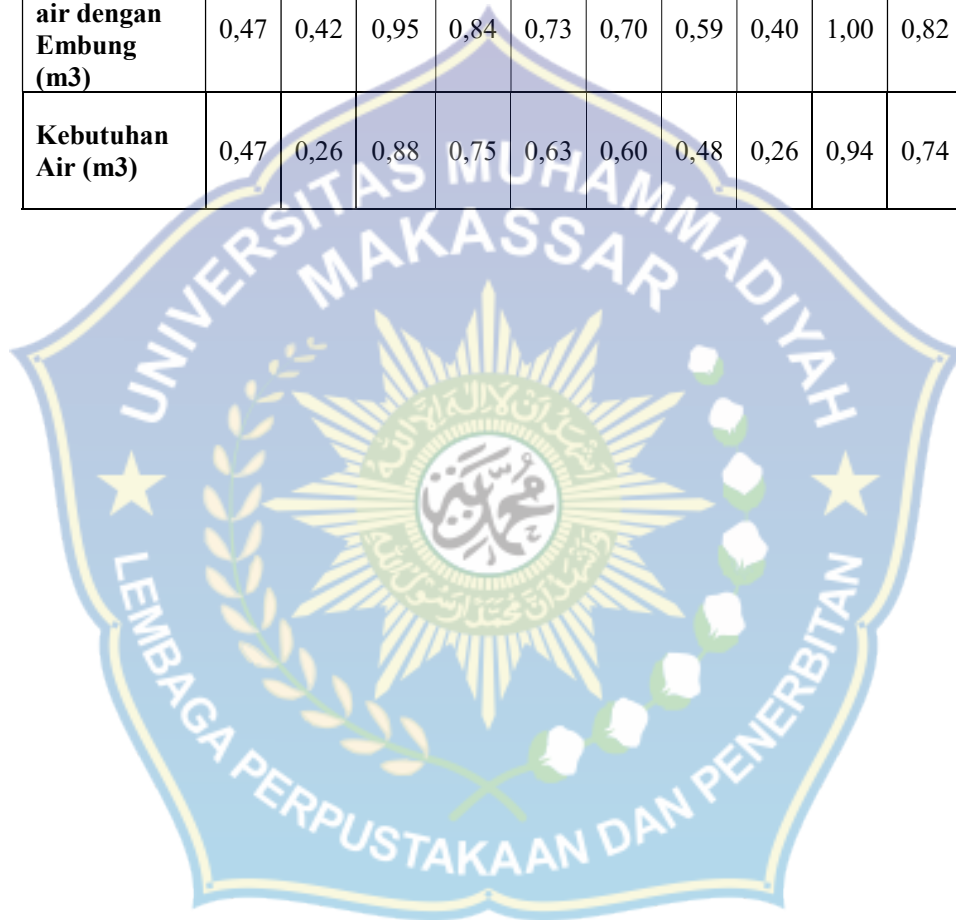


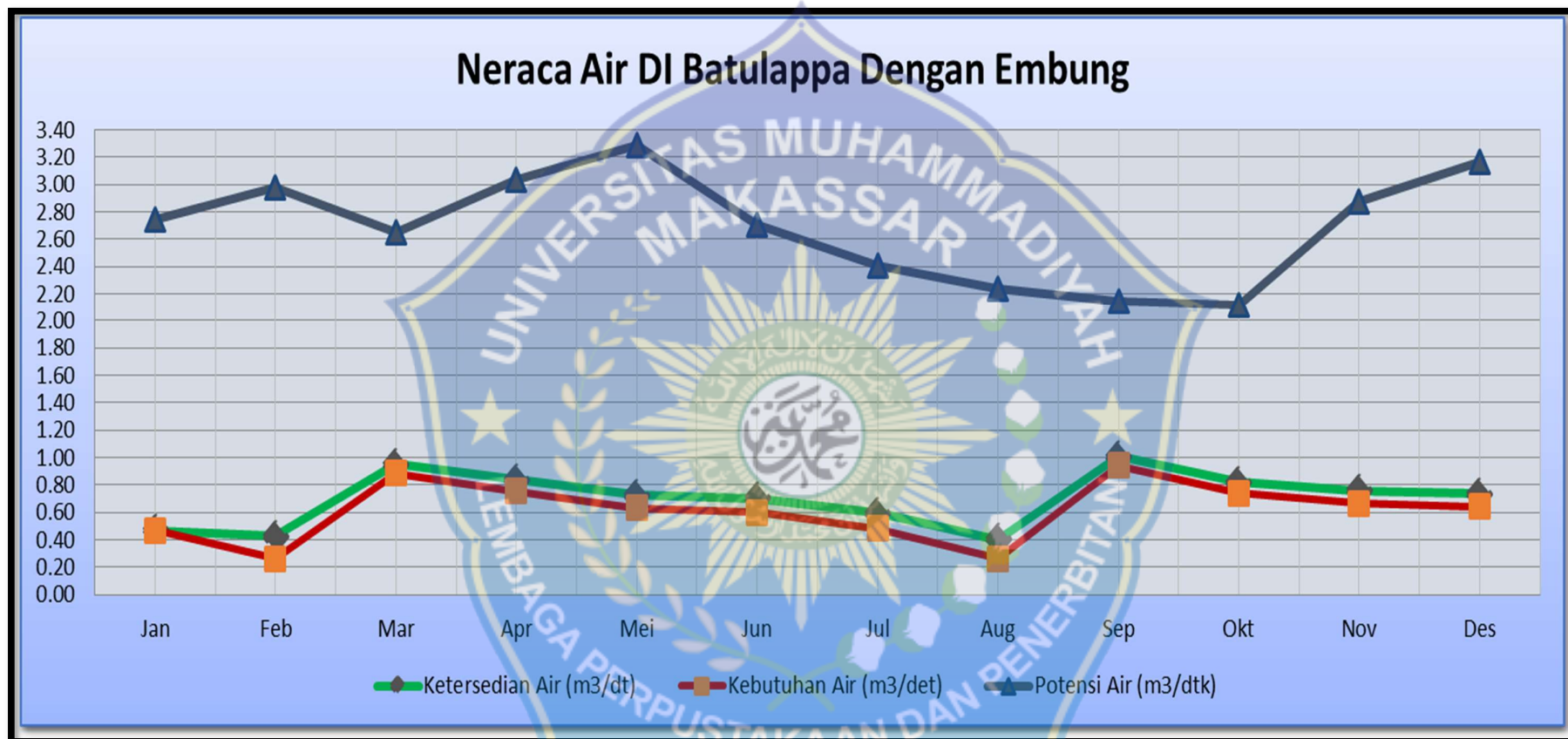
Gambar 8 Neraca air D.I. Batulappa tanpa Embung



**Tabel 34** Neraca Air SUB DAS Batulappa Dengan Embung

Uraian	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
<b>Potensi Air (m<sup>3</sup>/dtk)</b>	2,75	2,98	2,65	3,04	3,29	2,70	2,40	2,24	2,15	2,12	2,87	3,16
<b>Ketersediaan air dengan Embung (m<sup>3</sup>)</b>	0,47	0,42	0,95	0,84	0,73	0,70	0,59	0,40	1,00	0,82	0,76	0,74
<b>Kebutuhan Air (m<sup>3</sup>)</b>	0,47	0,26	0,88	0,75	0,63	0,60	0,48	0,26	0,94	0,74	0,66	0,64





**Gambar 9** Neraca air D.I. Batulappa dengan Embung

## B. Analisa Struktur

### 1. Tinggi Tubuh Embung

Besarnya tinggi tubuh embung sangat dipengaruhi oleh besarnya masing-masing tampungan yang ada. Tampungan tersebut adalah :

- Tampungan mati (*dead storage*) merupakan tampungan untuk sedimen yang diendapkan selama usia guna embung. Berdasarkan hasil perhitungan akumulasi pengendapan sedimen, didapatkan *dead storage* selama 50 tahun sebesar 95.408,4 m<sup>3</sup> pada elevasi + 167 m.
- Tampungan efektif (*effective storage*), merupakan tampungan untuk memenuhi kebutuhan air baku.
- Tinggi *crest* pelimpah (*MAN*) ditentukan berdasarkan kapasitas desain kolam embung terpilih sebesar 247.210,9 m<sup>3</sup> pada elevasi +167 m. Dari hasil *flood routing* didapat elevasi muka air banjir (*MAB*) pada elevasi +173,29 m atau dengan ketinggian 1 m di atas pelimpah (*spillway*).

Maka tinggi embung ( $H$ ) = Elv. *MAB* – Elv. Dasar kolam + tinggi jagaan

$$H = 173,29 - 161,99 + 2 = 13,3 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi puncak mercu embung} = 160,99 + 13,3 = +174,29 \text{ m}$$

### 2. Lebar Mercu Embung

Lebar mercu embung yang memadai diperlukan agar mercu embung dapat bertahan terhadap hempasan ombak diatas permukaan lereng yang berdekatan dengan mercu tersebut dan dapat bertahan terhadap aliran filtrasi yang melalui

bagian mercu tubuh embung yang bersangkutan. Disamping itu, pada penentuan lebar mercu perlu diperhatikan kegunaannya sebagai jalan eksploitasi dan pemeliharaan.

Untuk memperoleh lebar minimum mercu embung, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut ;

$$b = 3,6 (H)^{1/3} - 3$$

Dimana :

$b$  = Lebar puncak embung (m)

$H$  = Tinggi embung (13,3 m)

Maka ;

$$b = 3,6 (13,3)^{1/3} - 3$$

$$b = 5,45 \text{ m} \approx 5,5 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh lebar mercu embung minimum 5,45 m.

### 3. Panjang Dasar Embung

Panjang tubuh mercu embung yang dimaksud adalah seluruh panjang mercu embung yang membentang dari ujung kiri sampai dengan ujung kanan tebing termasuk dengan galian yang masuk ke masing-masing ujung tebing, dan apabila bangunan pelimpah ataupun penyadap terdapat pada bagian dari mercu embung maka lebar bangunan-bangunan tersebut juga diperhitungkan sebagai panjang embung sehingga panjang mercu utama **30.83 m**.

#### 4. Penimbunan Ekstra

Penimbunan ekstra pada tubuh embung dimaksudkan untuk mengimbangi penurunan mercu embung yang disebabkan oleh adanya proses konsolidasi. Sesudah tubuh embung dibangun maka proses konsolidasi ini masih terus berlangsung untuk beberapa waktu lamanya.

Penimbunan ekstra dimaksudkan agar sesudah proses konsolidasi tersebut selesai, maka elevasi puncak/mercu embung diharapkan dapat mencapai elevasi sesuai rencana (Elevasi rencana). Penurunan tubuh embung yang disebabkan oleh proses konsolidasi didalam tubuh embung tersebut, biasanya berkisar antara 0,20 sampai dengan 0,40 % dari tinggi embung. Penimbunan ekstra telah diperhitungkan dalam perhitungan tinggi jagaan (*Free board*).



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisis dan pembahasan data, diperoleh kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai Studi Perencanaan Embung Sungai Majeng Kecamatan Batulappa Kabupaten Pinrang sebagai berikut:

1. *SUB DAS* Batulappa yang berada dalam Wilayah Sungai Saddang memiliki potensi air yang cukup besar yaitu 84.947.617 m<sup>3</sup> dengan luas *DAS* 11,42 km<sup>2</sup>.
2. Metode yang dipilih untuk debit banjir rencana adalah Metode *Weduwen*, jadi debit kala ulang 100 tahun yang digunakan adalah 492,028 m<sup>3</sup>/dtk.
3. Untuk perhitungan debit andalan *SUB DAS* Batulappa, dapat mengacu pada data debit andalan *DAS* Saddang. Dengan metode perbandingan luas *DAS*, maka didapat debit perbulan *SUB DAS* Batulappa.
4. Dari hasil perhitungan dan analisis perencanaan embung di peroleh tinggi embung ( $H$ ) = Elv.*MAB* – Elv. Dasar kolam + tinggi jagaan

$$H = 173,29 - 161,99 + 2 = 13,3 \text{ m.}$$

Dengan lebar mercu embung minimum:

$$b = 3,6 (13,3)^{1/3} - 3$$

$$b = 5,45 \text{ m} \approx 5,5 \text{ m.}$$

## B. Saran

Dengan melihat hasil analisis Embung Sungai Majeng, maka perlunya dibangun embung tersebut agar kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air untuk masyarakat bisa terpenuhi.

