

**SKRIPSI**

**TINJAUAN TINGKAT LAJU SEDIMENTASI VOLUME TAMPUNGAN  
WADUK PADA BENDUNGAN KARALLOE KAB. GOWA**



**Oleh :**

**NASRULLAH**

**105 81 1855 13**

**SULISTIAWATI**

**105 81 1853 13**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2018**

**TINJAUAN TINGKAT LAJU SEDIMENTASI VOLUME TAMPUNGAN  
WADUK PADA BENDUNGAN KARALLOE KAB. GOWA**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Makassar**

**Disusun dan Diajukan Oleh :**

**NASRULLAH**

**105 81 1855 13**

**SULISTIAWATI**

**105 81 1853 13**

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

**2018**



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 : **TINJAUAN TINGKAT LAJU SEDIMENTASI VOLUME TAMPUNGAN WADUK PADA BENDUNGAN KARALLOE KABUPATEN GOWA**

Nama : SULISTIAWATI  
NASRULLAH

Stambuk : 105 81 1853 13  
105 81 1855 13

Makassar, 6 Juni 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT

Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, ST

NBM : 975 288



# FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221  
Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)  
Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## PENGESAHAN

Skripsi atas nama Sulistiawati dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1853 13 dan Nasrullah dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1855 13, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/22201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu tanggal 6 Juni 2018

Makassar, 21 Ramadhan 1439 H  
6 Juni 2018 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

a. Ketua : Ir. H. Marudding Laining, MS

b. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST., MT

3. Anggota : 1. Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Sammang, Msi., M.Eng :

2. Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S, MT

3. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT

Pembimbing II

Dr. Ir. Neany T. Karim, ST., MT

Dekan



Dr. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 055 500



# TINJAUAN TINGKAT LAJU SEDIMENTASI VOLUME TAMPUNGAN WADUK PADA BENDUNGAN KARALLOE KAB. GOWA

Sulistiawati<sup>(1)</sup> dan Nasrullah<sup>(2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : [sulistiawatikarim@gmail.com](mailto:sulistiawatikarim@gmail.com)

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : [nasrullahulla26@gmail.com](mailto:nasrullahulla26@gmail.com)

## ABSTRAK

Tinjauan tingkat laju sedimentasi volume tampungan waduk pada Bendungan Karalloe Kab. Gowa. Dibimbing oleh Ratna Musa dan Nenni T. Karim. Hal terpenting dalam perencanaan waduk selain desain hidrolis bendungan adalah sedimentasi. Sedimen yang mengendap di waduk merupakan faktor pembatas kapasitas tampungan efektif waduk, sehingga jumlah sedimen di waduk biasanya digunakan dalam menetapkan masa gunawaduk. Dengan rencana usia gunawaduk 50 tahun pada Bendungan Karalloe (*upstream*) digunakan inflow sedimen sebesar  $1200 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$  ( $1.2 \text{ mm}/\text{tahun}$ ), maka volume sedimen yang ditampung waduk adalah sebesar 11.025 juta  $\text{m}^3$ . Prediksi sedimentasi yang terjadi pada waduk dilakukan dengan memperhitungkan laju sedimentasi berdasarkan metode perhitungan analitik, di dapatkan perhitungan laju sedimen sebesar  $1.732 \text{ mm}$ . Jumlah sedimen yang masuk pada tampungan waduk Bendungan Karalloe adalah  $318.255 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$ . Untuk volume sedimen dalam 50 tahun sebesar  $15.912.750 \text{ m}^3$ , yaitu di elevasi  $\pm 231.79$  melewati elevasi maksimum tampungan waduk yang direncanakan.

**Kata Kunci :** Waduk, Sedimentasi, Perhitungan Analitik

## ABSTRACT

*Overview of sedimentation rate of reservoir volume at Karalloe Dam, Gowa Regency. Guided by Ratna Musa and Nenni T. Karim. The most important thing in reservoir planning besides the hydraulic dam design is sedimentation. Sediment which settled in reservoir is a limiting factor for the effective capacity of reservoir, so that the amount of sediment in reservoir is commonly used in determining the useful period of reservoir. With the planned age of 50 years at Karalloe Dam (*upstream*), used a sediment inflow of  $1200 \text{ m}^3 / \text{km}^2 / \text{year}$  ( $1.2 \text{ mm} / \text{year}$ ), then the volume of sediment reservoir is 11,025 million  $\text{m}^3$ . The prediction of sedimentation that occurred in the reservoir was done by counting the sedimentation rate based on the analytical calculation method, the calculation of the sediment rate of  $1,732 \text{ mm}$  as discovered. The amount of sediment entering Karalloe Dam is  $318.255 \text{ m}^3 / \text{km}^2 / \text{year}$ . For sediment volumes within 50 years is  $15,912,750 \text{ m}^3$ , that is at elevation  $\pm 231.79$  passes the maximum elevation of reservoir that was planned.*

**Keywords:** Reservoir, Sedimentation, Analytical Calculation

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum, Wr. Wb*

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah: **“TINJAUAN TINGKAT LAJU SEDIMENTASI VOLUME TAMPUNGAN WADUK PADA BENDUNGAN KARALLOE KAB. GOWA”**

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

1. Bapak **Dr. H. ABD. Rahman Rahim, SE., MM.** sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak **Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **Muh. Syafaat S. Kuba, ST.** sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu **Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, ST., MT.** selaku pembimbing I dan Ibu **Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT.** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan

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

5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayahanda dan ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa, serta pengorbanan kepada penulis.
7. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Radical Angkatan 2013 dengan rasa persaudaran yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis akan sangat menghargai saran dan kritik sehingga laporan tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik dan menambah pengetahuan kami dalam upaya penyempurnaan laporan selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan untuk pembaca pada umumnya.

*Wassalamu`alaikum, Wr. Wb.*

Makassar, 2018

**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
A. Waduk .....	6
B. Pengendapan (Sedimentasi) .....	12
1. Pengertian Sedimen.....	12
2. Proses Sedimentasi.....	13

a.	Proses sedimentasi secara Geologis (Normal) .....	13
b.	Proses sedimentasi dipercepat.....	13
3.	Sifat –sifat Sedimen .....	14
a.	Mekanisme gerakan sedimen .....	15
b.	Distribusi ukuran butir .....	17
c.	Volume dan berat jenis sedimen .....	19
C.	Analisa Hidrologi .....	19
1.	Metode Aritmatik (Rata – rata Aljabar).....	19
2.	Polygon Thiessen .....	20
3.	Perhitungan Curah Hujan Rencana .....	21
4.	Perhitungan Debit Rencana.....	23
D.	Analisis Perhitungan Laju Sedimentasi .....	27
1.	Analisis Perhitungan Laju Sedimen Melayang .....	27
2.	Perkiraan Muatan Sedimen Dasar ( <i>Bed Load</i> ).....	35
E.	Analisis Perhitungan Volume Tampang Sedimen di Waduk .....	40
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>43</b>
A.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	43
B.	Jenis Penelitian dan Sumber Data .....	44
C.	Alat dan Bahan .....	45
D.	Tahap Penelitian.....	46
E.	Analisis Data .....	47
F.	Flow Chart Penelitian.....	53



<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>54</b>
A. Analisa Hidrologi .....	54
B. Analisis Perhitungan Laju Sedimentasi .....	74
C. Perhitungan Volume Tampungan Sedimen di Waduk.....	95
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>100</b>
A. Kesimpulan .....	100
B. Saran.....	100
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>102</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi ukuran butir sedimen menurut Wentworth.....	18
Tabel 4.1	Lokasi Stasiun Curah Hujan .....	54
Tabel 4.2	Nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$ .....	55
Tabel 4.3	Uji Konsistensi Curah Hujan Tahunan .....	55
Tabel 4.4	Pembagian Daerah Aliran (Thiessen) .....	57
Tabel 4.5	Curah Hujan Harian Maximum Tahunan Rata-rata DPS.....	57
Tabel 4.6	Curah Hujan Harian Maximum Tahunan Rata-rata DPS.....	58
Tabel 4.7	Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel.....	59
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan CH Maksimum dengan Metode Gumbel .....	60
Tabel 4.9	Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III.....	60
Tabel 4.10	Distribusi Frekuensi Metode Log Person Type III .....	61
Tabel 4.11	Rekapitulasi CH Metode Gumbel & Log Person Type III .....	62
Tabel 4.12	Intensitas Perhitungan Curah Hujan.....	63
Tabel 4.13	Perhitungan Metode HSS Nakayasu dengan Koreksi.....	66
Tabel 4.14	Rangkuman Debit Limpasan.....	68
Tabel 4.15	Perhitungan Metode HSS Gama I.....	71
Tabel 4.16	Perhitungan Metode HSS Gama I.....	73
Tabel 4.17	Perhitungan Metode HSS Gama I.....	73
Tabel 4.18	Hasil Analisa Saringan.....	75
Tabel 4.19	Data Kadar Lumpur.....	78
Tabel 4.20	Data Pengukuran Debit Air Dan Hasil Analisa Sedimen Melayang....	81
Tabel 4.21	Perhitungan $Q_{smhit}$ .....	85

Tabel 4.22 Selisih (delta) antara $Q_{sm}$ dengan $Q_{sm_{hit}}$ .....	86
Tabel 4.23 Perhitungan Sedimen Dalam Setahun.....	87
Tabel 4.24 Hubungan Debit Sedimen Melayang ( $Q_{sm}$ ) & Debit Sungai ( $Q_w$ ).....	87
Tabel 4.25 Rekapitulasi Debit Sedimen Dasar ( <i>Bed Load</i> ).....	94
Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Volume Sedimen di Waduk.....	97

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Idealisasi masalah kapasitas dan kemampuan waduk .....	7
Gambar 2.2	Zona-zona Tampungan Waduk .....	9
Gambar 2.3	Profil Tipikal Pengendapan Sedimen .....	10
Gambar 2.4	Proses Sedimentasi Normal dan Sedimentasi Dipercepat.....	14
Gambar 2.5	Ragam Gerakan Sedimen dalam Air .....	16
Gambar 2.6	Skema Angkutan Sedimen .....	17
Gambar 2.7	Hujan Rerata Untuk Metode Thiessen .....	21
Gambar 2.8	Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu .....	24
Gambar 2.9	Sketsa Penetapan WF dan RUA.....	27
Gambar 2.10	Potongan Memanjang Waduk .....	42
Gambar 2.11	Grafik Hubungan Antara Elevasi, Luas dan Volume Waduk .....	42
Gambar 3.1	Peta Situasi Bendungan Karalloe .....	43
Gambar 3.2	Flowchart Penelitian.....	53
Gambar 4.1	Kurva Intensitas Durasi Frekuensi dengan Metode Mononobe .....	64
Gambar 4.2	Grafik Perhitungan HSS Nakayasu .....	67
Gambar 4.3	Grafik HSS Nakayasu .....	69
Gambar 4.4	Grafik HSS Gama I .....	72
Gambar 4.5	Grafik Hidrograf Banjir Rancangan HSS Gama I.....	74
Gambar 4.6	Grafik Kumulatif Persentase Lolos Saringan.....	75
Gambar 4.7	Grafik Lengkung Debit .....	76
Gambar 4.8	Hubungan Debit Sedimen Melayang ( $Q_{sm}$ ) & Debit Sungai ( $Q_w$ ) ..	88

Gambar 4.9 Hubungan Debit Sungai ( $Q_w$ ) & Debit Sedimen Melayang ( $Q_{sm}$ )..	95
Gambar 4.10 Kurva Lengkung Luasan Waduk .....	98
Gambar 4.11 Kurva Lengkung Kapasitas Waduk .....	98
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Antara Elevasi, Luas dan Volume Waduk .....	99



## DAFTAR SINGKATAN

BBWS	= Balai Besar Wilayah Sungai
CS	= Coefficient of Skewness
Ck	= Coefficient Kurtosis
DAS	= Daerah Aliran Sungai
$d_n$	= Diameter Nominal
FWL	= Flood Water Level
HSS	= Hidrograf Satuan Sintetik
LWL	= Low Water Level
MPM	= Meyer–Peter dan Muller
NWL	= Normal Water Level

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Bendungan merupakan salah satu prasarana pengembangan sumber daya air yang banyak dikembangkan di Indonesia. Sebagai bangunan pengairan, bendungan berfungsi menampung air sungai dalam suatu waduk (*reservoir*), juga dapat difungsikan sebagai pembangkit listrik tenaga air, pengendali banjir dan pariwisata. Bendungan Karalloe sendiri dibangun pada aliran sungai Kelara Karalloe, dengan luas DAS 183,75 km<sup>2</sup>. Dalam perencanaan bendungan, selain desain hidrolis bendungan salah satu hal penting yang harus diperhatikan adalah sedimentasi. Konsekuensi dari penampungan air sungai adalah ikut tertampungnya sedimen yang terbawa oleh air. Sedimen yang mengalir di sungai tersebut terbagi menjadi dua yaitu berupa koloidal (butir halus) yang bercampur dengan air sungai (*suspended load*) dan berupa butir yang mengalir lewat dasar sungai (*bed load*) (Soedibyo,1987).

Sedimen biasanya digambarkan sebagai partikel padat yang digerakkan oleh fluida sedimen yang terjadi pada sungai dan disebabkan akibat erosi yang terjadi pada lahan-lahan kritis yang terdapat pada tangkapan daerah aliran sungai (DAS). Pada daerah aliran sungai, partikel dan unsur hara yang larut dalam aliran permukaan akan mengalir ke sungai dan waduk sehingga terjadi pendangkalan pada daerah tersebut yang kemudian menyebabkan daya tampung sungai dan waduk menurun serta kesuburan tanah dihilu berkurang.

Akibat sedimen yang mengendap didasar akan berpengaruh pada kapasitas tampungan waduk, sehingga jumlah sedimen di waduk biasa digunakan untuk menetapkan masa guna waduk. Dengan rencana usia guna waduk 50 tahun pada Bendungan Karalloe (upstream) digunakan inflow sedimen sebesar  $1200 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$  ( $1.2 \text{ mm}/\text{tahun}$ ), maka volume sedimen yang ditampung waduk adalah sebesar 11.025 juta  $\text{m}^3$ . Akan tetapi, dengan adanya aktifitas penggalian di area Spillway dimana sebagian hasil buangan galian, disposalnya dialihkan ke hulu Bendungan. Hal ini tentu berdampak pada kapasitas tampungan waduk karna dapat semakin berkurang dikarenakan adanya sedimentasi pada daerah genangan. Fungsi waduk akan hilang apabila semua daerah genangan waduk sudah terisi penuh dengan sedimen. Pada kondisi ini volume sedimen yang terjadi telah melebihi volume tampungan waduk baik untuk tampungan sedimen maupun tampungan dalam penyediaan air baku dan dinyatakan bahwa waduk telah mati atau umur layanan waduk telah habis.

Dari permasalahan tersebut maka kami menuangkan dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan judul : ***“TINJAUAN TINGKAT LAJU SEDIMENTASI VOLUME TAMPUNGAN WADUK PADA BENDUNGAN KARALLOE KABUPATEN GOWA”***

## **B. Rumusan Masalah**

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini dapat dijabarkan dalam rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar laju sedimentasi yang masuk diwaduk Bendungan Karalloe ?
2. Berapa besar volume sedimen yang masuk diwaduk Bendungan Karalloe ?

### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar laju sedimentasi (*sedimentation-rate*) yang masuk diwaduk.
2. Untuk mengetahui seberapa besar volume sedimen yang masuk pada tampungan waduk.

### **D. Manfaat Penelitian**

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan laju sedimentasi.
2. Sebagai bahan referensi perencanaan dalam memperediksi volume sedimen pada tampungan waduk.

### **E. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Tidak memperhitungkan bangunan pengelak (*tunnel*), bangunan pengambilan (*intake*), dan bangunan pelimpah (*spillway*).
2. Tidak menghitung struktur dan stabilitas bendungan.
3. Tidak membahas mengenai metode pelaksanaan dan ekonomi teknik.

## **F. Sistematika Penulisan**

Penulisan ini merupakan susunan yang serasi dan teratur, oleh karena itu dibuat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok uraian sehingga mencakup pengertian tentang apa, dan bagaimana. Sistematika penulisan skripsi ini dapat diuraikan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam Bab ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan tentang pengertian dasar serta teori yang digunakan dalam perhitungan yang meliputi analisis hidrologi, analisis laju sedimentasi dan analisis perhitungan volume tampungan waduk.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini akan menguraikan tentang lokasi dan waktu penelitian, jenis penelitian dan sumber data, serta tahap-tahap dalam proses penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan menguraikan tentang hasil penelitian dan pembahasan mengenai hasil analisis data laju sedimentasi dan volume tampungan sedimen di waduk.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian ini, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang dialami selama penelitian berlangsung, yang tentunya diharapkan agar penelitian ini berguna untuk ilmu aplikasi rekayasa perencanaan bendungan khususnya waduk dan penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Waduk**

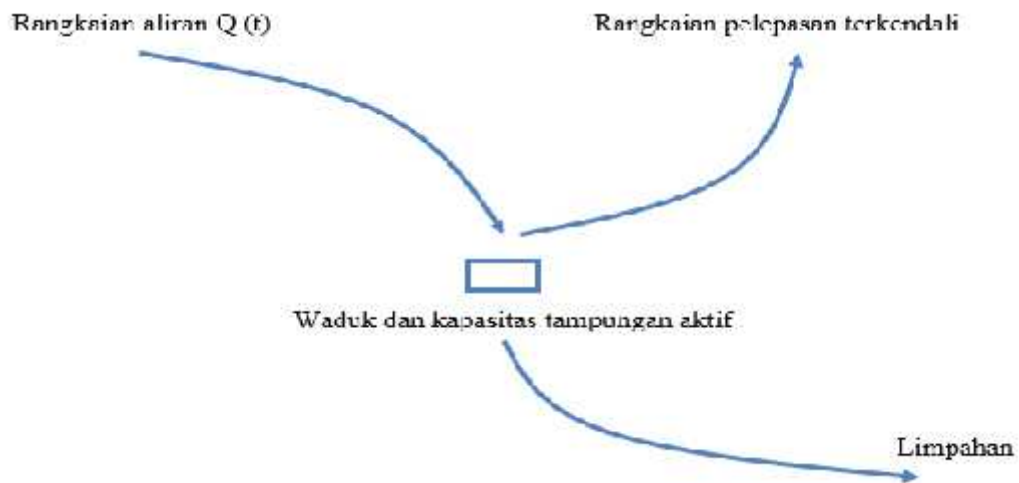
##### **a. Pengertian Waduk**

Waduk merupakan tempat pada permukaan tanah yang dimaksudkan untuk menyimpan dan menampung air saat terjadi kelebihan air pada musim hujan, kemudian air yang berlebihan tersebut dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti irigasi, pembangkit tenaga listrik, air bersih dan lain lain.

Dalam pengelolaan sumber daya air waduk sering dijumpai permasalahan-permasalahan yang menyangkut aspek perencanaan, operasi dan pemeliharaan waduk, sedimentasi adalah permasalahan umum yang menjadi permasalahan utama di waduk selama ini. Fungsi utama dari waduk adalah untuk menyediakan tampungan sumber air agar bisa digunakan saat dibutuhkan. Tampungan yang dibutuhkan di suatu sungai untuk memenuhi permintaan tertentu tergantung tiga faktor, yaitu:

1. Variabilitas aliran sungai.
2. Ukuran permintaan.
3. Tingkat keandalan dari pemenuhan permintaan.

Dalam bentuk yang paling sederhana, masalah waduk dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1. Idealisasi masalah kapasitas dan kemampuan waduk  
(Sumber : [eprints.undip.ac.id/34513/5/1501\\_chapter\\_II.pdf](http://eprints.undip.ac.id/34513/5/1501_chapter_II.pdf))

Rangkaian aliran di sungai  $Q(t)$  akan dimanfaatkan untuk memenuhi permintaan air dengan kebutuhan yang tertentu  $D(t)$ . Dengan demikian pertanyaan yang muncul dapat berupa, berapa besar kapasitas waduk ( $C$ ) yang harus disediakan bagi suatu pelepasan yang terkendali (*release*) dengan tingkat keandalan yang dapat diterima. Mungkin ada variasi lain dari pertanyaan ini, misalnya menentukan pelepasan bagi suatu kapasitas tertentu, tetapi masalah dasarnya tetap sama yaitu hubungan antara karakteristik aliran masuk (*inflow*), kapasitas waduk, pelepasan yang terkendali (*release*) dan keandalan yang ditemukan.

### **b. Tampungan-Tampungan Dalam Waduk**

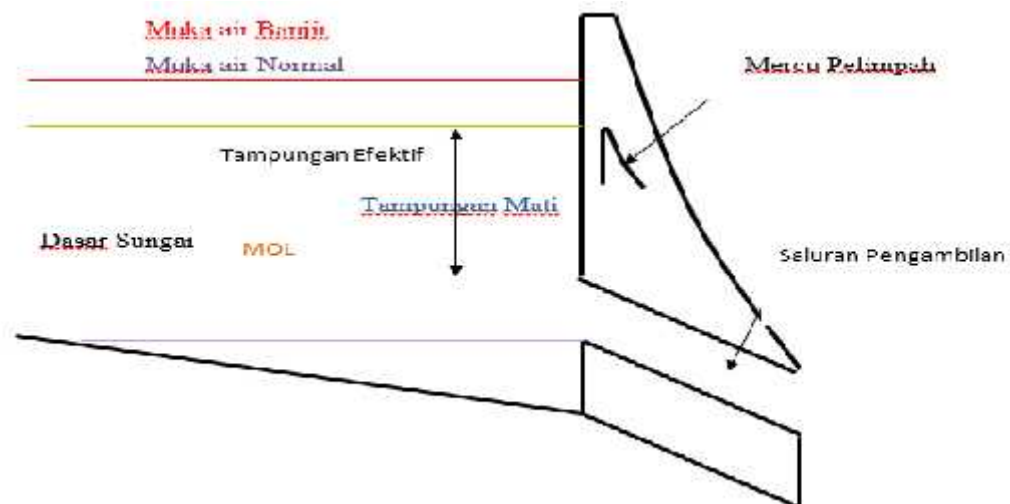
Bagian-bagian pokok sebagai ciri fisik suatu waduk adalah sebagai berikut :

1. Tampungan berguna (*usefull storage*), menurut Seyhan (Seyhan, 1979:24), adalah volume tampungan diantara permukaan genangan minimum (*Low*

*Water Level = LWL*) dan permukaan genangan normal (*Normal Water Level = NWL*).

2. Tampungannya tambahan (*surcharge storage*) adalah volume air diatas genangan normal selama banjir. Untuk beberapa saat debit meluap melalui pelimpah. Kapasitas tambahan ini biasanya tidak terkendali, dengan pengertian adanya hanya pada waktu banjir dan tidak dapat dipertahankan untuk penggunaan selanjutnya (Linsey, 1985:65).
3. Tampungannya mati (*dead storage*) adalah volume air yang terletak dibawah permukaan genangan minimum, dan air ini tidak dimanfaatkan dalam pengoperasian waduk.
4. Tampungannya tebing (*valley storage*) adalah banyaknya air yang terkandung di dalam susunan tanah *pervious* dari tebing dan lembah sungai. Kandungan air tersebut tergantung dari keadaan geologi tanah.
5. Permukaan genangan normal (*normal water level/NWL*), adalah elevasi maksimum yang dicapai oleh permukaan air waduk.
6. Permukaan genangan minimum (*low water level/LWL*), adalah elevasi terendah bila tampungannya dilepaskan pada kondisi normal, permukaan ini dapat ditentukan oleh elevasi dari bangunan pelepasan yang terendah.
7. Permukaan genangan pada banjir rencana adalah elevasi air selama banjir maksimum direncanakan terjadi (*flood water level/FWL*).
8. Pelepasan (*realese*), adalah volume air yang dilepaskan secara terkendali dari suatu waduk selama kurun waktu tertentu.

9. Periode kritis (*critical periode*), adalah periode dimana sebuah waduk berubah dari kondisi penuh ke kondisi kosong tanpa melimpah selama periode itu. Awal periode kritis adalah keadaan waduk penuh dan akhir periode kritis adalah ketika waduk pertama kali kosong.



Gambar 2.2. Zona-zona Tampungan Waduk  
(Sumber : <http://www.freevynou.com>)

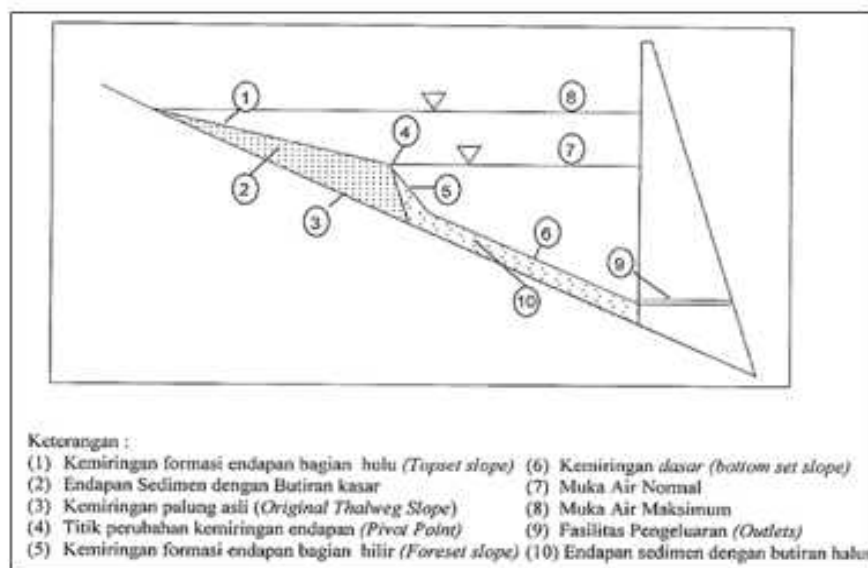
### c. Kapasitas Waduk

Lama umur ekonomi sebuah waduk berkisar di antara 50 tahun bagi waduk kecil dengan volume simpan manfaat sekitar 50-100 juta m<sup>3</sup>, hingga beberapa ratus tahun bagi waduk-waduk yang lebih besar, tergantung dari berbagai faktor yang harus dipertimbangkan sendiri-sendiri pada setiap waduk. Pada akhir umur ekonominya, ditaksir 80% dari kapasitas volume simpan manfaat telah dipenuhi sedimen yang tertangkap di dalam kolam waduk sepanjang waktu itu. Pada saat dan kondisi itu waduk sudah dianggap tidak dapat lagi berfungsi sebagaimana fungsi waduk itu sendiri.

Kapasitas waduk saat direncanakan berdasarkan perhitungan volume tampungan air tanpa adanya sedimentasi. Seiring berjalannya waktu pengoperasian waduk, terjadi sedimentasi di areal genangan hingga menyebabkan berkurangnya kapasitas tampungan waduk itu sendiri.

Pengendapan di dalam waduk sering terjadi lebih besar daripada yang telah dihitung dan/atau diharapkan pada tahap design. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti :

- a) Ketidaktepatan dalam mengumpulkan dan mengelolah data hidrologi dan erosi dari DAS pada tahap design.
- b) Bertambahnya hasil sedimen kotor karena perubahan tata guna lahan DAS akibat manajemen yang tidak hati-hati, atau kerusakan DAS.
- c) Operasi dan pemeliharaan waduk yang tidak benar.



Gambar 2.3. Profil Tipikal Pengendapan Sedimen  
(Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2009)

Menurut Kasiro et al., 1997, kapasitas waduk secara umum dibedakan menjadi tiga yaitu :

- a) Kapasitas mati (*Dead Storage*)
- b) Kapasitas pelayanan (*Active Storage*)
- c) Kapasitas total

Umur pelayanan waduk merupakan fungsi dari volume tampungan aktif (Ilyas et al., 1991). Semakin menyusut volume tampungan aktif menandakan semakin pendek umur pelayanan waduk. Pelayanan volume tampungan aktif lebih banyak disebabkan karena bertambahnya volume sedimen yang masuk kedalam waduk.

#### **d. Usia Guna Waduk**

Usia guna waduk adalah masa manfaat waduk dalam menjalankan fungsinya, sampai terisi penuh oleh sedimen kapasitas tampungan matinya. Dalam penjelasan ini untuk memprediksikan usia guna waduk berdasarkan pada dua cara, yaitu:

##### **1. Perkiraan Usia Guna Berdasarkan Kapasitas Tampungan Mati (*Dead Storage*)**

Perhitungan ini berdasarkan pada berapa waktu yang dibutuhkan oleh sedimen untuk mengisi kapasitas tampungan mati. Dengan diketahui besarnya kapasitas tampungan mati dan besarnya kecepatan laju sedimen yang mengendap, maka akan diketahui waktu yang dibutuhkan sedimen untuk mengisi pada daerah tampungan mati. Semakin bertambah umur maka semakin berkurang kapasitas tampungan matinya, yang kemudian akan mengganggu pelaksanaan operasional

waduk. Sehingga hal ini merupakan acuan untuk memprediksikan kapan kapasitas tampungan mati tersebut akan penuh.

## 2. Perkiraan Usia Guna Berdasarkan Besarnya Distribusi Sedimen Yang Mengendap Di Tampungan dengan Menggunakan *The Empirical Area Reduction Method*.

Metode ini pertama kali diusulkan oleh Lane dan Koezler ( 1935 ), yang kemudian dikembangkan oleh Borland Miller (1958, dalam USBR,1973) dan Lara (1965, dalam USBR,1973). Dengan metode ini dapat diprediksi bagaimana sedimen terdistribusi di dalam waduk pada masa-masa yang akan datang. Dalam perhitungan ini sebagai acuan untuk menentukan usia guna waduk berdasar pada hubungan fungsi antara luas genangan dengan elevasi genangan dan kapasitas tampungan. Sebagai patokan elevasi pintu pengambilan sebagai acuannya. Sehingga apabila elevasi pintu pengambilan akan dicapai oleh elevasi endapan sedimen, maka kegiatan operasional waduk akan terganggu, yang pada akhirnya secara teknis akan mengakibatkan tidak berfungsinya waduk.

## **B. Pengendapan (Sedimentasi)**

### **1. Pengertian Sedimen**

Sedimen adalah material hasil dari proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya yang mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan air, saluran air, sungai, dan waduk. Sedangkan sedimentasi adalah proses pengendapan dari bahan organik dan



anorganik yang tersuspensi di dalam air dan diangkat oleh air sebagai akibat dari adanya erosi.

Secara umum dikatakan bahwa erosi dan sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan angin atau air kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat yang lain. Bahaya erosi banyak terjadi di daerah-daerah lahan kering terutama yang memiliki kemiringan lereng sekitar 15% atau lebih rendah.

## **2. Proses Sedimentasi**

Proses sedimentasi dapat terjadi pada lahan-lahan pertanian maupun di sepanjang dasar sungai, dasar waduk, muara, dan sebagainya. Berdasarkan proses terjadinya sedimentasi dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

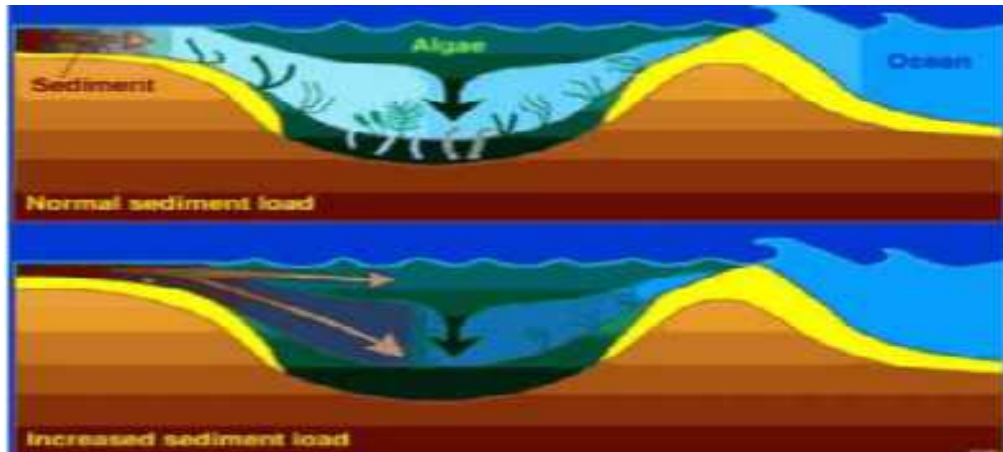
### **a. Proses Sedimentasi secara Geologis (Normal)**

Yaitu proses tanah dan sedimentasi yang berjalan secara normal atau berlangsung secara geologi, artinya proses pengendapan yang berlangsung masih dalam batas-batas yang diperkenankan atau dalam keseimbangan alam dari proses *degradasi* dan *agradasi* pada permukaan kulit bumi akibat pelapukan.

### **b. Proses Sedimentasi Dipercepat**

Sedimentasi yang dipercepat merupakan proses terjadinya sedimentasi yang menyimpang dari proses secara geologis dan berlangsung dalam waktu yang cepat, bersifat merusak atau merugikan dan dapat mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup. Kejadian tersebut biasanya disebabkan

oleh kegiatan manusia dalam mengelolah tanah. Cara mengelolah tanah yang salah dapat menyebabkan erosi tanah dan sedimentasi yang tinggi.



Gambar 2.4. Proses Sedimentasi Normal dan Sedimentasi Dipercepat

( sumber : [swwt.wsu.edu](http://swwt.wsu.edu),2000) dalam Astika Murni Lubis (2016)

Sedimen biasanya digambarkan sebagai partikel padat yang digerakan oleh fluida sedimen yang terjadi pada sungai dan disebabkan akibat erosi yang terjadi pada lahan-lahan kritis yang terdapat pada tangkapan Daerah Aliran Sungai (DAS). Jika material sedimen yang terbentuk akibat erosi lahan tersebut masuk ke dalam DAS dalam jumlah yang besar, maka akan menyebabkan laju sedimen yang masuk ke dalam DAS menjadi besar, bahkan akan melampaui laju sedimen rencana. Akibat sedimen yang mengendap di dasar akan berpengaruh pada kapasitas tampungan air.

### 3. Sifat-sifat Sedimen

Sifat-sifat transportasi sedimen berpengaruh terhadap sedimen itu sendiri yaitu mempengaruhi pembentukan struktur sedimen yang terbentuk. Umumnya proses sedimen merupakan hasil langsung dari gerakan media pengangkut. Namun demikian sifat fisik (ragam ukuran, bentuk dan berat jenis) butiran

sedimen itu sendiri mempunyai pengaruh pada proses mulai dari erosi, transportasi sampai ke pengendapan.

#### **a) Mekanisme Gerakan Sedimen**

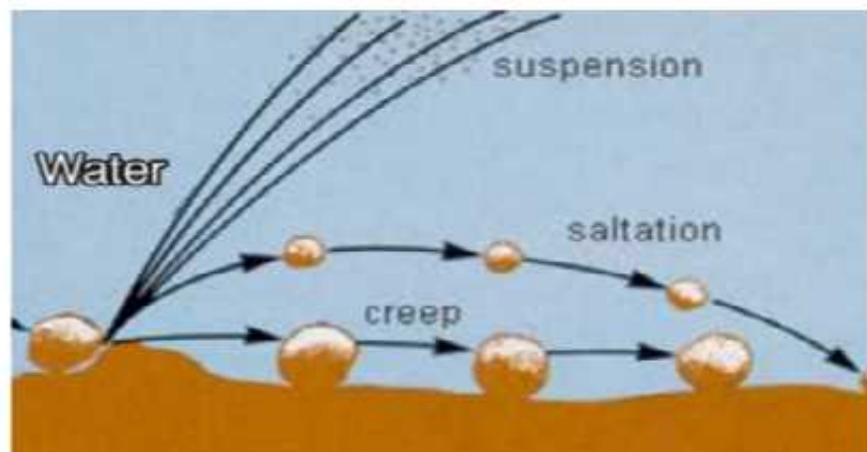
Menurut (Asdak, 2007) dalam Amrullah (2010) kecepatan transpor sedimen merupakan fungsi dari kecepatan aliran sungai dan ukuran partikel sedimen. Partikel sedimen ukuran kecil seperti tanah liat dan debu dapat diangkut aliran air dalam bentuk terlarut (*wash load*). Sedangkan partikel yang lebih besar, antara lain, pasir cenderung bergerak dengan cara melompat. Partikel yang lebih besar dari pasir, misalnya kerikil (*gravel*) bergerak dengan cara merayap atau menggelinding di dasar sungai (*bed load*).

Gerakan butiran tanah atau butiran pasir secara individual akibat tertimpa titik-titik hujan atau terdorong aliran air dalam alur-alur kecil tersebut. Mekanisme pengangkutan butir-butir tanah yang dibawah dalam air yang mengalir dapat digolongkan menjadi beberapa bagian, sebagai berikut:

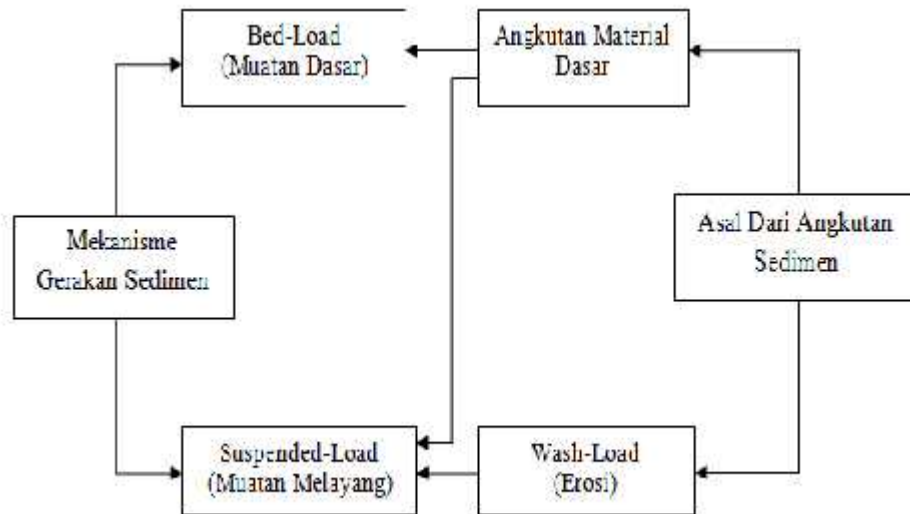
- a) *Wash Load Transport* atau angkutan sedimen suci, yaitu bahan *wash load* berasal dari pelapukan lapisan tanah yang menjadi lepas berupa debu-debu halus selama musim kering. Debu halus ini selanjutnya dibawah masuk ke sungai baik oleh angin maupun oleh air hujan yang turun pertama pada musim hujan, sehingga jumlah sedimen pada awal musim hujan lebih banyak dibandingkan dengan keadaan yang lain.
- b) *Suspended Load Transport* atau angkutan sedimen layang, yaitu butir-butir tanah bergerak melayang dalam aliran air. Gerakan butir-butir tanah ini terus

menerus dikompresir oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran.

- c) *Salation Load Transport* atau angkutan sedimen loncat, yaitu pergerakan butir-butir tanah yang bergerak dalam aliran air antara pergerakan *suspended load* dan *bed load*. Butir-butir tanah bergerak secara terus menerus meloncat-loncat (*skip*) dan melembung (*bounce*) sepanjang saluran tanpa menyentuh dasar saluran.
- d) *Bed Load Transport* atau angkutan sedimen dasar, yaitu merupakan angkutan butir-butir tanah berupa pasir kasar (*coarse sand*) yang bergerak secara menggelinding (*rolling*), mendorong dan menggeser (*pushing and sliding*) terus menerus pada dasar aliran yang pergerakannya dipengaruhi oleh adanya gaya seret (*drag force*). Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai dengan jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir. (Soewarno, 1991) dalam Siti Riskayanti Hakim (2015)



Gambar 2.5. Ragam Gerakan Sedimen dalam Air  
(Sumber: Aditya, 2003) dalam Astika Murni Lubis (2016)



Gambar 2.6. Skema Angkutan Sedimen  
(Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2009)

### b) Distribusi Ukuran Butir

Ukuran butir sedimen merupakan salah satu karakteristik yang paling penting dan banyak digunakan dalam persamaan transpor sedimen. Ukuran butiran direpresentasikan :

- Diameter nominal ( $d_n$ ), yaitu diameter bola yang mempunyai volume yang sama dengan volume butiran.
- Diameter jatuh (*Fall velocity*), yaitu diameter bola dengan berat jenis spesifik 2,65 yang mempunyai kecepatan jatuh butir standar.
- Diameter sedimen, yaitu diameter bola yang mempunyai berat dan kecepatan endapan butir sedimen, dalam zat cair yang sama dan pada kondisi yang sama.
- Diameter saringan, dimana paling sering digunakan dengan ukuran butir sedimen diukur dengan saringan standar pengukuran diameter butir sedimen,

dengan cara ini dilakukan untuk butir yang mempunyai diameter lebih besar dari pada 0,0625 mm, sesuai dengan ukuran saringan terkecil.

Klasifikasi sedimen dibedakan menjadi lempung (*clay*), lumpur (*slit*), pasir (*sand*), kerikil (*gravel*), koral (*pebble*), atau kerakal (*cabbles*), dan batu (*boulders*). Menurut Wentworth klasifikasi berdasarkan ukuran butir dapat disajikan dalam tabel 1.

Tabel 2.1. Klasifikasi ukuran butir sedimen menurut Wentworth

Klasifikasi		Diameter partikel (mm)
Berangkal	Sangat besar	4096 – 2048
	Besar	2048 – 1024
	Sedang	1024 – 512
	Kecil	512 – 256
Kerakal	Besar	256 – 128
	Kecil	128 – 64
Koral (Kerikil besar)	Sangat besar	64 – 32
	Kasar	32 – 16
	Sedang	16 – 8
	Halus	8 – 4
Kerikil		4-2
Pasir	Sangat besar	2 – 1
	Kasar	1 – 0,5
	Sedang	0,5 – 0,25
	Halus	0,25 – 0,125
	Sangat Halus	0,125 – 0,062
Lumpur	Kasar	0,062 – 0,031
Lempung	Sedang	0,031 – 0,016
	Halus	0,016 – 0,008
	Sangat Halus	0,008 – 0,004
Lempung	Kasar	0,004 – 0,002
	Sedang	0,002 – 0,001
	Halus	0,001 – 0,0005
	Sangat Halus	0,0005 – 0,00024

Sumber : Muhammad Arsyad Thaha (2006)

### c. Volume dan Berat Jenis Sedimen

Berat volume (*specific weight*) sedimen adalah berat butir partikel sedimen setiap satu satuan volume, sedangkan berat jenis (*specitif gravity*) sedimen adalah rasio butir berat partikel sedimen terhadap berat volume air (ponce, 1989). Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65, kecuali untuk material yang berat seperti magnetit (berat jenis 5,18).

## C. Analisis Hidrologi

### 1. Curah hujan rata-rata

#### a. Metode Aritmatik (Rata-rata Aljabar)

Dengan menggunakan metode Aritmatik, curah hujan rata – rata DAS dapat ditentukan dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran untuk suatu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya stasiun pengukuran. Metode ini dapat dipakai pada daerah datar dengan jumlah stasiun relative banyak, dengan anggapan bahwa di DAS tersebut sifat hujannya adalah merata (uniform) secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

Dimana :

$p$  = Curah hujan rata-rata

$p_1, p_2, \dots, p_n$  = Curah hujan pada setiap stasiun

$n$  = Banyaknya stasiun curah hujan

Metode ini sangat sederhana dan mudah diterapkan, akan tetapi kurang memberikan hasil yang teliti mengingat tinggi curah hujan yang sesungguhnya tidak mungkin benar-benar merata pada seluruh DAS.

## 2. Metode Polygon Thiessen

Metode ini digunakan secara luas karena dapat memberikan data presipitasi yang lebih akurat, karena setiap bagian wilayah tangkapan hujan diwakili secara proposional oleh suatu alat penangkap hujan. Dengan cara ini, pembuatan gambar polygon dilakukan sekali saja, sementara perubahan data hujan per titik dapat diproses secara cepat tanpa menghitung lagi luas per bagian polygon.

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1R_1 + \dots + A_n} \quad (2)$$

$$= \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A} \quad (3)$$

$$R = W_1R_1 + W_2R_2 + \dots + W_nR_n \quad (4)$$

Dimana :

R = Curah hujan rencana tahunan (mm)

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

$R_n$  = Jumlah titik pengamatan

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Luas daerah pada polygon 1, 2, ..., n ( $\text{km}^2$ )

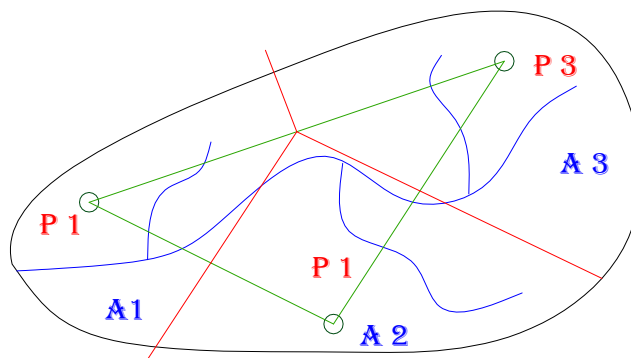
$$W_1, W_2 = \frac{A_1}{A} + \frac{A_2}{A} + \frac{A_3}{A} \quad (5)$$

Cara membuat polygon Thiessen:

1. Mengambil peta lokasi stasiun hujan di suatu DAS
2. Menghubungkan garis antar stasiun 1 dan lainnya hingga membentuk segi tiga.



3. Mencari garis berat kedua garis, yaitu garis yang membagi dua sama persis dan tegak lurus garis
4. Menghubungkan ketiga garis berat segi tiga sehingga membuat titik berat yang akan membentuk polygon.



Gambar 2.7. Hujan Rerata Untuk Metode Thiesen

### 3. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Dalam menganalisis curah hujan rencana dengan periode tertentu, digunakan Metode Statistik yaitu; Metode Gumbel dan Metode Log Person III.

#### 1. Metode Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (Coefficient of Skewness) atau  $CS = 1,139$  dan koefisien kurtosis (Coefficient Kurtosis) atau  $Ck < 4,002$ . Pada metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi dobel eksponensial.

Rumus yang digunakan dalam metode ini adalah (Loebis,1984):

- Hitung Standar Deviasi

$$Sx = \frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1} \quad (6)$$

Dimana :

- Sx = Standard deviasi
- Xi = Curah hujan rata-rata
- Xr = Harga rata-rata
- N = Jumlah data

- Hitung nilai faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (7)$$

Dimana :

- K = Faktor frekuensi
- Yt = Reduced variated
- Yn = Harga rata-rata reduce variate
- Sn = Reduced standard deviation

- Hitung hujan dalam periode ulang T tahun

$$X_t = X_r + (K \cdot S_x) \quad (8)$$

Dimana:

- Xt = Hujan dalam periode ulang tahun
- Xr = Harga rata-rata
- K = Standard deviasi

## 2. Metode Log Pearson Type III

Data-data yang dibutuhkan dalam menggunakan metode ini adalah nilai rata-rata, standar deviasi dan koefisien kepengangan. Rumus yang digunakan dalam metode ini adalah (Triatmodjo, 2009):

$$\log X_t = \log X + K \cdot S_i \quad (9)$$

Dimana :

- X = Nilai rata-rata dari curah hujan,  
 K = Faktor frekuensi, yang merupakan fungsi dari kata ulang dan koefisien kemencengan,  
 Si = Standar deviasi.

#### 4. Perhitungan Debit Rencana

Untuk memperkirakan debit terdapat beberapa metode yang digunakan, antara lain sebagai berikut:

##### 1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu)

Parameter-parameter untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu disajikan dalam rumus-rumus berikut sebagai berikut :

- Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir ( $T_p$ )

$$T_p = T_g + 0,8 \cdot T_r \quad (13)$$

- Lama Hujan Efektif ( $T_r$ )

$$T_r = 0,5 T_g \text{ s/d } T_g \quad (14)$$

- Waktu antara hujan sampai debit puncak banjir  $T_g$  ( $L > 15 \text{ Km}$ )

$$T_g = 0,4 + 0,058 \cdot L \quad (15)$$

- Nilai  $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g \quad (17)$$

- Debit Puncak Banjir ( $Q_p$ )

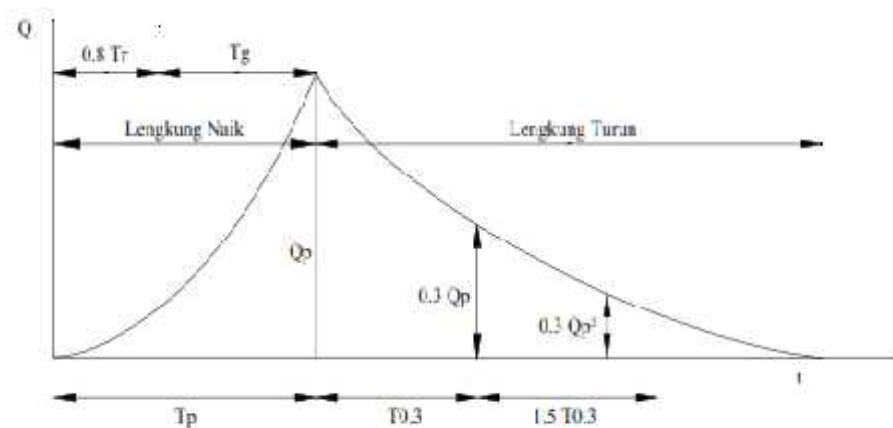
$$Q_p = \left[ \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 ((0,3 \cdot T_p) + T_{0,3})} \right] \quad (18)$$

Dimana :

$$Q_p = \text{Debit puncak banjir (m}^3\text{/det)}$$

- $C$  = Koefisien pengaliran  
 $A$  = Luas daerah aliran sungai ( $\text{km}^2$ )  
 $R_0$  = Hujan satuan ; 1 mm  
 $T_p$  = Waktu puncak (jam)  
 $T_{0,3}$  = Waktu yang diperlukan untuk penurunan debit, dari debit puncak menjadi 30% dari debit puncak (jam)  
 $T_r$  = Satuan waktu hujan  
 $T_g$  = Waktu konsentrasi (jam), ditentukan berdasarkan  $L$

Menentukan keadaan kurva dapat dilihat pada gambar :



Sumber: Soemarto, C.D, 1999

Gambar 2.8. Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu

- a. Keadaan kurva naik, dengan  $0 < Q < Q_p$

$$Q = Q_p \frac{T}{T_p}^{2.4} \quad (20)$$

- b. Keadaan kurva turun dengan  $Q > 0,3 Q_p$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t-T_p}{T_{0,3}} \quad (21)$$

c. Keadaan kurva turun  $0,32 \cdot Q_p < Q < 0,3 Q_p$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \quad (22)$$

d. Keadaan kurva turun  $Q < 0,32 Q_p$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \quad (23)$$

Selanjutnya hubungan antara 't' dan  $Q/R_o$  untuk setiap kondisi kurva dapat digambarkan melalui grafik.

## 2. Hidrograf Satuan Sintetis Gama I (HSS Gama I)

HSS Gama I terdiri dari empat variabel pokok, yaitu waktu naik (time of rise – TR), debit puncak ( $Q_p$ ), waktu dasar ( $T_b$ ) dan sisi resesi yang ditentukan oleh nilai koefisien tampungan (k) yang mengikuti persamaan berikut :

$$Q_t = Q_p \cdot e^{-(t-t_p)K} \quad (24)$$

Dimana :

$Q_t$  = Debit pada jam ke t ( $m^3/dtk$ ),

$Q_p$  = Debit puncak ( $m^3/dtk$ ),

$t$  = Waktu dari saat terjadinya debit puncak (jam),

$K$  = Koefisien tampungan.

Selanjutnya hidrograf satuan dijabarkan dengan empat variabel pokok, yaitu waktu naik (time of rise – TR), debit puncak ( $Q_p$ ), waktu dasar ( $T_b$ ) dan koefisien tampungan (k) yang mengikuti persamaan berikut :

a. Waktu Naik (TR)

$$TR = 0,43 \frac{L}{100.SF}^3 + 1,0665 SIM + 1,2775 \quad (25)$$

b. Waktu dasar (TB)

$$TB = 27,4132 Tr^{0,1457} \times S^{-0,0986} \times SN^{0,7344} \times RUA^{0,2381} \quad (24)$$

c. Debit puncak banjir (QP)

$$QP = 0,1836 \times A^{0,5886} \times Tr^{-0,4008} \times JN^{0,2381} \quad (25)$$

d. Koefisien tampungan

$$K/C = 0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{0,1446} \times SF^{1,0897} \times D^{0,0452} \quad (26)$$

e. Aliran dasar

$$QB = 0,4715 \times A^{0,6444} \times D^{0,0452} \quad (27)$$

Dimana :

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

L = Panjang sungai utama (km),

S = Kemiringan dasar sungai,

SF = Faktor sumber, perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai semua tingkat,

SN = Frekuensi sumber, perbandingan antara jumlah pangsa sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai semua tingkat,

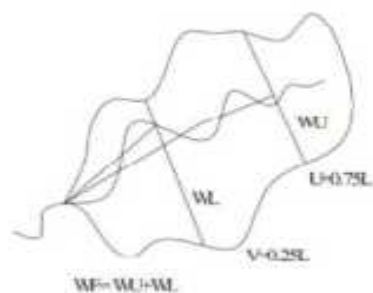
WF = Faktor lebar, perbandingan antara DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,75 L dengan lebar DAS yang diukur di sungai yang berjarak 0,25 L dari stasiun hidrometri,

JN = Jumlah pertemuan sungai,

SIM = Faktor simetri, hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas DAS,

RUA= Luas DAS sebelah hulu,

D = Kerapatan jaringan kuras, jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS.



Sumber: triatmodjo, 2006



Sumber: triatmodjo, 2006

Gambar 2.9. Sketsa Penetapan WF dan RUA

#### D. Analisis Perhitungan Laju Sedimentasi

##### 1. Analisis Perhitungan Laju Sedimen Muatan Melayang (*Suspended Load*)

Dalam menganalisa sedimen melayang atau suspended load, perhitungan didasarkan atas data-data sekunder berupa analisa kadar lumpur, pengukuran debit air dan debit harian yang diambil dari hasil pengamatan pada pos duga air otomatis Sungai Karalloe. Data-data sekunder yang diperoleh tersebut, yang selanjutnya menjadi dasar dalam pengolahan data untuk mendapatkan debit sedimen melayang. Sebelum membuat lengkung sedimen, terlebih dahulu dibuat kurva debit air sungai yang menunjukkan hubungan antara debit (Q) dengan tinggi muka air (H).

### **a. Pembuatan Lengkung Debit Air**

Debit aliran diperoleh dengan mengalikan luas tampang aliran dan kecepatan aliran. Kedua parameter tersebut dapat diukur pada suatu tampang lintang (stasiun) di sungai. Luas tampang aliran diperoleh dengan mengukur elevasi permukaan air dan dasar sungai. Apabila dasar dan tebing sungai tidak berubah (tidak mengalami erosi atau sedimentasi).

Pengukuran elevasi dasar sungai dilakukan hanya satu kali. Kemudian dengan mengukur elevasi muka air untuk berbagai kondisi, mulai dari debit kecil sampai debit besar (banjir), dapat dihitung luas tampang untuk berbagai elevasi muka air tersebut. Kecepatan aliran juga dihitung bersamaan dengan pengukuran elevasi muka air. Dengan demikian dapat dihitung (*rating curve*), yaitu hubungan antara elevasi muka air dan debit. Dengan telah dibuatnya kurva debit, selanjutnya debit sungai dapat dihitung hanya dengan mengukur elevasi muka air. Penggunaan kurva debit hanya dapat dilakukan apabila sungai tidak dipengaruhi oleh pasang surut.

Lengkung debit dibuat berdasarkan analisis grafik dari data pengukuran debit yang digambarkan pada kertas grafis dari data pengukuran debit yang digambarkan pada kertas grafis aritmatik atau logaritmik.

Metode yang digunakan dalam membuat lengkung debit air adalah sebagai berikut :

#### **1) Metode grafis**

Data pengukuran debit digambarkan pada kertas blangko lengkung debit. Niali debit digambarkan pada skala mendatar sedangkan tinggi muka air



digambarkan pada skala tegak. Data pengukuran yang digunakan untuk menentukan kurva lengkung debit adalah nilai debit untuk kondisi aliran seragam. Debit yang diukur pada saat muka air naik akan lebih besar dan diukur pada saat air turun akan lebih kecil dibanding debit yang diukur pada kondisi tinggi air tetap.

## 2) Metode logaritmik

Pada metode ini kurva lengkung debitnya digambarkan pada kertas logaritmik, grafiknya merupakan garis lurus (mendekati garis lurus) atau merupakan potongan-potongan bagian garis lurus dengan cara menambah atau mengurangi tinggi muka air sebesar tinggi aliran nol ( $H_0$ ), untuk setiap harga tinggi muka air ( $H$ ). salah satu keuntungan penerapan metode logaritmik yaitu lengkung debit mudah diperpanjang.

Persamaan umum hubungan antara tinggi muka air dan debit adalah :

$$Q = K(H - H_0)^n \quad (28)$$

Dimana :

$Q$  = Debit ( $m^3/det$ )

$K$  = Konstanta

$N$  = Konstanta

$H$  = Tinggi muka air (m)

$H_0$  = Kedalaman aliran nol (m)

### 1) Penentuan harga $H_0$

Pada penerapan rumus 6 maka langkah pertama adalah penentuan harga  $H_0$ , ada 3 cara penentuan  $H_0$  yaitu :

a) Coba-coba (*Trial and error*)

Semua data pengukuran digambarkan pada kertas grafik logaritmik. Dengan cara coba-coba harga  $H_0$  sembarang ditambahkan atau dikurangkan pada setiap data  $H$  sehingga diperoleh garis lurus.

b) Aritmatik

Semua data pengukuran debit digambarkan pada kertas grafik logaritmik. Pilih harga debit  $Q_1$ ,  $Q_2$  dan  $Q_3$  dari kurva lengkung debitnya, dan harga  $Q_2$  ditentukan dengan persamaan rata-rata geometris sebagai berikut:

$$Q_2 = (Q_1 \times Q_3)^{0,5} \quad (29)$$

Baca pada kurva lengkung debitnya harga  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  berdasarkan  $Q_1$ ,  $Q_2$  dan  $Q_3$ . Harga  $H_0$  ditentukan dengan persamaan :

$$H_0 = \frac{H_1 \cdot H_3 - H_2^2}{H_1 + H_3 - 2 \cdot H_2} \quad (30)$$

c) Grafis

Pilih 3 harga debit dengan cara rata-rata geometris  $Q_1$ ,  $Q_2$  dan  $Q_3$  seperti yang dijelaskan pada cara akan tetapi digambar pada kertas grafis aritmatik, tentukan titik A, B dan C. buat garis vertikal AD pada posisi AB dan garis horizontal CE pada posisi BC. Hubungan titik E dan D. Garis BA dan ED bertemu di F. Ordinat F adalah harga  $H_0$  yang dicari.

2) Penentuan konstanta K dan n

Setelah semua data pengukuran debit digambarkan pada kertas grafik logaritmik dan telah ditentukan garis lurusnya dengan menambahkan atau mengurangi harga  $H$  terhadap  $H_0$ , langkah selanjutnya adalah menentukan harga

K dan n dari persamaan 2.6. Untuk menentukan harga K dan n dapat dilakukan dengan salah satu cara sebagai berikut :

a) Statistik

Pada penerapan cara statistik harga K dan n ditentukan dengan prosedur kuadrat terkecil (*least square*). Persamaan dapat diubah menjadi persamaan garis lurus sebagai berikut :

$$\text{Log}Q = \text{Log}K + n \text{Log} (H - H_0) \quad (31)$$

Harga konstanta K dan n ditentukan dengan persamaan :

$$\sum y - m \text{Log} K - \sum x = 0 \quad (32)$$

$$\sum xy - \sum x \text{Log} K - n \sum x^2 = 0 \quad (33)$$

Dimana :

$$\sum y = \text{Jumlah harga log } Q$$

$$\sum x = \text{Jumlah harga log } (H-H_0)$$

$$\sum x^2 = \text{Jumlah harga kuadrat dari } (x)$$

$$\sum xy = \text{Jumlah harga } (x) \text{ dikalikan } (y)$$

$$m = \text{Jumlah data}$$

b) Aritmatik

Pada umumnya persamaan garis lurus yang digambarkan pada kertas grafik aritmatik akan muncul 2 buah titik  $(x_1, y_1)$  dan  $(x_2, y_2)$ , sehingga diperoleh persamaan berikut :

$$\frac{x - x_1}{y - y_1} = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \quad (34)$$

Persamaan (10) apabila digambarkan pada kertas logaritmik akan mengikuti persamaan berikut :

$$\frac{\log x - \log x_1}{\log y - \log y_1} = \frac{\log x_2 - \log x_1}{\log y_2 - \log y_1} \quad (35)$$

Apabila koordinat  $(x_1, y_1)$  dan  $(x_2, y_2)$  diganti dengan koordinat tinggi muka air dengan debit  $(H_1, Q_1)$  dan  $(H_2, Q_2)$  maka persamaan 2.14 ditulis sebagai berikut :

$$\frac{\log Q - \log Q_1}{\log(H - H_0) - \log H_1} = \frac{\log Q_2 - \log Q_1}{\log H_2 - \log H_1} \quad (36)$$

### c) Grafis

Harga  $Q$  pada persamaan (6) digambarkan pada skala horizontal dan harga  $H$  digambarkan pada skala vertikal setelah semua data pengukuran debit digambarkan pada kertas grafis logaritmik, kemudian ditentukan garis lurus nya dengan menambah atau mengurangi harga tinggi muka air tertentu sehingga diperoleh dari garis lurus harga  $H_0$  tertentu. Harga  $K$  dan  $n$  ditentukan dengan cara :

Harga  $n$  merupakan kemiringan dari garis lurus kurva lengkung debit, diperoleh dari :

$$n = \frac{a}{b} \quad (37)$$

Dimana :

$a$  = Proyeksi horizontal garis lurus kurva lengkung debit

$b$  = Proyeksi vertikal garis lurus lengkung debit

harga  $K$  adalah sama dengan harga debit  $Q$ , apabila harga  $(H-H_0) = 1,00$

Dari kedua metode pembuatan lengkung debit air sungai yaitu metode grafis dan logaritmik. Pada tugas akhir ini digunakan metode logaritmik, karena hasil yang diperoleh lebih akurat dengan menggunakan beberapa persamaan.

## b. Lengkung Debit Sedimen Melayang

### 1. Perhitungan konsentrasi muatan sedimen melayang

Perhitungan konsentrasi muatan sedimen melayang dihitung dengan persamaan, sebagai berikut :

$$C_s = \frac{W_s}{V_w} \quad (38)$$

Dimana :

$C_s$  = Konsentrasi sedimen (mg/ltr)

$W_s$  = Berat kadar lumpur (mg)

$V_w$  = Volume air (ltr)

### 2. Perhitungan debit sedimen melayang

Laju muatan sedimen melayang dihitung berdasarkan data pengukuran sedimen melayang. Perhitungan besarnya debit sedimen harian menurut Suripin (2002), yaitu :

$$Q_s = 0.0864 C_s Q_w \quad (39)$$

Dimana:

$Q_s$  = Debit Sedimen Harian (ton/hari)

$Q_w$  = Debit Aliran Harian ( m<sup>3</sup>/det)

$C_s$  = Konsentrasi Sedimen Layang (mg/l)

0.0864 = Konversi satuan dari kg/sek ke ton/hari

= 24 x 30 x 30 (ton/hari) dikalikan dengan 30 hari tuk ton/bulan

Konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) adalah banyaknya sedimen yang tersuspensi dalam volume air tertentu. Pengukuran dilakukan dengan cara mengambil sampel/ccontoh air dan membawa ke laboratorium untuk dapat diketahui konsentrasi sedimen dalam satuan ppm (part per million) atau mg/liter. (Supangat, 2014).

### c. Perhitungan Debit Sedimen Melayang Berdasakan Lengkung Sedimen

Untuk menghitung besarnya lengkung sedimen melayang berdasarkan data pengukuran kadar lumpur dan besarnya debit sungai dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{sm_{hit}} = a (Q_w)^b \quad (40)$$

Dimana :

$Q_{sm_{hit}}$  = Debit Sedimen Melayang (ton/hari)

$Q_w$  = Debit Air ( $m^3/dtk$ )

$a, b$  = Konstanta

Dimana konstanta  $a$  dan  $b$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$b = \frac{n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - \sum X_i \cdot (\sum Y_i)}{n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2} \quad (41)$$

$$\text{Log } a = \frac{\sum X_i}{n} - \frac{b \cdot \sum X_i}{n} \quad (42)$$

Dimana :

$X_i$  = Data X yang ke -  $i$

$Y_i$  = Data Y yang ke - i

$I = 1,2,3,\dots, n$

$n$  = Banyaknya data

#### d. Perhitungan Total Debit Sedimen Melayang dalam Satu Tahun

Dengan menggunakan data debit aliran harian ( $Q_w$ ) maka dapat dihitung  $Q_{sm}$  dengan persamaan :

$$Q_{sm} = a (Q_{sm})^b \quad (43)$$

## 2. Perkiraan Muatan Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Angkutan dasar (*Bed Load*) adalah partikel yang bergerak pada dasar saluran dengan cara berguling, meluncur dan meloncat.

Dalam perhitungan angkutan sedimen, kesukarannya adalah tidak adanya aturan yang pasti sehingga kita hanya mengikuti saran dan aturan-aturan yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Berikut metode pendekatan empirik yang sering digunakan dalam memprediksi laju angkutan dasar (*bed load*) (Priyantoro, 1987).

### a. Persamaan Meyer–Peter dan Muller (MPM)

M.P.M (1948) melakukan percobaan beberapa kali pada flume dengan coarse-sand dan menghasilkan hubungan empiris antara  $Q_b$  dan  $\tau_b$  sebagai berikut:

$$Q_b = (g \cdot D_m^3)^{1/2} \quad (44)$$

$$= (4 \cdot \gamma - 0,188)^{3/2} \quad (45)$$

Dimana :

$Q_b$  = Volume Angkutan Persatuan Waktu ( $m^3/dt/m$ ),

$\gamma$  = Intensitas Angkutan Sedimen

$g$  = Gravitasi ( $m/dt^2$ )

$\Delta$  = Rasio perbandingan antara rapat massa butiran dengan rapat

massa air ( $\Delta = (\rho_s - \rho_w) / \rho_w$ )

$D_m$  = Diameter Efektif =  $D_{50} - D_{60}$  (m),

$I$  = Intensitas Pengaliran

$\rho_s$  = Rapat Massa Butiran ( $kg/m^3$ ),

$\rho_w$  = Rapat Massa Air ( $kg/m^3$ ).

Intensitas pengaliran dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{\mu \cdot g \cdot R \cdot D_m}{\Delta \cdot D_m} \quad (46)$$

Dimana :

$I$  = Intensitas Pengaliran

$\mu$  = Ripple Factor =  $(C/C')^{3/2}$

$R$  = Jari-Jari Hidrolis (m)



$I$  = Kemiringan Dasar Saluran

$D_m$  = Diameter Butiran Efektif =  $D_{50} - D_{60}$ (m)

$C$  = Friction Factor Angkutan

$C'$  = Friction Factor Intensif

Sedangkan untuk mencari friction factor angkutan ( $C$ ) dan friction factor intensif ( $C'$ ) adalah :

$$C = \frac{\bar{V}}{\sqrt{R \cdot I}} \quad (47)$$

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{90}} \quad (2-10) \quad (48)$$

Dimana :

$\bar{V}$  = Kecepatan Rerata (m/dt)

$R$  = Jari-Jari Hidraulik (m)

$I$  = Kemiringan Dasar Saluran

$D_{90}$  = Diameter Butiran Lolos Saringan 90%

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut per meter persatuan waktu dapat dihitung dengan rumus :

$$S = g \cdot D_{55}^{3 \cdot 1/2} \quad (49)$$

Dimana :

= Intensitas Angkutan Sedimen

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $9,81 \text{ m/dt}^2$ )

= Rasio perbandingan antara rapat massa butiran dengan rapat massa air

$D_{55}$  = Diameter Butiran Lolos Saringan 55% (mm)

#### a. Persamaan Einstein

Einstein menetapkan persamaan *Bed load* sebagai persamaan yang menghubungkan gerak material dasar dengan pengaliran setempat. Persamaan itu menggambarkan keadaan keseimbangan pertukaran butiran dasar antara lapisan dasar (*bed-layer*) dan dasarnya. Einstein menggunakan  $D=D_{35}$  untuk parameter angkutan, sedangkan untuk kekasaran menggunakan  $D=D_{65}$ . Hubungan antara kemungkinan butiran akan terangkut dengan intensitas angkutan dasar dijabarkan sebagai berikut :

$$Q_b = (g \cdot D_{35}^3)^{1/2} \quad (50)$$

$$= 0,044638 + 0,36249 \cdot \tau^{0,2} - 0,226795 \cdot \tau^{0,4} + 0,036 \cdot \tau^{0,6} \quad (51)$$

Dimana :

$Q_b$  = Volume angkutan ( $\text{m}^3/\text{dt}/\text{m}$ ),

= Intensitas angkutan sedimen,

$g$  = Percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/dt}^2$ ),

= Rasio perbandingan antara rapat massa butiran dengan rapat massa air =  $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$ ,

$D_{35}$  = Diameter butiran lolos saringan 35%,

$\tau$  = Intensitas pengaliran efektif ,

$s$  = Rapat massa butiran ( $\text{kg/m}^3$ ),

$w$  = Rapat massa air ( $\text{kg/m}^3$ ).

Intensitas pengaliran efektif dirumuskan sebagai berikut :

$$s' = \frac{s \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_{35}} \quad (52)$$

Dimana :

$s'$  = Intensitas pengaliran efektif

$s$  = Rasio perbandingan antara rapat massa butiran dengan rapat massa air

$\mu$  = Ripple factor =  $(C/C')^{3/2}$

$R$  = Jari-jari hidrolik (m)

$I$  = Kemiringan dasar sungai

$D_{35}$  = Diameter butiran lolos saringan 35% (mm)

Sedangkan untuk mencari friction factor angkutan (C) sama seperti rumus M.P.M dan friction factor intensif (C') adalah :

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{65}} \quad (53)$$

Dimana :

$R$  = Jari-jari hidrolik (m)

$I$  = Kemiringan dasar sungai

$D_{65}$  = Diameter butiran lolos saringan 65% (mm)

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut per meter persatuan waktu dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \Phi \cdot g \cdot \Delta \cdot D_{35}^{3/2} \quad (54)$$

Dimana :

= Intensitas Angkutan Sedimen

$G$  = Percepatan Gravitasi ( $9,81 \text{ m/dt}^2$ )

= Rasio perbandingan antara rapat massa butiran dengan rapat massa air

$D_{35}$  = Diameter Butiran Lolos Saringan 35% (mm)

### 3. Analisis Perhitungan Volume Tampungan Sedimen di Waduk

Berdasarkan data BBWS Pompengan-Jeneberang menghitung volume tampungan waduk berdasarkan garis kontur, dimulai dari garis kontur paling bawah sampai kontur teratas yang menjadi tampungan air pada kondisi normal maupun banjir. Dengan garis kontur yang berupa poligon tertutup, dengan software cad dapat dihitung luasnya. Bila ada pulau atau gundukan maka luasnya dikurangi dengan luas dari kontur yang elevasinya sama dari pulau atau gundukan tersebut. Berdasar daftar elevasi dan luas dapat dihitung volume ruang dengan rumus limas terpancung sebagai berikut :

$$\text{Vol} = (\mathbf{A1} + \mathbf{A2} + (\mathbf{A1} \times \mathbf{A2})^{0.5}) \times \mathbf{H}/3 \quad (55)$$

Dimana :

Vol = Volume tampungan ( $\text{m}^3$ )

$A1;A2$  = Luas bawah dan luas atas ( $\text{km}^2$ )

H = Tinggi atau beda elevasi luas atas dan luas bawah (m)

Pengukuran situasi areal waduk dilakukan guna mengetahui volume tampungan waduk dan volume sedimen yang sudah diendapkan di dalam waduk. Areal yang diukur adalah ruang yang disediakan untuk menampung air baik yang kondisinya sedang terendam maupun yang berada di atas air. (Sumber : Laporan Survey, Analisis, dan Evaluasi Sedimentasi Waduk).

Tampungan sedimen dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Vsed_t = Vsed_{t-1} + (TE \times SL \times A) \quad (56)$$

Dimana :

$Vsed_t$  = Volume Tampungan Sedimen pada Tahun Ke t

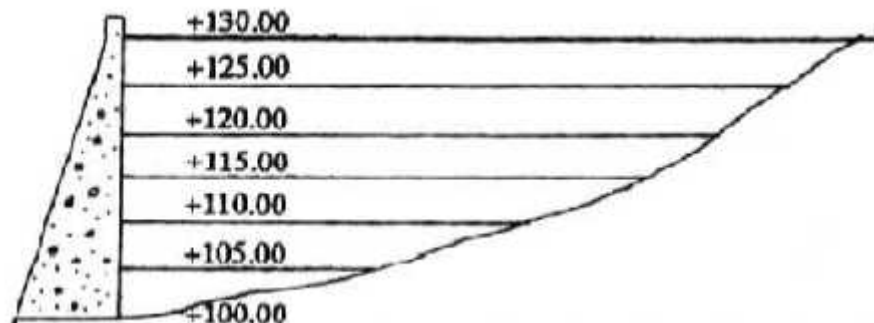
$TE_t$  = Trap Efisiensi di Tahun ke t; Diambil dari Brune Medium Curve

$SL$  = Laju Sedimen (mm)

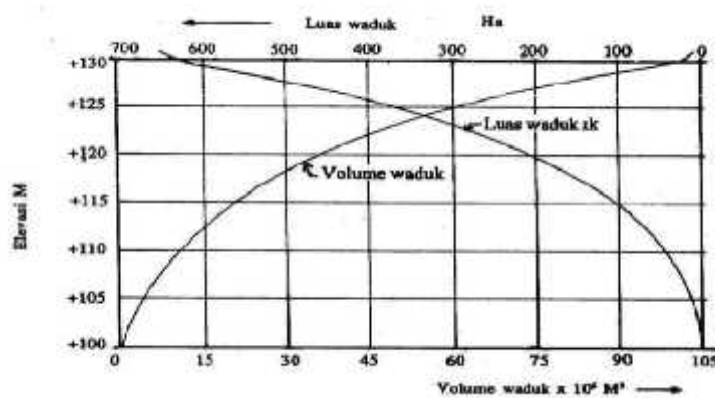
$A$  = Luas DAS (km<sup>2</sup>)

$Co$  = Kapasitas Awal Operasi (m<sup>3</sup>)

$Lw$  = Volume Inflow Rata-Rata Tahunan (m<sup>3</sup>)



Gambar 2.10. Potongan memanjang waduk (Soedibyo, 1993).



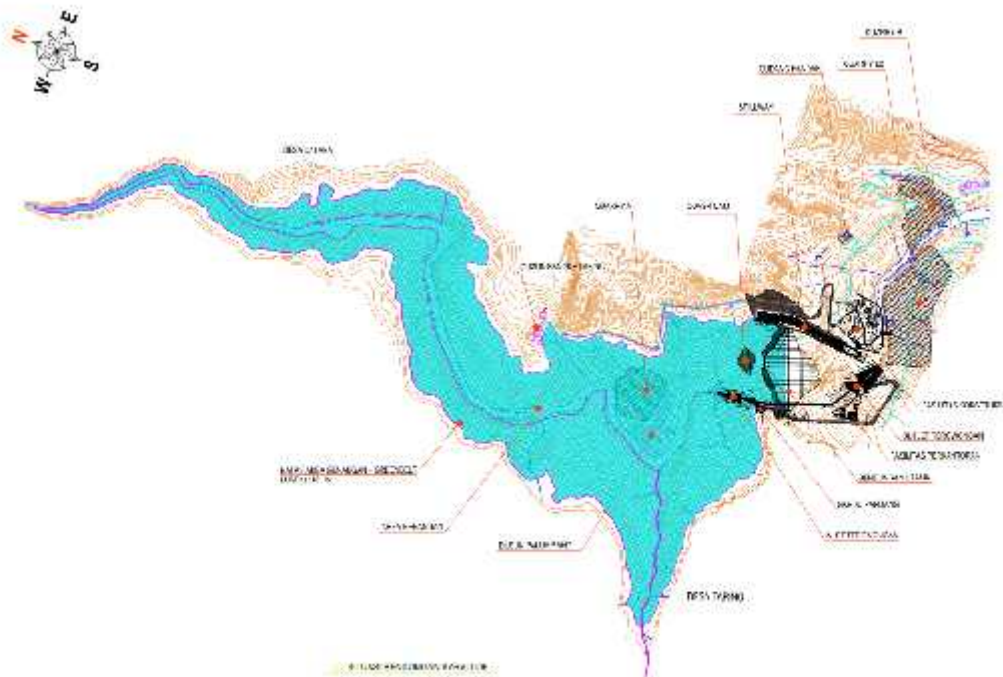
Gambar 2.11. Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume waduk (Soedibyo, 1993).

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di proyek Bendungan Karalloe secara administrasi terletak di Desa Garing, Desa Datara Kec. Tompobulu dan Desa Garing, Kelurahan Tonrorita Kec. Biring Bulu Kab. Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan yang berjarak  $\pm$  137 km dari Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis terletak di  $119^{\circ}48'10.44''$  bujur timur dan  $5^{\circ}30'47.6''$  lintang selatan, dengan waktu penelitian selama 3 bulan.



Gambar 3.1. Peta Situasi Bendungan Karalloe

## **B. Jenis Penelitian dan Sumber Data**

### 1. Jenis Penelitian

Berdasarkan sifat-sifat masalahnya metode penelitian yang kami lakukan yaitu:

#### a) Penelitian Kasus/Lapangan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari secara intensif latar belakang keadaan sekarang dan interaksi lingkungan suatu.

#### b) Penelitian Kasual-Komparatif

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan hubungan sebab akibat, tapi tidak dengan jalan eksperimen tetapi dilakukan dengan pengamatan terhadap data dari faktor yang diduga menjadi penyebab, sebagai pembanding.

### 2. Sumber Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan-Jeneberang dan PT. Widya Graha Asana selaku konsultan perencanaan pada Bendungan Karalloe.

Data Bendungan Karalloe tersebut meliputi:

- a. Data Geometri, berupa data peta kontur wilayah Bendungan Karalloe sehingga dapat diketahui *cross section* dari sungai maupun daerah genangan dan alur memanjang sungai.
- b. Data Hidrologi, berupa data curah hujan dan data debit tersedia sungai.



- c. Data Sedimen, berupa data diameter dan konsentrasi sedimen yang digunakan untuk mengetahui besar laju sedimentasi pada aliran sungai yang kemudian mempengaruhi tampungan Bendungan Karalloe.

### **C. Alat dan Bahan**

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam menunjang penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### **1. Alat**

Alat yang digunakan yaitu :

- a) Kertas dan alat tulis untuk mencatat data-data yang diperlukan.
- b) Kamera, digunakan untuk merekam (dalam bentuk foto) momen-momen yang penting dalam keseluruhan kegiatan penelitian.
- c) Komputer, printer dan scanner, digunakan untuk membantu dalam menganalisa data.

#### **2. Bahan**

Bahan yang dipergunakan yaitu :

- a) Buku dan jurnal yang menunjang penelitian ini.
- b) Data-data berupa :
  - Peta Topografi
  - Data Hidrologi
  - Data Sedimen

#### **D. Tahap Penelitian**

1. Mengetahui catchment area curah hujan Bendungan Karalloe.
2. Pengelolaan data curah hujan debit rencana 16 tahun.

Analisa debit menggunakan metode statistik meliputi :

- a. Metode Aritmatik (Rata-rata Aljabar)
- b. Metode Polygon Thiessen
- c. Metode Gumbel
- d. Metode Log Person III

3. Perhitungan Debit Rencana

Analisa data debit menggunakan metode statistik meliputi:

- a. Metode HSS Nakayasu
- b. Metode HSS Gama I

4. Perhitungan Analisis Sedimen

Analisa laju sedimentasi menggunakan metode statistik meliputi:

1. Analisis Perhitungan Laju Sedimen Muatan Melayang (*Suspended Load*)
  - Pembuatan Lengkung Debit Air
  - Lengkung Debit Sedimen Melayang
  - Perhitungan Debit Sedimen Melayang Berdasarkan Lengkung Sedimen
2. Perkiraan Muatan Sedimen Dasar (*Bed Load*) dengan Rumus Empiris
  - Persamaan Meyer–Peter dan Muller (MPM)
  - Persamaan Einstein

5. Menghitung volume tampungan sedimen di waduk.

## E. Analisis Sedimen

### 1. Analisa Hidrologi

#### a. Metode Aritmatik (Rata-rata Aljabar)

$$P = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{n}$$

#### b. Polygon Thiessen

$$P = \frac{A1.P1 + A2.P2 + \dots + An.Pn}{A1 + A2 + \dots + An}$$

#### c. Metode Gumbel

##### 1. Hitung standar deviasi

$$Sx = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}}{n-1}$$

##### 2. Hitung nilai faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn}$$

##### 3. Hitung hujan dalam periode ulang T tahun

$$Xt = Xr + (K.Sx)$$

#### d. Metode Log Person III

$$\text{Log } Xt = \text{log } X + K.Si$$

#### e. Perhitungan Debit Rencana

##### 1. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

- Rata - rata hujan dari awal hingga jam ke - T

$$R_t = \frac{R24}{24} \frac{24}{T}^{2/3}$$

- Distribusi hujan pada jam ke - T

$$R_T = t \cdot R_t - (t - I) \cdot R_{(t-I)}$$

– Hujan efektif

$$R_e = C \cdot R_T$$

– Menentukan  $T_p$ ,  $T_{0,3}$  dan  $Q_p$

$$T_p = T_g + 0,8 \cdot T_r$$

$$T_r = 0,5 T_g \text{ s/d } T_g$$

$$T_g = 0,4 + 0,058 \cdot L, \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

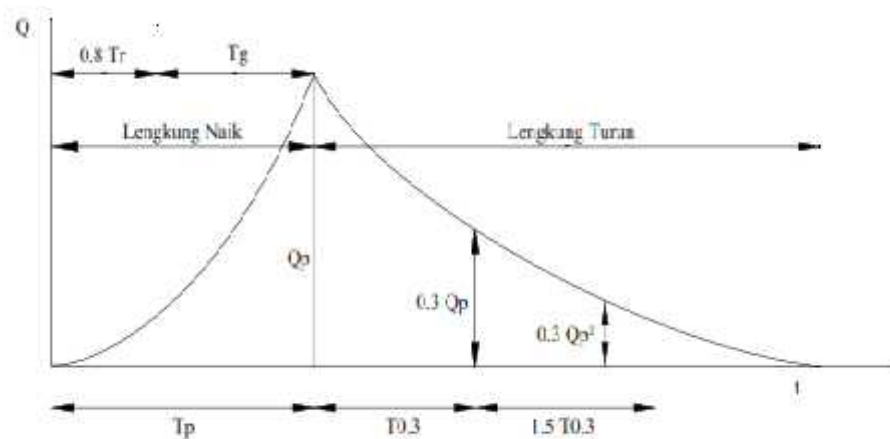
$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7}, \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g, \alpha = 1,5 - 3$$

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_e}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})}$$

$$T_b = T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} + 2 T_{0,3}$$

Menentukan keadaan kurva dapat dilihat pada gambar :



Sumber: Soemarto, C.D, 1999

a. Keadaan kurva naik, dengan  $0 < Q < Q_P$

$$Q = Q_P \frac{T}{T_P}^{2.4}$$

b. Keadaan kurva turun dengan  $Q > 0,3 Q_P$

$$Q_t = Q_P \times 0,3 \frac{t-T_P}{T_{0,3}}$$

c. Keadaan kurva turun  $0,32 \cdot Q_P < Q < 0,3 Q_P$

$$Q_t = Q_P \times 0,3 \frac{t-T_P+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}$$

d. Keadaan kurva turun  $Q < 0,32 Q_P$

$$Q_t = Q_P \times 0,3 \frac{t-T_P+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}$$

## 2. Hidrograf Satuan Sintetis Gama I (HSS Gama I)

$$- Q_t = Q_{p-e}^{-(t-t_p)K}$$

a. Waktu puncak HSS Gama I (TR)

$$TR = 0,43 \frac{L}{100.SF}^3 + 1,0665 SIM + 1,2775$$

b. Waktu dasar (TB)

$$TB = 27,4132 Tr^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2381}$$

c. Debit puncak banjir (QP)

$$QP = 0,1836 A^{0,5886} Tr^{-0,4008} JN^{0,2381}$$

d. Koefisien resesi

$$K/C = 0,5617 A^{0,1798} S^{0,1446} SF^{1,0897} D^{0,0452}$$

e. Aliran dasar

$$QB = 0,4715 A^{0,6444} D^{0,0452}$$

## 2. Analisis Sedimen

### 1. Analisis Perhitungan Laju Sedimen Muatan Melayang (*Suspended Load*)

- a) Pembuatan Lengkung Debit Air
  - b) Lengkung Debit Sedimen Melayang
- Perhitungan konsentrasi muatan sedimen melayang

$$C_s = \frac{W_s}{V_w}$$

- Perhitungan debit sedimen melayang berdasarkan Suripin

$$Q_s = 0.0864 C_s Q_w$$

- c) Perhitungan Debit Sedimen Melayang Berdasarkan Lengkung Sedimen

$$Q_{sm_{hit}} = a (Q_w)^b$$

Dimana konstanta a dan b dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$b = \frac{n \cdot \sum X_i Y_i - \sum X_i \cdot (\sum Y_i)}{n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}$$

$$\text{Log } a = \frac{\sum X_i}{n} - \frac{b \cdot \sum X_i}{n}$$

- d) Perhitungan Total Debit Sedimen Melayang Dalam Setahun

$$Q_{sm} = a (Q_{sm})^b$$

## 2. Perkiraan Muatan Sedimen Dasar (*Bed Load*)

- a) Persamaan Meyer–Peter dan Muller (MPM)

$$\begin{aligned} Q_b &= (g \cdot D_m^3)^{1/2} \\ &= (4 \cdot 0,188)^{3/2} \end{aligned}$$

- Intensitas pengaliran dirumuskan sebagai berikut :

$$= \frac{\bar{v} \cdot g \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_m}$$

- Friction factor angkutan (C) dan friction factor intensif (C')

$$C = \frac{\bar{V}}{\sqrt{R \cdot I}}$$

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{90}} \quad (2-10)$$

- Sedimen yang terangkut per meter persatuan waktu :

$$S = g \cdot D_{55}^{3 \ 1/2}$$

- b) Perkiraan Muatan Sedimen Dasar (*Bed Load*) dengan Persamaan Einstein

$$Q_b = (g \cdot D_{35}^3)^{1/2}$$

$$= 0,044638 + 0,36249 \cdot \bar{v} - 0,226795 \cdot \bar{v}^2 + 0,036 \cdot \bar{v}^3$$

- Intensitas pengaliran dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{v} = \frac{\bar{v} \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_{35}}$$

- Friction factor angkutan (C) dan friction factor intensif (C')

$$C = \frac{\bar{V}}{\sqrt{R \cdot I}}$$

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{65}}$$

- Sedimen yang terangkut per meter persatuan waktu :

$$S = \Phi \cdot g \cdot \Delta \cdot D_{35}^{3 \ 1/2}$$

### 3. Analisis Perhitungan Volume Tampang Waduk

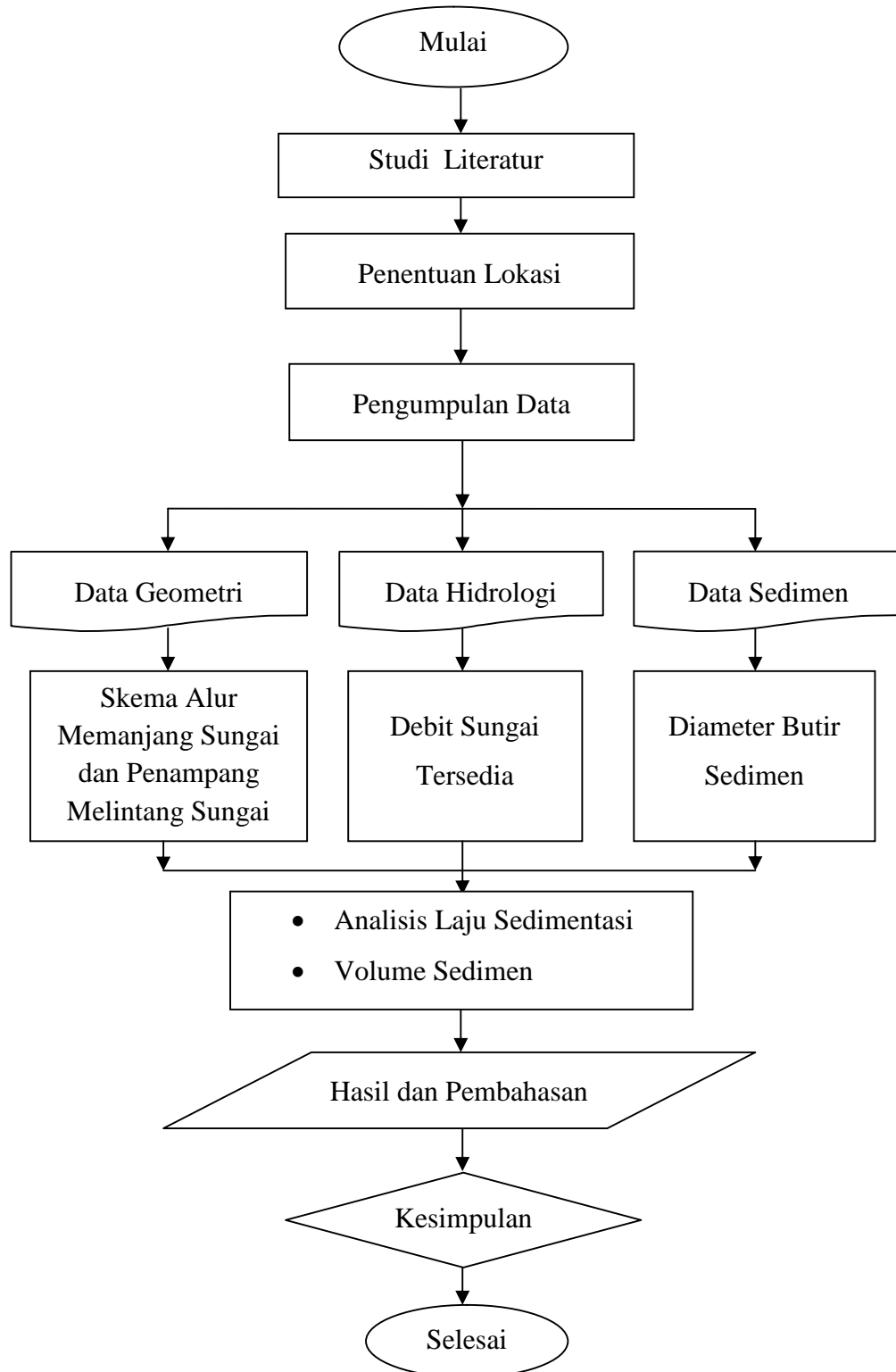
Dapat dihitung volume ruang dengan rumus limas terpancung sebagai berikut :

$$\mathbf{Vol = (A1 + A2 + (A1 \times A2)^{0.5}) \times H/3}$$

Tampang sedimen dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{Sed_t = Sed_{t-1} + (TE \times SL \times A)}$$



**G. Flow Chart Penelitian**

Gambar 3.2. Flow Chart

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisa Hidrologi

##### 1. Curah Hujan

###### a. Ketersediaan Data

Berdasarkan hasil studi terdahulu, ada 3 (tiga) stasiun curah hujan yang mempengaruhi DPS Karalloe. Lokasi stasiun curah hujan tersebut seperti di bawah ini:

Tabel 4.1. Lokasi Stasiun Curah Hujan

No	Naman Stasiun	Lintang	Garis bujur	Keterangan
1	Malino, Gowa	5° 15' 00"	119° 55' 00"	Jauh di hulu, lebih tinggi dan diluar DPS
2	Malakaji, Gowa	5° 25' 45"	119° 50' 31"	Dalam DPS
3	Bendung Kelara	5° 31' 21"	119° 4' 00"	Dalam DPS

###### b. Uji Konsistensi Data dengan RAPS

Sebelum data hujan ini dipakai terlebih dahulu harus melewati pengujian untuk kekonsistenan data tersebut. Metode yang digunakan adalah metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums) (Buishand,1982). Pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya. Dengan menggunakan parameter statistik Q dan R;

$$Q = \max | S_k^{**} |$$

$$0 \leq k \leq n$$

$$R = \max S_k^{**} - \min S_k^{**}$$

$$0 \leq k \leq n$$

Dengan parameter diatas maka dapat dicari nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$ . Hasil yang di dapat dibandingkan dengan nilai  $Q/\sqrt{n}$  syarat dan  $R/\sqrt{n}$  syarat, jika lebih kecil maka data masih dalam batasan konsisten.

Tabel 4.2. Nilai  $Q/n^{0.5}$  dan  $R/n^{0.5}$

n	$Q/n^{0.5}$			$R/n^{0.5}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.48	1.40	1.50	1.70
40	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.85

(Sumber: Sri Harto, 18; 1983)

Adapun untuk perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4.3. Uji konsistensi curah hujan tahunan

n	Tahun	Hujan	$S_k^*$	$Dy^2$	$S_k^{**}$	I $S_k^{**}$ I
		(mm)				
1	2002	3,985	1,190.31	88,553	1.52	1.52
2	2003	1,626	-1,168.69	85,364	-1.49	1.49
3	2004	1,231	-1,563.69	152,820	-1.99	1.99
4	2005	2,439	-355.69	7,907	-0.45	0.45
5	2006	2,758	-36.69	84	-0.05	0.05
6	2007	3,099	304.31	5,788	0.39	0.39
7	2008	3,409	614.31	23,586	0.78	0.78
8	2009	2,888	93.31	544	0.12	0.12
9	2010	4,517	1,722.31	185,398	2.19	2.19
10	2011	2,852	57.31	205	0.07	0.07

Lanjutan tabel 4.3

11	2012	2,699	-95.69	572	-0.12	0.12
12	2013	3,076	281.31	4,946	0.36	0.36
13	2014	2,468	-326.69	6,670	-0.42	0.42
14	2015	1,940	-854.69	45,656	-1.09	1.09
15	2016	3,115	320.31	6,413	0.41	0.41
16	2017	2,613	-181.69	2,063	-0.23	0.23
<b>Total</b>		<b>44,715</b>	<b>0.00</b>	<b>616,569</b>	<b>2.19</b>	<b>Max</b>
<b>Rata-rata</b>		<b>2,795</b>	<b>0.00</b>	<b>38,536</b>	<b>-1.99</b>	<b>Min</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 n &= 16.00 \\
 Dy &= 785.22 \\
 Sk^{**maks} &= 2.19 \\
 Sk^{**min} &= -1.99 \\
 Q &= I Sk^{**maks} I = 2.193 \\
 R &= Sk^{**maks} - Sk^{**min} = 4.185
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

$$\begin{aligned}
 Q / n^{0.5} &= 0.548354 < 1.08 & 90\% & \text{OK} \\
 R / n^{0.5} &= 1.046205 < 1.288 & 90\% & \text{OK}
 \end{aligned}$$

## 2. Curah Hujan Rata-Rata dengan Poligon Thiessen

Curah hujan rerata daerah ini digunakan sebagai data peramalan curah hujan rencana dengan cara analisis frekuensi curah hujan rencana, peramalan data curah hujan ini bisa berupa data harian, bulanan dan tahunan maksimum.

Perhitungan Curah Hujan Rerata daerah di DAS Karalloe dilakukan dengan metode Thiesen. Keputusan ini diambil dengan mempertimbangkan wilayah cakupan yang luas. Adapun pembagian daerah aliran pada tabel berikut :

Tabel 4.4. Pembagian Daerah Aliran (Thiessen)

No.	Stasiun Hujan	Luas (km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen
1	Malino	12.75	0.069
2	Malakaji	162.06	0.882
3	Kelara	8.94	0.049
Total		183.75	1.000

Hasil perhitungan curah hujan rerata daerah untuk DAS karalloe dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5. Curah hujan harian maximum tahunan rata-rata DPS

No	Tahun	Stasiun			Hujan Harian Max (mm)
		Malino	Malakaji	Kelara	
1	2002	35.00	83.00	7.00	83
2	2003	30.00	71.00	6.00	71
3	2004	33.00	26.00	4.00	33
4	2005	38.00	53.00	3.00	53
5	2006	25.00	130.00	10.00	130
6	2007	38.00	33.00	32.00	38
7	2008	5.00	33.00	-	33
8	2009	26.00	37.00	26.00	37
9	2010	20.00	34.00	-	34
10	2011	26.00	26.00	23.00	26
11	2012	1.00	27.00	16.00	27
12	2013	19.00	27.00	22.00	27
13	2014	15.00	41.00	23.00	41
14	2015	8.00	25.00	28.00	28
15	2016	6.00	24.00	23.00	24
16	2017	-	22.00	21.00	22

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.6. Curah hujan harian maximum tahunan rata-rata DPS

No	Tahun	Stasiun			Total Hujan Tahunan (mm)
		Malino	Malakaji	Kelara	
1	2002	174	3,433	378	3,985
2	2003	322	1,266	38	1,626
3	2004	283	894	54	1,231
4	2005	224	2,189	25	2,439
5	2006	300	2,396	61	2,758
6	2007	284	2,792	23	3,099
7	2008	145	3,263	-	3,409
8	2009	261	2,584	44	2,888
9	2010	328	4,188	-	4,517
10	2011	262	2,438	153	2,852
11	2012	22	2,642	34	2,699
12	2013	382	2,652	43	3,076
13	2014	266	2,136	66	2,468
14	2015	224	1,661	55	1,940
15	2016	250	2,788	76	3,115
16	2017	-	2,523	89	2,613
Rata-Rata					2,795

(Sumber : Hasil Perhitungan)

### 3. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Untuk menghitung hujan rencana digunakan 2 macam distribusi frekuensi yaitu Metode Gumbel dan Metode Log Person Type III.

#### a. Metode Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana Metode Gumbel dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.7. Perhitungan curah hujan rencana metode Gumbel

No.	Xi	P (%)	$X_i^2$
1	83	94.118	6889
2	71	88.235	5041
3	33	82.353	1089
4	53	76.471	2809
5	130	70.588	16900
6	38	64.706	1444
7	33	58.824	1089
8	37	52.941	1369
9	34	47.059	1156
10	26	41.176	676
11	27	35.294	729
12	27	29.412	729
13	41	23.529	1681
14	28	17.647	784
15	24	11.765	576
16	22	5.882	484
Jumlah	707		43445
Rerata	44		2715
Standart Deviasi (Std)			28.524

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Contoh perhitungan, untuk periode ulang ( $T_r$ ) 2 tahun :

$$\text{Std} = \frac{\sum(x-x)^2}{n-1}$$

$$= 28.524$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$= \frac{0.3668 - 0.5157}{1.0316}$$

$$= -0.1444$$

$$X_t = X + (K \cdot S_x)$$

$$= 44 + (-0.1444 \times 28.524)$$

$$= 40.069 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel :

Tabel 4.8. Hasil perhitungan CH maksimum dengan metode Gumbel

No.	Tr	Yt	K	Xt
1	2	0.3668	-0.1444	40.069
2	5	1.5004	0.9545	71.415
3	10	2.2510	1.6821	92.168
4	25	3.1993	2.6014	118.390
5	50	3.9028	3.2834	137.843
6	100	4.6012	3.9603	157.152
7	200	5.2969	4.6348	176.391
8	500	6.2149	5.5246	201.773
9	1000	6.9087	6.1972	220.956

(Sumber : Hasil Perhitungan)

### b. Metode Log Pearson Type III

Data-data yang dibutuhkan dalam menggunakan metode ini adalah nilai rata-rata, standar deviasi dan koefisien kepeccengan.

Tabel 4.9. Perhitungan curah hujan rencana metode Log Pearson Type III

No.	Xi	P (%)	Log Xi	(Log Xi - Log Xrt)	(Log Xi - Log Xrt) <sup>2</sup>
1	83	94.118	1.92	0.332	0.111
2	71	88.235	1.85	0.265	0.070
3	33	82.353	1.52	-0.068	0.005
4	53	76.471	1.72	0.138	0.019
5	130	70.588	2.11	0.527	0.278
6	38	64.706	1.58	-0.007	0.000
7	33	58.824	1.52	-0.068	0.005
8	37	52.941	1.57	-0.018	0.000
9	34	47.059	1.53	-0.055	0.003
10	26	41.176	1.41	-0.172	0.029
11	27	35.294	1.43	-0.155	0.024
12	27	29.412	1.43	-0.155	0.024
13	41	23.529	1.61	0.026	0.001
14	28	17.647	1.45	-0.139	0.019
15	24	11.765	1.38	-0.206	0.043
16	22	5.882	1.34	-0.244	0.060
Jumlah	707	800	25.39	0	0.690



Lanjutan tabel 4.9

Rerata	44	50	1.59	0	0.043
Standart Deviasi (Std)			0.215		
Skwenes (Cs)			1.275		

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Setelah dihitung parameter statistik logaritma nilai-nilai tersebut akan digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana Metode Log Person Type III dalam perhitungan juga membutuhkan nilai K. Hasil perhitungan distribusi frekuensi metode Log Person Type III periode ulang (Tr) 2 tahun dapat di lihat pada persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Log}X_t &= \log X + G \times \text{Std} \\
 &= 1.59 + (-0.2062 \times 0.215) \\
 &= 1.542 \\
 X_t &= 10^{1.542} \\
 &= 34.861 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan periode ulang selanjunya dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.10. Distribusi frekuensi metode Log Person Type III

No.	Tr	P (%)	G	Log X <sub>t</sub>	X <sub>t</sub>
1	2	50	-0.2062	1.542	34.861
2	5	20	0.752	1.748	55.962
3	10	10	1.3186	1.869	74.040
4	25	4	2.0004	2.016	103.687
5	50	2	2.4848	2.120	131.714
6	100	1	2.9513	2.220	165.854
7	200	0.5	3.4039	2.317	207.401
8	500	0.2	4.1656	2.480	302.144
9	1000	0.1	4.4196	2.535	342.531

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.11. Rekapitulasi CH Metode Gumbel &amp; Log Person Type III

No	Kala Ulang Tr (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)	
		Metode Gumbel	Metode Log Pearson Type III
1	2	40.069	34.861
2	5	71.415	55.962
3	10	92.168	74.040
4	25	118.390	103.687
5	50	137.843	131.714
6	100	157.152	165.854
7	200	176.391	207.401
8	500	201.773	302.144
9	1000	220.956	342.531

(Sumber : Hasil Perhitungan)

#### 4. Analisis Intensitas Curah Hujan Rencana

Dari uji kesesuaian distribusi, hasil distribusi yang paling mendekati adalah distribusi Log *Pearson* Tipe III, maka hasil hujan rencana Distribusi Log *Pearson* Tipe III dihitung dengan persamaan menurut *DR. Mononobe* untuk mencari intensitas hujan rencana. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{R_{24}}{t} \right]^{2/3}$$

Pada periode ulang 2 tahunan dengan  $R_{24} = 34.861$

Untuk jam ke-1 dapat dihitung dengan persamaan *DR. Mononobe* sebagai berikut :

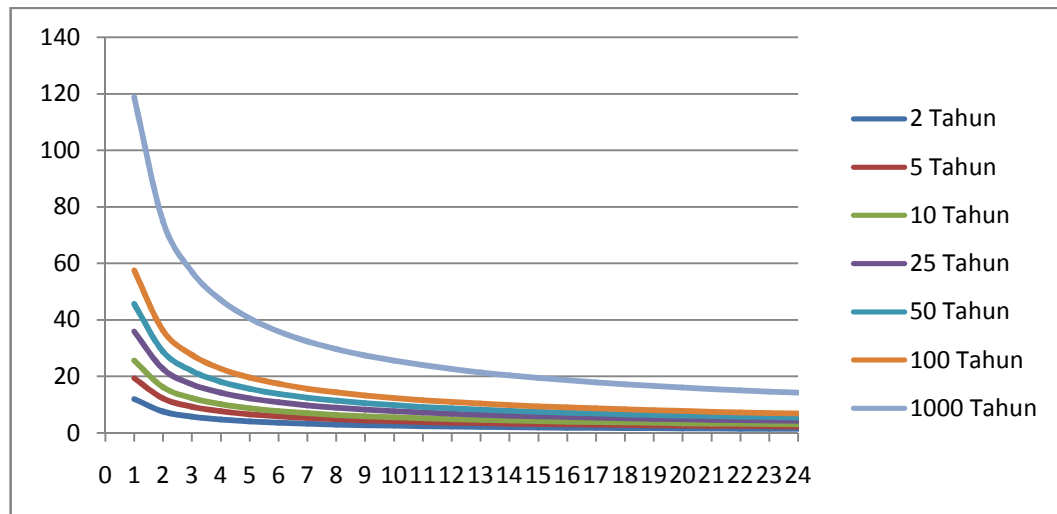
$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{R_{24}}{24} \right]^{2/3} = \frac{30.512}{24} \left[ \frac{24}{1} \right]^{2/3} = 12.086$$

Selanjutnya hasil perhitungan intensitas curah hujan disajikan dalam bentuk tabel pada pada Tabel 4.12 dan digambarkan pada Gambar 4.1.

Tabel 4.12. Intensitas perhitungan curah hujan

Jam ke	Curah Hujan Netto dengan Periode Ulang (mm)						
	2	5	10	25	50	100	1000
	34.861	55.962	74.040	103.687	131.714	165.854	342.531
1	12.086	19.401	25.668	35.946	45.663	57.498	118.749
2	7.613	12.222	16.170	22.645	28.766	36.222	74.807
3	5.810	9.327	12.340	17.281	21.952	27.642	57.088
4	4.796	7.699	10.186	14.265	18.121	22.818	47.125
5	4.133	6.635	8.778	12.294	15.616	19.664	40.612
6	3.660	5.876	7.774	10.886	13.829	17.414	35.963
7	3.303	5.302	7.015	9.823	12.479	15.713	32.451
8	3.021	4.850	6.417	8.987	11.416	14.375	29.687
9	2.793	4.484	5.932	8.308	10.554	13.289	27.445
10	2.604	4.180	5.530	7.744	9.838	12.388	25.584
11	2.443	3.922	5.190	7.268	9.232	11.625	24.009
12	2.306	3.701	4.897	6.858	8.712	10.970	22.656
13	2.186	3.509	4.643	6.502	8.259	10.400	21.478
14	2.081	3.340	4.419	6.188	7.861	9.898	20.443
15	1.987	3.190	4.220	5.910	7.508	9.454	19.524
16	1.903	3.055	4.042	5.661	7.191	9.055	18.702
17	1.828	2.934	3.882	5.437	6.907	8.697	17.961
18	1.760	2.825	3.737	5.234	6.648	8.372	17.289
19	1.697	2.725	3.605	5.048	6.413	8.075	16.677
20	1.640	2.633	3.484	4.879	6.197	7.804	16.117
21	1.588	2.549	3.372	4.723	5.999	7.554	15.601
22	1.539	2.471	3.269	4.578	5.816	7.323	15.124
23	1.494	2.399	3.174	4.445	5.646	7.109	14.683
24	1.453	2.332	3.085	4.320	5.488	6.911	14.272

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4.1. Kurva intensitas durasi frekuensi dengan Metode Mononobe

(Sumber : Hasil Perhitungan)

## 5. Perhitungan Debit Rencana

Untuk memperkirakan besarnya debit banjir dengan kala ulang tertentu, terlebih dahulu data-data hujan didekatkan dengan suatu sebaran distribusi, agar dalam memperkiraan besarnya debit banjir tidak sampai jauh melenceng dari kenyataan banjir yang terjadi. Dalam perhitungan debit rencana ada dua metode yang digunakan yaitu Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I.

### 1. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Data- data yang diketahui sebagai berikut :

Luas DAS = 183.75 km<sup>2</sup>

Panjang Sungai (L) = 36.70 km

Hujan Satuan (Ro) = 1.00 mm

Koefisien Limpasan (C) = 0.75

Konstanta ( ) = 2.50

- a. Waktu antara hujan sampai debit puncak banjir  $T_g$  ( $L > 15$  Km)

$$T_g = 0.4 + (0.058 \times L)$$

$$T_g = 0.4 + (0.058 \times 36.70)$$

$$T_g = 2.53 \text{ jam}$$

- b. Lama Hujan Efektif ( $T_r$ )

$$T_r = 0.5 \times T_g$$

$$T_r = 0.5 \times 2.53$$

$$T_r = 1.26 \text{ jam}$$

- c. Menghitung tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir ( $T_p$ )

$$T_p = T_g + (0.8 T_r)$$

$$T_p = 2.53 + (0.8 \times 1.26)$$

$$T_p = 3.54 \text{ jam}$$

- d. Nilai  $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g$$

$$T_{0,3} = 2.50 \times 2.53$$

$$T_{0,3} = 6.32 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} = 3.54 + 6.32 = 9.86 \text{ jam}$$

$$1.5 \times T_{0,3} = 1.50 \times 6.32 = 9.48 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} + 1.5 T_{0,3} = 3.54 + 6.32 + 9.48 = 19.34 \text{ jam}$$

- e. Debit Puncak Banjir ( $Q_p$ )

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3.6 (0.3 T_p + T_{0,3})}$$

$$Q_p = \frac{0.75 \times 183.75 \times 1}{3.6 (0.3 \times 3.54 + 6.32)}$$

$$Q_p = 5.18 \text{ m}^3/\text{det}$$

- f. Waktu naik dan waktu turun menggunakan persamaan hidrograf satuan.

Perhitungan ada pada Tabel.

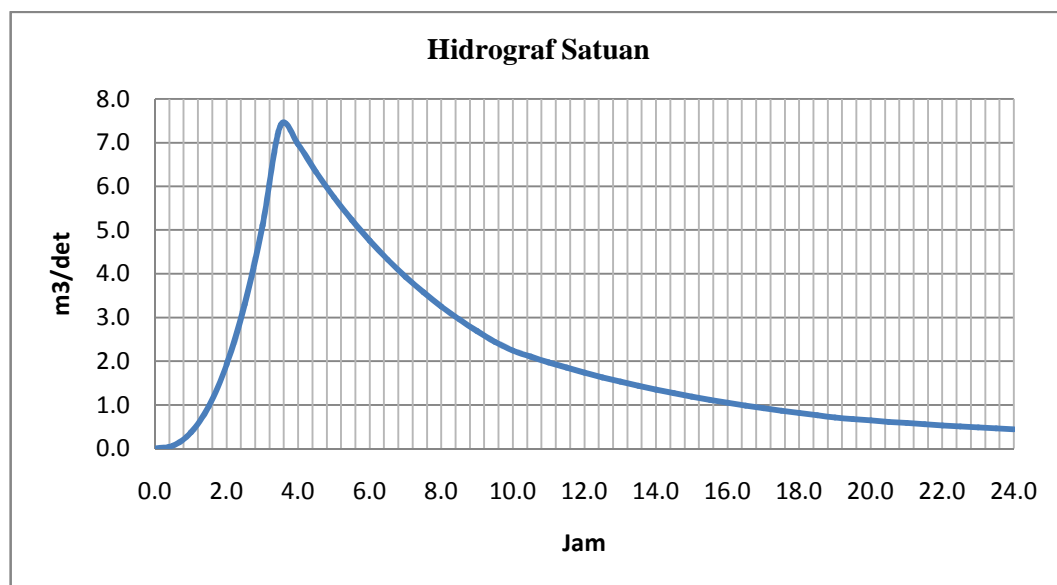
Tabel 4.13. Perhitungan metode HSS Nakayasu dengan koreksi

t	$Q_{unit}$	$Q_{unit}$	Volume	$Q_{unit}$ terkoreksi
jam	$\text{m}^3/\text{det}$	$\text{m}^3/\text{det}$	$\text{m}^3$	$\text{m}^3/\text{det}$
0.0	0.000			0.000
0.5	0.047	0.024	43	0.069
1.0	0.250	0.148	267	0.366
1.5	0.660	0.455	819	0.967
2.0	1.317	0.989	1780	1.930
2.5	2.250	1.783	3210	3.297
3.0	3.485	2.867	5161	5.106
3.5	5.045	4.265	7677	7.392
4.0	4.750	4.897	8815	6.960
4.5	4.318	4.534	8161	6.327
5.0	3.926	4.122	7420	5.753
5.5	3.569	3.748	6746	5.230
6.0	3.245	3.407	6133	4.755
6.5	2.950	3.098	5576	4.323
7.0	2.682	2.816	5070	3.930
7.5	2.439	2.561	4609	3.573
8.0	2.217	2.328	4190	3.249
8.5	2.016	2.117	3810	2.954
9.0	1.833	1.924	3464	2.685
9.5	1.666	1.750	3149	2.441
10.0	1.528	1.597	2875	2.239
10.5	1.434	1.481	2666	2.102
11.0	1.346	1.390	2502	1.972
11.5	1.263	1.305	2348	1.851
12.0	1.186	1.224	2204	1.737
12.5	1.113	1.149	2068	1.630
13.0	1.044	1.078	1941	1.530
13.5	0.980	1.012	1822	1.436
14.0	0.920	0.950	1710	1.348
14.5	0.863	0.891	1605	1.265
15.0	0.810	0.837	1506	1.187
15.5	0.760	0.785	1413	1.114
16.0	0.713	0.737	1326	1.045

Lanjutan tabel 4.13

16.5	0.670	0.691	1245	0.981
17.0	0.628	0.649	1168	0.921
17.5	0.590	0.609	1096	0.864
18.0	0.553	0.572	1029	0.811
18.5	0.519	0.536	966	0.761
19.0	0.487	0.503	906	0.714
19.5	0.460	0.474	852	0.674
20.0	0.438	0.449	808	0.642
20.5	0.418	0.428	771	0.612
21.0	0.399	0.408	735	0.584
21.5	0.380	0.389	701	0.557
22.0	0.362	0.371	668	0.531
22.5	0.345	0.354	637	0.506
23.0	0.329	0.337	607	0.483
23.5	0.314	0.322	579	0.460
24.0	0.300	0.307	552	0.439
Jumlah			125408	
Seharusnya			183750	
Faktor koreksi			1.465	

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 4.2. Grafik Perhitungan HSS Nakayasu

Tabel 4.14. Rangkuman debit limpasan

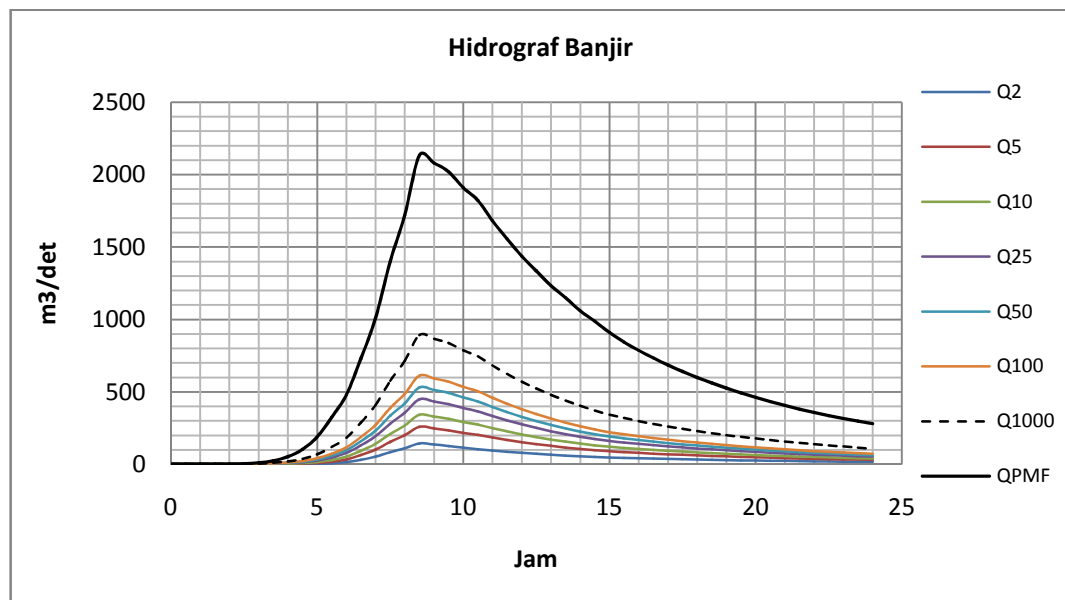
T (jam)	Q <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>5</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>25</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>50</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>1000</sub> (m <sup>3</sup> /dt)	Q <sub>PMF</sub> (m <sup>3</sup> /dt)
0.0	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63
0.5	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63
1.0	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63
1.5	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63
2.0	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63
2.5	3.63	3.63	3.68	3.77	3.83	3.90	4.12	5.11
3.0	3.63	3.63	3.92	4.37	4.71	5.05	6.23	11.44
3.5	3.63	3.73	4.58	5.87	6.85	7.83	11.20	26.15
4.0	3.63	4.16	6.11	9.02	11.22	13.43	21.00	54.59
4.5	3.89	5.56	9.45	15.15	19.45	23.76	38.59	104.30
5.0	5.01	9.18	16.35	26.66	34.43	42.23	69.02	187.79
5.5	8.39	17.49	30.03	47.76	61.12	74.53	120.59	324.80
6.0	16.71	35.04	53.80	79.47	98.81	118.23	184.92	480.62
6.5	31.40	64.41	93.03	131.30	160.14	189.10	288.53	729.42
7.0	53.54	103.00	142.45	194.57	233.85	273.30	408.73	1009.24
7.5	83.98	156.19	210.81	282.41	336.36	390.55	576.60	1401.52
8.0	111.22	201.72	268.49	355.68	421.38	487.37	713.92	1718.45
8.5	145.36	259.60	342.30	449.98	531.13	612.62	892.47	2133.40
9.0	137.11	249.00	329.74	434.81	513.98	593.49	866.75	2078.92
9.5	126.11	235.42	314.06	416.34	493.42	570.82	837.36	2020.68
10.0	115.08	218.29	292.45	388.88	461.55	534.52	786.79	1908.67
10.5	104.96	203.21	273.71	365.35	434.40	503.76	745.09	1821.46
11.0	95.75	185.46	249.83	333.49	396.53	459.84	682.72	1681.74
11.5	87.38	168.95	227.46	303.52	360.84	418.40	624.75	1556.76
12.0	79.78	153.93	207.15	276.32	328.45	380.80	571.21	1436.43
12.5	72.86	140.28	188.71	251.69	299.14	346.80	523.78	1334.76
13.0	66.57	127.89	172.00	229.36	272.58	315.99	479.69	1234.35
13.5	60.85	116.70	156.92	209.23	248.66	288.25	440.70	1149.12
14.0	55.73	106.67	143.40	191.18	227.19	263.35	404.27	1062.04
14.5	51.25	97.88	131.55	175.36	208.37	241.52	372.62	987.90
15.0	47.46	90.37	121.37	161.72	192.12	222.66	343.38	909.87
15.5	44.73	84.71	113.59	151.19	179.52	207.97	320.11	845.69
16.0	42.18	79.46	106.41	141.48	167.91	194.45	298.72	786.84
16.5	39.81	74.67	99.87	132.67	157.39	182.22	279.39	733.71
17.0	37.59	70.22	93.81	124.52	147.66	170.90	261.55	684.82
17.5	35.50	66.12	88.26	117.08	138.80	160.61	245.37	640.56
18.0	33.54	62.28	83.06	110.10	130.49	150.95	230.22	599.35
18.5	31.70	58.67	78.17	103.55	122.68	141.89	216.07	561.11
19.0	29.97	55.28	73.59	97.41	115.36	133.39	202.82	525.48
19.5	28.35	52.11	69.28	91.64	108.49	125.41	190.44	492.43
20.0	26.83	49.12	65.24	86.22	102.04	117.91	178.84	461.60



Lanjutan tabel 4.14

20.5	25.40	46.33	61.45	81.14	95.98	110.88	168.01	433.00
21.0	24.06	43.70	57.90	76.38	90.30	104.29	157.86	406.30
21.5	22.81	41.23	54.56	71.91	84.98	98.11	148.39	381.60
22.0	21.63	38.92	51.44	67.73	80.01	92.34	139.56	358.57
22.5	20.52	36.75	48.51	63.82	75.35	86.94	131.30	337.03
23.0	19.48	34.73	45.78	60.17	71.02	81.91	123.61	316.98
23.5	18.52	32.86	43.26	56.80	67.00	77.25	116.48	298.37
24.0	17.64	31.15	40.95	53.72	63.34	73.00	109.96	281.32
Max	145.36	259.60	342.30	449.98	531.13	612.62	892.47	2,133.40

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4.3. Grafik HSS Nakayasu

## 2. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Gama I

Diketahui Data-data sebagai berikut :

$$\text{Luas DAS} = 183.75 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai Utama (L)} = 36.70 \text{ km}$$

$$\text{Kemiringan Sungai} = 0.0717$$

$$\text{Jumlah Panjang Sungai-sungai Tingkat 1 ( } L_1 \text{)} = 45.64 \text{ km}$$

$$\text{Jumlah Panjang sungai semua tingkat ( } L_T \text{)} = 73.38 \text{ km}$$

Jumlah Pangsa Sungai Tingkat 1 ( $S_1$ )	= 32 Buah
Jumlah Pangsa Sungai Semua Tingkat ( $S_T$ )	= 48 Buah
Lebar DAS pada titik 0,75L dari outlet(WU)	= 3.852 km
Lebar DAS pada titik 0,25L dari outlet (WL)	= 3.55 km
Luas DAS yang diukur di hulu ( $A_u$ )	= 82.69 km
Jumlah Pertemuan Sungai ( $J_n = S_1 - 1$ )	= 27
Kerapatan Drainase (D)	= 0.40
Faktor Lebar (WF)	= 1.09
Rasio Luas DAS Hulu ( $RUA = A_u/A$ )	= 0.45
Faktor Simetri ( $SIM = RUA \times WF$ )	= 0.49
Faktor Sumber (SF)	= 0.62
Frakuensi Sumber (SN)	= 0.67
Elevasi Hulu ( $E_u$ )	= 2800 m
Elevasi hilir ( $E_d$ )	= 170 m

Perhitungan :

- a. Menghitung Waktu Naik (TR)

$$TR = 0.43 \times \frac{L^3}{100 \times SF} + 1.0665 SIM + 1.2775$$

$$TR = 0.43 \times \frac{36.70^3}{100 \times 0.62} + 1.0665 \times 0.49 + 1.2775$$

$$TR = 1.890 \text{ Jam}$$

- b. Menghitung Debit Puncak ( $Q_p$ )

$$Q_p = 0.1836 \times A^{0.5886} \times TR^{-0.4008} \times JN^{0.2381}$$

$$Q_p = 0.1836 \times 183.75^{0.5886} \times 1.890^{-0.4008} \times 27^{0.24}$$

$$Qp = 6.708 \text{ m}^3/\text{det}$$

c. Menghitung Waktu Dasar (TB)

$$TB = 27.4132 \times TR^{0.1457} \times S^{-0.0986} \times SN^{0.7344} \times RUA^{0.2574}$$

$$T = 27.4132 \times 1.890^{0.1457} \times 0.0717^{-0.0986} \times 0.67^{0.7344} \times 0.45^{0.2574}$$

$$TB = 23.665 \text{ Jam}$$

d. Menghitung nilai Koefisien tampungan (K)

$$K = 0.5617 \times A^{0.1798} \times S^{-0.1446} \times SF^{1.0879} \times D^{0.0452}$$

$$K = 0.5617 \times 183.75^{0.1798} \times 0.0717^{-0.1446} \times 0.62^{1.0879} \times 0.40^{0.0452}$$

$$K = 3.379 \text{ Jam}$$

e. Menghitung dengan Persamaan Lengkung Turun Hidrograf Satuan

$$Qt = Qp \times e^{\frac{-t}{k}}$$

dimana :  $e = 2.7183$  (Nilai Pokok Logaritma Dasar)

f. Aliran Dasar ( $QB$ )

$$QB = 0.4751 \times A^{0.6444} \times D^{0.946}$$

$$QB = 0.4751 \times 183.75^{0.6444} \times 0.40^{0.946}$$

$$QB = 5.738 \text{ m}^3/\text{det}$$

Perhitungan ada pada Tabel.

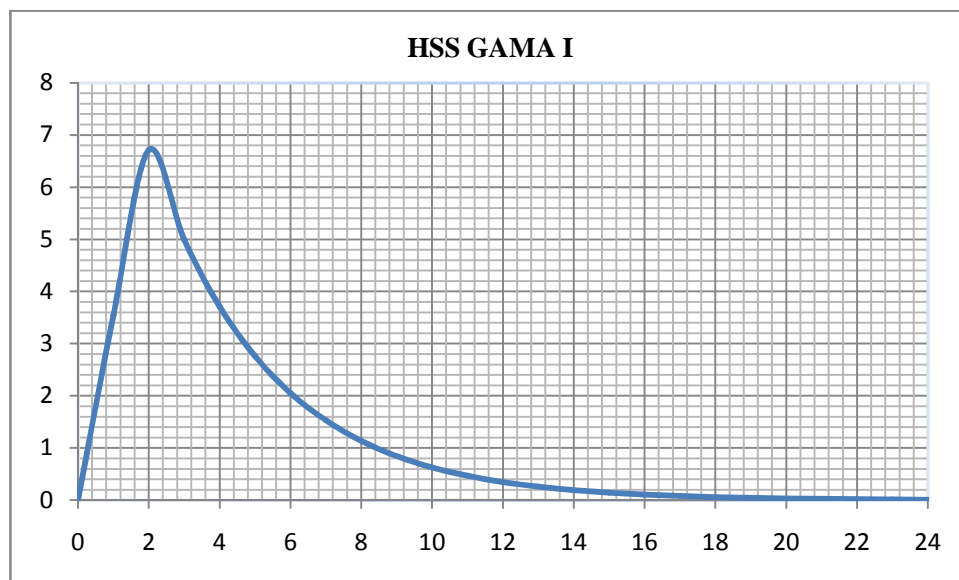
Tabel 4.15 : Perhitungan Metode HSS Gama I

Jam	U (t,i)
0	0.000
1	3.549
2	6.708
3	4.990
4	3.712
5	2.761
6	2.054

Lanjutan tabel 4.15

7	1.528
8	1.136
9	0.845
10	0.629
11	0.468
12	0.348
13	0.259
14	0.193
15	0.143
16	0.107
17	0.079
18	0.059
19	0.044
20	0.033
21	0.024
22	0.018
23	0.013
24	0.010

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4.4 : Grafik HSS Gama I

Adapun untuk perhitungan selanjutnya dengan metode HSS Gama I dapat dilihat pada tabel :

Tabel 4.16 : Perhitungan Metode HSS Gama I

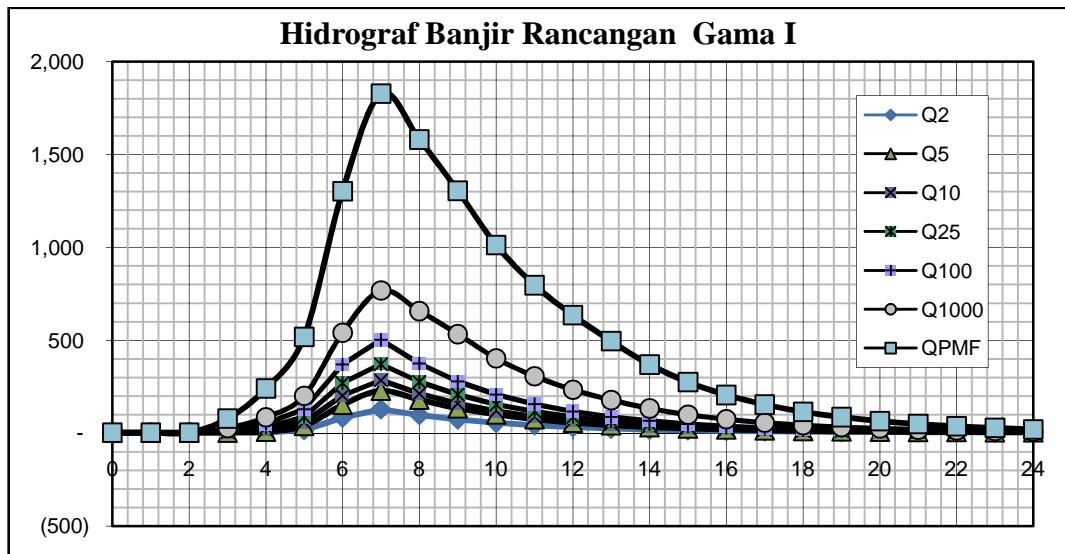
t	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100	Q1000	QPMF
jam	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det	m <sup>3</sup> /det
0	3	3	3	3	3	3	3	3
1	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	6	10	14	17	28	79
4	3	8	17	31	41	51	86	241
5	16	39	60	88	108	129	201	518
6	84	153	203	269	319	369	541	1,303
7	129	228	286	372	437	502	769	1,828
8	98	180	214	278	326	374	657	1,581
9	74	134	160	207	243	279	533	1,305
10	56	101	120	155	182	209	403	1,014
11	42	76	90	116	136	156	306	797
12	32	57	67	87	102	117	234	635
13	25	43	51	66	77	88	178	496
14	19	33	39	50	58	66	133	369
15	15	25	30	38	44	50	100	276
16	12	20	23	29	33	38	75	206
17	10	15	18	22	26	29	57	154
18	8	12	14	17	20	22	43	115
19	7	10	11	14	15	17	33	86
20	6	8	9	11	12	14	25	65
21	5	7	7	9	10	11	19	49
22	5	6	6	7	8	9	15	37
23	4	5	5	6	7	7	12	29
24	4	5	5	5	6	6	8	20
Qmaks	129	228	286	372	437	502	769	1,828

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.17 : Perhitungan Metode HSS Gama I

Return Period (yr)	2	5	10	25	100	1000	PMF
Curah Hujan (mm)	34.86	55.96	74.04	103.69	165.85	342.53	610.80
Debit Banjir (m <sup>3</sup> /dt)	129	228	286	372	502	769	1,828

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4.5 : Grafik Hidrograf Banjir Rancangan HSS Gama I

## B. Analisis Perhitungan Laju Sedimentasi

### a) Data Sedimen Melayang

Data sedimen melayang pada penelitian ini diperoleh dari data-data sekunder, dimana data-datanya yaitu :

- a. Data debit sungai Karalloe
- b. Data sedimen melayang (kadar lumpur)

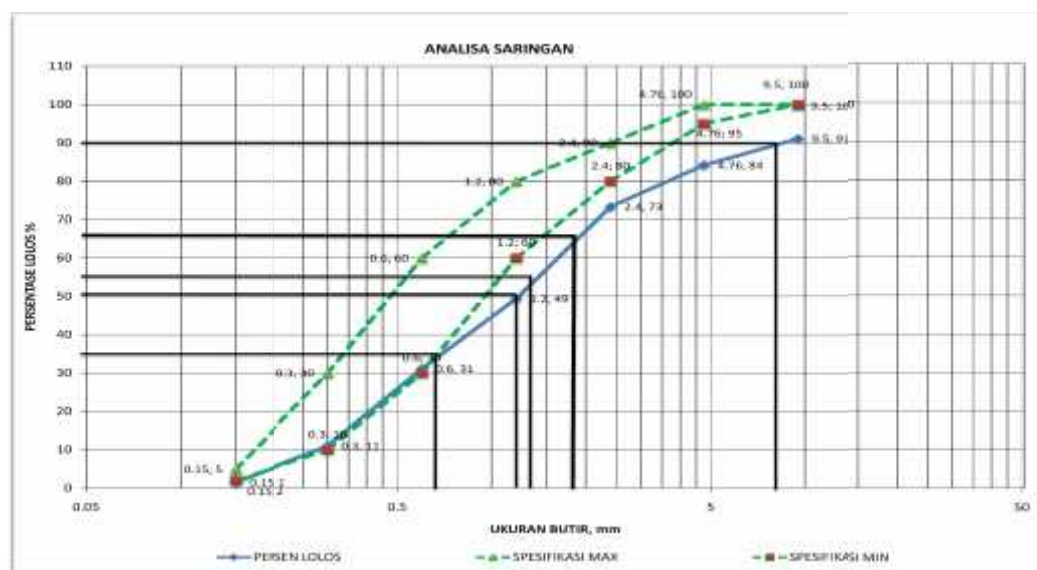
### b) Data Sedimen Dasar

Data sedimen dasar pada penelitian ini diperoleh dari data-data sekunder, dari PT. Widya Graha Asana selaku konsultan perencana dimana data diambil adalah sampel sedimen dasar, kemudian diuji di laboratorium. Adapun hasil uji laboratorium :

Tabel 4.18. Hasil analisa saringan

No	Ukuran Ayakan		Berat Tertahan	Komulatif Tertahan	Persen Tertahan	Persen Lolos	Spesifikasi
	mm	inch					
1	9.5	3/8 "	151.10	151.10	8.90 %	91.10 %	100
2	4.76	No.4	117.13	268.230	15.80 %	84.20 %	95-100
3	2.4	No. 8	183.87	452.100	26.63 %	73.37 %	80-90
4	1.2	No.16	406.73	858.830	50.58 %	49.42 %	60-80
5	0.6	No.30	310.02	1168.850	68.84 %	31.16 %	30-60
6	0.3	No.50	341.63	1510.480	88.96 %	11.04 %	10-30.
7	0.15	No.100	162.23	1672.710	98.52 %	1.48 %	2-5.
9	Pan		25.18	1697.890	100.00 %	0.00 %	

(Sumber :Hasil Uji Lab)



Gambar 4.6. Grafik komulatif persentase lolos saringan

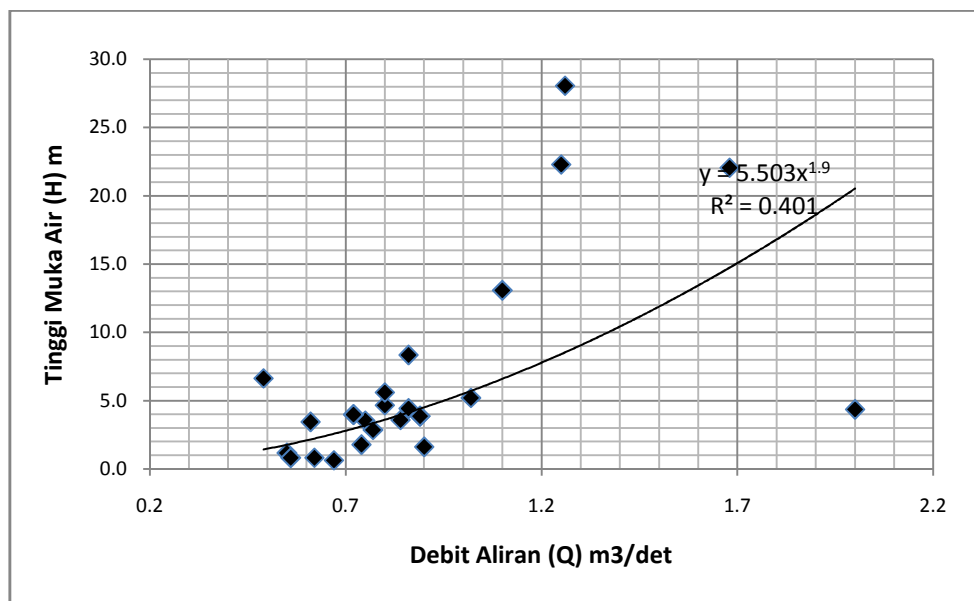
### 1. Perhitungan Sedimen Melayang (*Suspended Load*)

Dalam menganalisa sedimen melayang atau *suspended load*, perhitungan didasarkan atas data-data sekunder, berupa analisa kadar lumpur, pengukuran debit air dan debit harian. Data-data sekunder yang diperoleh tersebut, yang

selanjutnya menjadi dasar dalam pengolahan data untuk mendapatkan debit sedimen melayang. Sebelum membuat lengkung sedimen, terlebih dahulu dibuat kurva debit air sungai yang menunjukkan hubungan antara debit (Q) dengan tinggi muka air (H).

#### a. Lengkung Debit Air Sungai

Berdasarkan data tinggi muka air (H) dan debit air sungai (Q) pada lampiran 1 dapat dibuat kurva debit sebelum menggunakan persamaan kuadrat terkecil (*least square*) seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Lengkung Debit

Dengan menggunakan metode logaritmik dapat dibuat kurva debit dengan persamaan umum hubungan antara tinggi muka air dan debit adalah :

$$Q = K (H - H_0)^n.$$

Dimana :



$Q = \text{Debit (m}^3/\text{det)}$

$K = \text{Konstanta}$

$n = \text{Konstanta}$

$H = \text{Tinggi Muka Air (m)}$

$H_0 = \text{Kedalaman Aliran Nol (m)}$

Harga  $H_0$  ditentukan dengan persamaan :

$$H_0 = \frac{H_1 \times H_3 - H_2^2}{H_1 + H_3 - 2 \times H_2}$$

Dari data tinggi muka air pada lampiran 1 diperoleh :

$$H_1 = 0.49$$

$$Q_1 = 0.62$$

$$H_3 = 2.00$$

$$Q_3 = 28.06$$

Sehingga :

$$Q_2 = (Q_1 \times Q_3)^{0.5} = (0.62 \times 28.06)^{0.5} = 4.18 \text{ m}$$

$$H_2 = (0.49 \times 2.00)^{0.5} = 0.99$$

$$\text{Jadi, } H_0 = \frac{0.49 \times 2.00 - (0.99)^2}{0.49 + 2.00 - 2 \times 0.99} = 0.000196 \text{ m}$$

## **b. Lengkung Debit Sedimen Melayang**

### **1. Perhitungan konsentrasi muatan sedimen melayang**

Dari data sekunder menunjukkan hasil contoh air di lapangan yang dianalisa di laboratorium, diperoleh harga konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) berdasarkan persamaan yaitu :

$$C_s = \frac{W_s}{V_w}$$

Dimana :

$C_s$  = Konsentrasi Sedimen

$W_s$  = Berat Kadar Lumpur (mg)

$V_w$  = Volume Air (liter)

Contoh : (Data tanggal 03/07/2000)

$$C_s (1) = \frac{2.40}{0.25} = 9.60 \text{ mg/ltr}$$

$$C_s (2) = \frac{2.60}{0.25} = 10.40 \text{ mg/ltr}$$

$$C_s (3) = \frac{0.50}{0.25} = 2.00 \text{ mg/ltr}$$

$$C_{\text{Total}} = \frac{9.60+10.40+2.00}{3} = 20.667 \text{ mg/ltr}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Data kadar lumpur

No. Urut	Tanggal	Volume Air (ml)	Berat Lumpur (mg)	Berat lumpur / isi air (mg/ltr)	$C_s$
1	2	3	4	6	7
1	03/07/2000	250	2.40	9.60	20.667
		250	2.60	10.40	
		250	0.50	2.00	
2	24/07/2000	250	2.00	8.00	16.133
		250	0.80	3.20	
		250	3.70	14.80	
3	10/12/2000	250	12.52	50.08	133.707
		250	15.05	60.20	
		250	17.57	70.28	

Lanjutan tabel 4.19

4	24/04/2001	250	47.50	190.00	428.000
		250	43.10	172.40	
		250	49.20	196.80	
5	20/06/2001	250	1.66	6.64	19.768
		250	2.47	9.86	
		250	2.45	9.80	
6	29/08/2001	250	23.19	92.76	183.840
		250	18.83	75.32	
		250	11.82	47.28	
7	17/10/2002	250	2.10	8.40	21.133
		250	1.78	7.12	
		250	4.21	16.84	
8	28/12/2002	250	37.00	148.00	324.000
		250	32.80	131.20	
		250	33.60	134.40	
9	25/05/2003	250	26.60	106.40	168.680
		250	10.27	41.08	
		250	15.90	63.60	
10	24/06/2003	250	3.17	12.67	64.788
		250	3.63	14.52	
		250	28.20	112.80	
11	19/05/2004	250	9.74	38.96	54.680
		250	2.51	10.04	
		250	4.26	17.04	
12	17/09/2004	250	1.34	5.35	14.621
		250	1.72	6.87	
		250	1.80	7.20	
13	29/08/2005	250	9.98	39.90	55.119
		250	3.43	13.71	
		250	1.13	4.52	
14	27/12/2005	250	19.90	79.60	146.000
		250	10.60	42.40	
		250	18.00	72.00	
15	20/01/2006	250	37.10	148.40	372.000
		250	45.10	180.40	
		250	32.40	129.60	
16	16/06/2006	250	5.30	21.20	44.295
		250	5.04	20.16	
		250	2.20	8.80	
17	29/12/2006	250	2.72	10.88	21.547
		250	2.12	8.49	
		250	1.63	6.54	

Lanjutan tabel 4.19

18	10/08/2007	250	8.24	32.96	79.219
		250	9.25	37.01	
		250	6.94	27.75	
19	09/12/2007	250	6.10	24.40	85.200
		250	11.40	45.60	
		250	11.40	45.60	
20	12/01/2008	250	14.90	59.60	95.467
		250	8.00	32.00	
		250	2.90	11.60	
21	30/06/2008	250	16.40	65.60	187.333
		250	23.70	94.80	
		250	20.20	80.80	
22	31/10/2008	250	11.90	47.60	102.933
		250	9.40	37.60	
		250	13.30	53.20	
23	16/02/2009	250	11.80	47.20	106.293
		250	11.14	44.56	
		250	10.90	43.60	
24	27/06/2009	250	3.20	12.80	28.493
		250	3.19	12.76	
		250	2.20	8.80	
25	11/10/2009	250	33.30	133.20	288.627
		250	29.75	119.00	
		250	27.32	109.28	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

### c. Perhitungan Debit Sedimen Melayang Berdasarkan Suripin

Dari hasil perhitungan konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) pada lampiran dan data debit air ( $Q_w$ ) pada lampiran 1, maka besarnya debit sedimen melayang harian ( $Q_{sm}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{sm} = 0.0864 \cdot C_s \cdot Q_w$$

Dimana :

$Q_{sm}$  = Debit Sedimen Melayang (ton/hari)

$Q_w$  = Debit Air ( $m^3/det$ )

$C_s$  = Konsentrasi Sedimen Melayang (mg/ltr)

Contoh perhitungan : (Data tanggal 03/07/2000,24/07/2000,10/12/2000)

$$Q_{sm} (1) = 0.0864 \times 20.667 \times 3.53 = 6.3067 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm} (2) = 0.0864 \times 16.133 \times 4.42 = 6.1542 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm} (3) = 0.0864 \times 133.707 \times 1.77 = 20.4244 \text{ ton/hari}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20. Data pengukuran debit air dan hasil analisa sedimen melayang

No. Urut	Tanggal	Debit ( $Q_w$ ) / ( $m^3/det$ )	$C_s$ (mg/ltr)	Sedimen melayang ( $Q_{sm}$ )(ton/hari)
1	2	3	4	5
1	03/06/2000	3.53	20.667	6.3067
2	24/07/2000	4.42	16.133	6.1542
3	10/12/2000	1.77	133.707	20.4244
4	24/04/2001	22.30	428.000	824.6731
5	20/06/2001	4.67	19.768	7.9744
6	29/08/2001	6.64	183.840	105.4206
7	17/10/2002	1.16	21.133	2.1144
8	28/12/2002	13.07	324.000	365.8484
9	25/05/2003	3.58	168.680	52.2185
10	24/06/2003	2.86	64.788	15.9814
11	19/05/2004	1.60	54.680	7.5684
12	17/09/2004	0.62	14.621	0.7883
13	29/08/2005	0.80	55.119	3.8289
14	27/12/2005	5.61	146.000	70.7037
15	20/01/2006	28.06	372.000	901.7744
16	16/06/2006	8.34	44.295	31.9024
17	29/12/2006	3.43	21.547	6.3891
18	10/08/2007	0.82	79.219	5.6262
19	09/12/2007	5.20	85.200	38.2492
20	12/01/2008	4.35	95.467	35.8390
21	30/06/2008	3.968	187.333	64.2245

Lanjutan tabel 4.20

22	31/10/2008	3.852	102.933	34.2575
23	16/02/2009	3.968	106.293	36.4411
24	27/06/2009	3.852	28.493	9.4829
25	11/10/2009	22.069	288.627	550.3422

(Sumber : Hasil Perhitungan)

#### d. Perhitungan Debit Sedimen Melayang Berdasarkan Lengkung Sedimen

Untuk menghitung besarnya lengkung sedimen melayang berdasarkan data pengukuran kadar lumpur dan besarnya debit sungai dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{sm_{hit}} = a (Q_w)^b$$

Dimana :

$Q_{sm_{hit}}$  = Debit Sedimen Melayang (ton/hari)

$Q_w$  = Debit Air ( $m^3/dtk$ )

a , b = Konstanta

Dimana konstanta a dan b dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$b = \frac{n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - \sum X_i \cdot (\sum Y_i)}{n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}$$

$$\text{Log } a = \frac{\sum X_i}{n} - \frac{b \cdot \sum X_i}{n}$$

Dimana :

$X_i$  = Data X yang ke – i

$Y_i$  = Data Y yang ke – i

$i$  = 1,2,3....., n

$n$  = Banyaknya data

Berdasarkan persamaan-persamaan di atas maka dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

#### a) Perhitungan Konstanta a dan b

Untuk memperoleh nilai dari konstanta a dan b maka dilakukan perhitungan nilai-nilai dari Log  $Q_{sm}$  dan Log  $Q_w$  sebagai berikut :

Contoh perhitungan : (Data pada tanggal 03/06/200)

Diketahui :

$$Q_w : 3.53 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{sm} : 6.3067 \text{ ton/hari}$$

Penyelesaian :

$$\text{Log } Q_{sm} (X_i) = \log 6.3067 = 0.7998$$

$$\text{Log } Q_w (Y_i) = \log 3.53 = 0.5480$$

$$X_i \cdot Y_i = 0.7998 \times 0.5480 = 0.4383$$

$$X_i^2 = (0.7988)^2 = 0.6397$$

$$Y_i^2 = (0.5480)^2 = 0.3003$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{35.531}{25} = 1.4213$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{15.009}{25} = 0.6004$$

$$X_i - \bar{X} = 0.7988 - 1.4213 = -0.6214$$

$$Y_i - \bar{Y} = 0.5480 - 0.6004 = -0.0523$$

$$(X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y}) = (-0.6214) \times (-0.0523) = 0.0325$$

$$(X_i - \bar{X})^2 = (-0.6214)^2 = 0.3862$$

$$(Y_i - \bar{Y})^2 = (-0.0523)^2 = 0.0027$$

Nilai konstanta b

$$b = \frac{n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - \sum X_i \cdot (\sum Y_i)}{n \cdot \sum X_i^2 - (\sum Y_i)^2}$$

$$b = \frac{25 \times 28.709 - 15.009 \times (35.531)}{25 \times 13.504 - 15.009^2}$$

$$= 1.641$$

Nilai konstanta a :

$$\text{Log } a = \frac{\sum X_i}{n} - \frac{b \cdot \sum X_i}{n}$$

$$= \frac{35.531}{25} - \frac{1.641 \times 35.531}{25}$$

$$\text{Log } a = -0.9110$$

$$a = 0.1226$$

### b) Perhitungan $Q_{sm_{hit}}$

Dari hasil perhitungan konstanta b dan a dengan menggunakan nilai debit air ( $Q_w$ ) yang terdapat pada lampiran 1, maka dapat dihitung nilai  $Q_{sm_{hit}}$  sebagai berikut:

$$Q_{sm_{hit}} = a (Q_w)^b$$

$$Q_{sm_{hit}}(1) = 0.1226 \times 3.53^{1.641} = 0.9723 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm_{hit}}(2) = 0.1226 \times 4.42^{1.641} = 1.4022 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm_{hit}}(3) = 0.1226 \times 1.77^{1.641} = 0.3123 \text{ ton/hari}$$



Perhitungan  $Q_{smhit}$  selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.21. Perhitungan  $Q_{smhit}$

No. Urut	Tanggal	Debit ( $Q_w$ ) / ( $m^3/det$ )	$Q_{smhit}$ (ton/hari)
1	2	3	4
1	03/06/2000	3.53	0.9723
2	24/07/2000	4.42	1.4022
3	10/12/2000	1.77	0.3123
4	24/04/2001	22.30	20.0028
5	20/06/2001	4.67	1.5370
6	29/08/2001	6.64	2.7375
7	17/10/2002	1.16	0.1560
8	28/12/2002	13.07	8.3223
9	25/05/2003	3.58	0.9954
10	24/06/2003	2.86	0.6857
11	19/05/2004	1.60	0.2657
12	17/09/2004	0.62	0.0565
13	29/08/2005	0.80	0.0857
14	27/12/2005	5.61	2.0745
15	20/01/2006	28.06	29.1559
16	16/06/2006	8.34	3.9791
17	29/12/2006	3.43	0.9275
18	10/08/2007	0.82	0.0889
19	09/12/2007	5.20	1.8319
20	12/01/2008	4.35	1.3659
21	30/06/2008	3.97	1.1769
22	31/10/2008	3.85	1.1210
23	16/02/2009	3.97	1.1769
24	27/06/2009	3.85	1.1210
25	11/10/2009	22.07	19.6625

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Untuk mengetahui besarnya penyimpangan/selisih ( $\Delta$ ) antara  $Q_{sm}$  dengan  $Q_{smhit}$  digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta = \log Q_{sm} - \log Q_{smhit}$$

$$\text{Delta (1)} = \text{Log} . 6.3067 - \text{Log} 0.9723 = 0.7998 - (-0.0122) = 0.812$$

$$\text{Delta (2)} = \text{Log} . 6.1542 - \text{Log} 1.4022 = 0.7892 - 0.1468 = 0.642$$

$$\text{Delta (3)} = \text{Log} . 20.4244 - \text{Log} 0.3132 = 1.3101 - (-0.5054) = 1.816$$

Perhitungan delta selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22. Selisih (delta) antara Qsm dengan Qsm<sub>hit</sub>

Tanggal	Sedimen melayang (Qsm)(ton/hari)	Log Qsm	Qsmhit (ton/hari)	Log Qsmhit	Delta
1	2	3	4	5	6
03/06/2000	6.3067	0.7998	0.9723	-0.0122	0.812
24/07/2000	6.1542	0.7892	1.4022	0.1468	0.642
10/12/2000	20.4244	1.3101	0.3123	-0.5054	1.816
24/04/2001	824.6731	2.9163	20.0028	1.3011	1.615
20/06/2001	7.9744	0.9017	1.5370	0.1867	0.715
29/08/2001	105.4206	2.0229	2.7375	0.4373	1.586
17/10/2002	2.1144	0.3252	0.1560	-0.8070	1.132
28/12/2002	365.8484	2.5633	8.3223	0.9202	1.643
25/05/2003	52.2185	1.7178	0.9954	-0.0020	1.720
24/06/2003	15.9814	1.2036	0.6857	-0.1639	1.367
19/05/2004	7.5684	0.8790	0.2657	-0.5757	1.455
17/09/2004	0.7883	-0.1033	0.0565	-1.2476	1.144
29/08/2005	3.8289	0.5831	0.0857	-1.0670	1.650
27/12/2005	70.7037	1.8494	2.0745	0.3169	1.533
20/01/2006	901.7744	2.9551	29.1559	1.4647	1.490
16/06/2006	31.9024	1.5038	3.9791	0.5998	0.904
29/12/2006	6.3891	0.8054	0.9275	-0.0327	0.838
10/08/2007	5.6262	0.7502	0.0889	-1.0512	1.801
09/12/2007	38.2492	1.5826	1.8319	0.2629	1.320
12/01/2008	35.8390	1.5544	1.3659	0.1354	1.419
30/06/2008	64.2245	1.8077	1.1769	0.0707	1.737
31/10/2008	34.2575	1.5348	1.1210	0.0496	1.485
16/02/2009	36.4411	1.5616	1.1769	0.0707	1.491
27/06/2009	9.4829	0.9769	1.1210	0.0496	0.927
11/10/2009	550.3422	2.7406	19.6625	1.2936	1.447

(Sumber : Hasil Perhitungan)

### e. Perhitungan Total Debit Sedimen Melayang dalam Satu Tahun

Dengan menggunakan data debit aliran harian ( $Q_w$ ) yang terdapat pada lampiran 6, maka dapat dihitung  $Q_{sm}$  dengan persamaan :

$$Q_{sm} = a \times (Q_w)^b$$

Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.23.

Tabel 4.23. Perhitungan sedimen dalam setahun

No.	Tahun	Sedimen Melayang $Q_{sm}$ (ton/thn)	Sedimen Dasar $Q_{sd} = 20\% \times Q_{sm}$
1	2000	6068.073	505.673
2	2001	5283.081	440.257
3	2002	1919.959	159.997
4	2003	8157.709	679.809
5	2004	3543.943	295.329
6	2005	1715.336	142.945
7	2006	774.672	64.556
8	2007	19170.134	1597.511
9	2008	2215.496	184.625
10	2009	291.289	24.274
Jumlah		49139.692	4094.974
Rata - Rata		4913.969	409.497

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 4.24. Hubungan debit sedimen melayang ( $Q_{sm}$ ) dengan debit sungai ( $Q_w$ )

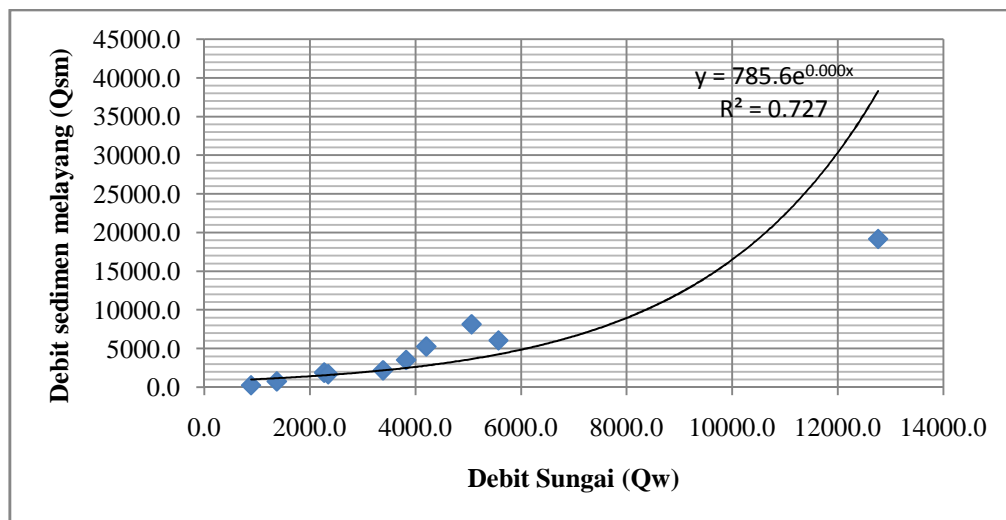
No.	Debit ( $Q_w$ ) ( $m^3/det$ )	Sedimen Melayang $Q_{sm}$ (ton/thn)	Sedimen Dasar $Q_{sd} = 20\% \times$ $Q_{sm}$
1	5572.468	6068.073	505.673
2	4204.605	5283.081	440.257
3	2271.030	1919.959	159.997
4	5064.359	8157.709	679.809
5	3822.783	3543.943	295.329
6	2347.317	1715.336	142.945
7	1372.958	774.672	64.556

Lanjutan tabel 4.24

8	12762.782	19170.134	1597.511
9	3386.013	2215.496	184.625
10	886.533	291.289	24.274
Jumlah		49139.692	4094.974
Rata - Rata		4913.969	409.497

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Pada perhitungan debit sedimen melayang ( $Q_{sm}$ ) yang diperoleh, dapat di lihat grafik hubungan debit sedimen melayang ( $Q_{sm}$ ) dengan debit sungai ( $Q_w$ ) pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Hubungan Debit Sedimen Melayang dengan Debit Sungai

## 2. Perkiraan Muatan Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Pada penelitian ini laju sedimen dasar (*Bed Load*) yang akan diperhitungkan adalah sedimen yang akan masuk di waduk Bendungan Karalloe, dicari laju sedimennya dengan menggunakan 2 metode yaitu :

### 1) Metode Meyer-Peter-Muller

Diketahui data :

Lebar sungai	(B)	= 32.50 m
Debit aliran	(Q)	= 22.295 m <sup>3</sup> /dt
Kecepatan rata-rata	(U)	= 0.686 m/dt
Jari-jari hidrolis	(R)	= 1.523 m
Keliling basah	(P)	= 35.860 m
Kemiringan dasar saluran	(I)	= 0.072
Berat jenis sedimen	( $\rho_s$ )	= 2650 kg/m <sup>3</sup>
Berat jenis air	( $\rho_w$ )	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
		$= (\rho_s - \rho_w) / \rho_w = 1.65$
	S	= 1650
Gaya gravitasi	(g)	= 9.81 m/dt
Diameter butiran	(D90)	= 0.009 m
Diameter butiran	(D55)	= 0.0013 m

M.P.M melakukan beberapa kali percobaan data flume dengan coarse-sand dan menghasilkan hubungan empiris antara intensitas laju ( $\bar{C}$ ) dan intensitas pengaliran efektif ( $\bar{Q}$ ), sehingga menghasilkan persamaan laju sedimen. Langkah pertama adalah menghitung nilai *ripple factor* ( $\mu$ ). Namun sebelumnya mencari nilai *friction factor* angkutan dengan persamaan (2-47) yaitu :

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{\bar{U}}{\sqrt{R \cdot I}} \\
 &= \frac{0.686}{\sqrt{1.523 \times 0.072}} \\
 &= 2.077
 \end{aligned}$$

Kemudian dengan persamaan (2-48), di dapat *friction factor* intensifnya, yaitu :

$$C = 18 \log \frac{12R}{D_{90}}$$

$$C = 18 \log \frac{12 \times 1.523}{0.009}$$

$$= 59.535$$

Sehingga dapat dihitung *ripple factor* nya sebagai berikut :

$$\mu = \frac{C^{3/2}}{C}$$

$$\mu = \frac{2.077^{3/2}}{59.535}$$

$$= 0.0065$$

Kemudian menghitung nilai intensitas pengaliran efektif dengan Persamaan yaitu :

$$= \frac{\mu \cdot R \cdot I}{D_{55}}$$

$$= \frac{0.0065 \times 1.523 \times 0.072}{1.65 \times 0.0013}$$

$$= 0.331$$

Selanjutnya menghitung intensitas laju sedimen ( ) yang dihitung dengan

Persamaan yaitu :

$$= 4 - 0.188^{3/2}$$

$$= 4 \times 0.331 - 0.188^{3/2}$$

$$= 1.213$$

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut parameter persatuan waktu dapat dihitung dengan Persamaan yaitu :

$$\begin{aligned}
 S &= g \cdot D_{55}^{3/2} \\
 &= 1.213 \times 9.81 \times 1.65 \times 0.0013^{3/2} \\
 &= 2.29 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung jumlah volume sedimen dalam setahun yaitu :

$$\begin{aligned}
 QB/\text{tahun} &= S \times \text{Luas DAS} \\
 &= 1.213 \times 183.75 \\
 &= 222.889 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung jumlah volume sedimen dalam 50 tahun yaitu :

$$\begin{aligned}
 QB/50\text{tahun} &= QB/\text{tahun} \times 50 \\
 &= 222.889 \times 50 \\
 &= 11.114.450 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

## 2. Metode Einstein

Diketahui data :

- |                             |     |                             |
|-----------------------------|-----|-----------------------------|
| a. Lebar sungai             | (B) | = 32.50 m                   |
| b. Debit aliran             | (Q) | = 22.295 m <sup>3</sup> /dt |
| c. Kecepatan rata-rata      | (U) | = 0.686 m/dt                |
| d. Jari-jari hidrolis       | (R) | = 1.523 m                   |
| e. Keliling basah           | (P) | = 35.860 m                  |
| f. Kemiringan dasar saluran | (I) | = 0.072                     |

- g. Berat jenis sedimen ( $\rho_s$ ) = 2650 kg/m<sup>3</sup>
- h. Berat jenis air ( $\rho_w$ ) = 1000 kg/m<sup>3</sup>
- i.  $S = (\rho_s - \rho_w) / \rho_w = 1.65$
- j.  $S = (\rho_s - \rho_w) = 1650$
- k. Gaya gravitasi ( $g$ ) = 9.81 m/dt
- l. Diameter butiran ( $D_m$ ) = 0.0004 m
- m. Diameter butiran ( $D_{65}$ ) = 0.00085 m
- n. Diameter butiran ( $D_{35}$ ) = 0.0052 m

Einstein menetapkan persamaan *Bed load* sebagai persamaan yang menghubungkan gerak material dasar dengan pengaliran setempat. Persamaan itu menggambarkan keadaan keseimbangan pertukaran butiran dasar antara lapisan dasar (*bed-layer*) dan dasarnya. Einstein menggunakan  $D=D_{35}$  untuk parameter angkutan, sedangkan untuk kekasaran menggunakan  $D=D_{65}$ . Langkah pertama adalah menghitung nilai *ripple factor* ( $\mu$ ). Namun sebelumnya mencari nilai *friction factor* angkutan dengan persamaan (2-47) yaitu :

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{\bar{U}}{\sqrt{R \cdot I}} \\
 &= \frac{0.686}{\sqrt{1.523 \times 0.072}} \\
 &= 2.077
 \end{aligned}$$

Kemudian dengan persamaan (2-53), di dapat *friction factor* intensifnya, yaitu :

$$C = 18 \log \frac{12R}{D_{65}}$$



$$C = 18 \log \frac{12 \times 1.523}{0.0019}$$

$$= 71.694$$

Sehingga dapat dihitung *ripple factor* nya sebagai berikut :

$$\mu = \frac{C^{3/2}}{C}$$

$$\mu = \frac{2.077^{3/2}}{71.694}$$

$$= 0.0049$$

Kemudian menghitung nilai intensitas pengaliran efektif dengan persamaan (2-52) yaitu :

$$= \frac{\mu \cdot R \cdot I}{D_{35}}$$

$$= \frac{0.0049 \times 1.523 \times 0.072}{1.65 \times 0.0008}$$

$$= 0.408$$

Selanjutnya menghitung intensitas laju sedimen ( ) yang dihitung dengan persamaan yaitu :

$$= 4 - 0.188^{3/2}$$

$$= 4 \times 0.408 - 0.188^{3/2}$$

$$= 1.732$$

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut paermeter persatuan waktu dapat dihitung dengan persamaan yaitu :

$$\begin{aligned}
 S &= g \cdot D_{35}^{3/2} \\
 &= 1.732 \times 9.81 \times 1.65 \times 0.0008^{3/2} \\
 &= 1.577 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung jumlah volume sedimen dalam setahun yaitu :

$$\begin{aligned}
 QB/\text{tahun} &= S \times \text{Luas DAS} \\
 &= 1.732 \times 183.75 \\
 &= 318.255 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

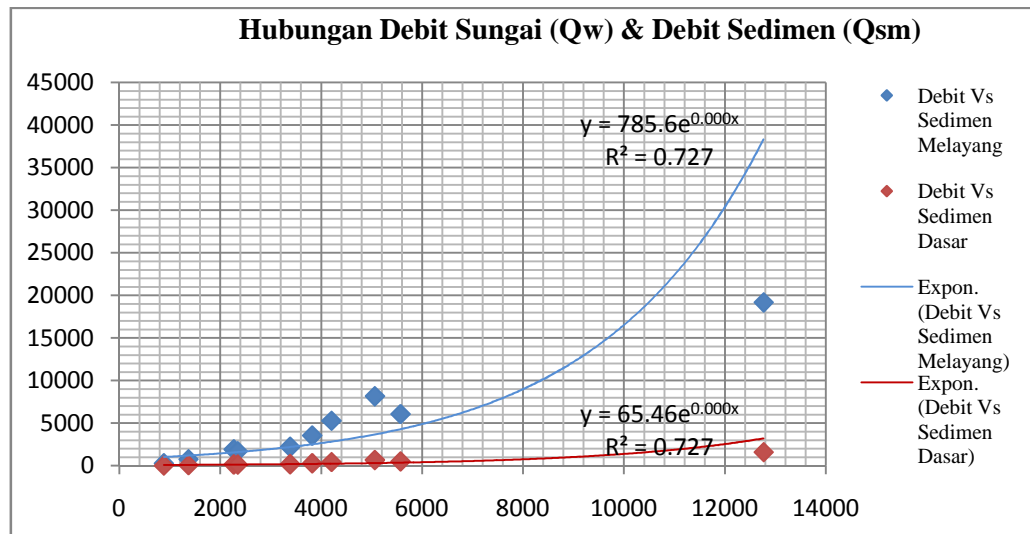
Kemudian menghitung jumlah volume sedimen dalam 50 tahun yaitu :

$$\begin{aligned}
 QB/50\text{tahun} &= QB/\text{tahun} \times 50 \\
 &= 318.255 \times 50 \\
 &= 15.912.750 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4.25. Rekapitulasi debit sedimen dasar (*Bed Load*) berdasarkan beberapa pendekatan

Besarnya Sedimen Dasar (Qb)	Berdasarkan Pendekatan		Berdasarkan Hitungan di Lapangan		Perencanaan Sedimen Dasar (Qb)
	M-P-M	Einstein	Sedimen Dasar (Qb)	Sedimen Melayang (Qsm)	
Qb (ton/tahun)	222.88	318.25	409.497	491.396	-
Qb (juta m <sup>3</sup> /50 tahun)	11,144	15,912	20,474	24,569	11,025

(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4.9. Grafik hubungan debit sungai (Qw) dengan debit sedimen (Qsm)

### C. Perhitungan Volume Tampung Sedimen di Waduk

Tampung waduk selama umur waduk dihitung dengan persamaan berikut :

$$Vsed_t = Vsed_{t-1} + (TE \times SL \times A)$$

Dimana :

$Vsed_t$  = Volume Tampung Sedimen pada Tahun Ke t

$TE_t$  = Trap Efisiensi di Tahun ke t; Diambil dari Brune Medium Curve

$SL$  = Laju Sedimen (mm)

$A$  = Luas DAS ( $km^2$ )

$Co$  = Kapasitas Awal Operasi ( $m^3$ )

$Lw$  = Volume Inflow Rata-Rata Tahunan ( $m^3$ )

Diketahui :

A	= 183.75 km <sup>2</sup>	Elevasi Maksimum	= 248.5 m
SL	= 1.732 mm	Kedalaman Penuh	= 73.5 m
Co	= 15.912 m <sup>3</sup>	Kedalaman Elev. ±221.5	= 27 m
Lw	= 44.478 m <sup>3</sup>	Elevasi Dasar Waduk	= 175.0

a. Mencari Persentase Sedimen

$$= 0.035 \times \frac{27}{173.53} \times 100$$

$$= 36.7 \%$$

b. Mencari Distribusi Sedimen

$$= 0.035 \times (36.7 \%)^2 + 0.11 \times (36\%) + 0.1$$

$$= 51.4 \%$$

c. Nilai C/Lw

$$= \frac{Co}{Lw} = \frac{15.912}{44.478} = 0.358$$

d. Log C/Lw

$$= 0.358$$

$$= -0.446$$

e. Nilai TE

$$= 0.0177((\text{Log}(C/Lw))^3) - 0.00625((\text{Log}(C/Lw))^2) + 0.0622(\text{Log}(C/Lw)) + 0.9654$$

$$= 0.0177(-0.446)^3 - 0.00625(-0.446)^2 + 0.0622(-0.446) + 0.9654$$

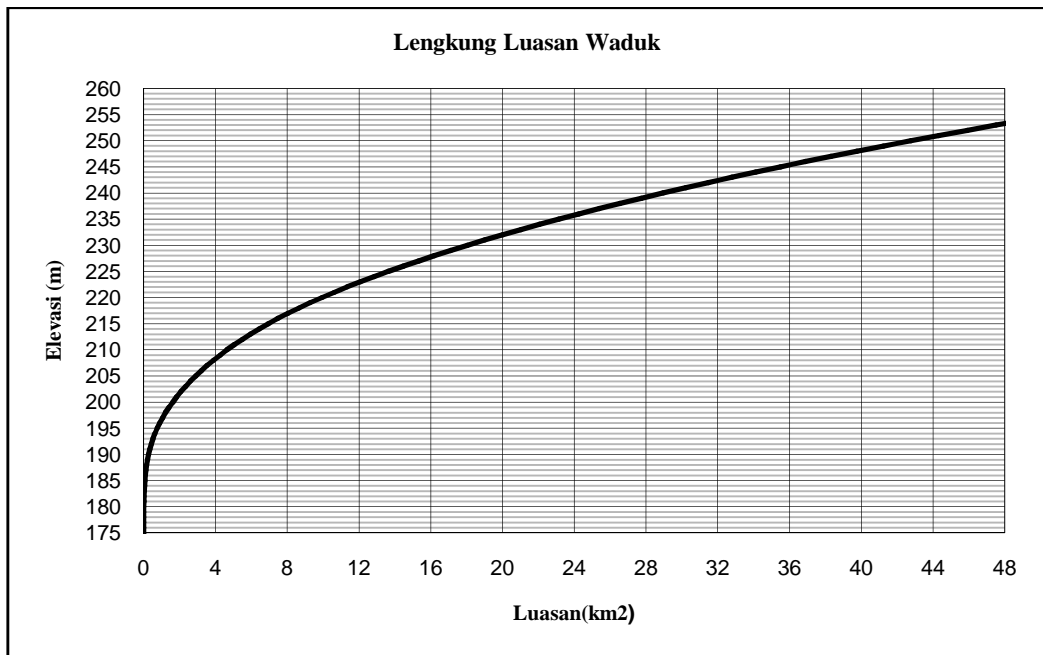
$$= 0.924$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

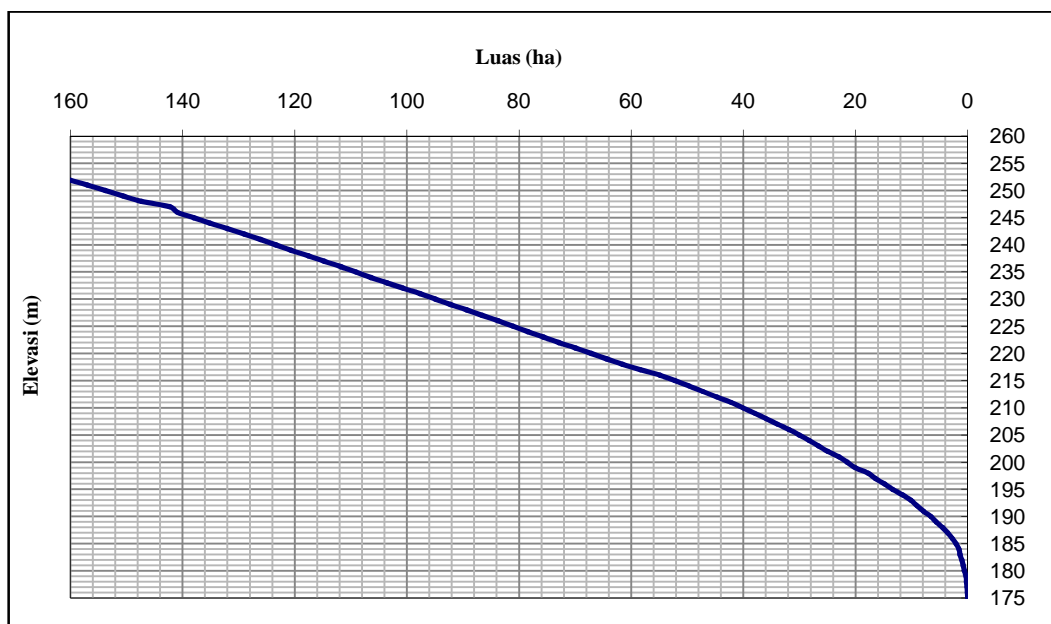
Tabel 4.26. Hasil perhitungan volume sedimen di waduk

Tahun	Co juta m <sup>3</sup>	(C/lw)	log (C/lw)	TE	Volume Sedimen m <sup>3</sup>	Vol. Sed. Kumulatif m <sup>3</sup>	Vol. Sed. Kumulatif juta m <sup>3</sup>	Ruang < elevasi +221.5 m (ambang)		
								Distrib. Sed %	Vol. Sed. juta m <sup>3</sup>	Elv. Sed. m
1	15.91	0.358	-0.446	0.924	293,941	293,941	0.2939	51.4	0.1510	187.02
2	15.62	0.351	-0.455	0.923	293,608	587,549	0.5875	51.4	0.3018	190.30
3	15.32	0.345	-0.463	0.921	293,265	880,814	0.8808	51.4	0.4525	191.85
4	15.03	0.338	-0.471	0.920	292,912	1,173,726	1.1737	51.4	0.6030	193.40
5	14.74	0.331	-0.480	0.919	292,549	1,466,275	1.4663	51.4	0.7532	194.95
6	14.45	0.325	-0.488	0.918	292,174	1,758,449	1.7584	51.4	0.9033	195.84
7	14.15	0.318	-0.497	0.917	291,788	2,050,237	2.0502	51.4	1.0532	196.71
8	13.86	0.312	-0.506	0.916	291,390	2,341,626	2.3416	51.4	1.2029	197.58
9	13.57	0.305	-0.516	0.914	290,979	2,632,605	2.6326	51.4	1.3524	198.44
10	13.28	0.299	-0.525	0.913	290,555	2,923,160	2.9232	51.4	1.5017	199.31
11	12.99	0.292	-0.535	0.912	290,116	3,213,276	3.2133	51.4	1.6507	200.17
12	12.70	0.286	-0.544	0.910	289,663	3,502,940	3.5029	51.4	1.7995	201.03
13	12.41	0.279	-0.554	0.909	289,195	3,792,135	3.7921	51.4	1.9481	201.89
14	12.12	0.272	-0.565	0.907	288,710	4,080,845	4.0808	51.4	2.0964	202.75
15	11.83	0.266	-0.575	0.906	288,208	4,369,053	4.3691	51.4	2.2444	203.61
16	11.54	0.260	-0.586	0.904	287,688	4,656,740	4.6567	51.4	2.3922	204.46
17	11.26	0.253	-0.597	0.902	287,148	4,943,888	4.9439	51.4	2.5397	205.32
18	10.97	0.247	-0.608	0.900	286,588	5,230,476	5.2305	51.4	2.6870	206.17
19	10.68	0.240	-0.620	0.899	286,006	5,516,483	5.5165	51.4	2.8339	207.02
20	10.40	0.234	-0.631	0.897	285,402	5,801,885	5.8019	51.4	2.9805	207.87
21	10.11	0.227	-0.643	0.895	284,773	6,086,658	6.0867	51.4	3.1268	208.71
22	9.83	0.221	-0.656	0.893	284,118	6,370,776	6.3708	51.4	3.2727	209.56
23	9.54	0.215	-0.669	0.891	283,436	6,654,212	6.6542	51.4	3.4183	210.40
24	9.26	0.208	-0.682	0.888	282,724	6,936,936	6.9369	51.4	3.5636	211.24
25	8.98	0.202	-0.695	0.886	281,981	7,218,917	7.2189	51.4	3.7084	212.08
26	8.69	0.195	-0.709	0.884	281,204	7,500,120	7.5001	51.4	3.8529	212.92
27	8.41	0.189	-0.723	0.881	280,390	7,780,511	7.7805	51.4	3.9969	213.75
28	8.13	0.183	-0.738	0.878	279,538	8,060,049	8.0600	51.4	4.1405	214.58
29	7.85	0.177	-0.753	0.876	278,644	8,338,693	8.3387	51.4	4.2837	215.41
30	7.57	0.170	-0.769	0.873	277,705	8,616,398	8.6164	51.4	4.4263	216.24
31	7.30	0.164	-0.785	0.869	276,717	8,893,114	8.8931	51.4	4.5685	217.06
32	7.02	0.158	-0.802	0.866	275,675	9,168,789	9.1688	51.4	4.7101	217.88
33	6.74	0.152	-0.819	0.863	274,577	9,443,366	9.4434	51.4	4.8512	218.70
34	6.47	0.145	-0.837	0.859	273,415	9,716,781	9.7168	51.4	4.9916	219.51
35	6.20	0.139	-0.856	0.855	272,185	9,988,965	9.9890	51.4	5.1314	220.32
36	5.92	0.133	-0.876	0.851	270,879	10,259,844	10.2598	51.4	5.2706	221.13
37	5.65	0.127	-0.896	0.847	269,491	10,529,335	10.5293	51.4	5.4090	221.93
38	5.38	0.121	-0.917	0.842	268,011	10,797,346	10.7973	51.4	5.5467	222.72
39	5.11	0.115	-0.939	0.837	266,430	11,063,775	11.0638	51.4	5.6836	223.52
40	4.85	0.109	-0.963	0.832	264,736	11,328,511	11.3285	51.4	5.8196	224.30
41	4.58	0.103	-0.987	0.826	262,916	11,591,427	11.5914	51.4	5.9546	225.09
42	4.32	0.097	-1.013	0.820	260,954	11,852,381	11.8524	51.4	6.0887	225.86
43	4.06	0.091	-1.040	0.813	258,833	12,111,213	12.1112	51.4	6.2217	226.63
44	3.80	0.085	-1.068	0.806	256,529	12,367,743	12.3677	51.4	6.3535	227.39
45	3.54	0.080	-1.099	0.798	254,019	12,621,761	12.6218	51.4	6.4839	228.15
46	3.29	0.074	-1.131	0.790	251,268	12,873,030	12.8730	51.4	6.6130	228.90
47	3.04	0.068	-1.165	0.780	248,241	13,121,271	13.1213	51.4	6.7405	229.64
48	2.79	0.063	-1.202	0.769	244,889	13,366,159	13.3662	51.4	6.8663	230.36
49	2.55	0.057	-1.242	0.758	241,152	13,607,312	13.6073	51.4	6.9902	231.08
50	2.30	0.052	-1.286	0.745	236,957	13,844,268	13.8443	51.4	7.1120	231.79

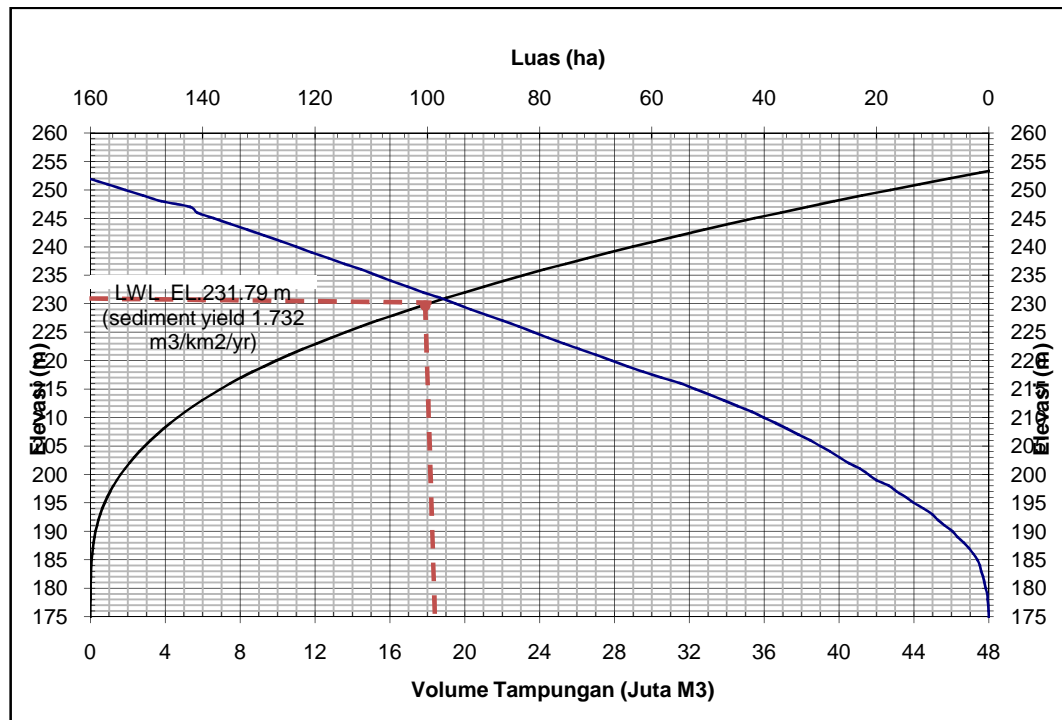
(Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4.10. Kurva lengkung luasan waduk



Gambar 4.11. Kurva lengkung kapasitas waduk



Gambar 4.12. Grafik hubungan antara elevasi, luas dan volume waduk Bendungan Karalloe

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Setelah dilakukan pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini dapat diuraikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari data perhitungan sedimen dasar (*Bed Load*) dengan menggunakan beberapa metode dipilih metode yang angka laju sedimennya lebih besar dari data perencanaan sehingga dipilih metode Einstein, di dapatkan perhitungan laju sedimen sebesar 1.732 mm.
2. Jumlah sedimen yang masuk pada tampungan waduk Bendungan Karalloe adalah  $318.255 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{tahun}$ . Untuk volume sedimen dalam 50 tahun sebesar  $15.912.750 \text{ m}^3$ , yaitu di elevasi  $\pm 231.79$  melewati elevasi maksimum tampungan waduk yang direncanakan.

#### **B. SARAN**

1. Perlu diadakan perlakuan terhadap waduk Bendungan Karalloe, yaitu pengerukan sedimen yang mengendap agar usia guna waduk dapat terpenuhi sesuai yang direncanakan.
2. Perlu adanya pengamatan serta pengukuran debit, pengukuran sedimentasi dan kecepatan aliran yang berkelanjutan, untuk mendapatkan data-data yang akurat.



3. Untuk Perpustakaan Jurusan Sipil dan Perpustakaan Umum Universitas Muhammadiyah Makassar sebaiknya menyiapkan dan melengkapi buku-buku sipil tentang sedimen untuk menunjang proses belajar mengajar dan penyusunan tugas akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinegara, Subary. 2005. *Volume Angkutan Sedimen Dipengaruhi Oleh Kecepatan Aliran (Kajian: Laboratorium)*. Jurnal MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL, VOLUME 13, No. 2, Edisi XXXII Juni 2005. (Diakses Pada Tanggal 25 Desember 2017 Pukul 13:33 Wita).
- Amrullah, 2010. *Studi Kinerja Flushing Conduit Sebagai Alat Penguras Endapan Sedimen Muara dengan Eksperimen Laboratorium*. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
- Asdak, Chay, 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Asdak, Chay. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai :Edisi Revisi Kelima*. Yogyakarta: Gajah Mada Press Yogyakarta.
- BBWS Pompengan-Jeneberang.
- Dep. PU Direktorat Sumber Daya Air. 2009. *Survey dan Monitoring Sedimentasi Waduk*. Jakarta.
- Lubis, Astika Murni. 2016. *Analisis Sedimentasi Sungai Way Besar*. Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Halim, Elsa Patricia Siby L. Kawet, F. 2003. *Studi Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Pada Daerah Aliran Sungai Ranoyapo*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4, Maret 2013 (259-269) ISSN: 2337-6732.  
<https://media.neliti.com/media/publications/131351-ID-studi-perbandingan-hidrograf-satuan-sint.pdf>. (Diakses Pada Tanggal 2 Januari 2018 Pukul 13:34 Wita).
- Nisa, Husnun. 2017. *Studi Pengaruh Ketebalan Sedimen Pada Flushing Conduit Terhadap Volume Penggelontoran Dengan Material Pasir Halus Di Waduk (Uji Eksperimental)*. Skripsi Teknik Sipil, Universitas Muhammaadiyah Makassar.
- Shiami, Faradilla Ayu Rizki. 2017. *Prediksi Laju Sedimentasi pada Tampungan Bendungan Tugu Trenggalek*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi

- Sepuluh Nopember. <http://repository.its.ac.id/44200/>. (Diakses Pada Tanggal 28 Desember 2017 Pukul 21:38 Wita).
- Suleman, Abdul Rival. 2015. *Analisis Laju Sedimentasi Pada Saluran Irigasi Daerah Irigasi Sanrego Kecamatan Kahu Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan*. Jurnal Wahana TEKNIK SIPIL Vol. 20 No. 2 Desember 2015 76-86. <http://jurnal.polines.ac.id/jurnal/index.php/wahana/article/view/146>. (Diakses Pada Tanggal 25 Desember 2017 Pukul 17:52 Wita).
- Sudira, I. W. 2013. *Analisis Angkutan Sedimen Pada Sungai Manhasan*. Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING Vol. 3, No. 1, Maret, ISSN 2087-9334, pp 54-57.
- Soewarno, 1995. *HIDROLOGI, Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Penerbit Nova. Jilid 2, Bandung.

# LAMPIRAN

**SUNGAI KARALLOE : KAB. GOWA**

No. Urut	Tanggal	Volume Air (ml)	Berat Lumpur (gram)	Rata-Rata Berat Lumpur	Berat Lumpur/isi air (mg/l)	Rata-rata Berat Lumpur/isi air (mg/l)	M.A (m)	Debit (m <sup>3</sup> /det)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	03/07/2000	250	0.0024	0.0018	9.6	7.333	0.75	3.53
		250	0.0026		10.4			
		250	0.0005		2.0			
2	24/07/2000	250	0.0020	0.0022	8.0	8.667	0.86	4.42
		250	0.0008		3.2			
		250	0.0037		14.8			
3	10/12/2000	250	0.0125	0.0150	50.1	60.187	0.74	1.77
		250	0.0151		60.2			
		250	0.0176		70.3			
4	24/04/2001	250	0.0475	0.0466	190.0	186.400	1.25	22.30
		250	0.0431		172.4			
		250	0.0492		196.8			
5	20/06/2001	250	0.0017	0.0022	6.6	8.768	0.80	4.67
		250	0.0025		9.9			
		250	0.0025		9.8			
6	29/08/2001	250	0.0232	0.0179	92.8	71.787	0.49	6.64
		250	0.0188		75.3			
		250	0.0118		47.3			
7	17/10/2002	250	0.0021	0.0027	8.4	10.787	0.55	1.16
		250	0.0018		7.1			
		250	0.0042		16.8			
8	28/12/2002	250	0.0370	0.0345	148.0	137.867	1.10	13.07
		250	0.0328		131.2			
		250	0.0336		134.4			
9	25/05/2003	250	0.0266	0.0176	106.4	70.360	0.84	3.58
		250	0.0103		41.1			
		250	0.0159		63.6			
10	24/06/2003	250	0.0032	0.0117	12.7	46.663	0.77	2.86
		250	0.0036		14.5			
		250	0.0282		112.8			
11	19/05/2004	250	0.0097	0.0055	39.0	22.013	0.90	1.60
		250	0.0025		10.0			
		250	0.0043		17.0			
12	17/09/2004	250	0.0013	0.0016	5.3	6.475	0.67	0.62
		250	0.0017		6.9			
		250	0.0018		7.2			
13	29/08/2005	250	0.0100	0.0048	39.9	19.378	0.56	0.80
		250	0.0034		13.7			
		250	0.0011		4.5			
14	27/12/2005	250	0.0199	0.0162	79.6	64.667	0.80	5.61
		250	0.0106		42.4			
		250	0.0180		72.0			

15	20/01/2006	250	0.0371	0.0382	148.4	152.800	1.26	28.06
		250	0.0451		180.4			
		250	0.0324		129.6			
16	16/06/2006	250	0.0053	0.0042	21.2	16.721	0.86	8.34
		250	0.0050		20.2			
		250	0.0022		8.8			
17	29/12/2006	250	0.0027	0.0022	10.9	8.635	0.61	3.43
		250	0.0021		8.5			
		250	0.0016		6.5			
18	10/08/2007	250	0.0082	0.0081	33.0	32.573	0.62	0.82
		250	0.0093		37.0			
		250	0.0069		27.8			
19	09/12/2007	250	0.0061	0.0096	24.4	38.533	1.02	5.20
		250	0.0114		45.6			
		250	0.0114		45.6			
20	12/01/2008	250	0.0149	0.0086	59.6	34.400	2.00	4.35
		250	0.0080		32.0			
		250	0.0029		11.6			
21	30/06/2008	250	0.0164	0.0201	65.6	80.400	0.72	3.97
		250	0.0237		94.8			
		250	0.0202		80.8			
22	31/10/2008	250	0.0119	0.0115	47.6	46.133	0.89	3.85
		250	0.0094		37.6			
		250	0.0133		53.2			
23	16/02/2009	250	0.0118	0.0113	47.2	45.120	0.72	3.97
		250	0.0111		44.6			
		250	0.0109		43.6			
24	27/06/2009	250	0.0032	0.0029	12.8	11.453	0.89	3.85
		250	0.0032		12.8			
		250	0.0022		8.8			
25	11/10/2009	250	0.0333	0.0301	133.2	120.493	1.68	22.07
		250	0.0298		119.0			
		250	0.0273		109.3			

(Sumber : PU Hidrologi)

**Hasil analisa sedimen melayang (Qsm) Sungai Karalloe (2000-2009)**

No. Urut	Tanggal	Debit (Qw) / (m <sup>3</sup> /det)	Cs (mg/ltr)	Sedimen melayang (Qsm)	Log Qsm (Xi)	Log Qw (Yi)	Xi · Yi	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>	$\bar{X}_i - X$	$\bar{Y}_i - Y$	$(\bar{X}_i \cdot X) (\bar{Y}_i \cdot Y)$	$(\bar{X}_i \cdot X)^2$	$(\bar{Y}_i \cdot Y)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3/6/2000	3.53	0.021	0.0063	-2.2002	0.5480	-1.2058	4.8409	0.3003	-0.6214	-0.0523	0.0325	0.3862	0.0027
2	24/7/2000	4.42	0.016	0.0062	-2.2108	0.6449	-1.4258	4.8878	0.4159	-0.6321	0.0446	-0.0282	0.3995	0.0020
3	10/12/200	1.77	0.134	0.0204	-1.6899	0.2475	-0.4182	2.8556	0.0612	-0.1111	-0.3529	0.0392	0.0123	0.1245
4	24/4/2001	22.30	0.428	0.8247	-0.0837	1.3483	-0.1129	0.0070	1.8180	1.4950	0.7480	1.1182	2.2351	0.5595
5	20/6/2001	4.67	0.020	0.0080	-2.0983	0.6692	-1.4042	4.4029	0.4479	-0.5196	0.0689	-0.0358	0.2699	0.0047
6	29/29/2001	6.64	0.184	0.1054	-0.9771	0.8220	-0.8031	0.9547	0.6756	0.6017	0.2216	0.1333	0.3620	0.0491
7	17/10/2002	1.16	0.021	0.0021	-2.6748	0.0637	-0.1704	7.1546	0.0041	-1.0961	-0.5366	0.5882	1.2014	0.2880
8	28/12/2002	13.07	0.324	0.3658	-0.4367	1.1162	-0.4875	0.1907	1.2460	1.1420	0.5159	0.5892	1.3043	0.2661
9	25/5/2003	3.58	0.169	0.0522	-1.2822	0.5542	-0.7106	1.6440	0.3072	0.2966	-0.0461	-0.0137	0.0880	0.0021
10	24/6/2003	2.86	0.065	0.0160	-1.7964	0.4556	-0.8184	3.2270	0.2076	-0.2176	-0.1447	0.0315	0.0474	0.0210
11	19/5/2004	1.60	0.055	0.0076	-2.1210	0.2047	-0.4341	4.4986	0.0419	-0.5422	-0.3957	0.2146	0.2940	0.1566
12	17/09/2004	0.62	0.015	0.0008	-3.1033	-0.2048	0.6356	9.6306	0.0419	-1.5246	-0.8052	1.2275	2.3243	0.6483
13	29/8/2005	0.80	0.055	0.0038	-2.4169	-0.0947	0.2290	5.8415	0.0090	-0.8382	-0.6951	0.5826	0.7025	0.4832
14	27/12/2005	5.61	0.146	0.0707	-1.1506	0.7486	-0.8613	1.3238	0.5604	0.4282	0.1482	0.0635	0.1833	0.0220
15	20/1/2006	28.06	0.372	0.9018	-0.0449	1.4480	-0.0650	0.0020	2.0968	1.5338	0.8477	1.3002	2.3527	0.7186
16	16/06/2006	8.34	0.044	0.0319	-1.4962	0.9210	-1.3779	2.2385	0.8482	0.0826	0.3206	0.0265	0.0068	0.1028
17	29/12/2006	3.43	0.022	0.0064	-2.1946	0.5355	-1.1753	4.8161	0.2868	-0.6158	-0.0648	0.0399	0.3792	0.0042
18	10/8/2007	0.82	0.079	0.0056	-2.2498	-0.0851	0.1915	5.0615	0.0072	-0.6710	-0.6855	0.4600	0.4503	0.4699
19	9/13/2007	5.20	0.085	0.0382	-1.4174	0.7157	-1.0144	2.0090	0.5122	0.1614	0.1153	0.0186	0.0260	0.0133
20	12/1/2008	4.35	0.095	0.0358	-1.4456	0.6380	-0.9223	2.0899	0.4070	0.1331	0.0376	0.0050	0.0177	0.0014
21	30/6/2008	3.97	0.187	0.0642	-1.1923	0.5986	-0.7137	1.4216	0.3583	0.3864	-0.0018	-0.0007	0.1493	0.0000
22	31/10/2008	3.85	0.103	0.0343	-1.4652	0.5857	-0.8582	2.1469	0.3430	0.1135	-0.0147	-0.0017	0.0129	0.0002
23	16/2/2009	3.97	0.106	0.0364	-1.4384	0.5986	-0.8610	2.0690	0.3583	0.1403	-0.0018	-0.0002	0.0197	0.000003
24	27/6/2009	3.85	0.028	0.0095	-2.0231	0.5857	-1.1849	4.0928	0.3430	-0.4443	-0.0147	0.0065	0.1974	0.0002
25	11/10/2009	22.07	0.289	0.5503	-0.2594	1.3438	-0.3485	0.0673	1.8058	1.3194	0.7434	0.9809	1.7408	0.5527
Jumlah ( )		160.519	3.063	3.205	-39.469	15.009	-16.317	77.474	13.504	0.000	0.000	7.378	15.163	4.493

(Sumber : Hasil Perhitungan)

## Pencacatan Curah Hujan

Tahun 2002

### Stasiun Kelara

Tanggal Pencatatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	24		15		490							
2	146	63		360	15							
3	67				95							
4	23			50								
5	4	10		10			20					191
6	2	45			110							
7	8			16	61							31
8		115	20		20	30						21
9		150		232								
10					9	10						
11		25										
12			10			91						135
13				20		70						13
14	1	290										93
15		225	29									10
<b>Jumlah I</b>	<b>275</b>	<b>923</b>	<b>74</b>	<b>688</b>	<b>800</b>	<b>201</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>494</b>
16	5	55									15	
17	2	300		9								20
18	9	70										
19		29	386									
20	13	15	18			16						
21	3	40										350
22	24											15
23	1	20				50						19
24		103				13					45	23
25		23				80					30	170
26						30					110	365
27	14		325									18
28	2	230	415								235	
29	21										130	215
30			45								160	
31	15											
<b>Jumlah II</b>	<b>109</b>	<b>885</b>	<b>1189</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>189</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>725</b>	<b>1195</b>
<b>Jumlah Per bulan</b>	<b>384</b>	<b>1808</b>	<b>1263</b>	<b>697</b>	<b>800</b>	<b>390</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>725</b>	<b>1689</b>
<b>Jumlah Hari hujan</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>16</b>
<b>Hujan Max</b>	<b>146</b>	<b>300</b>	<b>415</b>	<b>360</b>	<b>490</b>	<b>91</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>235</b>	<b>365</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>140</b>	<b>100</b>	<b>114</b>	<b>43</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>104</b>	<b>106</b>



## Pencacatan Curah Hujan

Tahun 2003

### Stasiun Kelara

Tanggal Pencatatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
	1		46	21								
2	9											
3	21	1										
4	29	2										
5	2			13	24							
6			72	7	9							
7	2											
8	3			8	4							
9		4		2	2							
10		31	4	1		13	2					
11	32	41					5					
12	21	5	3				1					
13	23	3										
14	4		22		2							
15	13	55	2	3								
<b>Jumlah I</b>	<b>159</b>	<b>188</b>	<b>124</b>	<b>34</b>	<b>41</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
16	6	32	10									
17	3	4	1									
18												
19		33										
20	5	29	29									
21						6						
22						3						
23		3				4	3					
24			17			1	3					
25							1					
26												
27												
28												
29	22		2									
30	2			1								
31												
<b>Jumlah II</b>	<b>38</b>	<b>101</b>	<b>59</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Jumlah Per bulan</b>	<b>197</b>	<b>289</b>	<b>183</b>	<b>35</b>	<b>41</b>	<b>27</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Jumlah Hari hujan</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Hujan Max</b>	<b>32</b>	<b>55</b>	<b>72</b>	<b>13</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Pencacatan Curah Hujan

Tahun 2002

### Stasiun Malino

Tanggal Pencatatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	42	37		33	11							6
2	4	2		23	56							41
3	27	25		15			1					14
4	11	2		17			3					7
5		42	1	6	13							9
6	6		4		6							2
7	8	24	5		37	15						
8	1	21	1	17	64	1						5
9	15		6	25	5	8						9
10		3			9							15
11			8			22						4
12	56	41	7			2					2	41
13	75	63		2		1					2	36
14	125	51	1	8								9
15	11	19		25							9	8
<b>Jumlah I</b>	<b>381</b>	<b>330</b>	<b>33</b>	<b>171</b>	<b>201</b>	<b>49</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>206</b>
16	7	45	16	30								1
17		3		27	2	3						
18		35		12								
19	31	43	1	1		45						
20	25	12									2	21
21	50	24		3								35
22	4	99	2	10		12					3	32
23	8	13	4	13							12	11
24		24	6	6		50					37	2
25		1	3	1							11	2
26			1								15	4
27	9	11	2								8	11
28	32	26									13	15
29	6										14	2
30	28			50							10	7
31	2		1									14
<b>Jumlah II</b>	<b>202</b>	<b>336</b>	<b>36</b>	<b>153</b>	<b>2</b>	<b>110</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>125</b>	<b>157</b>
<b>Jumlah Per bulan</b>	<b>583</b>	<b>666</b>	<b>69</b>	<b>324</b>	<b>203</b>	<b>159</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>138</b>	<b>363</b>
<b>Jumlah Hari hujan</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>27</b>
<b>Hujan Max</b>	<b>125</b>	<b>99</b>	<b>16</b>	<b>50</b>	<b>64</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>41</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>13</b>

## Pencacatan Curah Hujan

Tahun 2003

### Stasiun Malino

Tanggal Pencatatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	43	5		1	2					14		
2	90	19		7								5
3	50	35									44	11
4	33	22			55							19
5	3	70	77		3							45
6	24	3		34	12						8	22
7	3	2		6	1		13			13		3
8	2	6			5							2
9	10	21	12		2		2			7	16	37
10	69	10	29	3		2	7			3	8	6
11	80	32	3		14					20	34	15
12	69	8	10	14				8			42	5
13	128	52	5							3	51	19
14	41	39	34	1						2		15
15	73	5	9	2					12		42	65
<b>Jumlah I</b>	<b>718</b>	<b>329</b>	<b>179</b>	<b>68</b>	<b>94</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>62</b>	<b>245</b>	<b>269</b>
16	2	107	5	11							1	36
17	8	21	71	1		1					3	25
18	25	111	9	5		8					18	56
19	13	140	39	5		1					20	134
20	15	13	8			4			7		18	83
21	26			9	3	8					21	163
22	8	12		12	1	2	5				11	108
23	14	7		2		32					15	163
24			7	13			5				43	135
25	1	2	35	5		2					8	93
26			1								29	117
27	10		39	10						23	15	38
28	54	45	37	5								16
29	77			1								8
30	15									7		19
31	19		2									55
<b>Jumlah II</b>	<b>287</b>	<b>458</b>	<b>253</b>	<b>79</b>	<b>4</b>	<b>58</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>30</b>	<b>202</b>	<b>1249</b>
<b>Jumlah Per bulan</b>	<b>1005</b>	<b>787</b>	<b>432</b>	<b>147</b>	<b>98</b>	<b>60</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>19</b>	<b>92</b>	<b>447</b>	<b>1518</b>
<b>Jumlah Hari hujan</b>	<b>29</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
<b>Hujan Max</b>	<b>128</b>	<b>140</b>	<b>77</b>	<b>34</b>	<b>55</b>	<b>32</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>51</b>	<b>163</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>23</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>51</b>

## Pencacatan Curah Hujan

Tahun 2002

### Stasiun Malakaji

Tanggal Pencatatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	10			20		38	25					
2				30		40						
3	32	10										5
4	40	40	50		50		30					2
5		50	60		10		30	1				2
6								6			2	
7	60			80								
8	82	30	30									2
9		20		10	60	40						1
10	90		10		74							1
11			90	34	68							1
12											6	2
13		80										2
14	30	76			70	10						2
15				52							1	
<b>Jumlah I</b>	<b>344</b>	<b>306</b>	<b>240</b>	<b>226</b>	<b>332</b>	<b>128</b>	<b>85</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>20</b>
16	40		42								1	
17	42	46	36			20					2	
18	50		28	62	90						2	
19												
20		10		56								4
21		50		90		10						1
22		34		36							1	3
23	90	98	60	72	62						3	2
24	70	10	70								1	4
25		20			70	30					2	1
26					80						2	3
27	20			90		40					2	1
28				38							2	
29			80		98						3	1
30	32		90	98		90					1	3
31												
<b>Jumlah II</b>	<b>344</b>	<b>268</b>	<b>406</b>	<b>542</b>	<b>400</b>	<b>190</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>23</b>
<b>Jumlah Per bulan</b>	<b>688</b>	<b>574</b>	<b>646</b>	<b>768</b>	<b>732</b>	<b>318</b>	<b>85</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>31</b>	<b>43</b>
<b>Jumlah Hari hujan</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>20</b>
<b>Hujan Max</b>	<b>90</b>	<b>98</b>	<b>90</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>49</b>	<b>41</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>67</b>	<b>35</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

## Pencacatan Curah Hujan

Tahun 2003

### Stasiun Malakaji

Tanggal Pencatatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
1	2										10	
2	2	5										25
3	1	3		2	5							27
4	3			1							8	24
5	1			2	10							18
6	3	3	3	3								
7		5										
8		7			12				2			21
9	1	8			7	5		3				23
10	3	10			11							26
11	5					6				7	11	19
12	7			10		4					15	
13	10	9									10	
14	11	7									17	15
15	14	11	1	2							20	20
<b>Jumlah I</b>	<b>63</b>	<b>68</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>91</b>	<b>218</b>
16	2	15	2		6						23	21
17		12			3						27	17
18	6	17	3			7					30	23
19	3	16	4	2		5					29	25
20	4	19				4			3		27	27
21	5	2	5	15		2				9	31	24
22	2		4								25	19
23			1		9						19	21
24					6						11	24
25	7				4	5						29
26			3	10		6		2				17
27	25	2	2	7		9						15
28	30	3									18	
29	20			4								11
30	17		1								15	21
31												
<b>Jumlah II</b>	<b>121</b>	<b>86</b>	<b>25</b>	<b>38</b>	<b>28</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>255</b>	<b>294</b>
<b>Jumlah Per bulan</b>	<b>184</b>	<b>154</b>	<b>29</b>	<b>58</b>	<b>73</b>	<b>53</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>346</b>	<b>512</b>
<b>Jumlah Hari hujan</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>24</b>
<b>Hujan Max</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>31</b>	<b>29</b>
<b>Rata-Rata</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>19</b>	<b>21</b>

**PENCATATAN STAFF GAUGE**

**TAHUN : 2000**

Tgl	TINGGI MUKA AIR											
	Jan	Feb	Mart	Apr	Mei	Juni	Juli	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	1.04	1.97	1.10	1.88	1.14	1.29	1.07	0.85	0.78	0.37	0.79	0.91
2	1.08	1.64	1.06	1.74	1.30	1.37	1.05	0.84	0.77	0.37	0.85	0.95
3	1.14	1.48	1.04	1.63	1.33	1.23	1.04	0.95	0.76	0.37	0.87	1.24
4	1.25	1.52	1.02	1.50	1.15	1.14	1.03	0.92	0.76	0.37	0.93	
5	1.24	1.55	0.96	1.62	1.06	1.08	1.02	0.61	0.75	0.37	1.24	
6	1.16	1.70	0.86	1.46	1.12	1.05	1.01	0.58	0.74	0.37	1.33	
7	1.18	1.55	0.84	1.36	1.18	1.04	1.00	0.58	0.64	0.37	1.32	
8	1.41	1.43	0.83	1.30	1.14	1.08	0.99	0.59	0.66	0.37	1.19	
9	1.57	1.47	0.82	1.13	1.13	1.17	0.98	0.57	0.66	0.38	1.27	
10	1.24	1.38	0.86	1.11	1.05	1.17	0.98	0.55	0.66	0.39	1.26	
11	1.32	1.25	0.93	1.17	1.06	1.23	0.97	0.55	0.65	0.39	1.22	
12	1.53	1.16	0.87	1.61	1.25	1.21	1.01	0.56	0.63	0.40	1.10	1.09
13	1.22	1.08	0.96	1.75	1.24	1.10	1.02	0.58	0.63	0.44	1.18	1.07
14	1.12	1.07	1.04	1.43	1.32	1.06	0.98	0.50	0.62	0.43	1.43	1.06
15	1.07	1.09	1.11	1.30	1.36	1.04	0.94	0.46	0.62	0.59	1.37	1.00
16	1.03	1.08	1.16	1.23	1.25	1.01	0.90	0.46	0.62	0.95	1.25	1.01
17	1.03	1.05	1.12	1.18	1.17	0.98	0.89	0.43	0.62	1.07	1.42	1.05
18	1.04	1.07	1.07	1.16	1.44	1.37	0.89	0.42	0.61	1.02	1.24	0.98
19	1.05	1.53	1.26	1.13	1.40	1.33	0.88	0.42	0.57	0.95	1.21	0.82
20	1.06	1.47	1.36	1.17	1.19	1.44	0.88	0.48	0.56	1.13	1.20	0.79
21	1.07	1.18	1.35	1.16	1.11	1.36	0.88	0.59	0.59	1.22	1.14	0.80
22	1.08	1.07	1.71	1.17	1.10	1.27	0.87	0.60	0.43	1.01	1.04	0.90
23	1.11	0.98	1.81	1.24	1.15	1.21	0.85	0.70	0.41	0.90	1.29	0.86
24	1.28	0.91	1.70	1.36	1.07	1.19	0.84	0.76	0.40	0.92	1.20	0.77
25	1.33	0.88	1.52	1.24	1.03	1.13	0.82	0.76	0.39	1.22	1.08	0.75
26	1.22	2.06	1.51	1.15	1.03	1.12	0.83	0.76	0.39	1.21	1.02	0.75
27	1.38	1.50	1.60	1.12	1.16	1.11	0.83	0.75	0.38	0.90	1.06	0.73
28	1.43	1.25	1.49	1.10	1.11	1.10	0.84	0.74	0.38	0.77	1.00	0.76
29	1.53	1.17	1.47	1.11	1.08	1.09	0.83	0.73	0.38	0.88	0.94	0.88
30	1.24		1.53	1.06	1.05	1.08	0.84	0.74	0.38	0.63	0.92	0.92
31	2.26		1.74		1.04		0.84	0.78		0.69		0.95
MAX.	2.26	2.06	1.81	1.88	1.44	1.44	1.07	0.95	0.78	1.22	1.43	
MIN.	1.03	0.88	0.82	1.06	1.03	0.98	0.82	0.42	0.38	0.37	0.79	

**PENCATATAN STAFF GAUGE**

**TAHUN : 2001**

Tgl	TINGGI MUKA AIR											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	0.95	1.48	1.08	1.20	1.29	0.87	0.85	0.46	0.47	0.45	0.73	
2	0.77	1.39	1.00	1.06	1.23	0.72	0.78	0.48	0.46	0.52	0.66	
3	0.84	1.54	1.08	1.54	1.15	0.79	0.76	0.50	0.46	0.54	0.67	1.57
4	1.09	1.59	1.88	1.40	1.10	1.24	0.75	0.51	0.46	0.52	0.61	1.77
5	1.11	2.06	1.88	1.62	1.02	1.17	0.73	0.52	0.46	0.51	0.43	1.54
6	1.07	1.98	1.46	1.85	0.97	0.96	0.75	0.52	0.46	0.51	0.36	1.56
7	0.90		1.34	1.52	0.94	0.93	0.69	0.53	0.46	0.52	0.46	1.55
8	0.90		1.27	1.30	0.96	2.21	0.64	0.53	0.46	0.52	0.45	1.64
9	1.07		1.15	1.17	0.94	1.57	0.65	0.52	0.46	0.51	0.46	1.75
10	1.20		1.09	1.17	0.96	1.50	0.63	0.50	0.45	0.51	0.48	1.52
11	1.88		1.03	1.32	0.78	1.30	0.60	0.49	0.45	0.50	0.51	1.79
12	1.75	0.63	0.99	1.30	0.73	1.26	0.54	0.50	0.47	0.50	0.69	1.62
13	1.45	0.46	0.95	1.47	0.69	1.23	0.51	0.49	0.46	0.55	0.82	1.34
14	1.28	0.71	0.93	1.74	0.69	1.09	0.53	0.50	0.45	0.77	0.75	1.20
15	1.20	0.73	0.92	1.65		1.04	0.55	0.49	0.44	0.89	0.92	1.17
16	1.18	0.68	0.91	1.61		0.99	0.55	0.48	0.44	0.72	0.95	1.14
17	1.11	0.65	0.88	1.62		0.92	0.50	0.49	0.44	0.66	1.29	1.09
18	1.01	1.30	1.01	1.50		0.85	0.47	0.49	0.43	0.69	1.15	1.23
19	1.01	2.03	1.02	1.46		0.81	0.48	0.48	0.43	0.91	0.89	1.12
20	0.99		1.02	1.42		0.80	0.48	0.50	0.43	0.74	0.95	0.99
21	0.88		0.91	1.26	0.62	0.83	0.53	0.49	0.43	0.69	0.86	1.13
22	0.87		0.84	1.21	0.61	0.82	0.56	0.49	0.43	0.75	0.73	1.18
23	0.91		0.78	1.20	0.65	0.77	0.57	0.49	0.43	0.96	0.70	0.98
24	0.97		0.74	1.16	0.58	0.74	0.52	0.49	0.43	0.92	0.64	0.87
25	1.07		0.87	1.08	0.66	0.72	0.47	0.49	0.43	0.81	0.60	0.82
26	1.16	1.37	0.92	1.04	0.60	0.84	0.47	0.49	0.43	0.87	0.61	0.81
27	1.09	1.30	1.41	1.04	0.57	1.20	0.51	0.48	0.44	0.80	0.77	0.96
28	1.05	1.16	1.27	1.18	0.57	1.29	0.52	0.47	0.44	0.72	0.65	1.05
29	1.11	-	0.99	1.30	0.56	1.07	0.53	0.47	0.44	0.69	0.66	1.26
30	1.05	-	1.12	1.19	0.66	0.92	0.48	0.46	0.44	0.65	0.64	
31	1.27	-	1.14	-	0.90	-	0.46	0.46	-	0.67	-	
M A X.	1.88	2.06	1.88	1.85	1.29	2.21	0.85	0.53	0.47	0.96	1.29	1.79
M I N.	0.77	0.46	0.74	1.04	0.56	0.72	0.46	0.46	0.43	0.45	0.36	0.81





## Data Debit Sungai Karalloe

Tahun 2000

TGL CATAT	DATA DEBIT HARIAN SUNGAI KARALLOE TAHUN 2000											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	11.22	95.24	13.75	82.26	15.62	24.02	12.45	5.20	3.66	0.04	3.86	6.79
2	12.87	53.25	12.03	64.38	24.66	29.45	11.62	4.96	3.47	0.04	5.20	8.01
3	15.62	38.09	11.22	52.21	26.65	20.39	11.22	8.01	3.28	0.04	5.70	20.97
4	21.56	41.59	10.45	39.82	16.11	15.62	10.83	7.08	3.28	0.04	7.38	
5	20.97	44.34	8.33	51.18	12.03	12.87	10.45	1.20	3.10	0.04	20.97	
6	16.61	59.77	5.44	36.42	14.67	11.62	10.07	0.93	2.93	0.04	26.65	
7	17.64	44.34	4.96	28.74	17.64	11.22	9.71	0.93	1.52	0.04	25.98	
8	32.43	33.99	4.72	24.66	15.62	12.87	9.35	1.02	1.76	0.04	18.17	
9	46.23	37.25	4.50	15.14	15.14	17.12	9.00	0.85	1.76	0.05	22.77	
10	20.97	30.18	5.44	14.20	11.62	17.12	9.00	0.70	1.76	0.06	22.16	
11	25.98	21.56	7.38	17.12	12.03	20.39	8.66	0.70	1.63	0.06	19.82	
12	42.49	16.61	5.70	50.17	21.56	19.26	10.07	0.78	1.41	0.08	13.75	13.31
13	19.82	12.87	8.33	65.57	20.97	13.75	10.45	0.93	1.41	0.17	17.64	12.45
14	14.67	12.45	11.22	33.99	25.98	12.03	9.00	0.41	1.30	0.15	33.99	12.03
15	12.45	13.31	14.20	24.66	28.74	11.22	7.69	0.24	1.30	1.02	29.45	9.71
16	10.83	12.87	16.61	20.39	21.56	10.07	6.51	0.24	1.30	8.01	21.56	10.07
17	10.83	11.62	14.67	17.64	17.12	9.00	6.23	0.15	1.30	12.45	33.21	11.62
18	11.22	12.45	12.45	16.61	34.79	29.45	6.23	0.12	1.20	10.45	20.97	9.00
19	11.62	42.49	22.16	15.14	31.67	26.65	5.96	0.12	0.85	8.01	19.26	4.50
20	12.03	37.25	28.74	17.12	18.17	34.79	5.96	0.32	0.78	15.14	18.71	3.86
21	12.45	17.64	28.03	16.61	14.20	28.74	5.96	1.02	1.02	19.82	15.62	4.06
22	12.87	12.45	60.91	17.12	13.75	22.77	5.70	1.11	0.15	10.07	11.22	6.51
23	14.20	9.00	72.98	20.97	16.11	19.26	5.20	2.30	0.10	6.51	24.02	5.44
24	23.39	6.79	59.77	28.74	12.45	18.17	4.96	3.28	0.08	7.08	18.71	3.47
25	26.65	5.96	41.59	20.97	10.83	15.14	4.50	3.28	0.06	19.82	12.87	3.10
26	19.82	109.42	40.70	16.11	10.83	14.67	4.72	3.28	0.06	19.26	10.45	3.10
27	30.18	39.82	49.16	14.67	16.61	14.20	4.72	3.10	0.05	6.51	12.03	2.76
28	33.99	21.56	38.95	13.75	14.20	13.75	4.96	2.93	0.05	3.47	9.71	3.28
29	42.49	17.12	37.25	14.20	12.87	13.31	4.72	2.76	0.05	5.96	7.69	5.96
30	20.97		42.49	12.03	11.62	12.87	4.96	2.93	0.05	1.41	7.08	7.08
31	145.50		64.38		11.22		4.96	3.66		2.15		8.01
Jumlah	770.55	911.27	758.51	862.59	547.03	531.80	235.83	64.53	40.67	158.00	516.59	175.09
	5572.47											

## Data Debit Sungai Karalloe

Tahun 2001

TGL CATAT	DATA DEBIT HARIAN SUNGAI KARALLOE TAHUN 2001											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	8.01	38.09	12.87	18.71	24.02	5.70	5.20	0.24	0.27	0.20	2.76	
2	3.47	30.92	9.71	12.03	20.39	2.60	3.66	0.32	0.24	0.51	1.76	
3	4.96	43.41	12.87	43.41	16.11	3.86	3.28	0.41	0.24	0.64	1.88	46.23
4	13.31	48.17	82.26	31.67	13.75	20.97	3.10	0.46	0.24	0.51	1.20	67.99
5	14.20	109.42	82.26	51.18	10.45	17.12	2.76	0.51	0.24	0.46	0.15	43.41
6	12.45	96.75	36.42	78.20	8.66	8.33	3.10	0.51	0.24	0.46	0.03	45.28
7	6.51		27.33	41.59	7.69	7.38	2.15	0.57	0.24	0.51	0.24	44.34
8	6.51		22.77	24.66	8.33	135.87	1.52	0.57	0.24	0.51	0.20	53.25
9	12.45		16.11	17.12	7.69	46.23	1.63	0.51	0.24	0.46	0.24	65.57
10	18.71		13.31	17.12	8.33	39.82	1.41	0.41	0.20	0.46	0.32	41.59
11	82.26		10.83	25.98	3.66	24.66	1.11	0.36	0.20	0.41	0.46	70.46
12	65.57	1.41	9.35	24.66	2.76	22.16	0.64	0.41	0.27	0.41	2.15	51.18
13	35.60	0.24	8.01	37.25	2.15	20.39	0.46	0.36	0.24	0.70	4.50	27.33
14	23.39	2.44	7.38	64.38	2.15	13.31	0.57	0.41	0.20	3.47	3.10	18.71
15	18.71	2.76	7.08	54.30		11.22	0.70	0.36	0.17	6.23	7.08	17.12
16	17.64	2.01	6.79	50.17		9.35	0.70	0.32	0.17	2.60	8.01	15.62
17	14.20	1.63	5.96	51.18		7.08	0.41	0.36	0.17	1.76	24.02	13.31
18	10.07	24.66	10.07	39.82		5.20	0.27	0.36	0.15	2.15	16.11	20.39
19	10.07	104.55	10.45	36.42		4.28	0.32	0.32	0.15	6.79	6.23	14.67
20	9.35		10.45	33.21		4.06	0.32	0.41	0.15	2.93	8.01	9.35
21	5.96		6.79	22.16	1.30	4.72	0.57	0.36	0.15	2.15	5.44	15.14
22	5.70		4.96	19.26	1.20	4.50	0.78	0.36	0.15	3.10	2.76	17.64
23	6.79		3.66	18.71	1.63	3.47	0.85	0.36	0.15	8.33	2.30	9.00
24	8.66		2.93	16.61	0.93	2.93	0.51	0.36	0.15	7.08	1.52	5.70
25	12.45		5.70	12.87	1.76	2.60	0.27	0.36	0.15	4.28	1.11	4.50
26	16.61	29.45	7.08	11.22	1.11	4.96	0.27	0.36	0.15	5.70	1.20	4.28
27	13.31	24.66	32.43	11.22	0.85	18.71	0.46	0.32	0.17	4.06	3.47	8.33
28	11.62	16.61	22.77	17.64	0.85	24.02	0.51	0.27	0.17	2.60	1.63	11.62
29	14.20		9.35	24.66	0.78	12.45	0.57	0.27	0.17	2.15	1.76	22.16
30	11.62		14.67	18.17	1.76	7.08	0.32	0.24	0.17	1.63	1.52	
31	22.77		15.62		6.51		0.24	0.24		1.88		
Jumlah	517.13	577.21	528.26	925.58	154.84	495.01	38.67	11.65	5.83	75.14	111.15	764.15
	4204.61											

## Data Debit Sedimen Melayang Karalloe

Tahun 2000

TGL CATAT	HASIL PERHITUNGAN SEDIMEN MELAYANG SUNGAI KARALLOE TAHUN 2000											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	6.48	216.62	9.05	170.35	11.15	22.59	7.68	1.83	1.03	0.00	1.12	2.84
2	8.12	83.44	7.26	113.95	23.59	31.57	6.86	1.70	0.94	0.00	1.83	3.73
3	11.15	48.16	6.48	80.78	26.79	17.26	6.48	3.73	0.86	0.00	2.13	18.08
4	18.92	55.62	5.76	51.79	11.73	11.15	6.11	3.05	0.86	0.00	3.26	-
5	18.08	61.77	3.98	78.19	7.26	8.12	5.76	0.17	0.79	0.00	18.08	-
6	12.34	100.86	1.98	44.73	10.06	6.86	5.43	0.11	0.71	0.00	26.79	-
7	13.62	61.77	1.70	30.32	13.62	6.48	5.11	0.11	0.24	0.00	25.69	-
8	36.99	39.95	1.57	23.59	11.15	8.12	4.81	0.13	0.31	0.00	14.29	-
9	66.16	46.42	1.44	10.59	10.59	12.96	4.52	0.09	0.31	0.00	20.69	-
10	18.08	32.87	1.98	9.54	6.86	12.96	4.52	0.07	0.31	0.00	19.79	-
11	25.69	18.92	3.26	12.96	7.26	17.26	4.24	0.07	0.27	0.00	16.48	-
12	57.62	12.34	2.13	75.66	18.92	15.72	5.43	0.08	0.22	0.00	9.05	8.57
13	16.48	8.12	3.98	117.41	18.08	9.05	5.76	0.11	0.22	0.01	13.62	7.68
14	10.06	7.68	6.48	39.95	25.69	7.26	4.52	0.03	0.19	0.01	39.95	7.26
15	7.68	8.57	9.54	23.59	30.32	6.48	3.49	0.01	0.19	0.13	31.57	5.11
16	6.11	8.12	12.34	17.26	18.92	5.43	2.65	0.01	0.19	3.73	18.92	5.43
17	6.11	6.86	10.06	13.62	12.96	4.52	2.47	0.01	0.19	7.68	38.45	6.86
18	6.48	7.68	7.68	12.34	41.50	31.57	2.47	0.00	0.17	5.76	18.08	4.52
19	6.86	57.62	19.79	10.59	35.57	26.79	2.29	0.00	0.09	3.73	15.72	1.44
20	7.26	46.42	30.32	12.96	14.29	41.50	2.29	0.02	0.08	10.59	15.00	1.12
21	7.68	13.62	29.11	12.34	9.54	30.32	2.29	0.13	0.13	16.48	11.15	1.22
22	8.12	7.68	104.02	12.96	9.05	20.69	2.13	0.15	0.01	5.43	6.48	2.65
23	9.54	4.52	139.96	18.08	11.73	15.72	1.83	0.48	0.00	2.65	22.59	1.98
24	21.63	2.84	100.86	30.32	7.68	14.29	1.70	0.86	0.00	3.05	15.00	0.94
25	26.79	2.29	55.62	18.08	6.11	10.59	1.44	0.86	0.00	16.48	8.12	0.79
26	16.48	272.05	53.68	11.73	6.11	10.06	1.57	0.86	0.00	15.72	5.76	0.79
27	32.87	51.79	73.19	10.06	12.34	9.54	1.57	0.79	0.00	2.65	7.26	0.65
28	39.95	18.92	49.95	9.05	9.54	9.05	1.70	0.71	0.00	0.94	5.11	0.86
29	57.62	12.96	46.42	9.54	8.12	8.57	1.57	0.65	0.00	2.29	3.49	2.29
30	18.08	-	57.62	7.26	6.86	8.12	1.70	0.71	0.00	0.22	3.05	3.05
31	434.24	-	113.95	-	6.48	-	1.70	1.03	-	0.43	-	3.73
Jumlah	1,033.27	1,316.49	971.14	1,089.60	449.90	440.64	112.08	18.54	8.31	97.99	438.53	91.60
	6068.07											

## Data Debit Sedimen Melayang Karalloe

Tahun 2001

TGL CATAT	HASIL PERHITUNGAN SEDIMEN MELAYANG SUNGAI KARALLOE TAHUN 2001											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agu	Sep	Okt	Nop	Des
1	3.73	48.16	8.12	15.00	22.59	2.13	1.83	0.01	0.01	0.01	0.65	-
2	0.94	34.20	5.11	7.26	17.26	0.59	1.03	0.02	0.01	0.04	0.31	-
3	1.70	59.67	8.12	59.67	11.73	1.12	0.86	0.03	0.01	0.06	0.35	66.16
4	8.57	70.79	170.35	35.57	9.05	18.08	0.79	0.03	0.01	0.04	0.17	124.59
5	9.54	272.05	170.35	78.19	5.76	12.96	0.65	0.04	0.01	0.03	0.01	59.67
6	7.68	222.31	44.73	156.76	4.24	3.98	0.79	0.04	0.01	0.03	0.00	63.94
7	2.65	-	27.93	55.62	3.49	3.26	0.43	0.05	0.01	0.04	0.01	61.77
8	2.65	-	20.69	23.59	3.98	388.11	0.24	0.05	0.01	0.04	0.01	83.44
9	7.68	-	11.73	12.96	3.49	66.16	0.27	0.04	0.01	0.03	0.01	117.41
10	15.00	-	8.57	12.96	3.98	51.79	0.22	0.03	0.01	0.03	0.02	55.62
11	170.35	-	6.11	25.69	1.03	23.59	0.15	0.02	0.01	0.03	0.03	132.11
12	117.41	0.22	4.81	23.59	0.65	19.79	0.06	0.03	0.01	0.03	0.43	78.19
13	43.09	0.01	3.73	46.42	0.43	17.26	0.03	0.02	0.01	0.07	1.44	27.93
14	21.63	0.53	3.26	113.95	0.43	8.57	0.05	0.03	0.01	0.94	0.79	15.00
15	15.00	0.65	3.05	86.17	-	6.48	0.07	0.02	0.01	2.47	3.05	12.96
16	13.62	0.39	2.84	75.66	-	4.81	0.07	0.02	0.01	0.59	3.73	11.15
17	9.54	0.27	2.29	78.19	-	3.05	0.03	0.02	0.01	0.31	22.59	8.57
18	5.43	23.59	5.43	51.79	-	1.83	0.01	0.02	0.01	0.43	11.73	17.26
19	5.43	252.48	5.76	44.73	-	1.33	0.02	0.02	0.01	2.84	2.47	10.06
20	4.81	-	5.76	38.45	-	1.22	0.02	0.03	0.01	0.71	3.73	4.81
21	2.29	-	2.84	19.79	0.19	1.57	0.05	0.02	0.01	0.43	1.98	10.59
22	2.13	-	1.70	15.72	0.17	1.44	0.08	0.02	0.01	0.79	0.65	13.62
23	2.84	-	1.03	15.00	0.27	0.94	0.09	0.02	0.01	3.98	0.48	4.52
24	4.24	-	0.71	12.34	0.11	0.71	0.04	0.02	0.01	3.05	0.24	2.13
25	7.68	-	2.13	8.12	0.31	0.59	0.01	0.02	0.01	1.33	0.15	1.44
26	12.34	31.57	3.05	6.48	0.15	1.70	0.01	0.02	0.01	2.13	0.17	1.33
27	8.57	23.59	36.99	6.48	0.09	15.00	0.03	0.02	0.01	1.22	0.94	3.98
28	6.86	12.34	20.69	13.62	0.09	22.59	0.04	0.01	0.01	0.59	0.27	6.86
29	9.54	-	4.81	23.59	0.08	7.68	0.05	0.01	0.01	0.43	0.31	19.79
30	6.86	-	10.06	14.29	0.31	3.05	0.02	0.01	0.01	0.27	0.24	-
31	20.69	-	11.15	-	2.65	-	0.01	0.01	-	0.35	-	-
Jumlah	550.49	1,052.82	613.91	1,177.64	92.53	691.38	8.06	0.78	0.26	23.36	56.94	1,014.91
	5283.08											

**Tabel**

**Debit Rata-Rata Setengah Bulanan**

**Di Lokasi Rencana Bendungan Karalloe Kabupaten Gowa**

**CA = 183.75 Km<sup>2</sup>**

Tahun	Bulan																								Rerata
	Jan. I	Jan. II	Feb. I	Feb. II	Mar. I	Mar. II	Apr. I	Apr. II	Mei. I	Mei. II	Jun. I	Jun. II	Jul. I	Jul. II	Agt. I	Agt. II	Sep. I	Sep. II	Okt. I	Okt. II	Nop. I	Nop. II	Des. I	Des. II	
2000	17.38	19.30	27.54	18.84	8.38	29.43	10.11	7.19	26.25	14.19	17.86	18.88	3.21	3.21	1.50	0.63	0.63	0.63	2.37	12.94	20.05	18.56	15.77	6.89	12.57
2001	16.43	10.29	26.21	21.02	17.79	9.46	24.51	17.88	7.97	2.94	17.72	6.69	3.19	2.17	0.90	0.83	0.77	0.73	1.29	2.94	2.03	4.49	29.47	8.62	9.85
2002	6.85	15.31	12.94	22.75	12.15	16.15	10.81	10.18	15.23	3.47	6.78	6.60	2.94	2.10	0.82	0.85	0.92	0.89	1.23	0.63	0.94	0.94	0.94	0.94	6.39
2003	25.89	14.57	12.87	26.76	5.59	9.44	7.20	7.19	30.03	4.82	3.87	3.55	3.26	3.38	2.34	2.08	1.92	1.87	2.26	2.49	3.50	10.21	21.00	43.36	10.39
2004	13.19	14.22	32.09	17.28	14.47	17.37	12.21	8.58	6.97	5.57	14.51	14.31	8.63	6.19	1.61	1.73	1.85	1.72	1.72	1.60	1.89	1.83	3.39	2.31	8.55
2005	4.19	4.14	5.99	19.64	6.42	19.71	5.79	5.64	6.58	6.86	6.91	7.16	7.75	8.11	6.53	2.06	1.08	1.06	0.99	1.61	2.83	2.87	2.02	2.30	5.76
2006	4.17	15.94	8.62	2.82	11.28	5.52	2.62	2.54	3.67	4.99	4.92	5.57	5.16	3.39	2.35	2.25	2.69	2.77	2.77	2.73	3.06	0.94	0.94	0.94	4.28
2007	2.82	2.82	11.42	20.95	12.39	21.74	19.12	16.95	14.65	25.60	36.87	38.49	32.39	23.84	20.80	16.70	19.90	22.77	23.75	24.39	23.16	32.31	46.52	58.59	23.71
2008	17.94	8.65	8.56	13.85	8.96	14.93	4.76	7.49	6.90	7.58	6.67	6.96	9.96	2.99	1.62	3.77	2.77	3.63	2.72	3.43	6.65	13.86	10.40	9.75	7.70
2009	10.48	5.57	4.73	6.10	6.03	3.85	2.82	2.88	2.76	3.03	2.25	2.44	3.96	4.39	1.60	1.07	1.13	1.19	0.84	1.06	2.04	1.90	2.01	2.13	3.18
Rerata (m3/det)	10.69	10.15	12.15	16.27	9.66	13.59	8.17	7.68	10.85	7.74	10.35	10.63	9.26	6.80	4.71	3.81	4.03	4.49	4.53	4.74	5.51	8.11	10.90	15.04	
Rerata (juta m3)	13.85	14.03	15.75	19.68	12.52	18.78	10.58	9.96	14.06	10.70	13.41	13.78	12.00	9.40	6.10	5.27	5.23	5.82	5.88	6.56	7.14	10.51	14.13	20.79	275.92

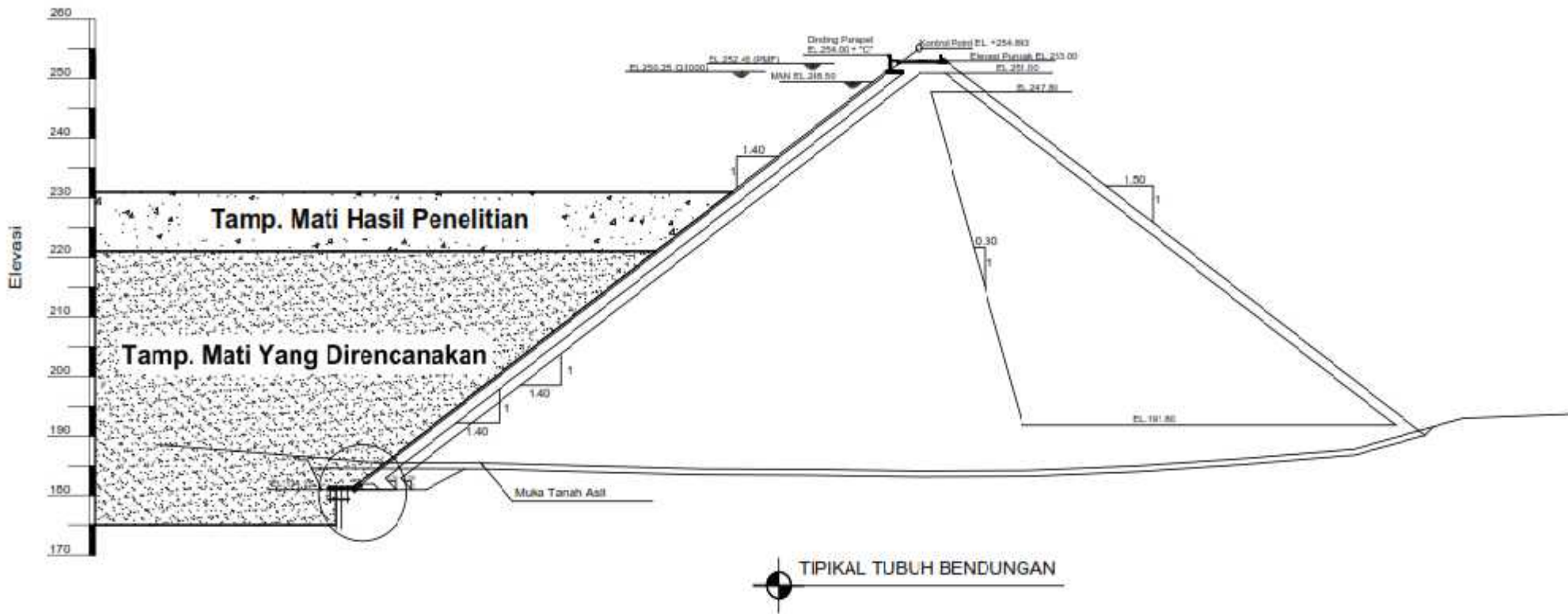
(Sumber : Hasil Perhitungan)

### Area Storage Data

<b>Elevasi (m)</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cum. Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Volume 10<sup>^6</sup> (m3)</b>
170	0	0	0	0	0
171	0	0	0	0	0
172	0	0	0	0	0
173	0	0	0	0	0
174	0	0	0	0	0
175	0	0	0	0	0
176	315	158	158	0.0315	0.0002
177	1036	676	833	0.1036	0.0008
178	1919	1478	2311	0.1919	0.0023
179	2776	2348	4658	0.2776	0.0047
180	5487	4132	8790	0.5487	0.0088
181	7571	6529	15319	0.7571	0.0153
182	10139	8855	24174	1.0139	0.0242
183	13494	11817	35990	1.3494	0.0360
184	15477	14486	50476	1.5477	0.0505
185	20346	17912	68387	2.0346	0.0684
186	27324	23835	92222	2.7324	0.0922
187	35028	31176	123398	3.5028	0.1234
188	44320	39674	163072	4.4320	0.1631
189	55542	49931	213003	5.5542	0.2130
190	64823	60183	273186	6.4823	0.2732
191	78558	71691	344876	7.8558	0.3449
192	90229	84394	429270	9.0229	0.4293
193	100860	95545	524814	10.0860	0.5248
194	115899	108380	633194	11.5899	0.6332
195	133430	124665	757858	13.3430	0.7579
196	147999	140715	898573	14.7999	0.8986
197	164055	156027	1054600	16.4055	1.0546
198	177402	170729	1225328	17.7402	1.2253
199	200153	188778	1414106	20.0153	1.4141
200	214677	207415	1621520	21.4677	1.6215
201	229200	221938	1843459	22.9200	1.8435
202	249458	239329	2082788	24.9458	2.0828
203	266029	257744	2340531	26.6029	2.3405
204	282683	274356	2614887	28.2683	2.6149
205	300415	291549	2906436	30.0415	2.9064
206	318146	309280	3215716	31.8146	3.2157
207	339016	328581	3544297	33.9016	3.5443
208	358922	348969	3893266	35.8922	3.8933
209	379251	369087	4262353	37.9251	4.2624
210	400430	389840	4652193	40.0430	4.6522
211	421608	411019	5063212	42.1608	5.0632
212	447218	434413	5497625	44.7218	5.4976
213	472055	459637	5957261	47.2055	5.9573

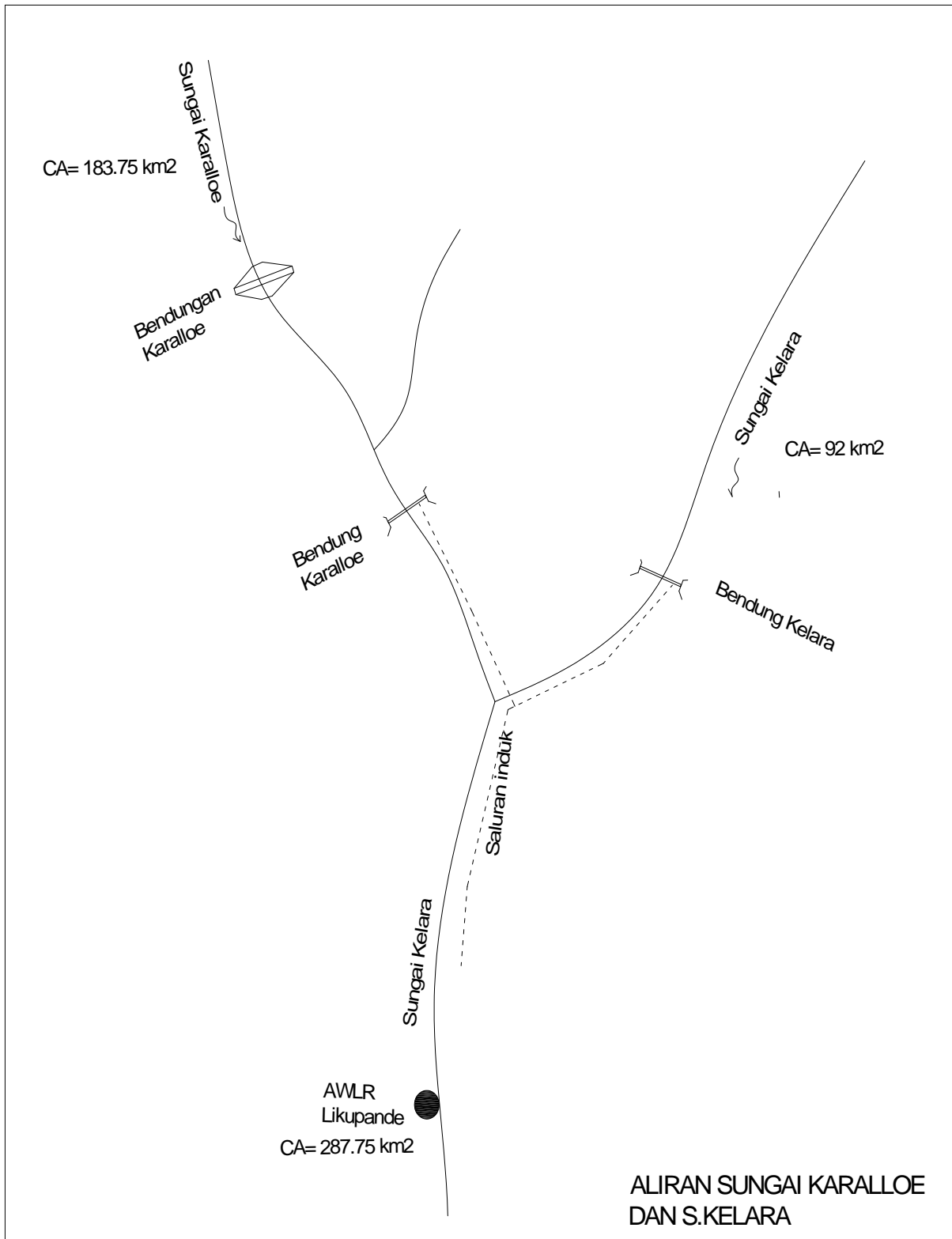
214	496408	484232	6441493	49.6408	6.4415
215	522502	509455	6950948	52.2502	6.9509
216	548596	535549	7486497	54.8596	7.4865
217	583127	565862	8052358	58.3127	8.0524
218	615049	599088	8651446	61.5049	8.6514
219	643608	629329	9280775	64.3608	9.2808
220	671511	657559	9938334	67.1511	9.9383
221	699413	685462	10623796	69.9413	10.6238
222	729163	714288	11338084	72.9163	11.3381
223	756431	742797	12080881	75.6431	12.0809
224	784568	770500	12851380	78.4568	12.8514
225	810891	797729	13649109	81.0891	13.6491
226	837213	824052	14473161	83.7213	14.4732
227	865738	851476	15324637	86.5738	15.3246
228	893646	879692	16204329	89.3646	16.2043
229	922716	908181	17112510	92.2716	17.1125
230	949829	936272	18048782	94.9829	18.0488
231	976941	963385	19012167	97.6941	19.0122
232	1006973	991957	20004124	100.6973	20.0041
233	1034923	1020948	21025072	103.4923	21.0251
234	1064223	1049573	22074645	106.4223	22.0746
235	1091003	1077613	23152258	109.1003	23.1523
236	1117783	1104393	24256651	111.7783	24.2567
237	1147441	1132612	25389263	114.7441	25.3893
238	1175905	1161673	26550936	117.5905	26.5509
239	1205968	1190937	27741872	120.5968	27.7419
240	1233604	1219786	28961658	123.3604	28.9617
241	1261239	1247421	30209079	126.1239	30.2091
242	1290419	1275829	31484908	129.0419	31.4849
243	1320317	1305368	32790276	132.0317	32.7903
244	1351289	1335803	34126079	135.1289	34.1261
245	1380460	1365874	35491953	138.0460	35.4920
246	1409630	1395045	36886998	140.9630	36.8870
247	1422570	1416100	38303098	142.2570	38.3031
248	1473571	1448071	39751169	147.3571	39.7512
249	1506476	1490024	41241192	150.6476	41.2412
250	1538152	1522314	42763506	153.8152	42.7635
251	1569827	1553989	44317495	156.9827	44.3175
252	1603759	1586793	45904288	160.3759	45.9043
253	1636163	1619961	47524249	163.6163	47.5242
254	1669793	1652978	49177227	166.9793	49.1772
255	1701809	1685801	50863028	170.1809	50.8630
256	1733825	1717817	52580845	173.3825	52.5808
257	1767769	1750797	54331642	176.7769	54.3316
258	1792546	1780158	56111800	179.2546	56.1118
259	1801234	1796890	57908690	180.1234	57.9087
260	1827766	1814500	59723190	182.7766	59.7232

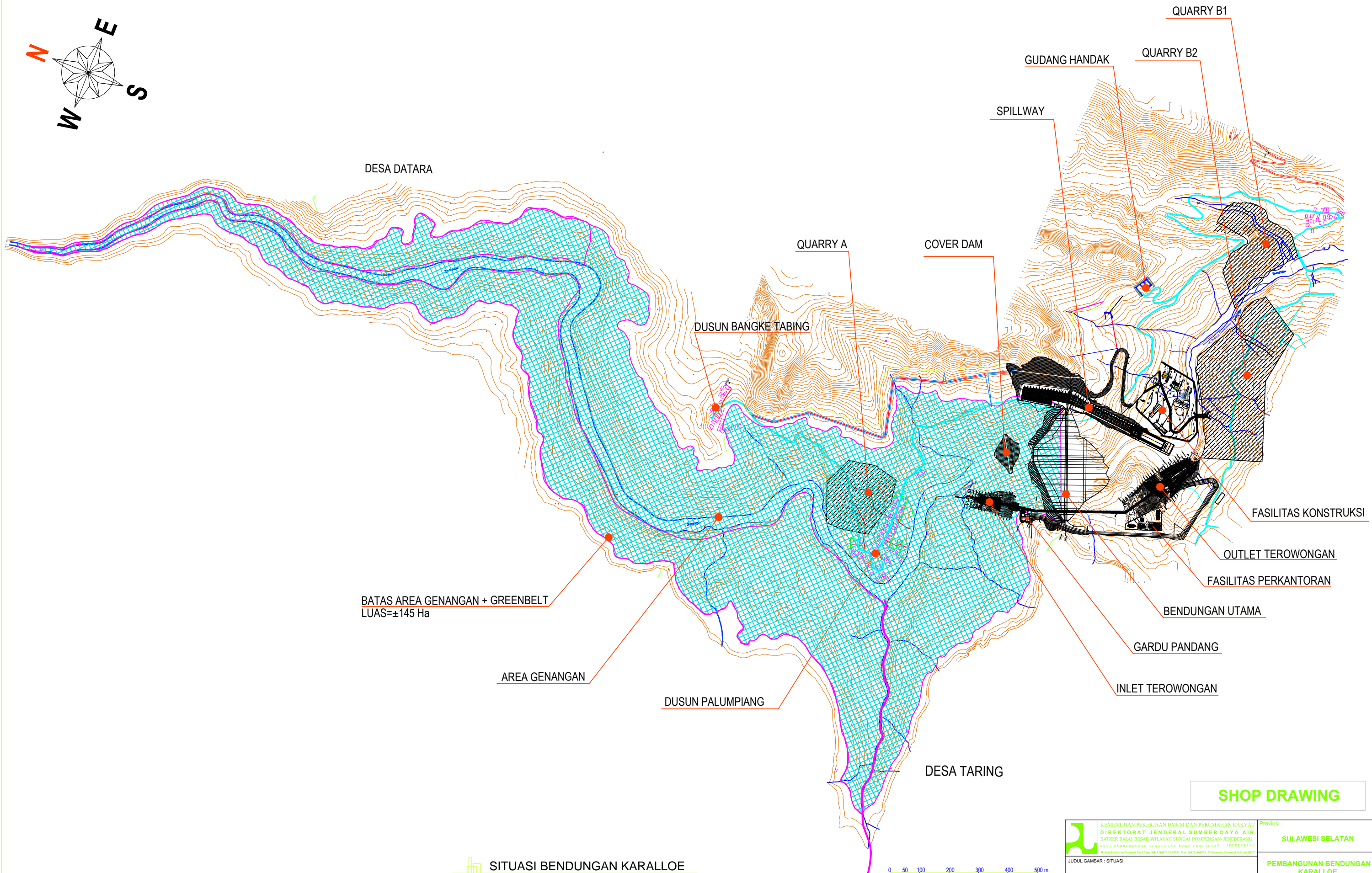
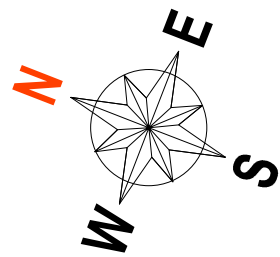
## Elevasi Tinggi Tampang Mati Perencanaan dengan Hasil Perhitungan





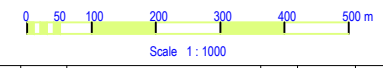
# POLA ALIRAN SUNGAI KARALLOE





**SHOP DRAWING**

**SITUASI BENDUNGAN KARALLOE**



No. Rev	Tanggal	Yang Direvisi	Oleh	Diperiksa	Disetujui
01					
02					
03					
04					

**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT**  
**DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR**  
 SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENGAN - JENEBERANG  
SKYD PEMBANGUNAN BENDUNGAN BWSA POMPENGAN - JENEBERANG  
Jl. Nukuh Goro Perintis No.3, Telp. (0412) 868792-868793, Fax. (0412) 868791, Makassar - Sulawesi Selatan 90222

Provinsi : **SULAWESI SELATAN**  
 Kabupaten : **GOWA**  
**PEMBANGUNAN BENDUNGAN KARALLOE**  
 NO. REGISTER

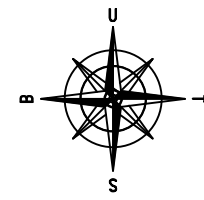
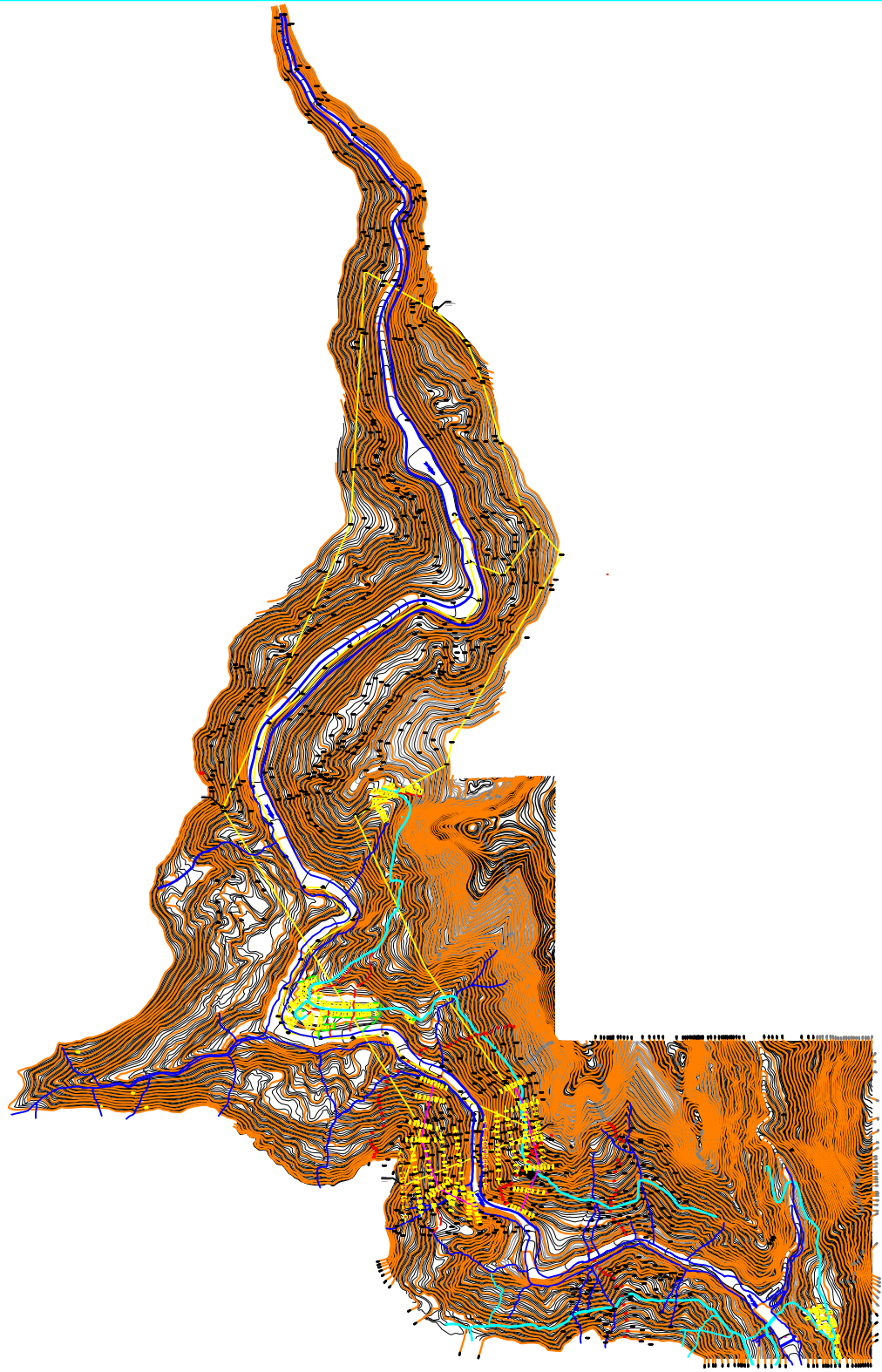
JUDUL GAMBAR : SITUASI  
 SITUASI BENDUNGAN KARALLOE

**PT. NINDYA KARYA (Persero)**  
 NINDYA  
 PT. WIDYA GRAHA ASANA, KSO  
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN  
 Pembangunan Bendungan Karalloe

Dibuat  
 Diperiksa  
 Disetujui  
 Disetujui

No. Gambar : SP-01  
 No. Lmbr : 01/01

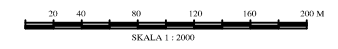
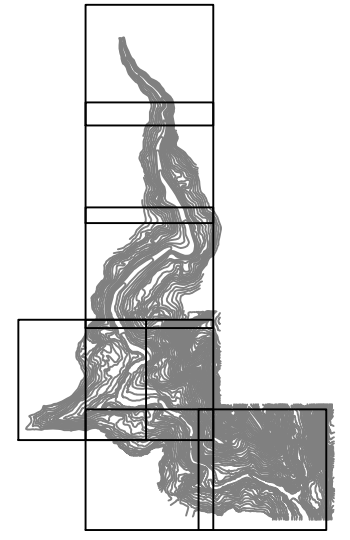




LEGENDA :

	Sungai		Desa
	Silang Koordinat		Jalan
	Titik BM		Kountur
	Jalur Poligon		Makam
	Akses Road		Sawah
	Titik Ketinggian		

INDEX PETA



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**  
**DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR**  
 SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENGGAN - JENEBERANG  
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN  
 Jl. Sekolah Guru Perawat No. 3 Tulp. (0411)868782-868781 Fax. (0411)868781 Makassar 90222

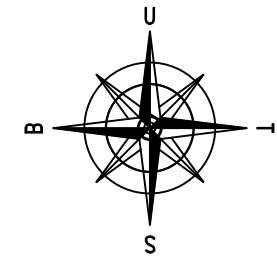
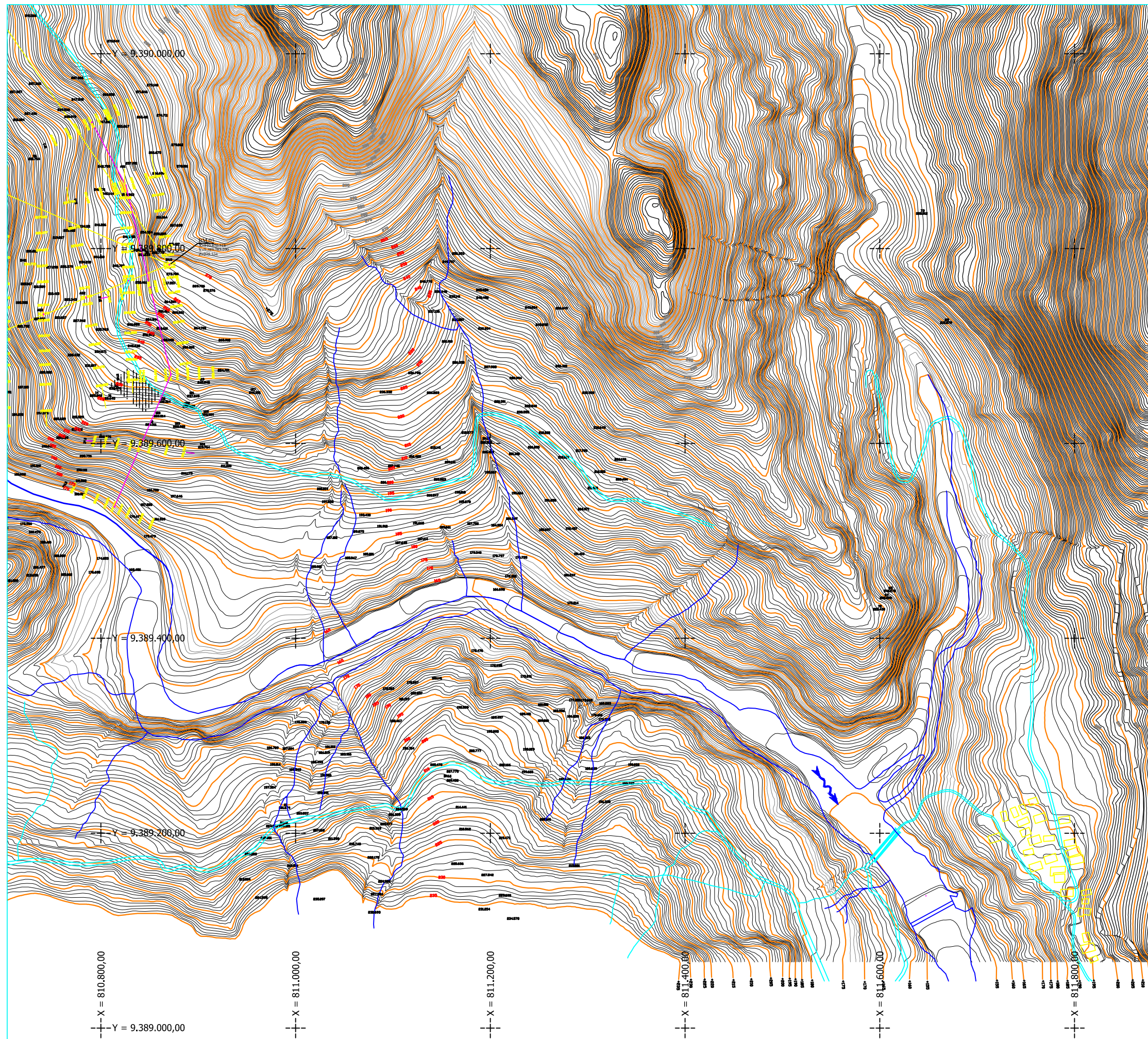
PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM) PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENGGAN-JENEBERANG

BAGIAN : PETA IKHTISAR (2/7) Nomor kontrak : HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012 Tanggal kontrak : 18 April 2012

LOKASI : KAB. GOWA

	Ahli Geodesi :	Diperiksa : Tim Teknis	No. Gambar : 1 - 03 - 08
	Ketua Tim :	Disetujui : PPK	No. Lembar : 03 / 08
		Andi Muh. Iham, ST. MT.	Tanggal : :

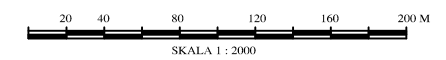
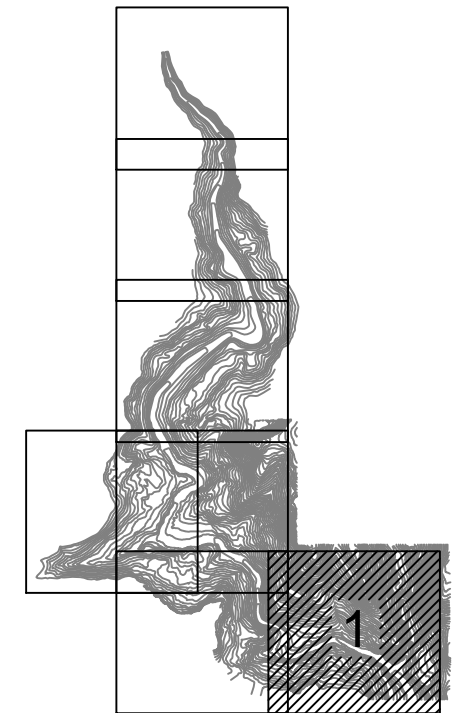




LEGENDA :

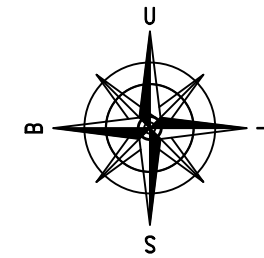
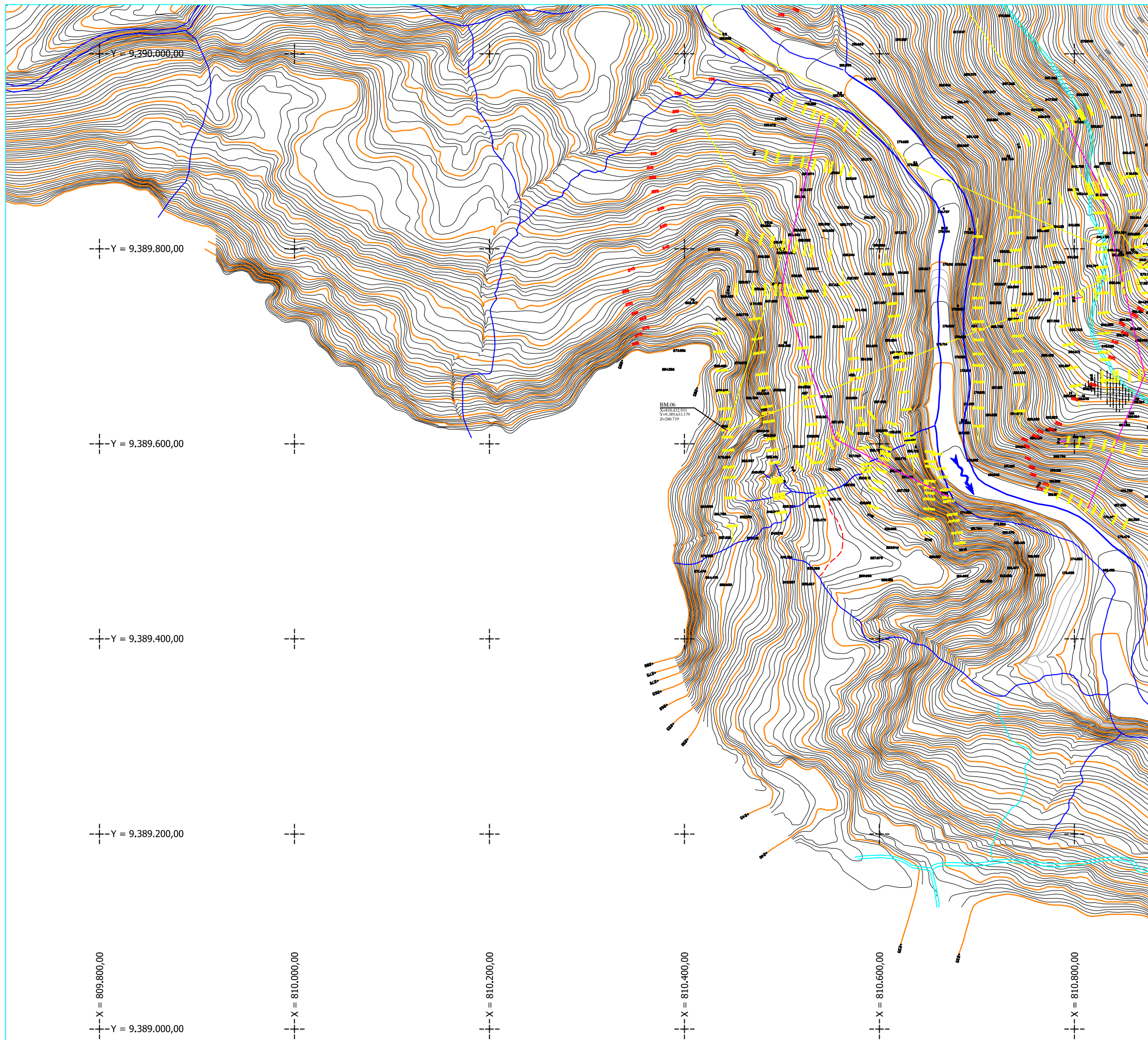
	Sungai		Desa
	Silang Koordinat		Jalan
	Titik BM		Kuntur
	Jalur Poligon		Makam
	Akses Road		Sawah
	Titik Ketinggian		

INDEX PETA



	<b>KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM</b> <b>DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR</b> SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENGAN - JENEBERANG PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN <small>Jl. Sekolah Guru Perawat No. 3 Telp. (0411)868792-868781 Fax. (0411)868781 Makasar 90222</small>		PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENGAN-JENEBERANG
	PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM)	Nomor kontrak : HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012	
	BAGIAN : PETA IKHTISAR (1/7)	Tanggal kontrak : 18 April 2012	
	LOKASI : KAB. GOWA	No. Gambar : I - 02 - 08 No. Lembar : 02 / 08	
	Ahli Geodesi : Ir. Dusi Sidiq Rasmal Ketua Tim : Ir. RB Sumaria, M. Eng.	Diperiksa : Tim Teknis Hamzah M. ATP, Sp.1 Disetujui : PPK Andi Muh. Iham, ST. MT.	Tanggal :

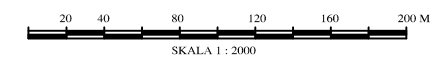
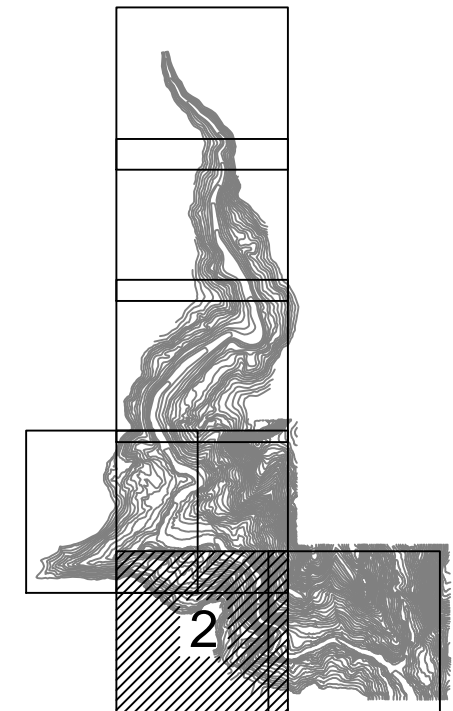




LEGENDA :

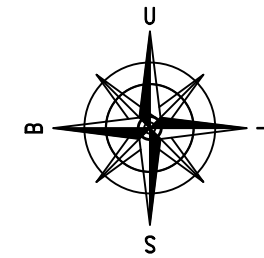
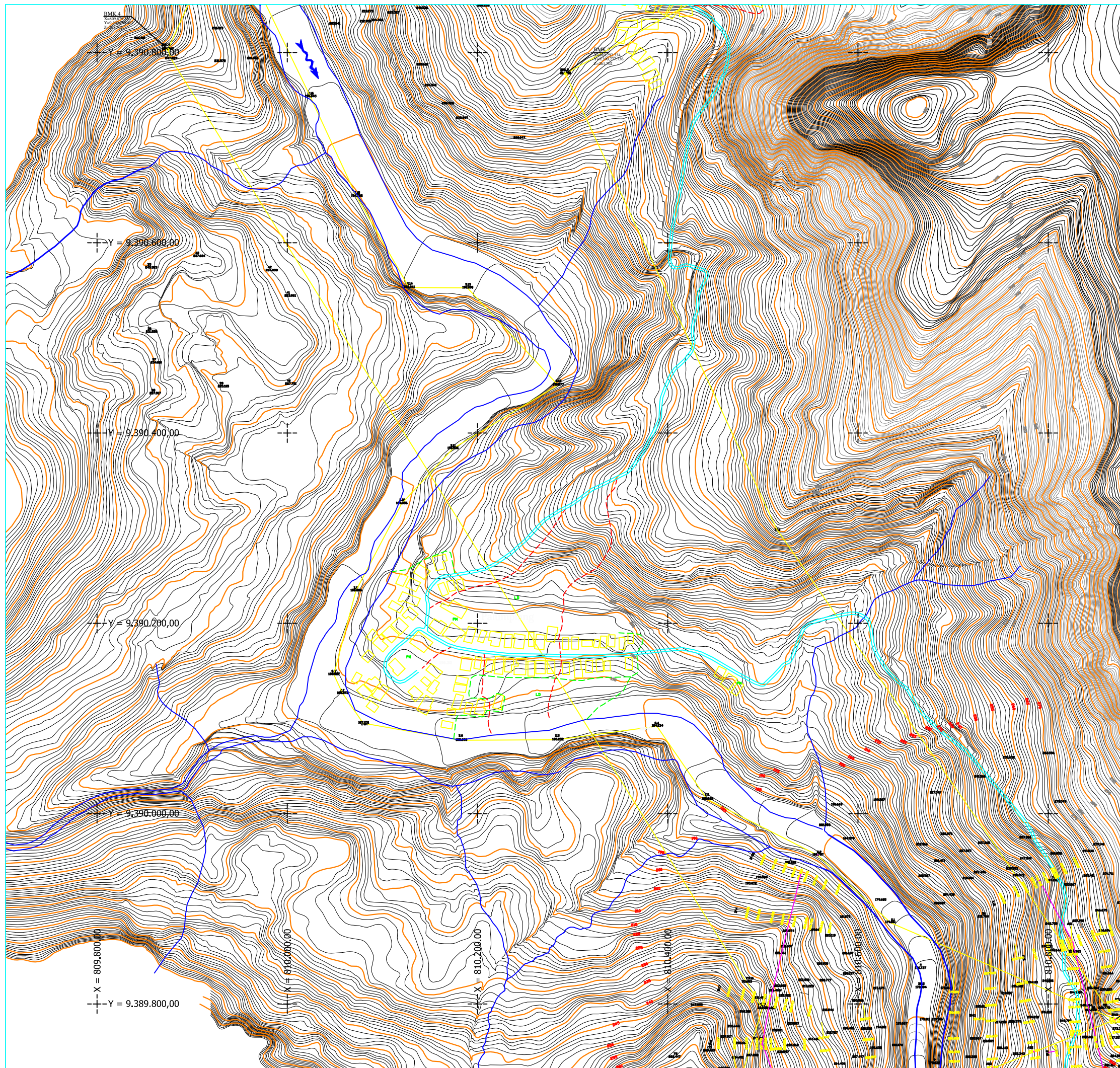
	Sungai		Desa
	Silang Koordinat		Jalan
	Titik BM		Kountur
	Jalur Poligon		Makam
	Akses Road		Sawah
	Titik Ketinggian		

INDEX PETA



<b>KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM</b> <b>DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR</b> SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENGAN - JENEBERANG PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN Jl. Sekolah Guru Perawat No. 3 Telp. (0411)868792-868781 Fax. (0411)868781 Makasar 90222			
PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM) BAGIAN : PETA IKHTISAR (2/7) LOKASI : KAB. GOWA		PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENGAN-JENEBERANG Nomor kontrak : HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012 Tanggal kontrak : 18 April 2012	
Ahli Geodesi : Ir. Dusi Sidi Rahmat Ketua Tim : Ir. RB Sumarsih, M. Eng.	Diperiksa : Tim Teknis Hamzah M. ATP, Sp.1 Disetujui : PPK Andi Muh. Itham, ST. MT.	No. Gambar : I - 03 - 08 No. Lembar : 03 / 08 Tanggal :	

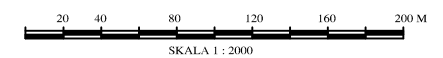
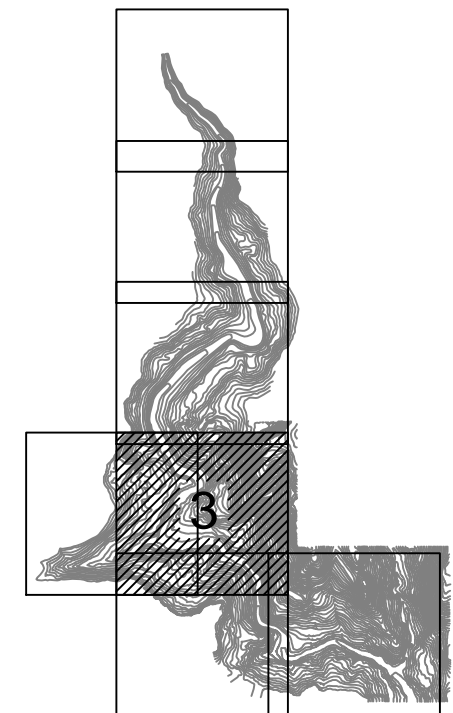




LEGENDA :

	Sungai		Desa
	Silang Koordinat		Jalan
	Titik BM		Kountur
	Jalur Poligon		Makam
	Akses Road		Sawah
	Titik Ketinggian		

INDEX PETA

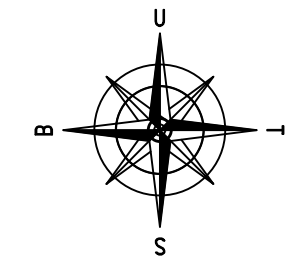
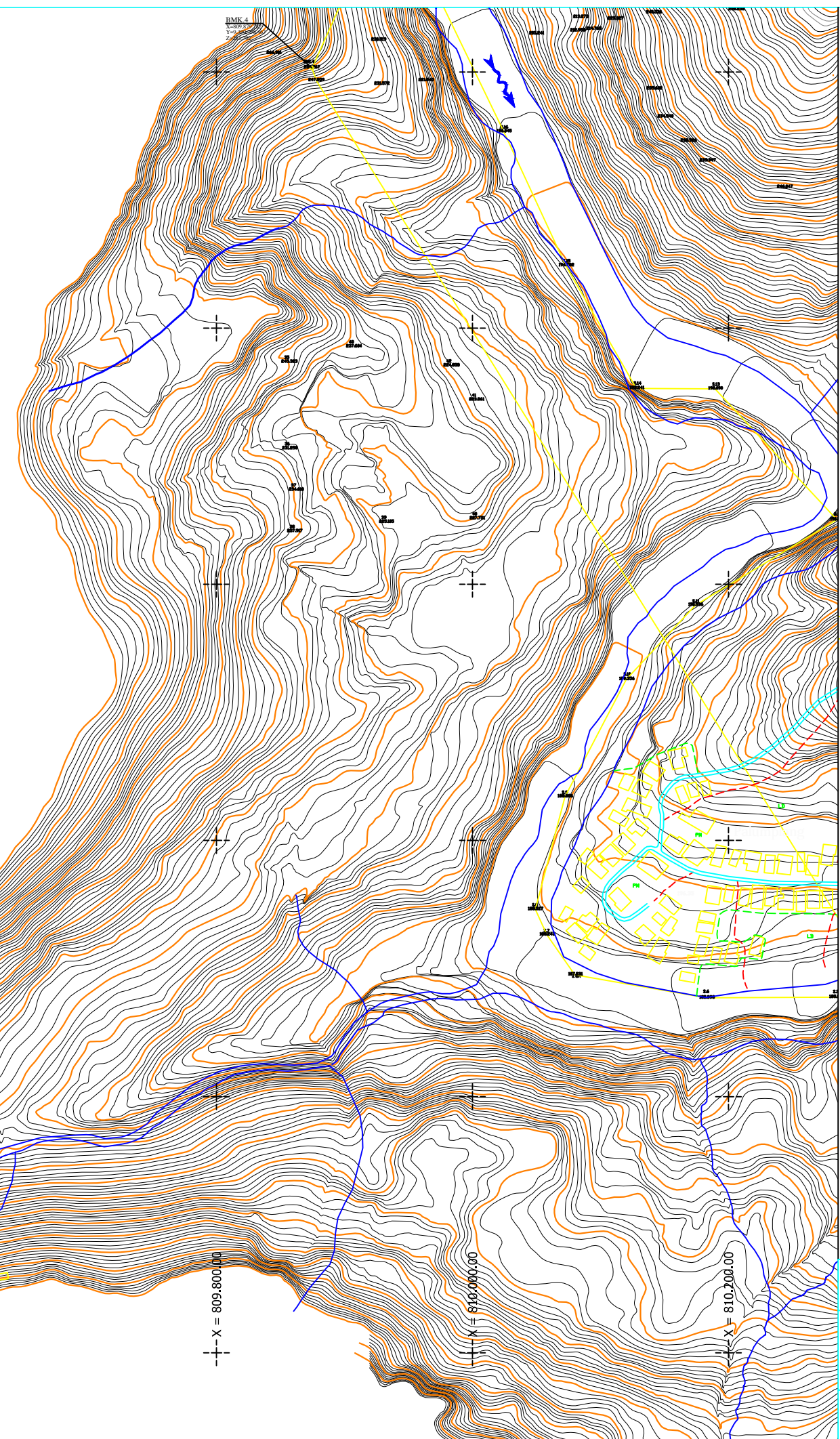


<p><b>PT. ATTANA</b> Engineering Consultants The leading firm in providing services</p>	<p>Ani Gedeas Ir. Dusi Sidi Rasmal Ketua Tim :</p>	<p>Diperiksa : Tim Teknis Hamzah M. ATP, Sp.1 Disetujui : PPK Ir. RB Sumaria, M. Eng.</p>	<p>No. Gambar : I - 04 - 08 No. Lembar : 04 / 08 Tanggal :</p>
	<p><b>KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM</b> <b>DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR</b> SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENGAN - JENEBERANG PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN Jl. Sekolah Guru Perawat No. 3 Telp. (0411)868792-868781 Fax. (0411)868781 Makasar 90222</p>		<p>PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM) BAGIAN : PETA IKHTISAR (3/7) LOKASI : KAB. GOWA</p>
<p>PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENGAN-JENEBERANG Nomor kontrak : HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012 Tanggal kontrak : 18 April 2012</p>			



+---Y = 9,390.800,00  
 +---Y = 9,390.600,00  
 +---Y = 9,390.400,00  
 +---Y = 9,390.200,00  
 +---Y = 9,390.000,00  
 +---Y = 9,389.800,00

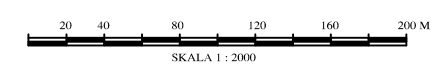
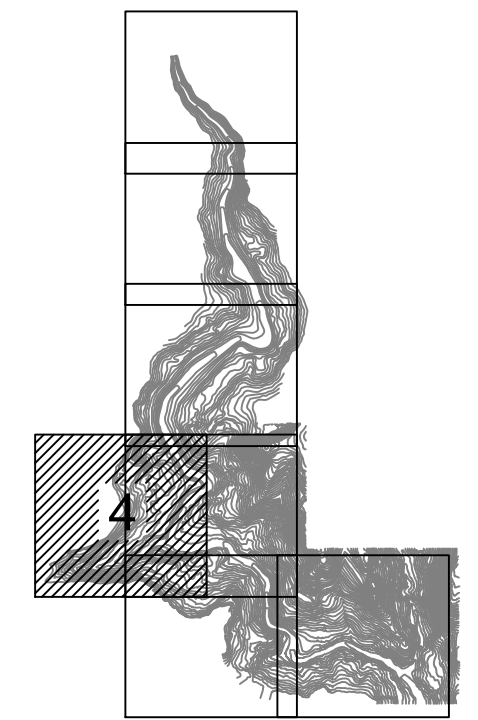
+---X = 809.200,00  
 +---X = 809.400,00  
 +---X = 809.600,00  
 +---X = 809.800,00  
 +---X = 810.000,00  
 +---X = 810.200,00



LEGENDA :

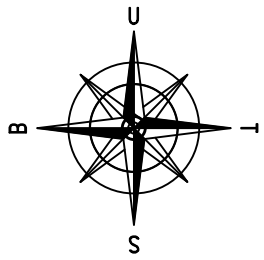
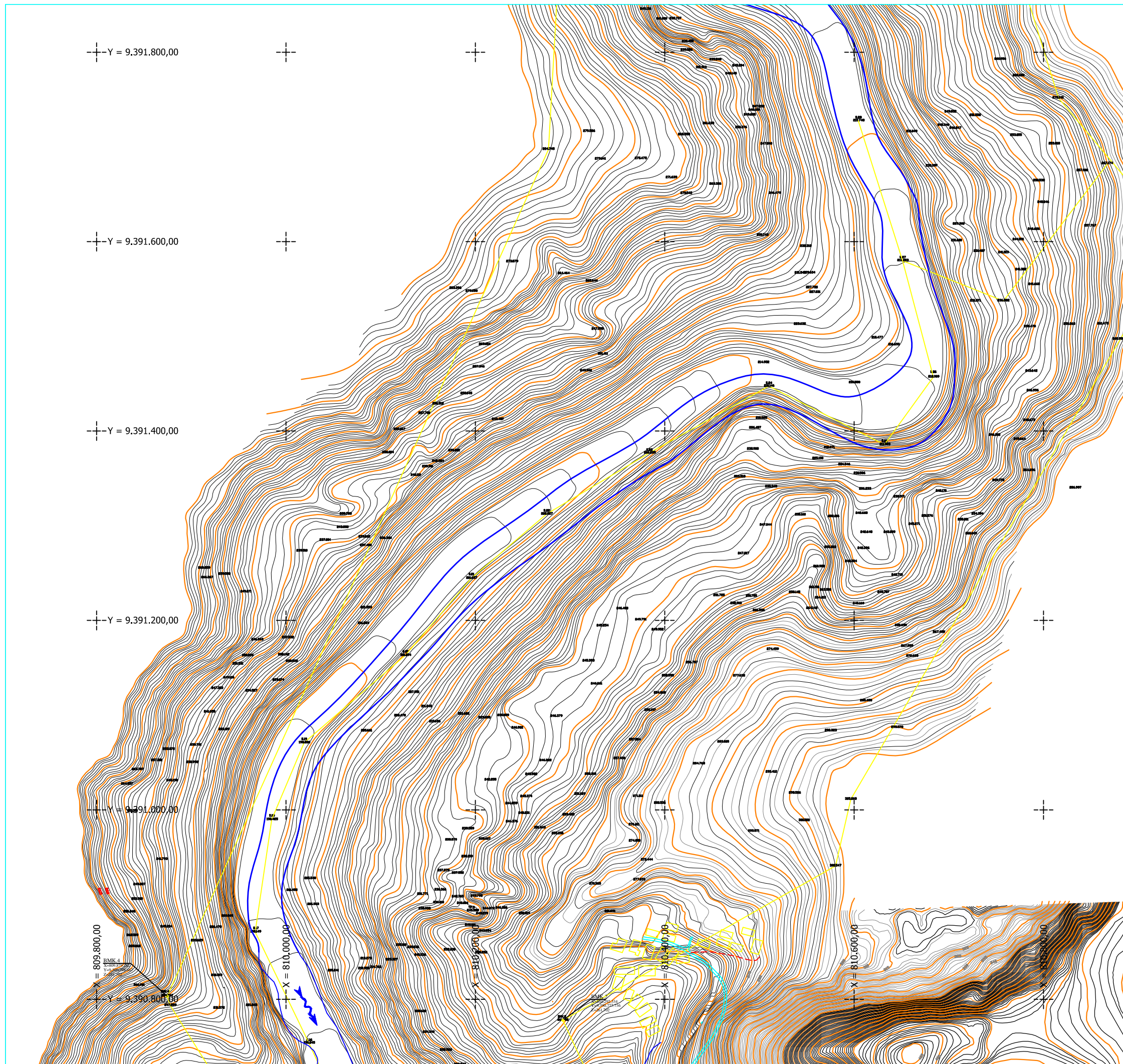
- |  |                  |  |         |
|--|------------------|--|---------|
|  | Sungai           |  | Desa    |
|  | Silang Koordinat |  | Jalan   |
|  | Titik BM         |  | Kountur |
|  | Jalur Poligon    |  | Makam   |
|  | Akses Road       |  | Sawah   |
|  | Titik Ketinggian |  |         |

INDEX PETA



	<b>KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM</b> <b>DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR</b> SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENGAN - JENEBERANG PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN <small>Jl. Sekolah Guru Perawat No. 3 Telp. (0411)868792-868781 Fax. (0411)868781 Makasar 90222</small>		PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENGAN-JENEBERANG
	PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM) BAGIAN : PETA IKHTISAR (4/7) LOKASI : KAB. GOWA	Diperiksa : Tim Teknis Hamzah M. ATP, Sp.1 Disetujui : PPK Andi Muh. Iham, ST. MT.	Nomor kontrak : HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012 Tanggal kontrak : 18 April 2012 No. Gambar : I - 05 - 08 No. Lembar : 05 / 08 Tanggal :

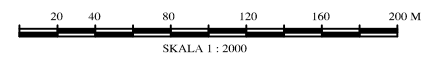
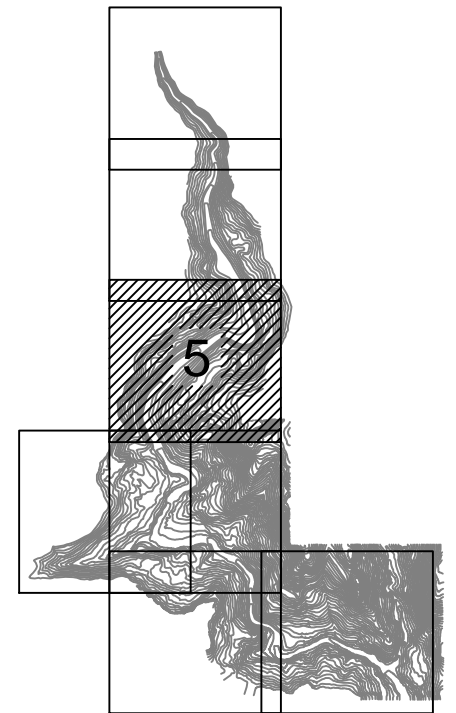




LEGENDA :

	Sungai		Desa
	Silang Koordinat		Jalan
	Titik BM		Kountur
	Jalur Poligon		Makam
	Akses Road		Sawah
	Titik Ketinggian		

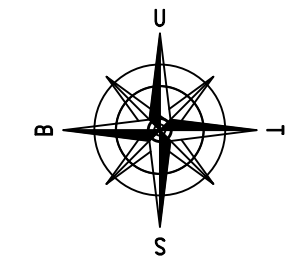
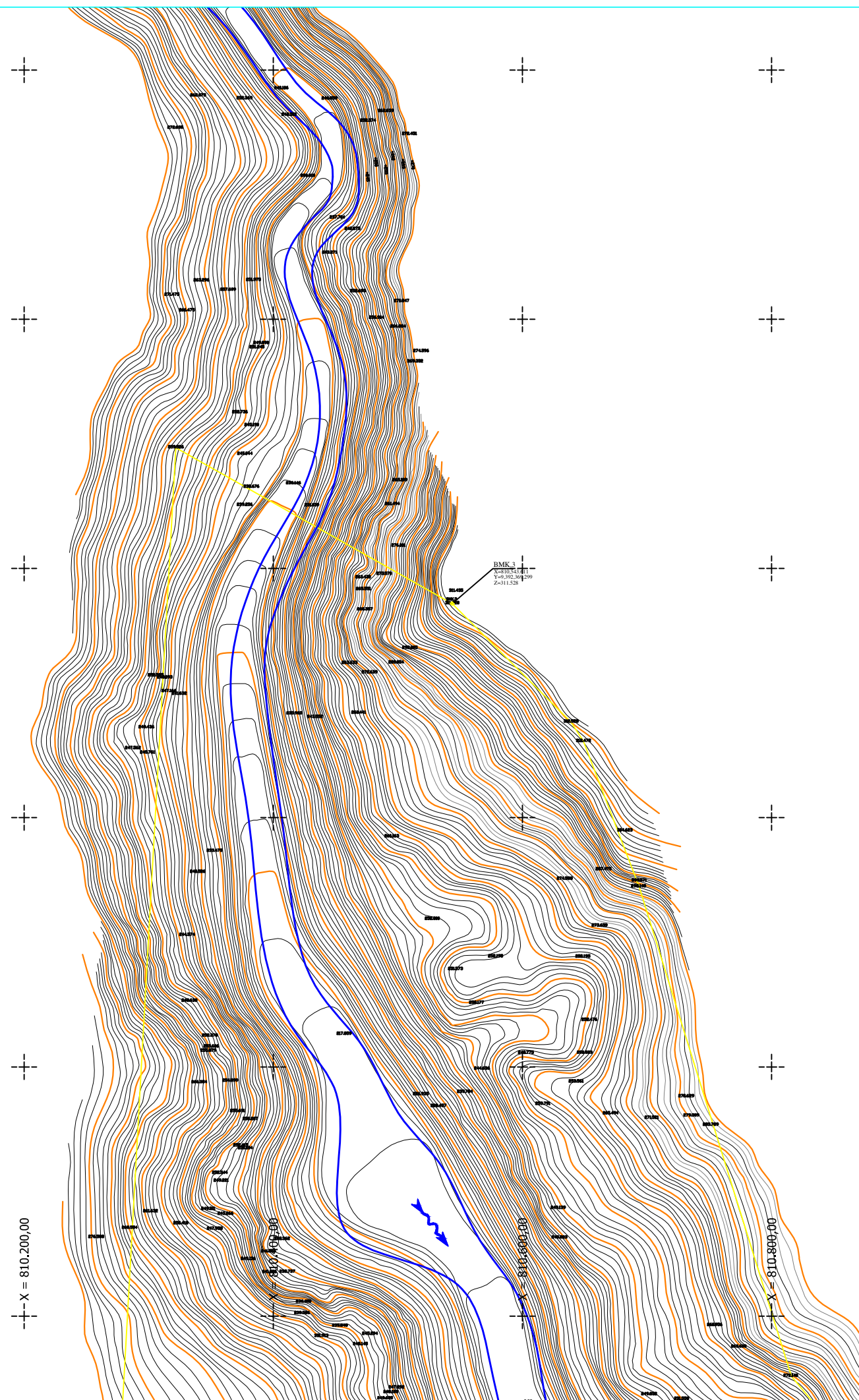
INDEX PETA



	<b>KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM</b> <b>DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR</b> <b>SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENAN - JENEBERANG</b> <b>PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN</b> <small>Jl. Sekolah Guru Perawat No. 3 Telp. (0411)868792-868781 Fax. (0411)868781 Makasar 90222</small>		PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENAN-JENEBERANG
	PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM)	Nomor kontrak : HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012	
	BAGIAN : PETA IKHTISAR (5/7)	Tanggal kontrak : 18 April 2012	
	LOKASI : KAB. GOWA	No. Gambar : I - 06 - 08 No. Lembar : 06 / 08	
Ir. Dusi Sidi Rasmal Ketua Tim :	Diperiksa : Tim Teknis Hamzah M. ATP, Sp.1 Disetujui : PPK	Tanggal :	
Ir. RB Sumaria, M. Eng.	Andi Muh. Iham, ST. MT.		



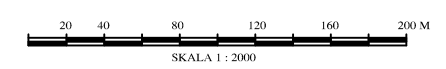
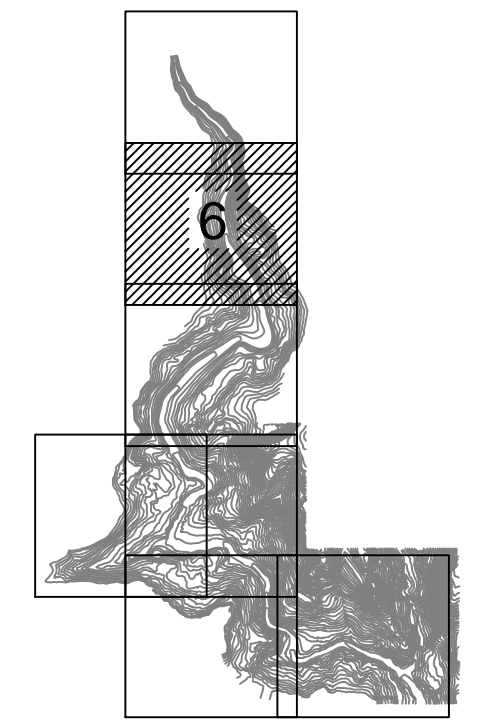
+---Y = 9,392.800,00  
 +---Y = 9,392.600,00  
 +---Y = 9,392.400,00  
 +---Y = 9,392.200,00  
 +---Y = 9,392.000,00  
 +---Y = 9,391.800,00  
  
 +---X = 809.800,00  
 +---X = 810.000,00  
 +---X = 810.200,00



LEGENDA :

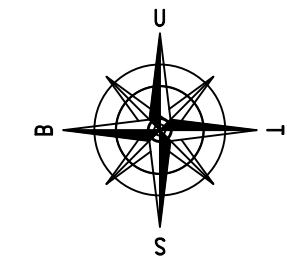
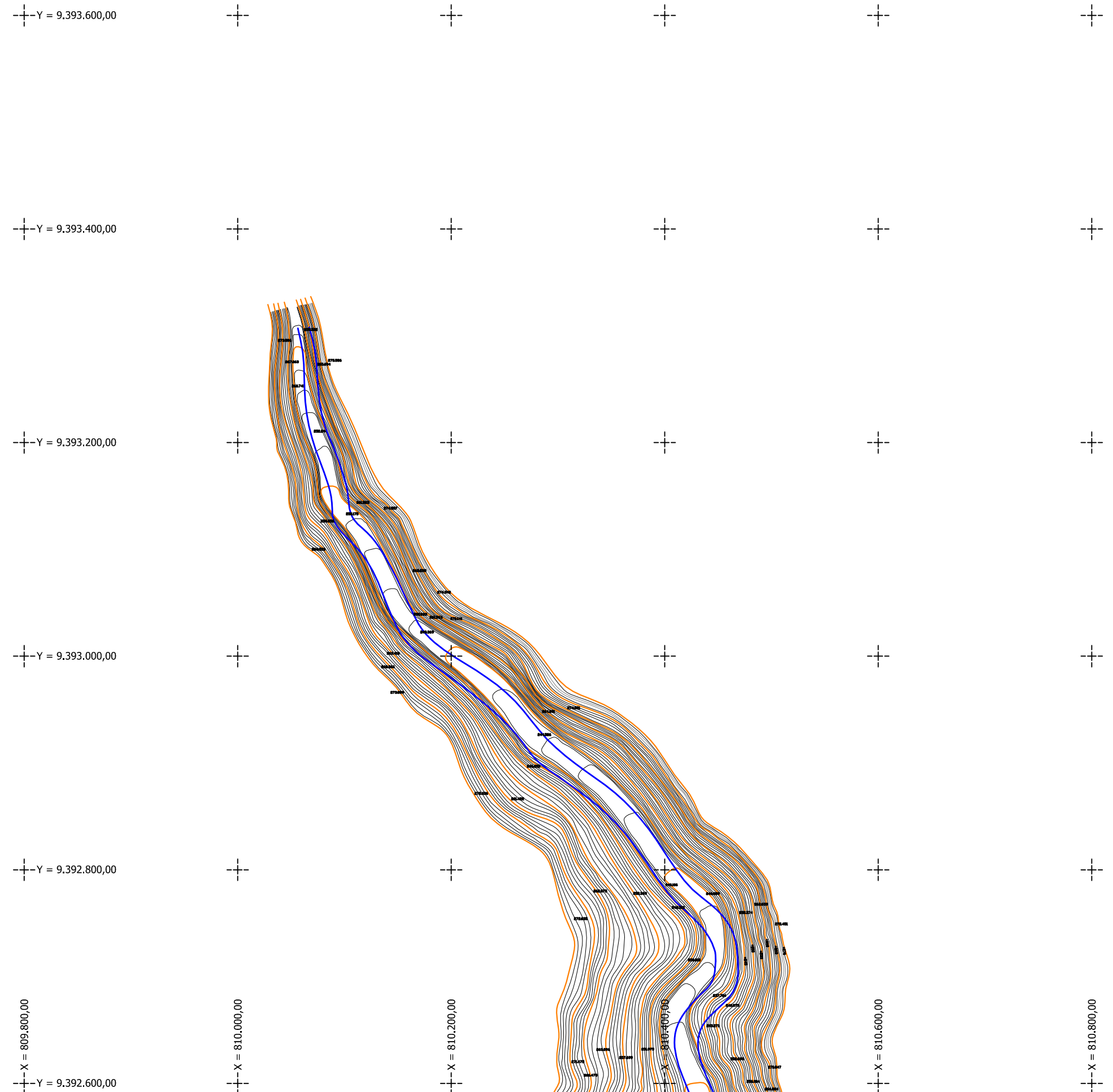
- |  |                  |  |         |
|--|------------------|--|---------|
|  | Sungai           |  | Desa    |
|  | Silang Koordinat |  | Jalan   |
|  | Titik BM         |  | Kountur |
|  | Jalur Poligon    |  | Makam   |
|  | Akses Road       |  | Sawah   |
|  | Titik Ketinggian |  |         |

INDEX PETA



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**  
**DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR**  
 SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENGAN - JENEBERANG  
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN  
 Jl. Sekolah Guru Perawat No. 3 Telp. (0411)868792-868781 Fax. (0411)868781 Makasar 90222

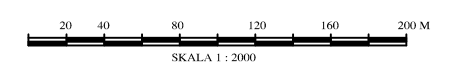
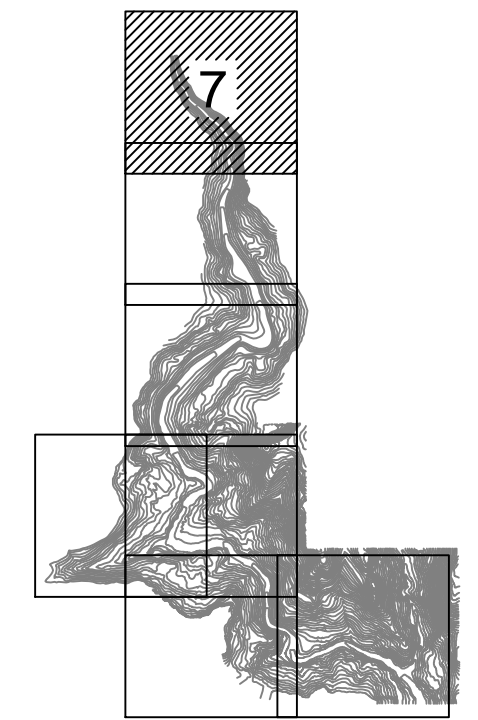
PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM)	PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENGAN-JENEBERANG
BAGIAN : PETA IKHTISAR (6/7)	Nomor kontrak : HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012
LOKASI : KAB. GOWA	Tanggal kontrak : 18 April 2012
Ahli Geodesi : Ir. Dusi Sidi Rehmah	Diperiksa : Tim Teknis
Ketua Tim : Ir. RB Sumaria, M. Eng.	Hamzah M. ATP, Sp.1
	Disetujui : PPK
	Andi Muh. Itham, ST. MT.
	No. Gambar : I - 07 - 08
	No. Lembar : 07 / 08
	Tanggal :



LEGENDA :

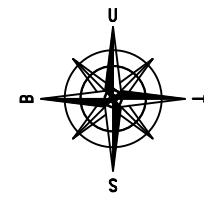
	Sungai		Desa
	Silang Koordinat		Jalan
	Titik BM		Kountur
	Jalur Poligon		Makam
	Akses Road		Sawah
	Titik Ketinggian		

INDEX PETA



<b>KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM</b> <b>DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR</b> SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENGAN - JENEBERANG PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN Jl. Sekolah Guru Perawat No. 3 Telp. (0411)868792-868781 Fax. (0411)868781 Makasar 90222		PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENGAN-JENEBERANG Nomor kontrak : HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012 Tanggal kontrak : 18 April 2012
PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM) BAGIAN : PETA IKHTISAR (7/7) LOKASI : KAB. GOWA	Diperiksa : Tim Teknis Ir. Dusi Sidi Rehmah Ketua Tim : Ir. RB Sumardi, M. Eng.	No. Gambar : I - 08 - 08 No. Lembar : 08 / 08 Tanggal :

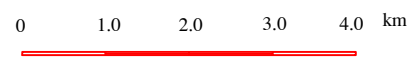
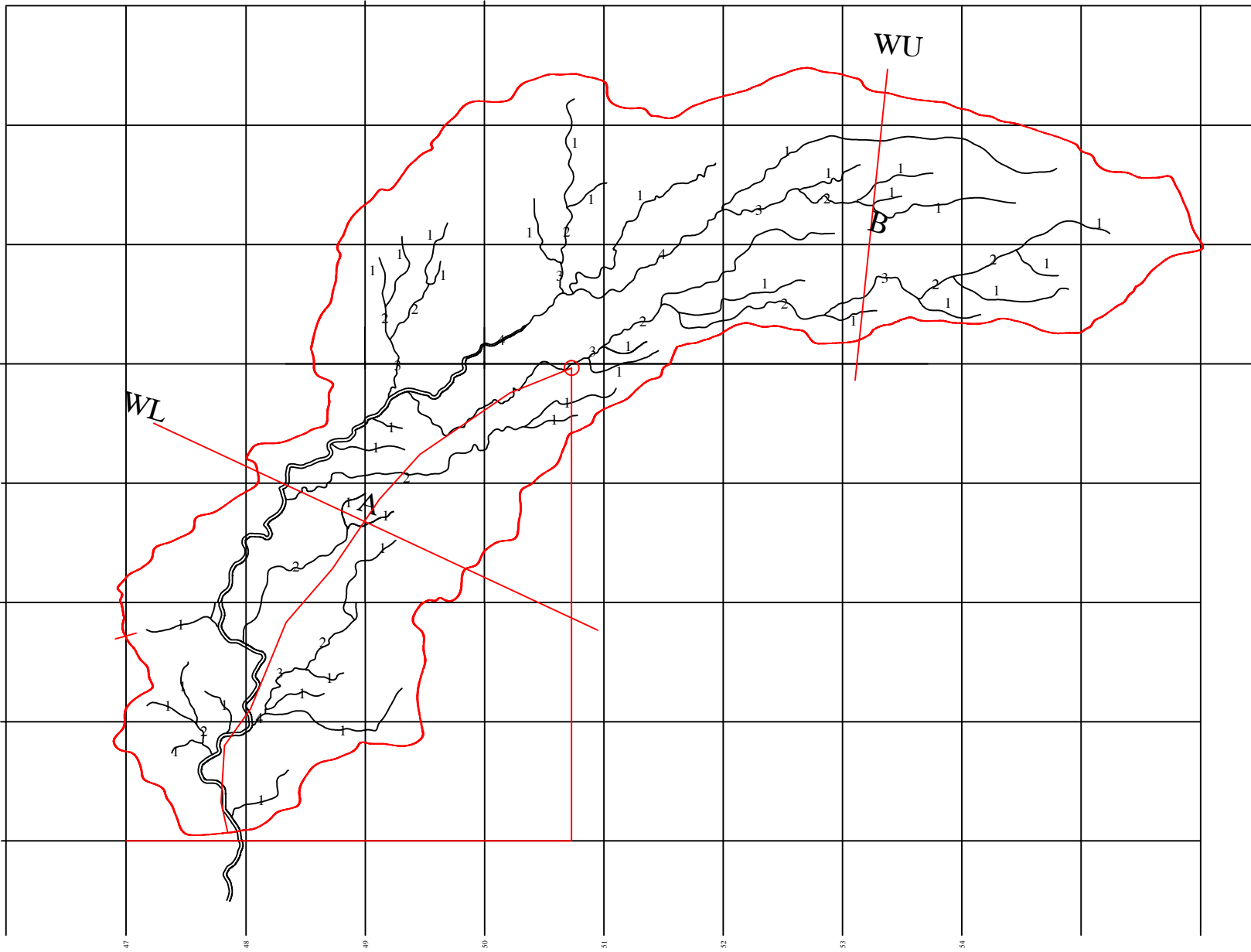
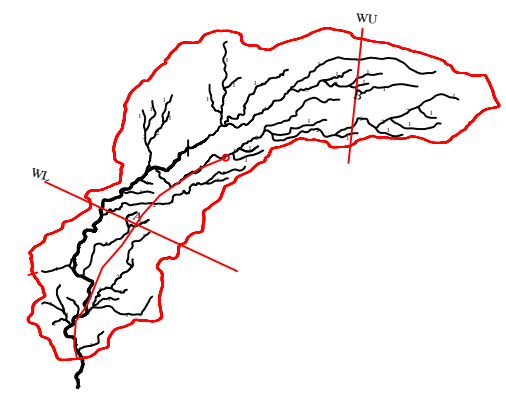




LEGENDA :

- |  |                  |  |         |
|--|------------------|--|---------|
|  | Sungai           |  | Desa    |
|  | Silang Koordinat |  | Jalan   |
|  | Titik BM         |  | Kountur |
|  | Jalur Poligon    |  | Makam   |
|  | Akses Road       |  | Sawah   |
|  | Titik Ketinggian |  |         |

INDEX PETA



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**  
**DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR**  
 SATKER BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI POMPENANG - JENEBERANG  
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN PROGRAM DAN PERENCANAAN  
 Jl. Sultan Guru Perawat No. 3 Telp. (0411) 866782-866781 Fax. (0411) 866781 Monev 00222

PEKERJAAN : REVIEW DESAIN BENDUNGAN KARALLOE (UP STREAM) PPK PROGRAM DAN PERENCANAAN SATKER BBWS POMPENANG-JENEBERANG

BAGIAN :  
 LOKASI : KAB. GOWA

Nomor kontrak :  
 HK.02.03/BBWS-PJ/PPK-PP/06/IV/2012  
 Tanggal kontrak :  
 18 April 2012

	Ahli Geodesi Ir. Nur Huda R. H. M. S. S. S. Ketua Tim : PPK Ir. RB Sumardi, M. Eng.	Diperiksa : Tim Teknis Hamzah M. ATP, Sp.1 Disetujui : PPK Andi Muh. Iham, ST. MT.	No. Gambar : No. Lembar : Tanggal :
--	--	---	---