

**PERENCANAAN EMBUNG PADA KALI KEDUNGWARU
GUNA PENANGGULANGAN BANJIR DI WILAYAH
KABUPATEN TULUNGAGUNG**

SKRIPSI

Disusun oleh :

AKHMAD DWI PRASETIYA

09.21.039



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2015**

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

“PERENCANAAN EMBUNG PADA KALI KEDUNGWARU GUNA PENANGGULANGAN BANJIR DI WILAYAH KABUPATEN TULUNGAGUNG”

Oleh : Akhmd Dwi Prasetya (09.21.039)

Pembimbing I : Dr. Ir. Kustamar, MT , Pembimbing II : Ir. H. Hirijanto, MT.

ABSTRAKSI

Banjir merupakan masalah serius yang harus cepat di atasi. Adanya luapan air atau banjir tersebut pada saat ini hampir setiap tahun terjadi sehingga menimbulkan kerugian bagi penduduk yang mengalami banjir tersebut. Wilayah Kecamatan Kedungwaru Kabupaten Tulungagung tepatnya di Kali Kedungwaru sering terjadi banjir di setiap tahunnya dikarenakan debit air yang ada relatif besar. Beberapa jenis pengendalian banjir adalah pembuatan embung , normalisasi saluran, pengalihan lahan pemukiman ke lahan tadah hujan. Dalam perencanaan ini menggunakan embung, embung berfungsi sebagai penampung debit air berlebih.

Pembahasan perencanaan ini memerlukan analisa data Hidrologi, Topografi dan jenis tanah, dan di kemas dalam debit banjir maksimum. Sehingga debit banjir rancangan dapat diketahui guna perencanaan tipe tubuh embung dan pendimensian tubuh embung. Perencanaan tubuh embung juga di tinjau dari ketersediaan bahan material yang ada atau mudah di dapat di sekitar lokasi perencanaan.

Dengan adanya bahan material tanah homogen yang terdapat di lokasi perencanaan, embung di rencanakan menggunakan urukan tanah homogen. Dalam penentuan elevasi muka air normal sebesar +0,50 dan muka air banjir (MAB) +2,19, dengan elevasi jagaan embung +2,69 embung sedangkan dimensi embung yang di rencanakan dalam penanggulangan banjir dengan ketentuan kemiringan lereng embung hulu = 1:3 dan hilir 1:2,25 dengan tinggi embung 2,94 m, lebar puncak embung 2 m, panjang tubuh embung dilihat pada penampang embung 6,28 m. Dengan kebutuhan material yang di butuhkan sebesar 142 m³. Stabilitas lereng tubuh embung bagian hilir pada kondisi kosong terhadap gempa sebesar $1,981 \geq 1,2$. Stabilitas terhadap tanpa gempa sebesar $1,981 \geq 1,5$.

Kata Kunci : Banjir, Tipe Embung, Dimensi Embung

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan **Skripsi** ini dengan benar. Hanya dengan pertolongan-Nya semata, Penulis dapat menyelesaikan dan menyusun laporan skripsi ini hingga selesai.

Dalam menyelesaikan laporan skripsi ini, penulis mengambil judul **” Perencanaan Embung Pada Kali Kedungwaru Guna Pengendalian Banjir Di Wilayah Kabupaten Tulungagung ”**.

.Tak lepas dari berbagai hambatan, dan kesulitan yang muncul, namun berkat petunjuk dan bimbingan dari semua pihak yang telah membantu penulis dapat menyelesaikan Proposal ini. Sehubungan dengan hal tersebut dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Dekan FTSP ITN Malang, dan sebagai Koordinator Skripsi di bidang Sumber Daya Air, serta Dosen Pembimbing 1 Skripsi.
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.

4. Ibu Lila Ayu Winanda, ST. MT. selaku Sekertaris Jurusan Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT selaku sebagai dosen pembimbing 2 Skripsi.
6. Kedua Orang Tua dan semua keluarga besar saya yang telah memberikan kasih sayang dan doa serta Materi.
7. Semua rekan-rekan Mahasiswa-Mahasiswi Teknik Sipil S-1 ITN Malang yang selalu membantu dan memberi doa serta semangatnya dalam penyelesaian laporan ini.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih perlu penyempurnaan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan, Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, Maret 2015

Akhmad Dwi Prasetya

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAKSI.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Gambaran Umum	1
1.2 Latar belakang	1
1.3 Lokasi Studi	3
1.4 Rumusan Masalah	7
1.5 Batasan Masalah	7
1.6 Maksud dan Tujuan.....	7
BAB II : LANDASAN TEORI DAN PERENCANAAN	8
2.1 Perencanaan Embung	8
2.2 Jenis Embung Berdasarkan Keadaan	8
2.2.1 Tipe Embung Berdasarkan Tujuannya	8
2.2.2 Tipe Embung Berdasarkan Penggunaanya	9
2.2.3 Tipe Embung Berdasarkan Jalan Airnya	9
2.2.4 Tipe Embung Berdasarkan Material Pembentuknya.....	10
1. Embung Urugan Homogen	11
2. Embung Urugan Majemuk	11
3. Pasangan Batu / Beton.....	12

4. Kapasitas Air Yang Terbuang	12
5. Dinding Halang.....	13
2.3. Akuifer	13
2.4. Air Tanah.....	14
2.5. Bangunan Sumur Resapan	14
2.6. Pemilihan Lokasi	15
2.7. Analisa Hidrologi.....	15
2.7.1Curah Hujan Areal Maksimum	16
A. Rerata Aljabar.....	16
B. Isoyet.....	17
C. Polygon Thisen	18
2.7.2Perhitungan Curah Hujan Rancanga	20
A. Metode EJ Gumbel	20
B. Log Pearson Type III	22
2.7.3Uji Kesesuaian Distribusi Sebaran.....	25
A. Uji Sebaran Chi Kuadrat	25
B. Uji Smirnov-Kolmogorov.....	28
2.7.4 Distribusi Hujan Jam-jaman	29
2.7.5 Koevisian Pengaliran.....	30
2.7.6 Hujan Evektif	31
2.7.7 Perhitingan Debit Banjir	31
A. Metode Nakayasu.....	32
2.8 Perencanaan Teknis Embung.....	35
2.8.1 Dimensi Embung.....	35
1. Elevasi Puncak Embung.....	35
2.8.2 Kapasitas Tampungan Embung.....	37
2.8.3 Panjang Embung	39
2.8.4 Kemiringan Lereng Embung.....	38

2.8.5 Lebar Puncak Embung.....	40
2.9 Matrial Konstruksi	42
2.9.1 Pondasi Embung.....	42
2.9.2 Tubuh Embung.....	43
2.10 Stabilitas Tubuh Embung Terhadap Rembesan.....	43
2.11 Bangunan Pelimpah	45
2.11.1 Stabilitas Bangunan Pelimpah.....	47
2.11.2 Stabilitas Embung Terhadap Longsoran.....	48
2.12 Analisa Sedimen	53
2.12.1 Tinjauan Umum.....	53
2.12.2 Laju Erosi Dan Sedimen Yield Metode USLE	53
2.13 Erosivitas Hujan.....	53
2.14 Erodibilitas Tanah	55
2.15 Faktor Panjang Dan Kemiringan Lereng.....	56
A. Faktor Penutup Lahan.....	57
B. Pendugaan Laju Erosi Potensial	58
C. Pendugaan Laju Erosi Aktual.....	58
D. Pendugaan Laju Sedimental Potensial.....	59
BAB III : DATA PERENCANAAN	61
3.1 Gambaran Umum.....	61
3.1.1 Jenis Dan Sumber Data.....	61
3.2 Peta Situasi Banjir	62
3.3 Konsep Pengendalian Banjir	64
3.4 Kurva Penanggulangan Banjir	65
3.5 Rumus Perhitungan Curah Hujan	66
3.6 Flow Chart / Bagan Alir	67
BAB IV : ANALISA DATA.....	67
4.1 Analisa Hidrologi	67

4.1.1 Curah Hujan Harian Maksimum	67
A. Cara Polygon Thiessen	67
4.1.2 Curah Hujan Rancangan	68
A. Metode Log Pearson Type III	68
B. Metode EJ Gumbel.....	71
4.1.3 Uji Kesesuaian Distribusi	75
1. Metode Log Pearson Type III.....	75
A. Uji Smirnov-Kolmogorov.....	75
B. Uji Chi Square	77
2. Metode EJ Gumbel.....	80
A. Uji Smirnov-Kolmogorov.....	80
B. Uji Chi Square	82
4.1.4 Distribusi Hujan Jam-Jaman.....	85
4.1.5 Koefisien Pengaliran	87
4.1.6 Hujan Efektif.....	88
4.1.7 Debit Banjir Rancangan.....	89
A. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	89
4.2 Perencanaan Teknis Embung.....	97
4.2.1 Tipe Embung & Dimensi Embung	97
4.2.2 Lengkung Kapasitas Tampungan Efektif Embung	97
4.2.3 Analisa Tampungan Efektif Embung	99
4.2.4 Penelusuran Banjir (Flood Rounting)	102
4.2.5 Tipe Tubuh Embung	108
4.2.6 Tinggi Jagaan Embung	108
4.2.7 Tinggi Tubuh Embung	108
4.2.8 Lebar Puncak Embung	109
4.2.9 Kemiringan Lereng Embung	109
4.2.10 Perencanaan Pintu Pembilas	109

4.2.11 Analisa Stabilitas Embung Terhadap Aliran Filtrasi	109
4.3 Analisa Stabilitas Embung	117
4.3.1 Stabilitas Lereng Tubuh Embung	117
4.3.2 Stabilitas Lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Kondisi Kosong	118
4.3.3 Stabilitas Lereng Tubuh Embung Bagian Hulu Kondisi Normal	121
4.3.4 Stabilitas Lereng Tubuh Embung Bagian Hulu Kondisi Bnjir	121
4.3.5 Stabilitas Lereng Tubuh Embung Bagian Hulu Pada Kondisi Turun Tiba-Tiba	124
BAB V : PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	125
5.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	iv
LAMPIRAN.	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Peta Administrasi Kabupaten Tulungagung.....	4
Gambar 1-2 Peta lokasi study di Kabupaten Tulungagung	5
Gambar 1-3 Titik Lokasi Embung	6
Gambar 2-1 Rencana Rancangan Perletakan Embung.....	10
Gambar 2-2 Rencana Rancangan Perletakan Embung.....	10
Gambar 2-3 Embung Urugan.....	13
Gambar 2-4 Peta Isohyet	17
Gambar 2-5 Metode Polygon Thiessen	19
Gambar 2-6 Penentuan Tinggi Jagaan	35
Gambar 2-7 Detail Tinggi Embung.....	36
Gambar 2-8 Detail Tinggi Embung.....	36
Gambar 2-9 Grafik Perhitungan Metode SMB.....	38
Gambar 2-10 Embung Urugan.....	43
Gambar 2-11 Embung Depresi Pada embung Homogen.....	44
Gambar 2-12 Grafik Hubungan Antara Sudut Bidang Singgung	45
Gambar 2-13 Bentuk Mercu Bulat Dan Ogee.....	46
Gambar 2-14 Bentuk Mercu Bualat Dengan Pintu Terbuka	47
Gambar 2-15 Skema Bidang Longsor Fillenius.....	50
Gambar 3-1 Peta Situasi Banjir.....	63
Gambar 3-2 Grafik Perbandingan Debit Banjir	65
Gambar 4-1 Peta Polygon Thiessen SubDAS Kabupaten Tulungagung.....	68
Gambar 4-2 Grafik Hidrogaf Satuan Sintetik Nakayasu Q 5 Tahun.....	93
Gambar 4-3 Grafik Hidrogaf Satuan Sintetik Nakayasu Q 10 Tahun.....	94
Gambar 4-4 Grafik Hidrogaf Satuan Sintetik Nakayasu Q 20 Tahun.....	95
Gambar 4-5 Grafik Hidrogaf Satuan Sintetik Nakayasu Q 50 Tahun.....	96
Gambar 4-6 Dimensi Embung Urugan Homogen.....	97

Gambar 4-7 Grafik Hubungan Elevasi, Luas Genangan	98
Gambar 4-8 Grafik Inflow Dan OutFlow	107
Gambar 4-9 Garis Depresi Pada Embung Homogen	110
Gambar 5-1 Dimensi Embung Urugan Homogen.....	125

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Hubungan Data Rata-rata Y_n & S_n	21
Tabel 2-2 Hubungan Data Rata-rata Y_n & S_n	21
Tabel 2-3 Harga G untuk Distribusi Log Pearson Type III	24
Tabel 2-4 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square	27
Tabel 2-5 Harga Kritis untuk Smirnov Kolmogorov Test	29
Tabel 2-6 Koefisien Pengaliran	31
Tabel 2-7 Faktor Koreksi	38
Tabel 2-8 Percepatan Dasar Gempa	39
Tabel 2-9 Kemiringan Tanggul Yang Dianjurkan	40
Tabel 2-10 Lebar Puncak Bendungan Kecil	41
Tabel 2-11 Kriteria Desain Hidrolik Pelimpah	48
Tabel 2-12 Harga Longsoran Cara Fillenius	51
Tabel 2-13 Hubungan F_s (Angka keamanan) Dengan Kejadian	52
Tabel 4-1 Tabel Hujan Harian Maksimum	69
Tabel 4-2 Perhitungan Log Pearson Type III	70
Tabel 4-3 Curah hujan Rancangan Dengan Metode Log Pearson Type II	71
Tabel 4-4 Curah Hujan Harian Maksimum	72
Tabel 4-5 Perhitungan EJ Gumbel	72
Tabel 4-6 Perhitungan Reduced Variated & Faktor Frekuensi	74
Tabel 4-7 Curah Hujan Rancangan Dengan Metode EJ Gumbel	75
Tabel 4-8 Pengujian Smirnov-Kolmogorov Pada Probabilitas Log Pearson III	76
Tabel 4-9 Pengujian Chi Square Pada Probabilitas Log Pearson Type III.....	79
Tabel 4-10 Pengujian Smirnov-Kolmogorov Pada Probabilitas EJ Gumbel	81
Tabel 4-11 Batas Kelas Pada Probabilitas EJ Gumbel.....	83
Tabel 4-12 Pengujian Chi Square Pada Probabilitas EJ Gumbel	83
Tabel 4-13 Perbandingan Curah Hujan Rancangan	84

Tabel 4-14 Perbandingan Uji Smirnov Kolmogorov	84
Tabel 4-15 Perbandingan Uji Chi Square	85
Tabel 4-16 Distribusi Hujan Jam-Jaman	87
Tabel 4-17 Rerata Koefisien Pengaliran Penggunaan Lahan	87
Tabel 4-18 Perhitungan Hujan Efektif	89
Tabel 4-19 Perhitungan Hidrogaf Satuan Sintetik Nakayasu	92
Tabel 4-20 Ordinet Banjir Rancangan 5 Tahun	93
Tabel 4-21 Ordinet Banjir Rancangan 10 Tahun.....	94
Tabel 4-22 Ordinet Banjir Rancangan 20 Tahun.....	95
Tabel 4-23 Ordinet Banjir Rancangan 50 Tahun.....	96
Tabel 4-24 Hubungan Elevasi, Luas Genangan, Dan Volume Genangan	98
Tabel 4-25 Analisa Tampungan Efektif Embung	100
Tabel 4-26 Analisa Tampungan Mati Dan Elevasi Mercu Spillway	102
Tabel 4-27 Elevasi Muka Air Dan Kapasitas Spillway	104
Tabel 4-28 Parameter Debit Dan Tampungan Embung	105
Tabel 4-29 Penelusuran Banjir Melalui Embung	106
Tabel 4-30 Kordinat Parabola Garis Depresi	111
Tabel 4-31 Analisa Debit Data Hujan Dengan Metode F.J Mock	114
Tabel 4-32 Analisa Debit Andalan 80% Metode F.J Mock	115
Tabel 4-33 Hasil Analisa Debit Andalan Berdasarkan Data Hujan	116
Tabel 4-34 Stabilitas Lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Kosong.....	118
Tabel 4-35 Stabilitas Lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Normal.....	120
Tabel 4-36 Stabilitas Lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Banjir	122
Tabel 4-37 Stabilitas Lereng Tubuh Embung Bagian Hulu Turun Tiba-tiba.....	124

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Gambaran Umum

Air merupakan salah satu unsur yang sangat berperan dalam kehidupan di alam ini, seiring dengan kebutuhan makhluk hidup di dunia, air merupakan kebutuhan utama untuk berbagai kebutuhan. Permasalahan yang harus dihadapi oleh sebagian manusia adalah debit yang besar, sehingga menimbulkan genangan atau banjir di suatu wilayah.

Permasalahan yang ada pada sistem sungai adalah adanya luapan air dan kemudian adanya genangan air pada daerah-daerah luapan tersebut dalam jangka waktu tertentu. Adanya genangan air menunjukkan bahwa daerah tersebut mempunyai elevasi yang tidak berbeda jauh dengan elevasi muka air sungai pada saat banjir.

Banjir merupakan masalah serius yang harus cepat di atasi. Dalam hal ini timbul pertanyaan mengapa muka air sungai tersebut dapat melampaui tinggi tanggul atau tanah yang ada di sebelah kanan atau kiri sungai tersebut. Adanya luapan air atau banjir tersebut pada saat ini hampir setiap tahun terjadi sehingga menimbulkan kerugian bagi penduduk yang mengalami banjir tersebut.

1.2. Latar Belakang

Wilayah di Kabupaten Tulungagung terletak pada ketinggian ± 85 m diatas permukaan laut. Daerah ini merupakan dataran yang dikelilingi oleh pegunungan tinggi sehingga dapat dikatakan bahwa Kabupaten Tulungagung berada pada cekungan yang menampung curahan hujan yang mengalir dari daerah sekitarnya.

Dengan kondisi yang seperti ini, Kabupaten Tulungagung sering terjadi banjir/genangan pada musim penghujan. Adanya genangan air menunjukkan bahwa daerah tersebut mempunyai elevasi yang tidak berbeda jauh dengan elevasi muka air sungai pada saat banjir.

Permasalahan banjir ini sangat merugikan bagi penduduk sekitar, bila terjadi hujan maka wilayah sekitar menjadi tergenang karena penampang sungai tidak dapat menampung debit yang tinggi dan juga musim kemarau di mana air tanah kapasitasnya berkurang di akibatkan pemanasan sehingga di butuhkan solusi perencanaan embung resapan untuk mengisi ketersediaan air tanah.

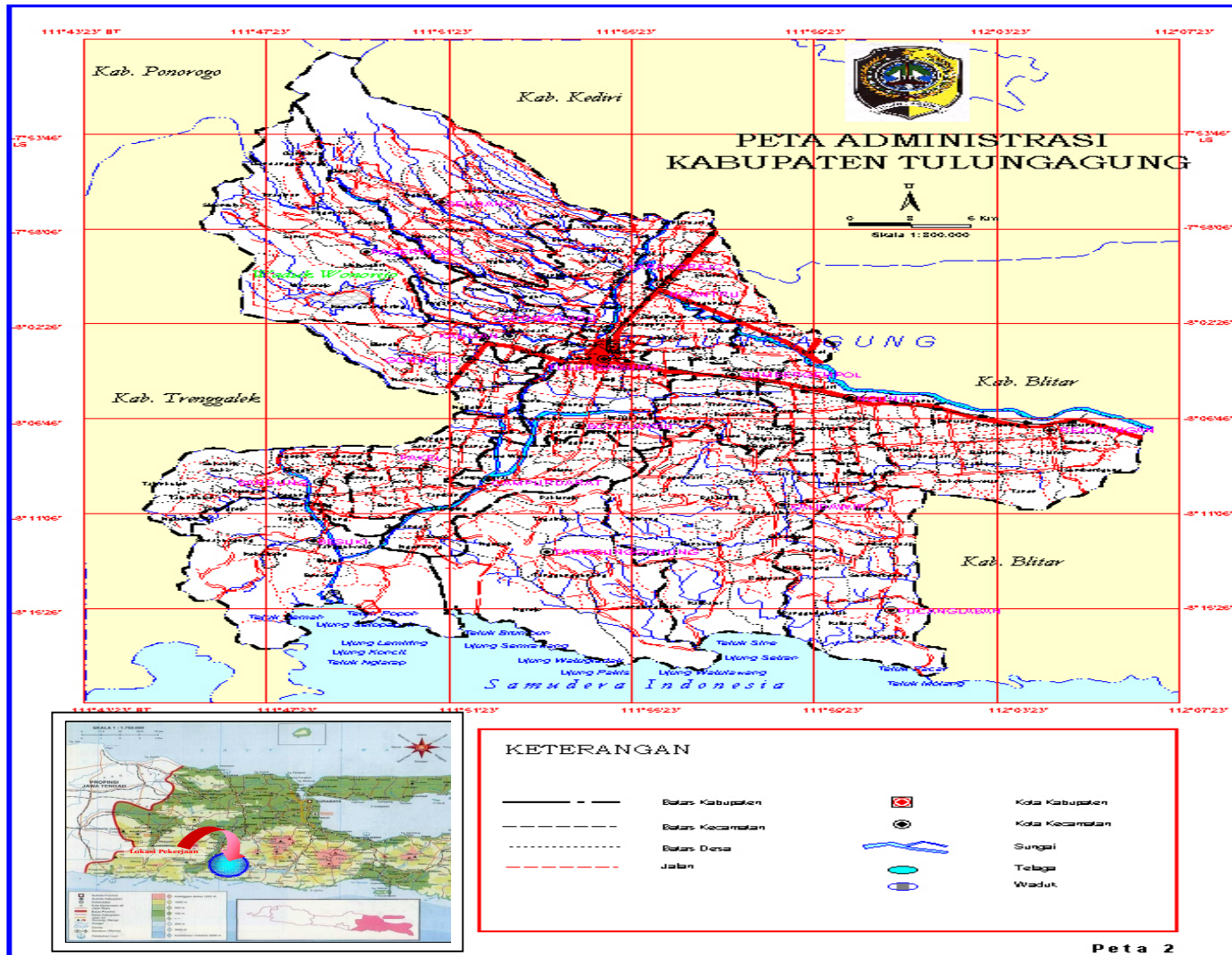
Ada beberapa cara pengendalian banjir, pertama perencanaan embung resapan, pelaksanaan ini memusat dan ditentukan dalam elevasi dan tempat yang tepat. Kedua normalisasi saluran pelaksanaan ini dengan cara memperlebar atau memperdalam dimensi saluran. Ketiga perubahan lahan pemukiman ke lahan tampungan hujan. Dari pertimbangan pelaksanaan diatas, pembuatan embung yang memungkinkan dilaksanakan sebagai penanggulangan banjir.

Setiap daerah pengaliran sungai mempunyai sifat-sifat khusus yang berbeda, hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada daerah pengaliran. Tipe embung berdasarkan materialnya, seperti Embung urukan homogen, Urukan majemuk, Pasangan batu/beton, dan Material Komposit. Oleh karena itu, sebelum memulai perencanaan konstruksi embung, perlu adanya kajian pustaka untuk menentukan spesifikasi-spesifikasi yang akan menjadi acuan dalam perencanaan pekerjaan konstruksi tersebut.

1.3 Lokasi Studi

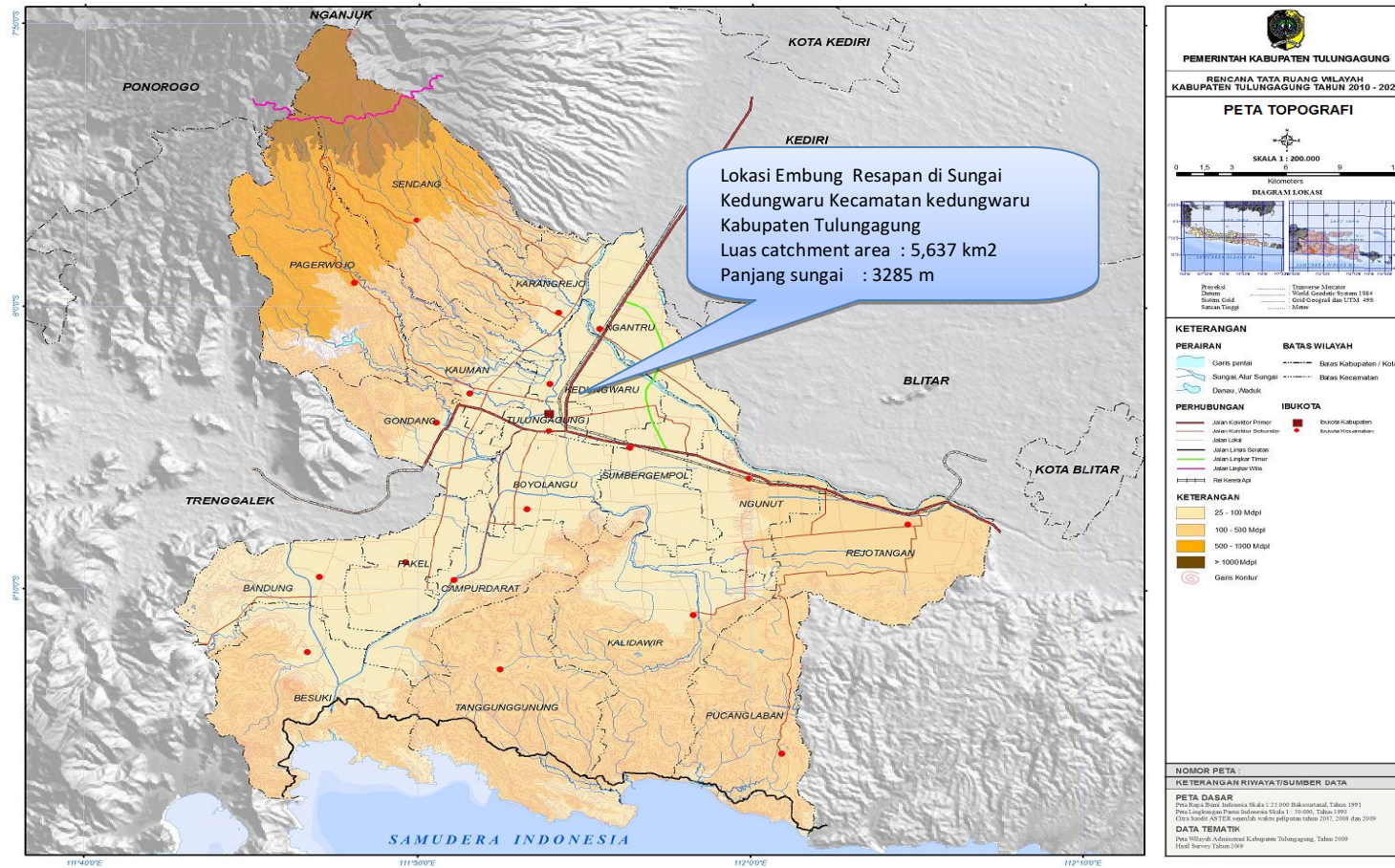
Lokasi studi ini berada pada wilayah administrasi Kecamatan Kedungwaru di Kabupaten Tulungagung. Kota Tulungagung secara astronomis terletak di antara $103^{\circ}43'$ - $104^{\circ}07'$ Bujur Timur dan $5^{\circ}51'$ - $7^{\circ}18'$ Lintang Selatan. Adapun batas-batas administrasinya adalah sebagai berikut :

Batas wilayah Utara	: Sungai Brantas, Desa Gendingan dan Desa Ngujang (Kecamatan Kedungwaru)
Batas wilayah Timur	: Kecamatan Sumbergempol (Desa Ringinpitu, dan Desa Tunggulsari)
Batas wilayah Selatan	: Desa Tanjungsari, Desa Serut dan Desa Sobontoro (Kecamatan Boyolangu)
Batas wilayah Barat	: Sungai Ngrowo, Kecamatan Kauman (Desa Mangunsari)

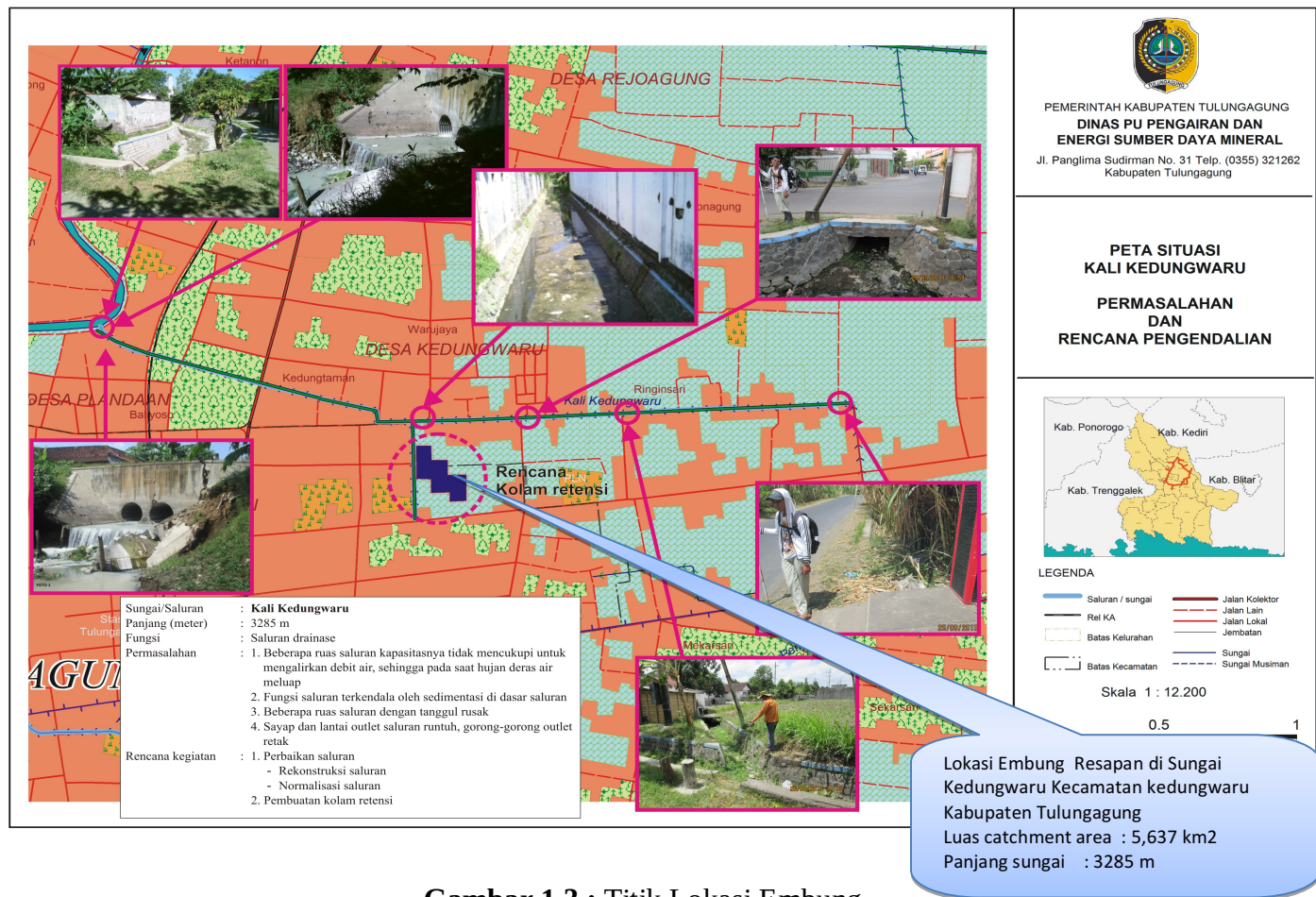


Gambar 1.1 :Peta Administrasi KabupatenTulungagung

(Sumber: MAP Provinsi Jawa Timur, 2012)



Gambar 1.2 :Peta Lokasi Study di Kabupaten Tulungagung
 (Sumber: MAP Provinsi Jawa Timur, 2012)



Gambar 1.3 : Titik Lokasi Embung

(Sumber: MAP Kabupaten Tulungagung, 2012)

1.4 Rumusan Masalah

Dalam studi ini perumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Pengaruh debit banjir dalam perencanaan embung?
- 2) Jenis perencanaan embung yang sesuai ketersediaan material yang ada ?
- 3) Dimensi embung yang akan di rencanakan ?
- 4) Pengaruh perencanaan embung terhadap pengendalian banjir?

1.5 Batasan Masalah

Dalam studi ini pembahasan hanya difokuskan pada :

- 1) Analisa Hidrologi.
- 2) Tipe Perencanaan Embung.
- 3) Dimensi Perencanaan Embung.
- 4) Stabilitas Perencanaan Embung.

1.6 Maksud Dan Tujuan

Maksud dari perencanaan embung ini adalah menampung air berlebih ketika terjadi hujan, sehingga tidak terjadi genangan, tidak hanya tampungan air hujan tapi juga termasuk kapasitas tampungan mati/sedimen dan mengatasi kekurangan pada air tanah pada saat musim kemarau.

Sedangkan tujuan dari perencanaan ini adalah sebagai setrategi pengendalian banjir menggunakan embung untuk mendapatkan tipe embung dan dimensi embung yang di pakai dalam perencanaan embung di Kali Kedungwaru di Kecamatan Kedungwaru Kabupaten Tulungagung.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN PERENCANAAN

2.1. Perencanaan Embung

Embung adalah bangunan konservasi air berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan atau air rembesan dari lahan tadah hujan sebagai cadangan kebutuhan air pada musim kemarau. Air embung berasal dari limpasan air hujan yang jatuh di daerah tangkapan. Ukuran embung di klasifikasikan sangat kecil, sedang, besar dan sangat besar.

Dalam pekerjaan perencanaan suatu embung diperlukan bidang-bidang ilmu pengetahuan yang saling mendukung demi kesempurnaan hasil perencanaan. Bidang ilmu pengetahuan itu antara lain geologi, hidrologi, hidrolika dan mekanika tanah.

2.2. Jenis Embung Berdasarkan Keadaan

2.2.1. Tipe Embung Berdasar Tujuan Pembangunannya

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

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

dan irigasi (pengairan), pengendalian banjir dan PLTA, air minum dan air industri, PLTA, pariwisata dan irigasi dan lain-lain.

2.2.2. Tipe Embung Berdasar Penggunaannya

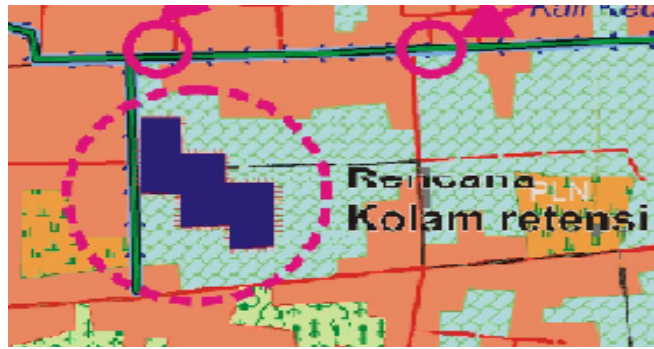
Menurut Soedibyo (1993) dibedakan menjadi :

- 1) Embung penampung air (*storage dams*) adalah embung yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan. Termasuk dalam embung penampung air adalah untuk tujuan rekreasi, perikanan, pengendalian banjir dan lain - lain.
- 2) Embung pembelok (*diversion dams*) adalah embung yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk keperluan mengalirkan air kedalam sistem aliran menuju ke tempat yang memerlukan.
- 3) Embung penahan (*detention dams*) adalah embung yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak. Air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (*outlet*). Air ditahan selama mungkin dan dibiarkan meresap di daerah sekitarnya.

2.2.3. Tipe Embung Berdasar Jalannya Air

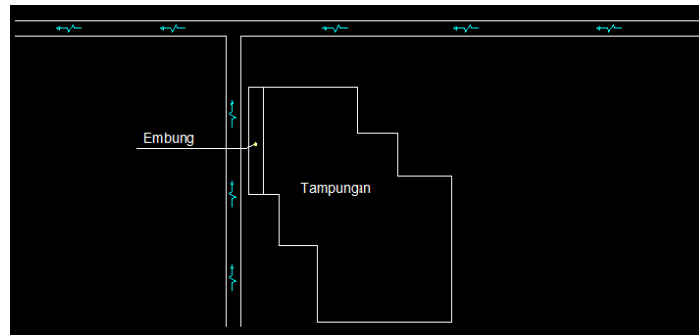
Ada 2 tipe yaitu embung untuk dilewati air dan embung untuk menahan air (dalam Sudibyo, 1993).

- 1) Embung untuk dilewati air (*overflow dams*) adalah embung yang dibangun untuk dilimpasi air misalnya pada bangunan pelimpah (*spillway*).



Gambar 2.1 : Rencana Rancangan Perletakan Embung

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



Gambar 2.2 : Rencana Rancangan Perletakan Embung

2.2.4. Tipe Embung Berdasarkan Material Pembentuknya.

Pemilihan tipe tergantung dari jenis fondasi, panjang/bentuk lembah, dan bahan bangunan yang tersedia di tempat. Tubuh embung bertipe urugan dapat dibangun pada pondasi tanah atau batu, sedangkan tipe pasangan batu atau beton hanya dapat dibangun pada pondasi batu. Di samping itu tipe pasangan batu atau beton karena mahal hanya disarankan bila lembah sempit (bentuk V) dimana kedua tebingnya curam dan terdiri dari material batu. Bilamana lembah panjang / lebar dan terdiri dari material batu maka tubuh bendung akan lebih murah bilamana dipilih tipe komposit.

1) Embung Urugan tanah homogen

Tubuh embung dapat didesain sebagai urugan homogen, dimana bahan urugan seluruhnya atau sebagian besar hanya menggunakan satu macam material saja, yaitu lempung atau tanah berlempung. Tubuh embung yang didesain dengan tipe ini harus memperhatikan kemiringan lereng dan muka garis preatik atau rembesan.

Kemiringan lereng umumnya cukup landai terutama untuk menghindari terjadinya longsoran di lereng udik pada kondisi surut cepat serta menjaga stabilitas lereng hilir urugan pada kondisi rembesan langgeng.

Untuk mengontrol rembesan diperlukan pembuatan sistem penyalir di kaki hilir urugan. Garis preatik harus diusahakan agar tidak keluar lewat lereng hilir.

2) Urugan majemuk

Tubuh embung dapat didesain sebagai urugan majemuk apabila tersedia material urugan lebih dari satu macam. Urugan terdiri dari urugan kedap air, urugan semi kedap air (transisi) dan urugan lulus air. Urugan kedap air atau inti kedap air umumnya dari lempung atau tanah berlempung, dan ditempatkan vertikal didesain di bagian tenah. Tanah bahan urugan inti harus mengandung lempung minimal 25% (perbandingan berat). Bagian inti tanah ini dilindungi dengan urugan semi kedap air di bagian udik dan hilirnya. Sedangkan bagian paling luar terdiri dari urugan lulus air. Dengan susunan seperti itu koefisien kelulusan air dan gradasi material berubah secara bertahap, makin ke luar makin besar. Untuk mencegah terangkutnya butiran halus, material urugan inti ke dalam urugan paling luar yang lulus air oleh aliran rembesan, maka urugan semi kedap air di hulu dan di hilir inti kedap air harus dapat berfungsi sebagai filter dan

transisi. Apabila tanah bahan inti tidak dapat diperoleh di tempat, maka inti dapat dibuat dari bahan substitusi, misal: beton atau semen tanah. Bila bahan substitusi dipakai maka inti mnenjadi relatif tipis, tebal minimal 0,60 m dan disebut diafragma.

3) Pasangan batu / beton

Apabila pondasi tubuh embung terdiri dari satuan batu, maka tubuh embung dapat dibuat dari pasangan batu / beton. Pada lembah yang sempit dan curam, berbentuk V, tubuh embung didesain berbentuk grafiti, sehingga stabilitasnya dapat diperoleh dari berat strukturnya sendiri. Tubuh embung bagian hilir didesain dengan kemiringan tidak lebih curam dari 1H : 1V, sedang tingginya maksimum diambil 7,00 m dari galian fondasi. Bangunan pelimpah yang menjadi satu dengan tubuh embung dapat berbentuk oge dan peredam energi USBR tipe I.

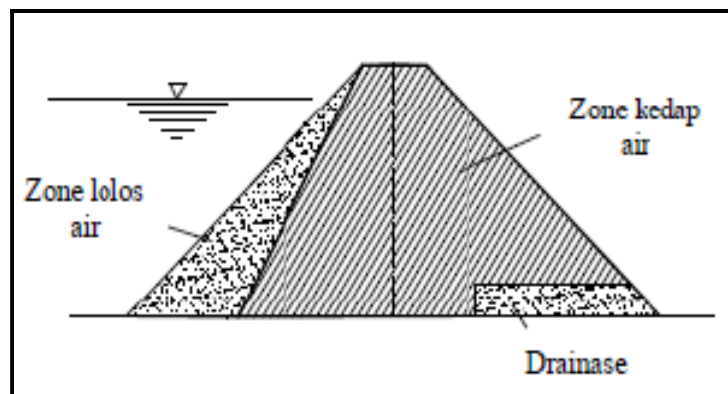
4) Komposit

Tipe komposit dibangun pada fondasi yang terdiri dari satuan batu, dengan lembah yang cukup panjang. Bangunan pelimpah dibangun menjadi satu dengan tubuh embung. Bangunan pelimpah didesain sebagai pelimpah dari pasangan batu atau beton, sedang tubuh embung dibangun di kiri kanan pelimpah yang dapat didesain sebagai urugan homogen atau urugan majemuk. Penetapan suatu tipe tubuh bendung yang sesuai dengan tempat kedudukan yang sesuai dengan tempat kedudukan embung dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut ini :

- a) Kualitas serta kuantitas dari bahan tubuh embung akan dikembangkan.
- b) Kondisi pengerjaan terhadap bahan tubuh embung, meliputi cara penggalian, pengolahan, pengangkutan dan sebagainya.
- c) Kondisi lapangan tanah pondasi pada kedudukan embung.

5) Dinding halang

Apabila kondisi tubuh embung terdiri dari material tanah yang lulus air di bagian atas, sedangkan material yang kedap air terletak cukup dalam di bawahnya, maka rembesan harus dikurangi agar tidak terjadi proses erosi buluh maupun kehilangan air yang cukup besar. Umumnya diperlukan dinding halang untuk menghubungkan lapisan kedap air di fondasi dengan zona kedap air dari urugan embung. Dinding halang dibangun pada paritan yang digali sejajar sumbu urugan hingga mencapai lapisan fondasi kedap air, dan dibuat dari lembah sampai pada kedua bukit tumpu. Lebar dasar paritan minimum 1,50 m dengan kemiringan galian lereng tidak boleh lebih curam dari 1h:1v. Paritan diisi dengan lapisan urugan kedap air dari lempung yang dipadatkan pada kondisi kadar air cukup tinggi (basah).



Gambar 2.3 : Embung urugan (*fill dams, embankment dams*)

2.3. Akuifer

Akuifer adalah lapisan batuan dibawah permukaan tanah yang mengandung air dan dapat dirembesi air. Akufer adalah formasi geologi atau grup formasi yang mengandung air dan secara signifikan mampu mengalirkan air melalui kondisi alaminya. Batasan lain yang digunakan adalah reservoir

air tanah, lapisan pembawa air. Toood (1955) menyatakan bahwa akuifer berasal dari bahasa latin yaitu aqui dari aqua yang berarti air dan ferre yang berarti membawa, jadi akuifer adalah lapisan pembawa air.

Suatu akuifer mempunyai dua fungsi penting, yaitu sebagai penyimpan laksana sebuah waduk dan sebagai penyalur air seperti jaringan pipa. Kedua fungsi itu diemban oleh pori-pori atau rongga di dalam batuan akuifer itu. Dua sifat yang berhubungan dan fungsinya sebagai penyimpan adalah porositas (porosity) dan hasil jenis (specific yield).

2.4. Air Tanah.

Air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap kedalam tanah dan bergabung memebentuk lapisan tanah. Lapisan yang mudah dilalui oleh air tanah disebut lapisan permable, seperti lapisan yang terdapat pada pasir atau krikil, sedangkan lapisan yang sulit dilalui air tanah disebut lapisan impermeable, seperti lapisan lempung atau geluh, lapisan yang dapat menangkap dan meloloskan air di sebut akuifer.

2.5. Bangunan Sumur Resapan.

Bangunan sumur resapan adalah salah satu rekayasa teknik konversi air berupa bangunan yang di buat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk sumur gali dengan kedalaman tertentu yang berfungsi sebagai tempat menampung air hujan yang jatuh di atas atap rumah atau daerah kedap air dan kolam retensi kemudian meresapkanya ke dalam tanah.

Sumur resapan berfungsi memberikan imbuhan air secara buatan dengan cara menginjeksi air hujan ke dalam tanah. Sasaran lokasi adalah daerah peresapan air di kawasan budidaya, permukiman, perkantoran, pertokoan, industri, sarana dan prasarana umum serta fasilitas umum.

2.6 Pemilihan Lokasi

Embung merupakan salah satu bagian dari perencanaan secara keseluruhan maka letaknya juga dipengaruhi oleh bangunan-bangunan lain seperti bangunan pelimpah, bangunan penyadap bangunan pengeluaran, bangunan untuk pembelokan sungai dan lain-lain (Soedibyo, 1993). Untuk menentukan lokasi dan denah embung harus memperhatikan beberapa faktor yaitu (Soedibyo, 1993) :

- 1) Tempat embung merupakan cekungan yang cukup untuk menampung air, terutama pada lokasi yang keadaan geotekniknya tidak lulus air, sehingga kehilangan airnya hanya sedikit.
- 2) Lokasinya terletak di daerah manfaat yang memerlukan air sehingga jaringan distribusinya tidak begitu panjang dan tidak banyak kehilangan energi.
- 3) Lokasi embung terletak di dekat jalan, sehingga jalan masuk (*access road*) tidak begitu panjang dan lebih mudah ditempuh.

2.7 Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari system kejadian air di atas, pada permukaan, dan di dalam tanah (dalam Soemarto, 1999). Faktor hidrologi yang sangat berpengaruh adalah curah hujan (*presipitasi*). Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya. Analisis hidrologi digunakan untuk

mengetahui debit aliran sungai dan parameter-parameter lainnya yang diperlukan dalam perencanaan Embung Panohan. Analisis Hidrologi meliputi :

2.7.1 Curah Hujan Areal Maksimum

Sebelum menghitung curah hujan wilayah harus diketahui luas DAS, letak stasiun hujan, dan data curah hujan. Luas DAS diukur berdasar peta topografi dengan AutoCAD untuk peta digital, atau Planimeter untuk peta manual. Metode-metode dalam perhitungan curah hujan wilayah penangkar atau pencatat. (*Hidrologi Teknik; C. D. Soemarto, 31:1986*) yaitu :

A. Rerata Aljabar

Tinggi rata-rata Aljabar curah hujan didapatkan dengan mengambil harga rata-rata hitung (*Arithmetic Mean*) dari penakaran pada pos penakar hujan areal tersebut. Rumus yang dipakai sebagai berikut:

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad 2.1$$

Dengan :

d = Tinggi curah hujan rata-rata areal

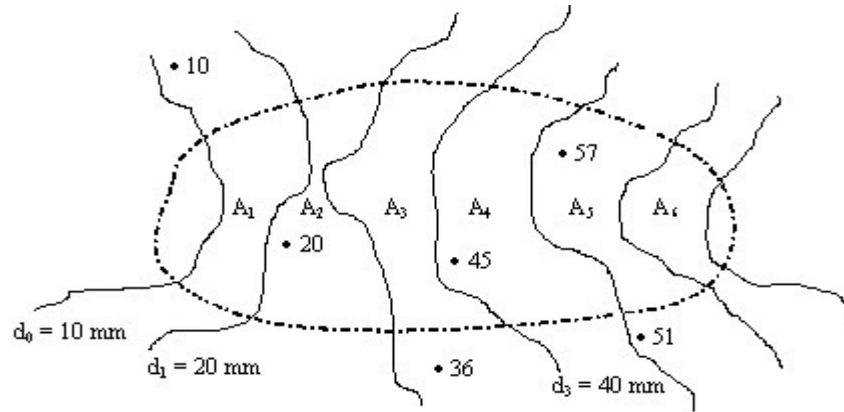
$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = Tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, 3, ..., n

n = Banyaknya pos penakar hujan.

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya, asalkan pos-pos penakarnya terbagi merata diareal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari rata-rata pos penakar

B. Isohyet

Dalam hal ini kita harus menggambar dahulu garis contour/garis tranches dengan tinggi hujan yang sama (isohyet), seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.4. Peta Isohyet

Kemudian luas di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur dan harga rata-ratanya dihitung sebagai harga rata-rata timbang dari nilai kontur, seperti berikut ini :

$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2} A_1 + \frac{d_1+d_2}{2} A_2 + \dots \frac{d_{n-1}+d_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots A_n} = \frac{\sum_1^n \frac{d_{i-1}+d_i}{2} A_i}{\sum_i^n A_i} = \frac{\sum_1^n \frac{d_{i-1}+d_i}{2} A_i}{A} \quad 2.2$$

Dengan :

A = Luas daerah

$\bar{d}$ = Tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_0, d_1, d_2, \dots, d_n$ = Tinggi curah hujan pada pos penakar 0, 1, 2, ..., n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas bagian areal yang dibatasi oleh Isohyet –
Isohyet yang bersangkutan

Ini adalah cara yang paling teliti, tetapi membutuhkan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat guna memungkinkan untuk membuat garis-garis

isohyet. Cara ini memberikan hasil yang dapat dipercaya, asalkan pos-pos penakarnya terbagi rata di areal tersebut dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari harga rata-rata seluruh pos penakar. Metode yang sering digunakan dalam menghitung curah hujan maksimum adalah dengan menggunakan metode Thiessen. (*Hidrologi Teknik; C. D. Soemarto, 33:1986*)

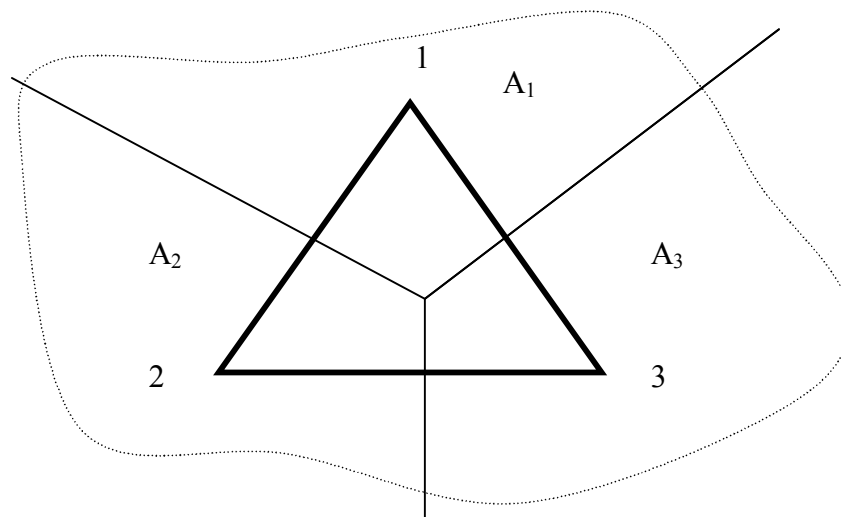
C. Cara Polygon Thiessen

Cara ini berdasar rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata (Mori, 1977). Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau koefisien *Thiessen*. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien *Thiessen* tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah – tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan rumus 2.3 (Soemarto, 1999) :

Misal A_1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1, A_2 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 2 dan seterusnya.

$$A_1 + A_2 + \dots A_n = A \quad 2.3$$

adalah jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi hujan rata – ratanya.



Gambar 2.5. : Metode Poligon Thiessen

Jika pos penakar 1 menakar R_n , maka :

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad 2.4$$

$$\text{Jika } \frac{A_i}{A} = P_i \text{ maka } \bar{R} = \sum_{i=1}^n P_i R_i \quad 2.5$$

Dengan :

A = Luas area

P = Bobot atau Prosentase Luas

$\bar{R}$ = Tinggi curah hujan rata-rata

$R_1, R_2, \dots, R_n$ = Tinggi curah hujan di pos 1,2,...,n

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = Luas daerah pengaruh pos 1,2,...,n

Hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah sebagai berikut :

- 1) Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah stasiun.
- 2) Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan.
- 3) Topografi daerah tidak diperhitungkan.
- 4) Stasiun hujan tidak tersebar merata.

2.7.2 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Dengan menganalisis jenis-jenis distribusi curah hujan didapatkan curah hujan dengan periode ulang tertentu. Curah hujan tersebut digunakan dalam perhitungan untuk mendapatkan debit banjir rencana. Jenis-Jenis distribusi yang biasa digunakan dalam analisis hidrologi adalah :

A. Metode EJ Gumbel

Metode ini digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekwensi banjir. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{x} + K \cdot S \quad 2.6$$

Dengan :

X_T = Curah Hujan Rancangan

$\bar{x}$ = Curah Hujan Rata-rata

K = Faktor Frekuensi

S = Standart Deviasi

1) $\bar{x}$ = harga rata-rata dari data

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n x_i \quad 2.7$$

2) S = standart deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad 2.8$$

3) Faktor Frekuensi (K)

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad 2.9$$

Dengan :

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(Tr - 1)}{Tr} \right\} \right] \quad 2.10$$

Tabel 2.1. Hubungan Data Rata-rata (Yn) dan Deviasi Standar (Sn)

N	Yn	Sn	n	Yn	Sn
49	0.5481	1.1590	95	0.5593	1.2038
50	0.5485	1.1607	96	0.5595	1.2044
51	0.5489	1.1623	97	0.5596	1.2049
52	0.5493	1.1638	98	0.5598	1.2055
53	0.5497	1.1658	99	0.5599	1.2060
54	0.5501	1.1667	100	0.5600	1.2065
55	0.5504	1.1681			

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2.2. Hubungan Data Rata-rata (Yn) dan Deviasi Standar (Sn)

N	Yn	Sn	n	Yn	Sn
10	0.4952	0.9496	56	0.5508	1.1696
11	0.4996	0.9676	57	0.5511	1.1708
12	0.5035	0.9833	58	0.5515	1.1721
13	0.5070	0.9971	59	0.5518	1.1734
14	0.5100	1.0095	60	0.5521	1.1747
15	0.5128	1.0206	61	0.5524	1.1759
16	0.5157	1.0316	62	0.5527	1.1770
17	0.5181	1.0411	63	0.5530	1.1782
18	0.5202	1.0493	64	0.5533	1.1793
19	0.5220	1.0565	65	0.5535	1.1803
20	0.5236	1.0628	66	0.5538	1.1814
21	0.5252	1.0696	67	0.5540	1.1824
22	0.5268	1.0754	68	0.5543	1.1834
23	0.5283	1.0811	69	0.5545	1.1844
24	0.5296	1.0864	70	0.5548	1.1854
25	0.5309	1.0915	71	0.5550	1.1863
26	0.5320	1.0961	72	0.5552	1.1873

27	0.5332	1.1004	73	0.5555	1.1881
28	0.5343	1.1047	74	0.5557	1.1890
29	0.5353	1.1086	75	0.5559	1.1898
30	0.5362	1.1124	76	0.5561	1.1906
31	0.5371	1.1159	77	0.5563	1.1915
32	0.5380	1.1193	78	0.5565	1.1923
33	0.5388	1.1226	79	0.5567	1.1930
34	0.5396	1.1255	80	0.5569	1.1938
35	0.5402	1.1285	81	0.5570	1.1945
36	0.5410	1.1313	82	0.5572	1.1953
37	0.5418	1.1339	83	0.5574	1.1959
38	0.5424	1.1363	84	0.5576	1.1967
39	0.5430	1.1388	85	0.5578	1.1973
40	0.5436	1.1413	86	0.5580	1.1980
41	0.5442	1.1436	87	0.5581	1.1987
42	0.5448	1.1458	88	0.5583	1.1994
43	0.5453	1.1480	89	0.5585	1.2001
44	0.5458	1.1499	90	0.5586	1.2007
45	0.5463	1.1519	91	0.5587	1.2013
46	0.5468	1.1538	92	0.5589	1.2020
47	0.5473	1.1557	93	0.5591	1.2026
48	0.5477	1.1574	94	0.5592	1.2032

Sumber : Soewarno, 1995

B. Log Pearson Type III

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

$$Y = \bar{Y} + K.S \quad (\text{Soemarto,1999}) \quad \mathbf{2.11}$$

di mana :

X = curah hujan

Y = nilai logaritmik dari X atau log X

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

S = deviasi standar nilai Y

K = karakteristik distribusi peluang log-pearson tipe III

Langkah-langkah perhitungan kurva distribusi Log Pearson Tipe III adalah :

1) Tentukan logaritma dari semua nilai varian X

2) Hitung nilai rata-ratanya :

a) Curah Hujan Rata – rata :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log}X}{n} \quad 2.12$$

b) Simpangan Baku :

$$Si = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log}X - \overline{\text{Log}X})^2}{(n-1)}} \quad 2.13$$

c) Koefisien Kepencengan :

$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log}X - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma \text{Log}X)^3} \quad 2.14$$

d) Persamaan Log Person Type III :

$$\text{Log } x_T = \overline{\text{Log}X} + (G \times Si) \quad 2.15$$

Dengan :

Log x_T = Nilai ekstrim dengan kala ulang t tahun

$\overline{\text{Log}X}$ = Nilai rata – rata curah hujan

G = Fungsi kala ulang

Si = Simpangan baku

Tabel 2.3. :Harga G untuk Distribusi Log Pearson Type III

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : Soewarno, 199

2.7.3 Uji Kesesuaian Distribusi Sebaran

Uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia. Dalam studi ini, untuk keperluan analisis uji kesesuaian distribusi diperlukan dua metode statistik, yaitu *Uji Chi Square* dan *Uji Smirnov-Kolmogorov*.

A) Uji Sebaran Chi Kuadrat (*Chi Square Test*)

Dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 (Soewarno, 1995:194):

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad 2.16$$

Dengan :

X^2 = Parameter *Chi Square* terhitung

G = Jumlah sub grup

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub grup ke i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub grup ke i

Adapun langkah-langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995:194) :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap subgrup minimal empat data
- 3) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap subgrup

- 4) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- 5) Tiap-tiap subgrup hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad 2.17$$

- 6) Jumlah seluruh G sub nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ menentukan nilai *Chi Square* hitung
- 7) Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (nilai $R=2$, untuk distribusi normal dan binominal, dan nilai $R = 1$ untuk distribusi *poisson*)

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

- 1) Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- 2) Apabila peluang lebih kecil dari 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
- 3) Apabila peluang berada diantara 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, perlu penambahan data.

Tabel 2.4. : Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square

dk	α derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,41	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : Soewarno, 1991

B) Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut Δ_{maks} . Prosedur perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov adalah:

- 1) Data diurutkan dari kecil ke besar
- 2) Menghitung peluang empiris (S_n) dengan rumus Weibull

$$S_n(x) = \frac{m}{n+1} \quad 2.18$$

Dengan :

$S_n(x)$ = Posisi data x menurut data pengamatan

m = Nomor urut data

n = Banyaknya data

- 3) Menghitung peluang teoritis (P_t) dengan rumus:

$$P_t = 1 - P_r \quad 2.19$$

Dengan:

P_r = Probabilitas yang terjadi

- 4) Simpangan maksimum (Δ_{maks}) dengan rumus:

$$\Delta_{\text{maks}} = |P_x(x) - S_n(x)| \quad 2.20$$

- 5) Menentukan nilai Δ_{cr}
- 6) Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta < \Delta_{\text{cr}}$ maka distribusi terpenuhi dan apabila $\Delta > \Delta_{\text{cr}}$ maka distribusi tidak terpenuhi.

Tabel 2.5. : Harga Kritis (ΔCr) Untuk Smirnov Kolmogorov Test

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

Sumber : Soewarno, 1991

2.7.4 Distribusi Hujan Jam - jaman

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

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} x \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}} \quad 2.21$$

Dengan :

R_t = Intensitas curah hujan (mm/jam)

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

t_c = Lamanya curah hujan (jam)

Maka untuk $R_{24} = 100\%$ didapatkan hubungan waktu hujan dengan ratio Jam ke t yaitu dengan persamaan.

$$R_t = t - R_t - (t-1) - R(t-1) \quad 2.22$$

Dengan :

R_t = Cutah hujan pada hujan ke T (mm/jam)

R_T = Intensitas curah hujan dalam T (mm/jam)

$R_{0(t-1)}$ = Hujan dari awal sampai hujan ke (T-1)

t = Waktu hujan dari awal sampai dengan hujan ke t

T = Waktu mulai hujan

2.7.5 Koevisien pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara limpasan air hujan dengan total hujan yang menyebabkan limpasan. Sehingga untuk menghitung besarnya koefisien pengaliran rata – rata digunakan rumus rata – rata hitung sebagai berikut (CD. Soemarto, 1978,217) :

$$C = \frac{(A_1.C_1) + (A_2.C_2) + + (A_n.C_n)}{A_1 + A_2 + + A_n} \quad 2.23$$

Dengan :

C = Koefisien pengaliran

$A_1 A_2 A_n$ = Luas daerah pengaliran sungai (km²)

$C_1 C_2 C_n$ = Koefisien pengaliran pada tata guna lahan yang berbeda

Tabel 2.6. Koefisien Pengaliran

Kawasan	Tata Guna lahan	Nilai Koefisien Pengaliran (C)
perkotaan	Kawasan Pemukiman	
	— Kawasan rendah	0,25 - 0,40
	— Kawasan sedang	0,40 - 0,70
	— Kawasan tinggi	0,70 - 0,80
	Kawasan Perdagangan	0,90 - 0,95
	Kawasan Industri	0,80 - 0,90
	Taman Jalur Hijau, Kebun, dll	0,20 - 0,30
Pedesaan	Perbukitan , Kemiringan < 20 %	0,40 - 0,60
	Kawasan Jurang, Kemiringan > 20 %	0,50 - 0,60
	Lahan dengan Terasering	0,25 - 0,35
	Persawahan	0,70 - 0,80

Sumber : Ir. S. Hindarko; 2000

2.7.6 Hujan Evektif

Berdasarkan pada hasil perhitungan hujan rencana dengan metode *Log Person III* dan perhitungan distribusi hujan jam – jaman, maka dapat dihitung hujan efektif dengan dengan menggunakan persamaan :

$$R_n = C \cdot R \quad 2.24$$

Dengan :

R_n = Curah hujan efektif (mm)

C = Koefisien pengaliran

R = Curah hujan rencana (mm)

2.7.7 Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Nakayasu berasal dari jepang, yang telah menyelidiki satuan pada beberapa sungai di jepang. Ia mebuat rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penyelidikanya Untuk mencari debit banjir rancangan dapat digunakan beberapa metode diantaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan.

Metode ini paling banyak dikembangkan sehingga didapat rumus sebagai berikut
(dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1984) Metode Rasional :

A) Metode Nakayasu

Nakayasu berasal dari Jepang, yang telah menyelidiki satuan pada beberapa sungai di Jepang. Ia membuat rumus hidrograf satuan sintetik dari hasil penelitiannya. Rumus tersebut adalah:

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3.6(0.3T_p + T_{0.3})} \quad 2.25$$

Dengan :

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/dtk)

R_0 = Hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak
Hujan (jam)

$T_{0.3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit
puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

C = Koefisien pengaliran

A = Luas DAS

Langkah-langkah penggambaran grafik:

- 1) Tentukan nilai T_g (waktu konsentrasi), dimana mempunyai nilai yang tergantung pada L (panjang alur sungai). Jika $L < 15$ km $T_g = 0.27.L^{0.7}$ dan jika $L > 15$ km maka $T_g = 0.4 + 0.058.L$.
- 2) Tentukan nilai T_r yang nilainya antara $0.5.T_g$ sampai dengan $1.T_g$.
- 3) Cari T_p dengan rumus $T_p = T_g + 0.8.T_r$ 2.26

4) Tentukan nilai $T_{0.3}$ yaitu nilai dimana ordinatnya sama dengan 0.3 . Q_p . Nilai $T_{0.3}$ dapat dicari dengan rumus $T_{0.3} = 2 \cdot T_g$.

5) Cari Q_p dengan rumus umum tersebut diatas. Gambar grafik dengan batasan-batasan sebagai berikut:

a) bagian lengkung naik dengan batasan waktu (t) adalah $0 < t < T_p$ fungsi yang

$$\text{berlaku } Q_n = Q_p = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \quad 2.27$$

b) bagian lengkung lebgkung turun pertama dengan batasan waktu (t) adalah $0 < t < (T_p + T_{0.3})$ dimana ordinat hidrograf satuannya antara $Q_p - 0.3 \cdot Q_p$, fungsi

$$\text{yang berlaku } Q_{d1} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p}{T_{0.3}} \right)} \quad 2.28$$

c) bagian lengkung turun kedua dengan batasan waktu (t) adalah $(T_p + T_{0.3}) < T < (T_p + T_{0.3} \cdot 1.5 \cdot T_{0.3})$, 2.29

$$\text{fungsi yang berlaku } Q_{d2} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p + 0.5 T_{0.3}}{1.5 T_{0.3}} \right)} \quad 2.30$$

d) bagian lengkung turun ketiga dengan batasan waktu (t) adalah

$$> T < (T_p + T_{0.3} \cdot 1.5 \cdot T_{0.3}), \text{ fungsi yang berlaku } Q_{d3} = Q_p \cdot 0.3^{\left(\frac{t - T_p + 1.5 T_{0.3}}{2 T_{0.3}} \right)} \quad 2.31$$

Dengan :

R_t = Intesitas hujan rata-rata dalam 1jam

R_{24} = Curah hujan efektif dalam 1 jam

T = Waktu mulai hujan

T_g = Waktu konsentrsi hujan

Untuk daerah Indonesia rata-rata 5 jam, maka:

Dengan rumus:

$$R_t = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad 2.32$$

$$T_1 = 1 \text{ jam} = R_1 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,58 R_{24} \quad 2.33$$

$$T_2 = 2 \text{ jam} \quad R_2 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{2} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,37 R_{24} \quad 2.34$$

$$T_3 = 3 \text{ jam} \quad R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{3} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,28 R_{24} \quad 2.35$$

$$T_4 = 4 \text{ jam} \quad R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{4} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,23 R_{24} \quad 2.36$$

$$T_5 = 5 \text{ jam} \quad R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,20 R_{24} \quad 2.37$$

Setelah didapat sebaran hujan jam – jaman, kemudian dihitung presentase hujan jam – jaman sebagai berikut :

$$R_t = t \cdot R_T - (t-1) \cdot R_{O(t-1)} \quad 2.38$$

Dengan :

R_t = Curah hujan pada jam ke T

R_T = Intensitas hujan dalam T jam (mm/jam)

$R_{O(t-1)}$ = Hujan dari awal sampai dengan jam ke (T-1)

T = Waktu hujan dari awal sampai dengan jam ke t

T = Waktu mulai hujan

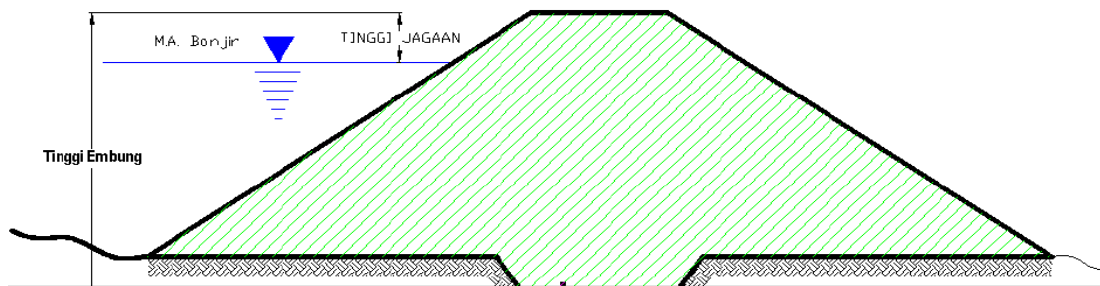
2.8 Perencanaan Teknis Embung

2.8.1 Dimensi Embung

1) Elevasi Puncak Embung

Elevasi puncak embung adalah elevasi tinggi muka air banjir yang didapat dari penelusuran banjir melalui pelimpah dan tinggi jagaan.

Tinggi jagaan adalah jarak bebas antara mercu embung dengan permukaan air maksimum rencana. Tinggi jagaan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:



Gambar 2.6. : Penentuan Tinggi Jagaan (Free Board)

Alternatif 1

$$H_{F1} \geq \Delta h + (h_w \text{ atau } \frac{H_e}{2}) + h_a + h_i \quad 2.39$$

Alternatif 2

$$H_{F2} \geq h_w + (\frac{H_e}{2}) + h_a + h_i \quad 2.40$$

di mana :

H_f = tinggi jagaan

Δh = tinggi kenaikan permukaan air waduk yang terjadi akibat
timbulnya banjir abnormal

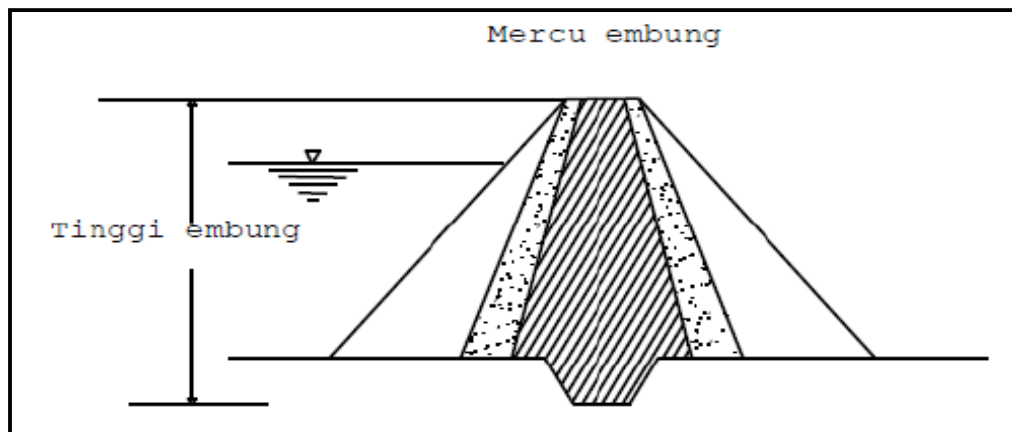
H_w = tinggi ombak akibat tiupan angin

H_e = tinggi ombak akibat gempa

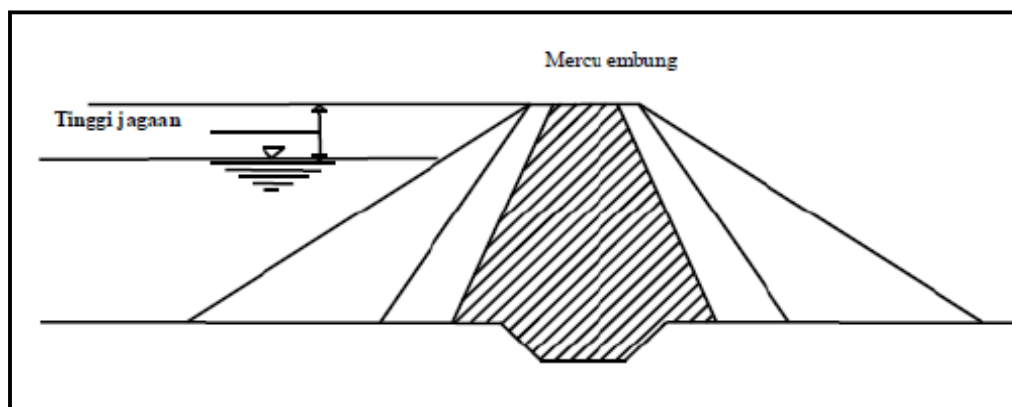
H_a = tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk,
apabila terjadi kemacetan-kemacetan pada pintu
bangunan pelimpah.

H_i = tinggi tambahan didasarkan pada tingkat urgensi waduk

Dari persamaan-persamaan diatas dapat dipilih besarnya tinggi jagaan
yang sesuai dengan embung.



Gambar 2.7. : Detail Tinggi Embung (Free Board)



Gambar 2.8. : Detail Tinggi Embung (Free Board)

2.8.2 Kapasitas Tampungan Embung

Perhitungan parameter-parameter dalam menentukan tinggi jagaan.

- 1) Tinggi kenaikan permukaan air yang disebabkan oleh banjir abnormal (Δh)

dihitung berdasarkan persamaan 2.127.

$$\Delta H = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha Q_0}{Q} \cdot \frac{h}{1 + \frac{Axh}{Q \times T}} \quad 2.41$$

di mana :

Q_0 = debit banjir rencana (m³/det)

Q = kapasitas rencana (m³/det)

α = 0.2 untuk bangunan pelimpah terbuka

α = 1.0 untuk bangunan pelimpah tertutup

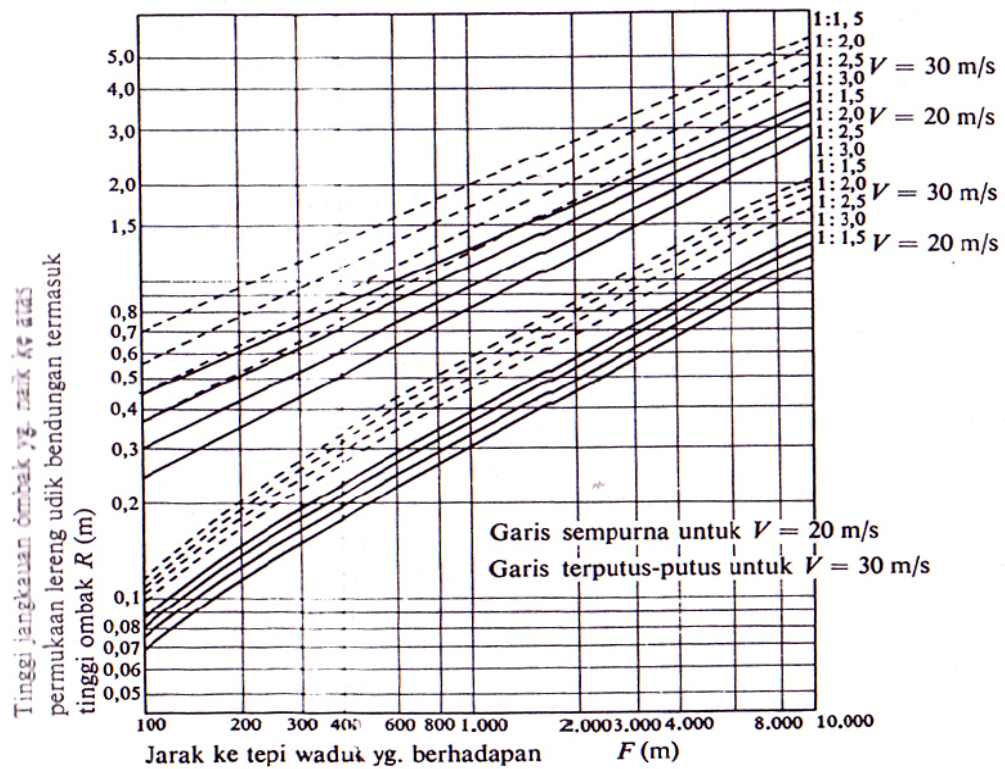
h = kedalaman pelimpah rencana (m)

A = luas permukaan air waduk pada banjir rencana (km²)

T = durasi terjadinya banjir abnormal (1 s/d 3 jam)

- 2) Tinggi ombak yang disebabkan oleh angin (h_w)

Tinggi ombak yang disebabkan oleh angin ini perhitungannya sangat dipengaruhi oleh panjangnya lintasan ombak (F) dan kecepatan angin di atas permukaan air waduk. Perhitungan tinggi ombak (h_w) ini menggunakan grafik metode SMB yang dikombinasikan dengan metode *Saville*.



Gambar 2.9.: Grafik perhitungan metode SMB (Suyono Sosrodarsono, 1989)

3) Tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa (he) Digunakan

Tabel 2.7. : Faktor koreksi (DHV Consultant, 1991)

Tipe Batuan	Faktor (V)
Rock Foundation	0,9
Diluvium (Rock Fill Dam)	1,0
Aluvium	1,1
Soft Aluvium	1,2

Sumber: Sosrodarsono Suyono, Kensaku Takeda, 1984

Tabel 2.8. : Percepatan dasar gempa (DHV Consultant, 1991)

Periode Ulang (tahun)	Percepatan dasar gempa (Ac) (cm/dt²)
10	98,42
20	119,62
50	151,72
100	181,21
200	215,81
500	271,35
1000	322,35
5000	482,80
10000	564,54

Sumber: Sosrodarsono Suyono, Kensaku Takeda, 1984

2.8.3 Panjang Embung

Yang dimaksud dengan panjang embung adalah seluruh panjang mercu embung yang bersangkutan, termasuk bagian yang digali pada tebing-tebing sungai di kedua ujung mercu tersebut. Apabila bangunan pelimpah atau bangunan penyadap terdapat pada ujung-ujung mercu, maka lebar bangunan-bangunan pelimpah tersebut diperhitungkan pula dalam menentukan panjang embung (Sosrodarsono, 1989).

2.8.4 Kemiringan Lereng Embung

Kemiringan lereng tanggul adalah perbandingan antara panjang garis vertikal yang melalui puncak dengan panjang garis horizontal yang melalui tumit masing-masing.

Tabel 2.9. : Kemiringan tanggul yang diajurkan

Material Urugan	Material Utama	Kemiringan Lereng Vertikal : Horizontal	
		Hulu	Hilir
1. Urugan Homogen	CH CL SC GC GM SM	1 : 3	1 : 2,25
2. Urugan Majemuk			
a) Urugan Batu Dengan Inti Lempung Atau dinding Diafragma	Pecahan Batu	1 : 1.50	: 1,25
b) Kerakal _ Kerakal Dengan Lempung Atau Dinding Diafragma	Kerikil- Kerakal	1 : 2.50	1: 1,75

Sumber : Ir. S. Hindarko; 2000

2.8.5 Lebar Puncak Embung

Lebar puncak dari embung tipe urugan ditentukan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut ini.

- 1) Bahan timbunan asli (alam) dan jarak minimum garis rembesan melalui timbunan pada elevasi muka air normal.
- 2) Pengaruh tekanan gelombang di bagian permukaan lereng hulu.
- 3) Tinggi dan tingkat kepentingan dari konstruksi bendungan.
- 4) Kemungkinan puncak bendungan untuk jalan penghubung.
- 5) Pertimbangan praktis dalam pelaksanaan konstruksi.

Formula yang digunakan untuk menentukan lebar puncak pada bendungan urugan persamaan 2.128

$$w = \frac{z}{5} + 10 \quad (\text{USBR, 1987}) \quad 2.42$$

dengan :

w = Lebar puncak bendungan (*feet*),

z = Tinggi bendungan di atas dasar sungai (*feet*).

Atau dengan menggunakan persamaan:

$$w = 3,6H^{\frac{1}{3}} - 3,0 \quad 2.43$$

(Sosrodarsono & Takeda, 1977)

dengan :

b = Lebar puncak (meter),

H = Tinggi bendungan (meter).

Untuk bendungan-bendungan kecil (Embung), yang diatasnya akan dimanfaatkan untuk jalan raya, lebar minimumnya adalah 4 meter, sementara untuk jalan biasa cukup 2,5 meter. Lebar bendungan kecil dapat digunakan pedoman dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 2.10. : Lebar Puncak Bendungan Kecil (Embung) yang Dianjurkan.

Tinggi Embung, m	Lebar Puncak, m
2,0 - 4,5	2,50
4,5 - 6,0	2,75
6,0 - 7,5	3,00
7,5 - 9,0	4,00

Sumber: Sosrodarsono & Takeda, 1977

2.9 Material Konstruksi

Material konstruksi embung tergantung pada jenis material yang mudah didapatkan pada lokasi pembangunan embung. Pada saat perencanaan diperlukan investigasi untuk menentukan material konstruksi yang tersedia di lokasi pembangunan. Bahan embung harus diusahakan sedekat mungkin dengan lokasi pekerjaan karena sangat mempengaruhi biaya pengangkutan dan biaya proyek secara keseluruhan.

2.9.1 Pondasi Embung

Keadaan geologi pada pondasi embung sangat mempengaruhi pemilihan tipe embung, oleh karena itu penelitian dan penyelidikan geologi perlu dilaksanakan dengan baik. Pondasi suatu embung harus memenuhi 3 (tiga) persyaratan penting yaitu (Soedibyo, 1993) :

- 1) Mempunyai daya dukung yang mampu menahan bahan dari tubuh embung dalam berbagai kondisi.
- 2) Mempunyai kemampuan penghambat aliran filtrasi yang memadai, sesuai dengan fungsinya sebagai penahan air.
- 3) Mempunyai ketahanan terhadap gejala-gejala sufosi (*piping*) dan sembulan (*boiling*) yang disebabkan oleh aliran filtrasi yang melalui lapisan-lapisan pondasi tersebut.

Sesuai dengan jenis batuan yang membentuk lapisan pondasi, maka secara umum pondasi embung dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu (Soedibyo, 1993):

- 1) Pondasi batuan (*Rock foundation*)
- 2) Pondasi pasir atau kerikil
- 3) Pondasi tanah.

2.9.2 Tubuh Embung

A) Embung urugan (*fill dams, embankment dams*)

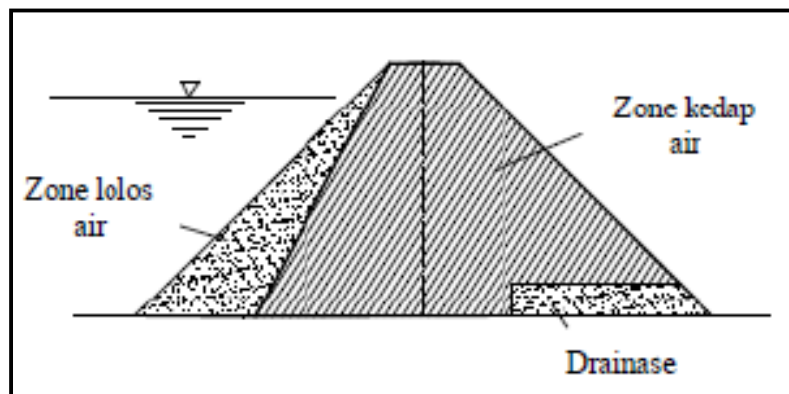
adalah embung yang dibangun dari penggalian bahan (material) tanpa tambahan bahan lain bersifat campuran secara kimia jadi bahan pembentuk embung asli. Terbuat dari bahan tanah, Embung ini dibagi menjadi dua yaitu embung urugan serba sama (*homogeneous dams*)

1) Bahan Gradasi Halus.

apabila bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari tanah sejenis dan gradasinya (susunan ukuran butirannya) hampir seragam.

2) Bahan Canmpuran Gradasi Halus dan Kasar.

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



Gambar 2.10. : Embung urugan (*fill dams, embankment dams*)

2.10 Stabilitas Tubuh Embung Terhadap Rembesan

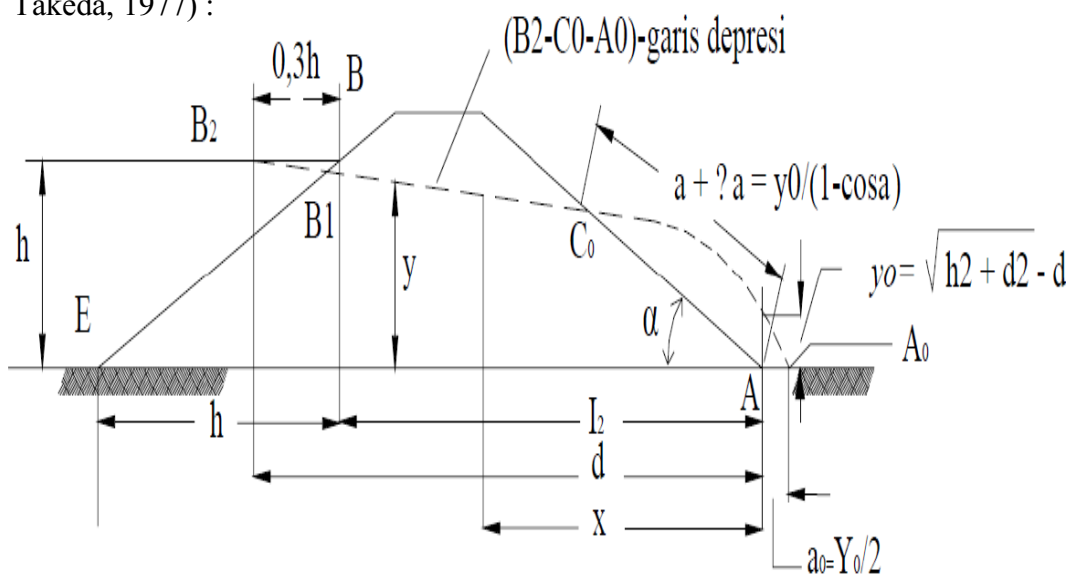
Baik embung maupun pondasinya diharuskan mampu menahan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh adanya air filtrasi yang mengalir melalui celah-celah antara butiran-butiran tanah pembentuk tubuh embung dan pondasi tersebut.

Hal tersebut dapat diketahui dengan mendapatkan formasi garis depresi (*seepage flow – net*) yang terjadi dalam tubuh dan pondasi embung tersebut. Garis depresi didapat dengan persamaan parabola bentuk dasar pada Gambar dibawah ini.

A = titik perpotongan antara parabola bentuk besar garis depresi dengan garis vertikal melalui titik B

B = titik yang terletak sejauh $0,3 l$ horisontal ke arah hulu dari titik B

Akan tetapi garis parabola bentuk dasar ($B_2-C_0-A_0$) diperoleh dari persamaan tersebut, bukanlah garis depresi sesungguhnya, masih diperlukan penyesuaian menjadi garis B-C-A yang merupakan bentuk garis depresi yang sesungguhnya seperti tertera pada Gambar 2.17 sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 1977) :



Gambar 2.11. : Garis depresi pada embung homogen (sesuai dengan garis parabola) (Sosrodarsono & Takeda, 1977)

Pada titik permulaan, garis depresi berpotongan tegak lurus dengan lereng hulu embung, dan dengan demikian titik C_0 dipindahkan ke titik C sepanjang Δa . Panjang Δa tergantung dari kemiringan lereng hilir embung, dimana air filtrasi

tersembul keluar yang dapat dihitung dengan rumus berikut (Sosrodarsono & Takeda,1977) :

$$a + \Delta a = \frac{\gamma_0}{1 - \cos \alpha} \quad 2.44$$

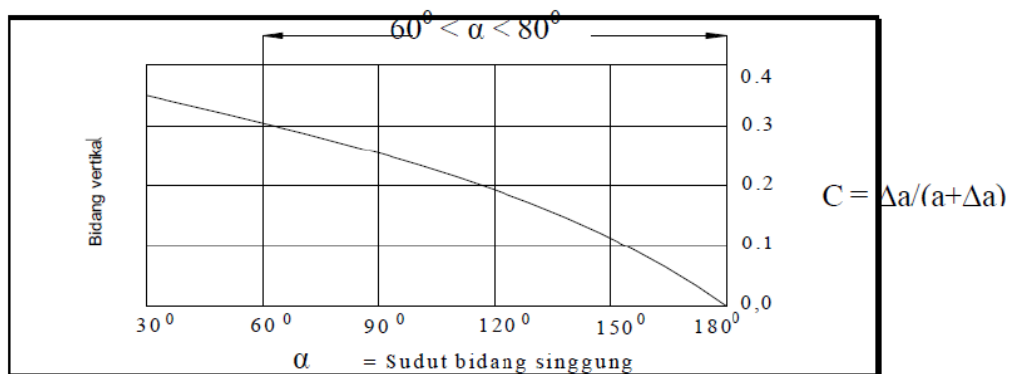
Dimana :

a = jarak AC (m)

Δa = jarak $C_0 C$ (m)

α = sudut kemiringan lereng hilir embung

Untuk memperoleh nilai a dan Δa dapat dicari berdasarkan nilai α dengan menggunakan grafik sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 1977).



Gambar 2.12. : Grafik hubungan antara sudut bidang singgung (α)

2.11 Bangunan Pelimpah

aman. Rumus umum yang dipakai untuk menghitung kapasitas bangunan pelimpah adalah (Bangunan Utama KP-02,1986) :

$$Q = \frac{2}{3} C_d x B \sqrt{\frac{2}{3} g x h^{2/3}} \quad 2.45$$

dimana :

Q = debit aliran (m³/s)

Cd = koefisien limpahan

B = lebar efektif ambang (m)

H = tinggi energi di atas ambang (m)

g = percepatan gravitasi (m/s)

Lebar efektif ambang dapat dihitung dengan rumus (Suyono Sosrodarsono 1977) :

$$Le = L - 2(N.Kp + Ka).H \quad 2.46$$

dimana :

Le = lebar efektif ambang (m)

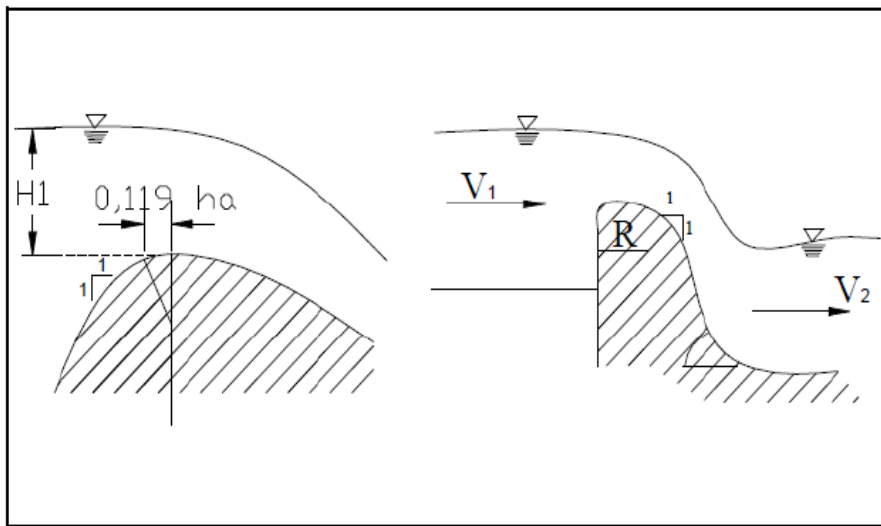
L = lebar ambang sebenarnya (m)

N = jumlah pilar

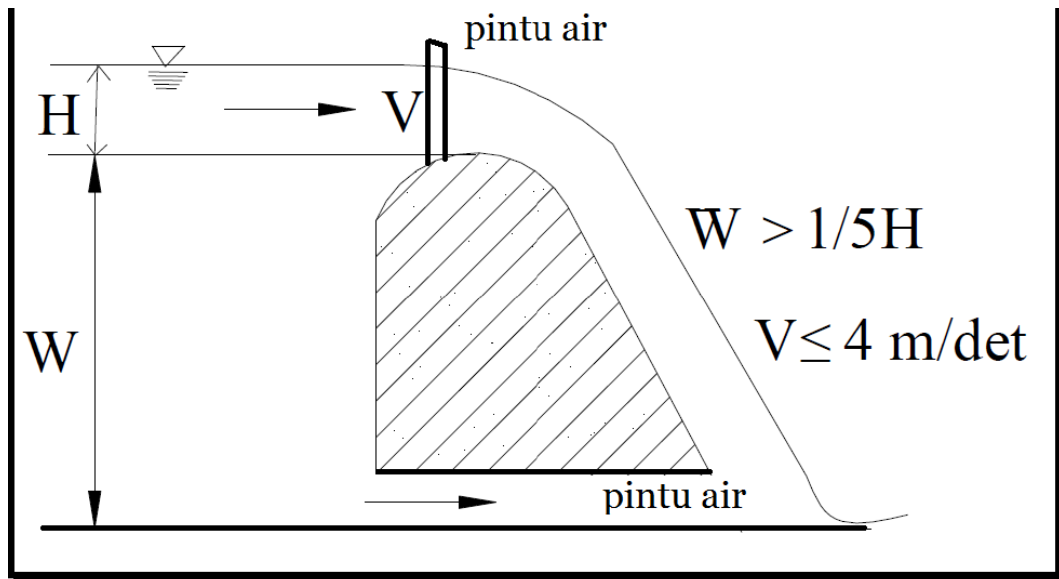
Kp = koefisien kontraksi pilar

Ka = koefisien kontraksi pada dinding samping ambang

H = tinggi energi di atas ambang (m)



Gambar 2.13 : Bentuk mercu Bulat dan Ogee



Gambar 2.14. : Bentuk mercu Bulat dengan pintu bawah terbuka

2.11.1 Stabilitas Bangunan Pelimpah

Secara umum tipe pelimpah yang dapat diterapkan pada embung yang di rencanakan adalah :

- 1) Pelimpah tipe saluran terbuka.
- 2) Pelimpah tipe *ogee (overflow)* dengan peredam energi USBR tipe 1.

Pelimpah tipe saluran terbuka dipilih bilamana tubuh embung bertipe urugan. Pelimpah ini harus diletakan terpisah dengan tubuh embung dan dapat dibangun diatas bukit tanah atau batu. Bilamana pondasi berjenis batu sehingga tubuh embung dipilih tipe pasangan batu atau beton atau komposit, maka pelimpah akan bertipe ogee. Pelimpah jenis ini dibangun menyatuh dengan tubuh embung.

Pelimpah yang sering digunakan berdasarkan pertimbangan nilai ekonomisnya adalah pelimpah tipe saluran terbuka. Tempat pelimpah dipilih pada tempat dimana alirannya tidak akan menyebabkan erosi pada kaki hilir tubuh embung. Bagian saluran pemasukan pelimpah dapat dibuat datar ataupun dengan

kemiringan yang cukup landai. Sebagai paatukan tetap bagi ketinggian dasar pelimpah perlu dibuat lantai dari pasangan batu atau beton selebar 0,50 sampai 1,00 meter di udik saluran pemasukan.

Bangunan pelimpah direncanakan mampu melewati debit rencana pada periode ulang 50 tahun Q_{50} (m^3/dtk).

Tinggi muka air diatas pelimpah dihitung dengan rumus :

$$Q = C_d^{2/3} \sqrt{\frac{2}{3}g} \cdot B_c \cdot H^{1,5} \quad 2.47$$

Dengan :

Q = Debit (m^3/dtk)

C_d = Koefisien debit

B_c = Lebar efektif mercu

H = Tinggi energi diatas mercu

Tabel 2.11. : Kriteria Desain Hidraulik Pelimpah

Parameter	Besaran
1. Kapasitas pelimpah	Puncak banjir 50 tahun
2. Tinggi aliran air maksimum di saluran tanah / batu	0,50 m
3. Kecepatan maksimum aliran pada saluran tanah dengan pelindung rumput	0,60 m/dtk
4. Kecepatan maksimum aliran pada saluran tanah dengan pelindung pasangan batu atau beton	2 m/dtk – 4 m/dtk
5. Kemiringan dinding saluran pelimpah tanah, untuk tinggi maksimum 2,00 m	1 H : 1 V
6. Kemiringan lereng saluran pelimpah batu	1 H : 1,5 V

Sumber : Pedoman Kriteria Desain Embung

2.11.2 Stabilitas Embung terhadap longsor

Konstruksi embung diharuskan mempertahankan diri terhadap gaya – gaya yang di timbulkan oleh adanya air filtrasi yang mengalir melalui celah – celah antara butiran – butiran tanah pembentuk embung. Untuk mengetahui kemampuan daya tahan embung terhadap gaya – gaya tersebut, maka bangunan embung perlu diperhatikan terhadap :

- 1) Formasi garis aliran (*Seepage Line Formation*)
- 2) Kapasitas aliran filtrasi
- 3) Kemungkinan terjadi gejala *sufosi* (piping) dan *boiling* (sembulan)

Jebolnya suatu bangunan embung pada umumnya dimulai dengan terjadinya gejala longsor baik pada lereng hulu maupun lereng hilir embung tersebut, yang disebabkan kurangnya stabilitas kedua lereng tersebut. Karena itu stabilitas lereng merupakan hal yang sangat penting bagi tubuh embung secara keseluruhan.

Analisa stabilitas ini dilakukan dengan metode irisan bidang lurus bundar dari *Felleius* dengan rumus sebagai berikut :

$$F_s = \frac{\sum [C \times L + (N - U \cdot Ne) \tan \phi]}{\sum (T + Te)}$$
$$= \frac{\sum C \times L + \sum [\gamma \times A (\cos \alpha - e \times \sin \alpha) - V]}{\sum \gamma \times A (\sin \alpha - e \times \cos \alpha)} \tan \phi \quad 2.48$$

Dengan :

N = Beban komponen vertikal yang timbul dari berat setiap irisan bidang lurus ($\gamma \times A \times \sin \alpha$) 2.49

e = Intensitas seismes horizontal

Fs = Faktor keamanan

N_e = Komponen vertikal beban seismes yang bekerja pada tiap irisan bidang luncur ($e \times \gamma \times A \times \sin \alpha$) **2.50**

ϕ = Sudut gesekan dalam bahan yang membentuk dasar tiap irisan bidang luncur

T_e = Komponen vertikal beban seismes yang bekerja pada tiap irisan bidang luncur ($e \times \gamma \times A \times \sin \alpha$) **2.51**

T = Beban komponen tangensial yang timbul dari setiap berat irisan bidang luncur ($\gamma \times A \times \sin \alpha$) **2.52**

Z = Lebar setiap irisan luncur

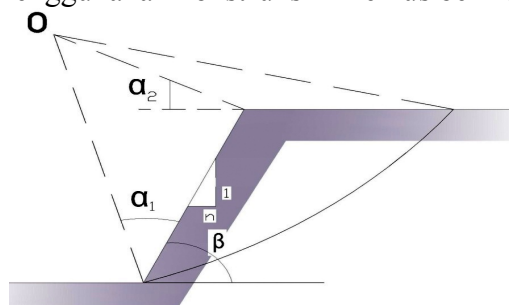
V = Tekanan pori

U = Tekanan air pori yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur

γ = Berat dari setiap bahan yang membentuk

α = Sudut kemiringan rata – rata dasar setiap irisan bidang luncur

Sebenarnya dalam perhitungan stabilitas lereng embung harus ditinjau dari berbagai titik koordinat lingkaran bidang longsor, sehingga dapat diperoleh factor keamanan yang minimum, dimana titik koordinat ini merupakan titik koordinat lingkaran bidang longsor yang paling kritis. Titik pusat tersebut dapat diperkirakan dengan menggunakan konstruksi Fillenius berikut ini :



Gambar 2.15. Skema Bidang Longsor Fillenius

Tabel 2.12. Harga longsor cara Fillenius

Kemiringan Lereng	β (°)	α_1 (°)	α_2 (°)
1 : 1,0	45	28	37
1 : 1,5	33,68	26	37
1 : 2,0	26,57	25	35
1 : 3,0	18,43	25	35
1 : 5,0	11,32	25	37

Sumber : Braja M – das jilid 2, 180

Konstruksi Fillenius :

- 1) Berdasarkan kemiringan lereng yang telah ditentukan, dapat diperoleh α_1 dan α_2 dengan menggunakan tabel 2.11
- 2) Dari kedua sudut tersebut ditarik garis pertemuan titik O
Dari titik O ditarik garis tegak lurus sampai dasar bangunan, setelah itu dibuat bidang luncur dari lereng tersebut.
- 3) Setelah itu bidang luncur dibagi menjadi beberapa bagian irisan vertical dan walaupun bukan persyaratan yang mutlak, biasanya setiap irisan lebarnya sama
- 4) Gaya-gaya yang bekerja dalam setiap irisan bidang luncur digambarkan sebagai berikut :
 - i) Berat irisan (W) dihitung berdasarkan hasil perkalian antaran luas irisan (A) dengan berat isi bahan pembentuk irisan (γ), jadi

$$W = A \times \gamma \quad 2.53$$

- ii) Berat komponen vertical yang bekerja pada dasar irisan bidang (N) dapat dipeoleh dari hasil perkalian berat irisan (W) dengan 51ias51es sudut rata-rata tumpuan (α) pada dasar irisan yang bersangkutan, jadi

$$N = W x \cos \alpha \quad 2.54$$

iii) Beban komponen tangensial (T), diperoleh dari hasil perkalian antara berat irisan (W) dengan sinus sudut rata-rata tumpuan pada dasar irisan yang bersangkutan, jadi $T = W x \sin \alpha$ 2.55

iv) Beban dari tekanan hidrostatik yang bekerja pada dasar irisan (U) dapat diperoleh dari hasil perkalian antara panjang dasar irisan (b) dengan tekanan air rata-rata ($u/\cos \alpha$) pada dasar irisan tersebut, jadi

$$U = (u x b) / \cos \alpha \quad 2.56$$

Stabilitas daerah genangan ditinjau dari beberapa kondisi yaitu :

- 1) Pada saat embung kosong ditinjau pada kondisi normal dan gempa dengan intensitas gempa horizontal.
- 2) Pada saat embung penuh ditinjau pada kondisi normal dan gempa dengan intensitas gempa horizontal.
- 3) Pada saat embung banjir ditinjau pada kondisi normal dan gempa dengan intensitas gempa horizontal.
- 4) Pada saat terjadi penurunan tiba – tiba ditinjau pada kondisi normal dan gempa dengan intensitas gempa horizontal.

Diharapkan tercapai stabilitas tubuh embung dengan faktor keamanan runtuh lereng $F_s \geq 1,25$ atau keruntuhan lereng menunjukkan bahwa :

Tabel 2.13. : Hubungan F_s (Angka Keamanan) dengan Kejadian

F_s	Kejadian
$F_s < 1,07$	Keruntuhan bisa terjadi
$1,07 < F_s < 1,25$	Keruntuhan pernah terjadi
$F_s > 1,25$	Keruntuhan jarang terjadi

Sumber : Joseph E. Bowles, 1984:547

2.12. Analisis Sedimen

2.12.1. Tinjauan Umum

Pendekatan terbaik untuk menghitung laju sedimentasi adalah dengan pengukuran sedimen transpor (*transport sediment*) di lokasi tapak embung. Namun karena pekerjaan tersebut belum pernah dilakukan, maka estimasi sedimentasi dilakukan pendekatan secara empiris. Perkiraan laju sedimentasi dalam studi ini dimaksudkan untuk memperoleh angka sedimentasi dalam satuan m³/tahun, guna memberikan perkiraan angka yang lebih pasti untuk penentuan ruang sedimen.

2.12.2. Laju Erosi dan *Sediment Yield* Metode *USLE*

memperkirakan laju sedimentasi digunakan metode *Wischmeier* dan *Smith*. Metode ini akan menghasilkan perkiraan besarnya erosi *gross*. Untuk menetapkan besarnya sedimen yang sampai di lokasi embung, erosi *gross* akan dikalikan dengan *ratio* pelepasan sedimen (*sediment delivery ratio*). Metode ini atau lebih dikenal metode *USLE* (*universal soil losses equation*) yang telah diteliti lebih lanjut jenis tanah dan kondisi di Indonesia oleh Balai Penelitian Tanah Bogor. Perhitungan perkiraan laju sedimentasi meliputi :

2.13 Erosivitas Hujan

Penyebab utama erosi tanah adalah pengaruh pukulan air hujan pada tanah. Hujan menyebabkan erosi tanah melalui dua jalan, yaitu pelepasan butiran tanah oleh pukulan air hujan pada permukaan tanah dan kontribusi hujan terhadap aliran. Pada metode *USLE*, prakiraan besarnya erosi dalam kurun waktu per tahun (tahunan), dan dengan demikian, angka rata-rata faktor *R* dihitung dari data curah hujan tahunan sebanyak mungkin dengan menggunakan persamaan :

$$R = \sum_{i=1}^n EI / 100X \quad 2.57$$

Dimana :

R = *erosivitas* hujan rata-rata tahunan

n = jumlah kejadian hujan dalam kurun waktu satu tahun
(musim hujan)

X = jumlah tahun yang digunakan sebagai dasar Perhitungan

Besarnya EI proporsional dengan curah hujan total untuk kejadian hujan dikalikan dengan intensitas hujan maksimum 30 menit. Faktor *erosivitas* hujan didefinisikan sebagai jumlah satuan indeks erosi hujan dalam setahun. Nilai R yang merupakan daya rusak hujan dapat ditentukan dengan persamaan yang dilaporkan *Bols* (1978) dengan menggunakan data curah hujan bulanan di 47 stasiun penakar hujan di Pulau Jawa dan Madura yang dikumpulkan selama 38 tahun. Persamaannya sebagai berikut (*Asdak, 2002*) :

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{EI_{30}}{X} \quad 2.58$$

$$EI_{30} = 6,11 P_b^{1,211} x N^{-0,474} x P_{\max}^{0,526} \quad 2.59$$

Dimana :

R = indeks *erosivitas* hujan (KJ/ha/tahun)

n = jumlah kejadian hujan dalam kurun waktu satu tahun

$30 EI$ = indeks erosi bulanan (KJ/ha)

X = jumlah tahun yang digunakan sebagai dasar
perhitungan

P_b = curah hujan rata-rata tahunan(cm)

N = jumlah hari hujan rata-rata per tahun

$P_{\max}$ = curah hujan maksimum harian rata-rata (dalam 24 jam)
perbulan untuk kurun waktu satu tahun

2.14 Erodibilitas Tanah (K)

Faktor *erodibilitas* tanah (*K*) merupakan tingkat rembesan suatu tanah yang tererosi akibat curah hujan. Tanah yang mudah tererosi pada saat dipukul oleh butir-butir hujan mempunyai *erodibilitas* tinggi dan dapat dipelajari hanya kalau terjadi erosi. Erodibilitas dari berbagai macam tanah hanya dapat diukur dan dibandingkan pada saat terjadi hujan. Besarnya *erodibilitas* tergantung pada topografi, kemiringan lereng, kemiringan permukaan tanah, kecepatan penggerusan (*scour velocity*), besarnya gangguan oleh manusia dan juga ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas *infiltrasi*, dan kandungan organik dan kimia tanah. Tanah yang mempunyai erodibilitas tinggi akan tererosi lebih cepat dibandingkan dengan tanah yang mempunyai *erodibilitas* rendah, dengan intensitas hujan yang sama. Juga tanah yang mudah dipisahkan (*dispersive*) akan tererosi lebih cepat daripada tanah yang terikat (*flocculated*). *Erodibilitas* tanah dapat dinilai berdasarkan sifat-sifat fisik tanah sebagai berikut :

1) Tekstur tanah yang meliputi :

fraksi debu (ukuran $2 - 50 \mu m$)

fraksi pasir sangat halus ($50 - 100 \mu m$)

fraksi pasir ($100 - 2000 \mu m$)

2) Kadar bahan organik yang dinyatakan dalam %.

3) Permeabilitas yang dinyatakan sebagai berikut :

sangat lambat ($< 0,12 \text{ cm/jam}$)

lambat ($0,125 - 0,5 \text{ cm/jam}$)

agak lambat ($0,5 - 2,0 \text{ cm/jam}$)

sedang (2,0 – 6,25 cm/jam)

agak cepat (6,25 – 12,25 cm/jam)

cepat (> 12,5 cm/jam)

4) Struktur dinyatakan sebagai berikut :

granular sangat halus : tanah liat berdebu

granular halus : tanah liat berpasir

granular sedang : lempung berdebu

granular kasar : lempung berpasir

2.15 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Proses erosi dapat terjadi pada lahan dengan kemiringan lebih besar dari 2 %. Derajat kemiringan lereng sangat penting, karena kecepatan air dan kemampuan untuk memecah/melepas dan mengangkut partikel-partikel tanah tersebut akan bertambah besar secara eksponensial dari sudut kemiringan lereng. Secara matematis dapat ditulis : Kehilangan tanah = c. Sk Dimana :

C = K = konsatanta

S = kemiringan lereng (%)

Sudah ada kondisi tanah yang sudah dibajak tetapi tidak ditanami, eksponen K berkisar antara 1,1 s/d 1,2. Menurut *Weischmer* menyatakan bahawa nilai faktor LS dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

1) Untuk kemiringan lereng lebih kecil 20 % :

$$LS = \frac{L}{100} x (0,76 + 0,53 + 0,076S^2) \quad 2.60$$

Dalam sistem metrik rumus :

$$LS = \frac{L}{100} x (1,36 + 0,965s + 0,138S^2) \quad 2.61$$

2) Untuk kemiringan lereng lebih besar dari 20 %

$$LS = \left(\frac{L}{22,1} \right)^{0,6} x \left(\frac{S}{9} \right)^{1,42} \quad 2.62$$

Dimana :

L = panjang lereng (m)

S = Kemiringan lereng (%)

Nilai faktor LS sama dengan 1 jika panjang lereng 22 meter dan kemiringan lereng 9 %. Panjang lereng dapat diukur pada peta topografi, tetapi untuk menentukan batas awal dan ujung dari lereng mengalami kesukaran. Atas dasar pengertian bahwa erosi dapat terjadi dengan adanya *run off (overland flow)*, maka panjang lereng dapat diartikan sebagai panjang lereng *overland flow*.

A) Faktor Penutup Lahan (C)

Faktor C merupakan faktor yang menunjukkan keseluruhan pengaruh dari faktor vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah, dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi). Faktor ini mengukur kombinasi pengaruh tanaman dan pengelolaannya. Besar nilai C pada penelitian ini diambil dengan melakukan perhitungan prosentase luas dari tiap jenis pengelolaan tanaman yang ada pada tiap sub DAS. Nilai C yang diambil adalah nilai C rata - rata dari berbagai jenis pengelolaan tanaman dalam satu sub DAS, dikaitkan dengan prosentase luasannya. Adapun bentuk matematis dari perhitungan nilai C rata-rata tiap sub DAS adalah:

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i x C_i)}{\sum_{i=1}^n A} \quad 2.63$$

Untuk suatu sub DAS yang memiliki komposisi tata guna lahan/ vegetasi tanaman yang cenderung homogen, maka nilai C dari tata guna lahan/ vegetasi yang dominan tersebut akan diambil sebagai nilai C rata – rata.

B) Pendugaan Laju Erosi Potensial (E-Pot)

Erosi potensial adalah erosi maksimum yang mungkin terjadi di suatu tempat dengan keadaan permukaan tanah gundul sempurna, sehingga terjadinya proses erosi hanya disebabkan oleh faktor alam (tanpa keterlibatan manusia, tumbuhan, dan sebagainya), yaitu iklim, khususnya curah hujan, sifat-sifat internal tanah dan keadaan topografi tanah. Pendugaan erosi potensial dapat dihitung dengan pendekatan rumus berikut :

$$E-Pot = R \times K \times LS \times A \quad 2.64$$

Dimana :

E-Pot = erosi potensial (ton/tahun)

R = indeks *erosivitas* hujan

K = *erodibilitas* tanah

LS = faktor panjang dan kemiringan lereng

A = luas daerah aliran sungai (ha)

C) Pendugaan Laju Erosi Aktual (E-Akt)

Erosi aktual terjadi karena adanya campur tangan manusia dalam kegiatannya sehari-hari, misalnya pengolahan tanah untuk pertanian dan adanya unsur-unsur penutup tanah. Penutupan permukaan tanah gundul dengan tanaman akan memperkecil terjadinya erosi, sehingga dapat dikatakan bahwa laju erosi aktual selalu lebih kecil dari pada laju erosi potensial. Ini berarti bahwa adanya keterlibatan manusia akan memperkecil laju erosi potensial. Dapat dikatakan

bahwa erosi aktual adalah hasil ganda antara erosi potensial dengan pola penggunaan lahan tertentu, sehingga dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$E\text{-Akt} = E - \text{Pot} \times C \times P \quad 2.65$$

Dimana :

$E\text{-Akt}$ = erosi aktual di DAS (ton/ha/tahun)

$E\text{-Pot}$ = erosi potensial (ton/ha/th)

C = faktor penutup lahan

P = faktor konservasi tanah

D) Pendugaan Laju Sedimentasi Potensial

Sedimentasi potensial adalah proses pengangkutan sedimen hasil dari proses erosi potensial untuk diendapkan di jaringan irigasi dan lahan persawahan atau tempat-tempat tertentu. Tidak semua sedimen yang dihasilkan erosi aktual menjadi sedimen, hanya sebagian kecil material sedimen yang tererosi di lahan (DAS) mencapai *outlet* basin tersebut atau sungai atau saluran terdekat. Perbandingan antara sedimen yang terukur di *outlet* dan erosi di lahan biasa disebut nisbah pengangkutan sedimen atau *Sedimen Delivery Ratio* (SDR). Sedimen yang dihasilkan erosi aktual pun tidak semuanya menjadi sedimen, hal ini tergantung dari perbandingan antara volume sedimen hasil erosi aktual yang mampu mencapai aliran sungai dengan volume sedimen yang bisa diendapkan dari lahan di atasnya (SDR). Nilai SDR tergantung dari luas DAS, yang erat

hubungannya dengan pola penggunaan lahan. Nilai SDR dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SDR = \frac{S(1 - 0,8683A^{-0,2018})}{2(S + \%0n)} + 0,8683A^{-0,2018} \quad \mathbf{2.66}$$

Dimana :

SDR = rasio pelepasan sedimen, nilainya $0 < SDR < 1$

A = luas DAS (ha)

S = kemiringan lereng rata-rata permukaan DAS (%)

n = koefisien kekasaran *Manning*

Pendugaan laju sedimentasi potensial yang terjadi di suatu DAS dihitung dengan persamaan *Weischmeier* dan *Smith*, 1958 sebagai berikut :

$$S\text{-Pot} = E\text{-Akt} \times SDR \quad \mathbf{2.65}$$

Dimana :

SDR = *Sedimen Delivery Ratio*

S-Pot = sedimentasi potensial

E-Akt = erosi aktual (erosi yang terjadi)

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1. Gambaran Umum Perencanaan

Untuk perencanaan embung di Kabupaten Tulungagung, berdasarkan hasil analisis hidrologi dan topografi yang telah diperoleh dengan apa yang diharapkan dari rencana bangunan embung ini, berdasarkan data lapangan yang ada dengan kebutuhan masyarakat harus dilakukan analisis hidrolika dan struktur bangunan.

3.1.1. Jenis dan Sumber Data

1) Data curah hujan

Dalam perencanaan diperlukan data penunjang berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang langsung diambil di lokasi pekerjaan, sedangkan untuk data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan studi terdahulu.

Data sekunder yang diperlukan dalam analisa hidrologi adalah sebagai berikut :

- a)** Kondisi lokasi pekerjaan.
- b)** Data hujan dari Dinas UPTD Dinas Pengairan, dalam hal ini data hujan yang dipakai adalah data hujan harian 13 tahun dari tahun 2000 - 2012
- c)** Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) kali Kedungwaru Kabupaten Tulungagung.

2) Data Topografi

Perencanaan ini berada pada wilayah administrasi Kecamatan Kedungwaru Kabupaten Tulungagung secara astronomis terletak di antara 111°43'-112°07' BujurTimur dan 7°51' - 8°18' Lintang Selatan. Luas wilayah Kecamatan kedungwaru adalah 13,67 km².

Penentuan lokasi perencanaan dalam studi yang sesuai dengan tujuan studi. Survei dan peninjauan lokasi.

- a)** Survei dan peninjauan lokasi sehingga didapatkan data lokasi daerah studi.
- b)** Studi literatur dilakukakn sebagai tambahan dalam mencari materi dan refrensi yang berhubungan dengan kegiatan studi.
- c)** Pengumpulan data, mengumpulkan data – data penunjang dalam penyusunan studi, diantaranya :
 - i. Data Hidrologi.
 - Data curah hujan.
 - Data DAS.

Dari perhitungan debit banjir rancangan dapat dipakai untuk merencanakan :

- i. Dimensi Embung.
- ii. Stabilitas Embung.
- iii. Membuat saran dan kesimpulan

3.2. Peta Situasi Banjir

Peta situasi dapat di gambarkan pada gambar berikut.



Gambar 3.1 : Peta situasi banjir Kali kedungwaru

3.3. Konsep Pengendalian Banjir

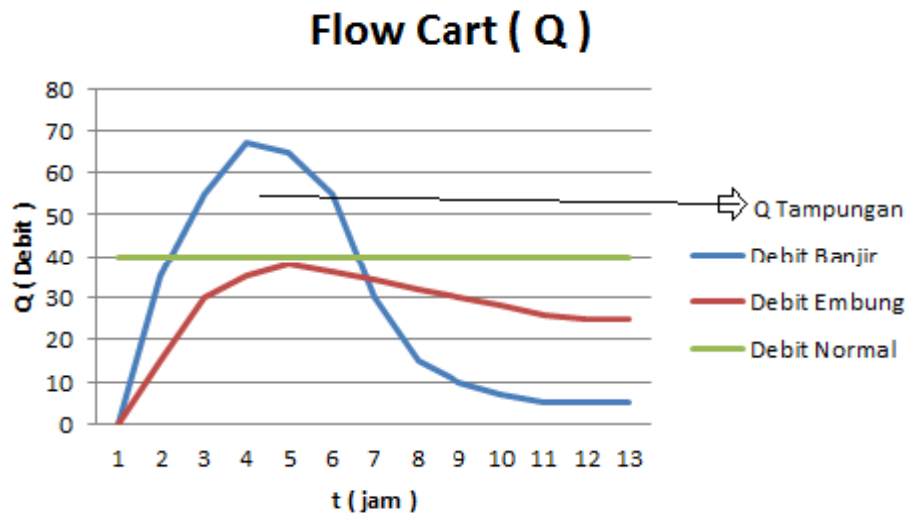
Di tinjau dari batasan Masalah yang ada, Konsep pengendalian ini diperuntukan penanggulangan banjir di wilayah Kabupaten Tulungagung menggunakan bangunan embung. Dengan adanya embung penulis menentukan type embung apa yang dapat diterapkan dalam perencanaan embung, sesuai dengan data topografi daerah tulungagung dan kesesuaian tempat di sekitar tubuh embung. Dengan tidak menyampingkan keamanan atau ketahanan tubuh embung terhadap faktor gempa, angin, keruntuhan dan rembesan pada tubuh embung.

Terjadinya banjir di Kecamatan Kedungwaru Kabupaten Tulungagung, di karenakan pertemuannya cabang kali Kedungwaru yang bertemu pada titik kondisi dinding sungai yang tidak dapat menampung debit air yang berlebih, sehingga meluap dan terjadi banjir di sekitar pertemuan cabang kali Kedungwaru. Ada juga titik banjir di hulu tak jauh dari pertemuan cabang kali Kedungwaru. Hal ini di sebabkan elevasi tanah lebih rendah dari pada tangkis saluran, sehingga bila terjadi debit berlebih air akan meluap dan menimbulkan genangan. Hal ini juga disebabkan penyempitan saluran setelah elevasi yang rendah karna terbangun bangunan permanen yang memakan badan sungai. Sehingga debit air yang melintas menjadi terhalang oleh penyempitan saluran.

Kegunaan akuifer juga mempengaruhi dalam perencana embung ini di antaranya guna menambah kapasitas air tanah di saat musim kemarau dan dapat di manfaatkan untuk mengairi sawah dan lingkungan sekitarnya.

3.4. Kurva Penanggulangan Banjir

Kurva ini bertujuan untuk perbandingan data sebelum perencanaan dengan data yang direncanakan, sehingga dapat diketahui fungsi tujuan perencanaan.



Gambar 3.2 : Grafik Perbandingan debit banjir

Garis berwarna biru merupakan debit air ketika terjadi banjir, garis ini melampaui ambang normal saluran yang di tunjukan oleh garis berwarna hijau, garis merah menunjukan jumlah debit setela terbangunnya embung intuk penanggulangan banjir.

3.5. Rumus Perhitungan Curah Hujan.

$$Q=0,278.C.I.A$$

dimana :

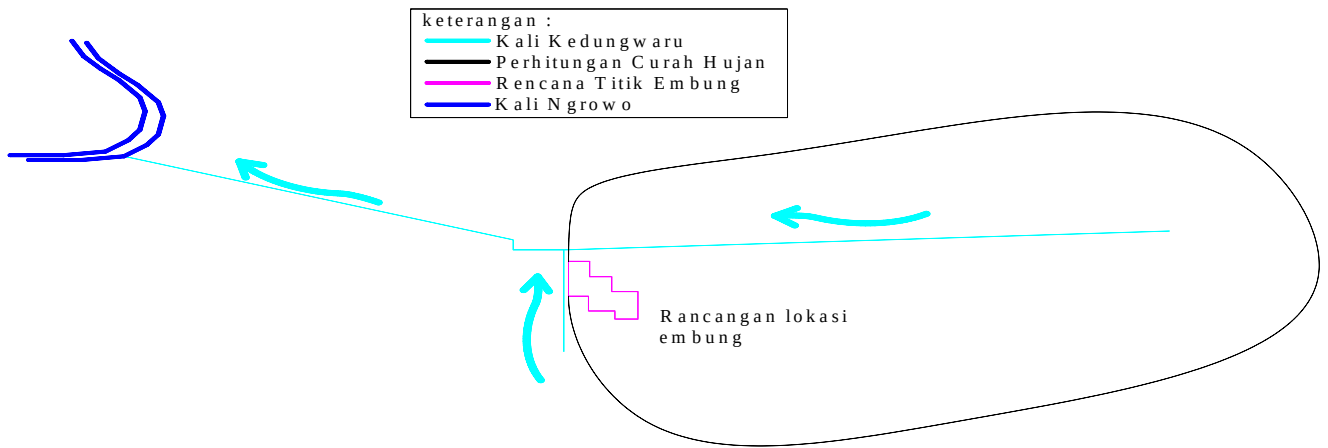
Q : Debit (m^3/detik)

0,278 : Konstanta, digunakan jika satuan luas daerah menggunakan km^2

C : Koefisien aliran

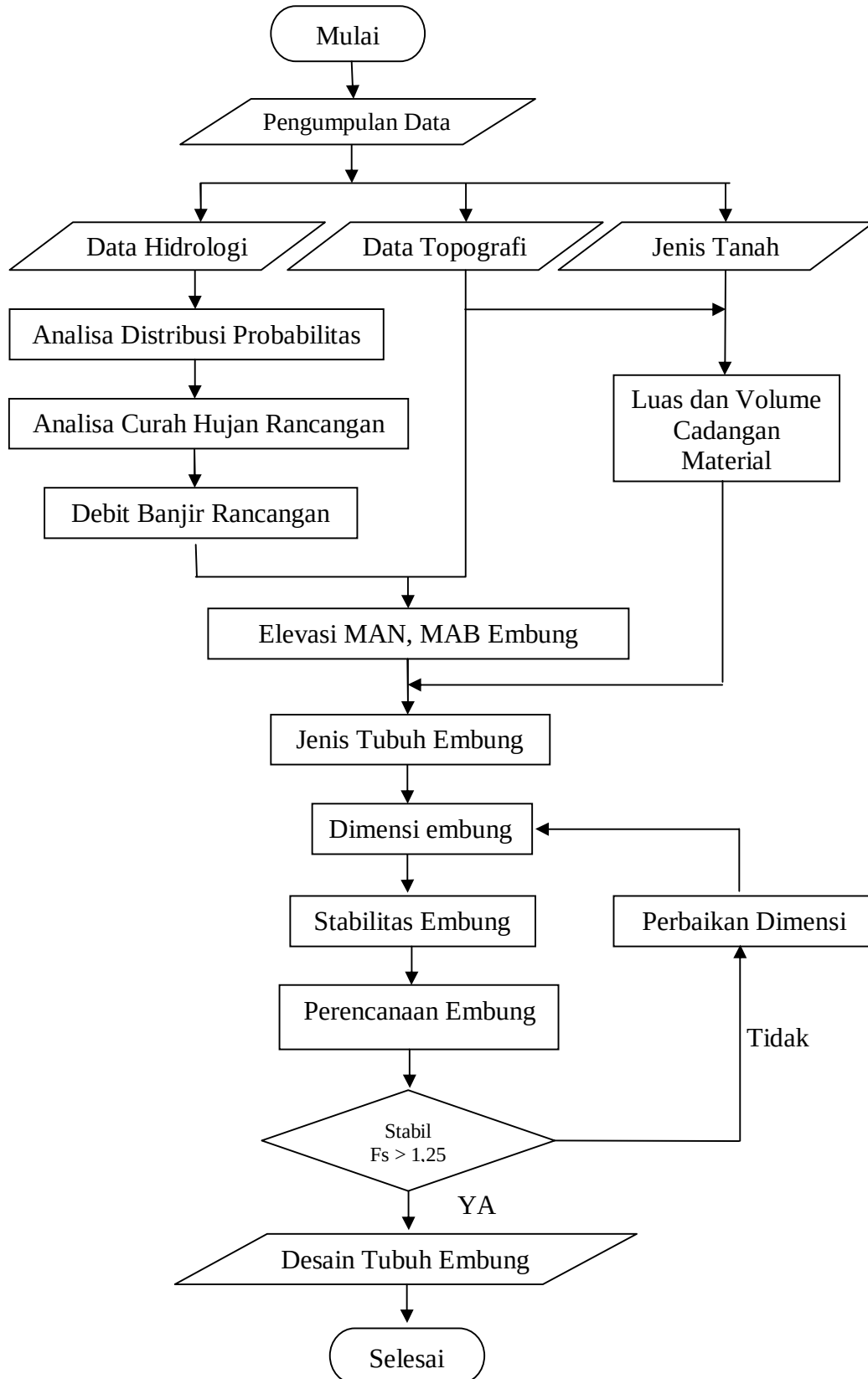
I : Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A : Luas daerah aliran (km^2)



Gambar 3.3 : Denah Lokasi Genangan dan Arah Aliran Air.

3.6 Bagan Aliran (Flow Chart)



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

BAB IV

ANALISA DATA

4.1. Analisa Hidrologi

Data yang digunakan dalam analisa ini adalah data curah hujan yang berasal dari 3 stasiun hujan terdekat dengan lokasi studi. Adapun data hujan yang diperoleh adalah data pengamatan hujan dari tahun 2000 sampai dengan 2012. Ketiga stasiun hujan tersebut meliputi : Stasiun Hujan Tulungagung, Ngantru, dan Ngunut.

Dari pengamatan hujan di stasiun tersebut, maka dilakukan analisa data hujan curah hujan harian maksimum dengan menggunakan metode Polygon Thiessen.

4.1.1. Curah Hujan Harian Maksimum

A) Cara Polygon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang di bentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

Menghitung curah hujan harian maksimum (R) sebagai contoh perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad 4.1$$

$$R = \frac{(123 \times 14,4) + (126 \times 4,8)}{19,2}$$

$$R = 123,75 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.1. dibawah ini.

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum		R(mm)
		Sta. Tulungagung	Sta. Ngunut	
0	1	2	3	4
1	2000	123	126	123,75
2	2001	110	101	107,75
3	2002	110	119	112,25
4	2003	93	62	85,25
5	2004	68	145	87,25
6	2005	163	145	158,50
7	2006	98	104	99,50
8	2007	80	93	83,25
9	2008	83	65	78,50
10	2009	58	81	63,75
11	2010	118	152	126,50
12	2011	78	64	74,50
13	2012	145,5	127	140,88
Luas Sta. Tulungagung : 14,4 Km ² Luas Sta. Ngunut : 4,8 Km ²		Koefisien Thiessen		Sta. Tulungagung = 0,75 Sta. Ngunut = 0,25

Tabel 4-1 : Curah Hujan Harian Maksimum

4.1.2. Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan diatas, maka dapat dihitung besarnya curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log Person Type III dan metode EJ Gumbel.

A) Metode Log Person Type III

Metode ini di analisa berdasarkan data dari analisa curah hujan harian maksimum dengan menggunakan metode Poligon Thiessen. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.2. dibawah ini.

Tabel 4-2 : Perhitungan Log Person Type III

No.	Tahun	xi	Log xi	Log xi - Log X	(Log xi - Log X) ²	(Log xi - Log X) ³
0	1	2	3	4	5	6
1	2009	63,75	1,804	-0,195	0,038	-0,00736
2	2011	74,50	1,872	-0,127	0,016	-0,00204
3	2008	78,50	1,895	-0,104	0,011	-0,00113
4	2007	83,25	1,920	-0,079	0,006	-0,0004863
5	2003	85,25	1,931	-0,068	0,00467	-0,00031900
6	2004	87,25	1,941	-0,058	0,00339	-0,00019772
7	2006	99,50	1,998	-0,001	0,0000014	-0,0000000017
8	2001	107,75	2,032	0,033	0,001	0,0000372
9	2002	112,25	2,050	0,051	0,003	0,00013
10	2000	123,75	2,093	0,094	0,009	0,00082
11	2010	126,50	2,102	0,103	0,011	0,00109
12	2012	140,88	2,149	0,150	0,022	0,00336
13	2005	158,50	2,200	0,201	0,040	0,00812
Jumlah			25,987		0,165	0,0020
rerata			1,999			
Si			0,117			
Cs			0,124			

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh nilai :

1) Curah Hujan Rata – rata :

$$\begin{aligned} \text{Log } \bar{X} &= \frac{\sum \text{Log } X}{n} & 4.2 \\ &= \frac{25,987}{13} \quad \Rightarrow \quad = 1,999 \end{aligned}$$

2) Simpangan Baku :

$$\begin{aligned} Si &= \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{(n-1)}} & 4.3 \\ &= \sqrt{\frac{0,165}{12}} \quad \Rightarrow \quad = 0,117 \end{aligned}$$

3) Koefisien Kepencengan :

$$Cs = \frac{n \sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(Si)^3} \quad 4.4$$

$$= \frac{13 \times 0,0020}{(13-1) \times (13-2) \times (0,117)^3} \Rightarrow = 0,124$$

Pada perhitungan curah hujan rancangan digunakan kala ulang 5, 10, 20, dan 50 tahun dengan peramalan menurut distribusi Log Person Type III adalah $\text{Log } x_T = \text{Log } \bar{X} + (G \times Si)$. Data pendukung yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dapat dilihat pada tabel 2.1. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

1) Kala ulang 5 tahun

$$Cs = 0,124 \quad ; \quad G = 0,835$$

$$\text{Log } x_T = \text{Log } \bar{X} + (G \times Si) \quad 4.5$$

$$= 1,999 + (0,835 \times 0,117) = 2,097$$

$$X_{5\text{tahun}} = 124,991 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.3. dibawah ini.

Tabel 4-3 : Curah hujan Rancangan Dengan Dengan Metode Log Person Type III

Kala Ulang (Tahun)	G	Log X_T	CH Rancangan X_T (mm)
1	2	3	4
5	0,835	2,097	124,991
10	1,294	2,151	141,505
20	1,627	2,190	154,797
50	2,120	2,248	176,829

Sumber : Hasil Perhitungan

B) Metode EJ Gumbel

Dari data curah hujan harian maksimum dengan menggunakan metode Poligon Thiessen, maka dapat digunakan untuk menghitung curan hujan rancangan dengan menggunakan metode EJ Gumbel. Data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4-4 : Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	R (mm)
1	2000	63,750
2	2001	74,500
3	2002	78,500
4	2003	83,250
5	2004	85,250
6	2005	87,250
7	2006	99,500
8	2007	107,750
9	2008	112,250
10	2009	123,750
11	2010	126,500
12	2011	140,880
13	2012	158,500

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk analisa parameter – parameter statistik lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.5. dibawah ini.

Tabel 4-5 : Perhitungan EJ Gumbel

No	Tahun	xi	Xi - X	(Xi - X) ²
0	1	2	3	4
1	2009	63,75	-39,452	1556,485
2	2011	74,50	-28,702	823,822
3	2008	78,50	-24,702	610,204
4	2007	83,25	-19,952	398,095
5	2003	85,25	-17,952	322,285
6	2004	87,25	-15,952	254,476
7	2006	99,50	-3,702	13,707
8	2001	107,75	4,548	20,682
9	2002	112,25	9,048	81,861
10	2000	123,75	20,548	422,208
11	2010	126,50	23,298	542,782
12	2012	140,88	37,678	1419,608
13	2005	158,50	55,298	3057,835
Jumlah		1341,630		9524,050
Rerata		103,202		
Si		28,172		

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh nilai :

1) Curah hujan rata – rata

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad 4.6$$

$$= \frac{1}{13} \times 1341,630 \quad \Rightarrow \quad = 103,202 \text{ mm}$$

2) Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad 4.7$$

$$= \sqrt{\frac{9524,150}{(13-1)}} \quad \Rightarrow \quad = 28,172 \text{ mm}$$

3) Faktor Frekuensi

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad 4.8$$

Dengan :

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(Tr - 1)}{Tr} \right\} \right]$$

Nilai S_n dapat dilihat pada tabel 2.2. hubungan antara *reduced mean* (Y_n) dengan besarnya sampel n dan Y_n dapat dilihat pada tabel hubungan antar *Reduced Standar Deviation* (S_n) dengan besarnya sampel n . Dari tabel didapatkan:

$n = 13$, maka ;

$Y_n = 0,5070$

$S_n = 0,9971$

Maka Y_T untuk kala ulang 5 tahun :

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(Tr - 1)}{Tr} \right\} \right] \quad 4.9$$

$$= -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(5 - 1)}{5} \right\} \right] \Rightarrow = 1,500$$

Faktor Frekuensi untuk kala ulang 5 tahun :

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad 4.10$$

$$= \frac{1,500 - 0,5070}{0,9971} \Rightarrow = 0,9958$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.6. dibawah ini.

Tabel 4-6 : Perhitungan Reduced Variated dan Faktor Frekuensi

No.	Kala Ulang (tahun)	Reduced Variated (Y _T)	Faktor Frekuensi (K)
1	5	1,500	0,9958
2	10	2,250	1,7484
3	20	2,970	2,4704
4	50	3,902	3,4048

Sumber : Hasil Perhitungan

Dengan demikian maka curah hujan rancangan untuk kala ulang 5 tahun adalah :

$$X_{5 \text{ tahun}} = \bar{x} + K \cdot S \quad 4.11$$

$$= 103,202 + (0,9958 \times 28,172) \Rightarrow = 131,257 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.8. dibawah ini.

Tabel 4-7 : Curah Hujan Rancangan Dengan metode EJ Gumbel

Kala Ulang (Tahun)	CH Rancangan X_T (mm)
5	131,257
10	152,460
20	172,798
50	199,123

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3. Uji Kesesuaian Distribusi

1) Log Pearson Type III

a) Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Untuk melakukan uji Smirnov-Kolmogorov, data curah hujan harian maksimum tahunan disusun dari angka terkecil ke angka terbesar. Sedangkan untuk menghitung probabilitasnya digunakan rumus :

$$P(e) = \frac{m}{n+1} \quad 4.12$$

$$= \frac{1}{13+1} \quad \Rightarrow \quad = 0,071$$

$$f(t) = 1,659 \quad ; \quad Pr = 0,951$$

$$P'(t) = 1 - Pr = 1 - 0,951 \quad \Rightarrow \quad = 0,049$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.8. dibawah ini.

Tabel 4.8. Pengujian Smirnov-Kolmogorov Pada Probabilitas Log Pearson Type III

m	Log X	Log X_{terurut}	$P_e = \left[\frac{m}{n+1} \right]$	$f(t) = \left[\frac{\text{Log } \bar{X} - \text{Log } X}{s} \right]$	Pr	P_t	Δ (P_e – P_t)
1	2,093	1,804	0,071	1,659	0,951	0,049	0,023
2	2,032	1,872	0,143	1,082	0,860	0,140	0,003
3	2,050	1,895	0,214	0,888	0,813	0,187	0,027
4	1,931	1,920	0,286	0,671	0,749	0,251	0,034
5	1,941	1,931	0,357	0,583	0,720	0,280	0,077
6	2,200	1,941	0,429	0,497	0,690	0,310	0,119
7	1,998	1,998	0,500	0,010	0,504	0,496	0,004
8	1,920	2,032	0,571	-0,285	0,388	0,612	-0,041
9	1,895	2,050	0,643	-0,436	0,331	0,669	-0,026
10	1,804	2,093	0,714	-0,798	0,213	0,787	-0,073
11	2,102	2,102	0,786	-0,879	0,190	0,810	-0,025
12	1,872	2,149	0,857	-1,278	0,101	0,899	-0,042
13	2,149	2,200	0,929	-1,714	0,043	0,957	-0,028
Rerata, $\bar{X}$ Simpangan Baku, s		1,999 0,117			Δ Maks.		0,119

Sumber : Hasil Perhitungan

- Banyak data = 13
- Taraf signifikan (α) = 5 % $\Rightarrow$ = 0,05
- ΔCr = 0,375 (hasil interpolasi)
- Δ Maks = 0,119

Karena $\Delta Maks < \Delta Cr$, maka pengujian Smirnov-Kolmogorov pada distribusi Log Pearson Type III diterima.

Dalam menentukan nilai kritis (ΔCr) untuk perhitungan diatas, dapat dilihat pada tabel 2.4.

b) Uji Chi Square

Jumlah kelas Distribusi (k) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} k &= 1 + (3,322 \times \text{Log } n) & 4.13 \\ &= 1 + (3,322 \times \text{Log } 13) \\ &= 4,7 \approx 5 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dibuat 5 kelas distribusi :

$$= \frac{100 \%}{5} \quad \Rightarrow \quad = 20\%$$

Jadi interval yang digunakan adalah : 20 %, 40 %, 60%, 80 %

Pada pengujian Chi Square terlebih dahulu menentukan nilai C_s yang sebelumnya sudah dihitung, yaitu $C_s = 0,124$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

i. Interval 80 %

$$C_s = 0,124 \quad ; \quad G = -0,935$$

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \quad 4.14$$

$$=1,999 + (-0,935 \times 0,117)$$

$$=1,967$$

$$X = 92,756 \text{ mm}$$

ii. Interval 60 %

$$C_s = 0,124 \quad ; \quad G = -0,270$$

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \quad 4.15$$

$$=1,999 + (-0,270 \times 0,117)$$

$$=1,889$$

$$X = 77,519 \text{ mm}$$

iii. Interval 40 %

$$C_s = 0,124 \quad ; \quad G = 0,326$$

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \quad 4.16$$

$$=1,999 + (0,326 \times 0,117)$$

$$=2,037$$

$$X = 108,963 \text{ mm}$$

iv. Interval 20 %

$$C_s = 0,124 \quad ; \quad G = 0,855$$

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{x} + (G \times S) \quad 4.17$$

$$=1,999 + (0,855 \times 0,117)$$

$$=2,099$$

$$X = 125,667 \text{ mm}$$

Tabel 4-9 : Pengujian Chi Square pada probabilitas Log Pearson Type III

No	Kelas	EJ	OJ	EJ-OJ	(EJ-OJ) ²
1	0 - 77,519	2	2,6	-0,6	0,36
2	77,519 - 92,756	4	2,6	1,4	1,96
3	92,756 - 108,963	2	2,6	-0,6	0,36
4	108,963 - 125,666	2	2,6	-0,6	0,36
5	125,666 < n	3	2,6	0,4	0,16
Jumlah		13	13		3,2

Sumber : Hasil Perhitung

$$EJ = \frac{\text{banyaknya data}}{\text{jumlah data}} = \frac{13}{5} \Rightarrow = 2,6$$

- Banyaknya data (n) = 13
- Taraf signifikan (α) = 5 %
- Derajat kebebasan (Dk) = kelas – m – 1
= 5 – 2 – 1 $\Rightarrow$ = 2

$$X^2 \text{ standar} = 5,991$$

$$X^2 \text{ hitung} = \frac{\sum(EJ - OJ)^2}{OJ} = \frac{3,2}{2,6} \Rightarrow = 1,23 \quad \mathbf{4.18}$$

Karena X^2 hitung < X^2 standar, maka pengujian Chi Square pada distribusi Log Person Type III diterima.

Dalam menentukan nilai kritis (X^2 standar) untuk perhitungan diatas, dapat dilihat pada tabel 2.3.

2) EJ Gumbel

a) Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Untuk melakukan uji Smirnov-Kolmogorov, data curah hujan harian maksimum tahunan disusun dari angka terkecil ke angka terbesar. Sedangkan untuk menghitung probabilitasnya digunakan rumus :

$$P(e) = \frac{m}{n+1} \quad 4.19$$

$$= \frac{1}{13+1} \quad \Rightarrow \quad = 0,071$$

Mencari nilai $P'(x)$:

$$x = 63,75$$

$$x = \bar{x} + (k \times S) \quad 4.20$$

$$63,75 = 103,20 + (k \times 28,17)$$

$$k = \frac{103,20 - 63,75}{28,17} \quad \Rightarrow \quad = 1,400$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad 4.21$$

$$1,400 = \frac{Y_t - 0,5070}{0,9971}$$

$$Y_t = 0,5070 + (1,400 \times 0,9971) \quad \Rightarrow \quad = 1,903$$

$$P'(t) = 1 - e^{-e^{-Y_t}} \quad 4.22$$

$$= 1 - 2,718^{-2,718^{-1,903}} \quad \Rightarrow \quad = 0,138$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.10. dibawah ini.

Tabel 4-10 : Pengujian Smirnov-Kolmogorov Pada Probabilitas EJ Gumbel

m	X	X_{terurut}	$P_e = \left[\frac{m}{n+1} \right]$	K	Y_t	P_t	Δ ($P_e - P_t$)
1	123,75	63,75	0,071	1,400	1,903	0,138	-0,067
2	107,75	74,50	0,143	1,019	1,523	0,196	-0,053
3	112,25	78,50	0,214	0,877	1,381	0,222	-0,008
4	85,25	83,25	0,286	0,708	1,213	0,257	0,029
5	87,25	85,25	0,357	0,637	1,142	0,273	0,084
6	158,50	87,25	0,429	0,566	1,072	0,290	0,139
7	99,50	99,50	0,500	0,131	0,638	0,410	0,090
8	83,25	107,75	0,571	-0,161	0,346	0,507	0,064
9	78,50	112,25	0,643	-0,321	0,187	0,564	0,079
10	63,75	123,75	0,714	-0,729	-0,220	0,712	0,002
11	126,50	126,50	0,786	-0,827	-0,318	0,747	0,039
12	74,50	140,88	0,857	-1,337	-0,827	0,898	-0,041
13	140,88	158,50	0,929	-1,963	-1,450	0,986	-0,057
Rerata, X		103,20					
Simpangan Baku, s		28,17				Δ Maks.	0,139

Sumber : Hasil Perhitung

- Banyak data = 13
- Taraf signifikan (α) = 5 % $\Rightarrow$ = 0,05
- ΔCr = 0,375 (hasil interpolasi)
- Δ Maks = 0,139

Karena $\Delta Maks < \Delta Cr$, maka pengujian Smirnov-Kolmogorov pada distribusi EJ Gumbel diterima.

Dalam menentukan nilai kritis (ΔCr) untuk perhitungan diatas, dapat dilihat pada tabel 2.4.

b) Uji Chi Square

Jumlah kelas Distribusi (k) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 k &= 1 + (3,322 \times \text{Log } n) & 4.23 \\
 &= 1 + (3,322 \times \text{Log } 13) \\
 &= 4,7 \approx 5
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat dibuat 5 kelas distribusi :

$$= \frac{100 \%}{5} \quad \Rightarrow \quad = 20\%$$

Jadi interval yang digunakan adalah : 20 %, 40 %, 60%, 80 %

Pada pengujian Chi Square terlebih dahulu menentukan nilai Y_n dan S_n , dimana nilai $Y_n = 0,5070$ dan $S_n = 0,9971$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

1. Interval 80 %

$$Tr = \frac{100}{80} \quad \Rightarrow \quad = 1,250$$

$$Y_t = -\ln\left(-\ln\left(\frac{Tr-1}{Tr}\right)\right) \quad 4.24$$

$$= -\ln\left(-\ln\left(\frac{1,250-1}{1,250}\right)\right) \Rightarrow = -0,476$$

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \quad 4.25$$

$$= \frac{(-0,476 - 0,5070)}{0,9971} \Rightarrow = -0,986$$

$$X_t = \bar{X} + (K \times S) \quad 4.26$$

$$= 103,20 + (-0,986 \times 28,17) \Rightarrow = 75,432$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.11. dibawah ini.

Tabel 4-11 : Batas Kelas Pada Probabilitas EJ Gumbel

No	Pr	Tr	Yt	K	Xt
1	80	1,250	-0,476	-0,986	75,432
2	60	1,667	0,087	-0,421	91,347
3	40	2,500	0,672	0,165	107,857
4	20	5,000	1,500	0,996	131,257

Sumber : Hasil Perhitung

Tabel 4-12 : Pengujian Chi Square pada probabilitas EJ Gumbel

No	Kelas	EJ	OJ	EJ-OJ	(EJ-OJ) ²
1	0 - 75,432	2	2,6	-0,6	0,36
2	75,432 - 91,347	4	2,6	1,4	1,96
3	91,347 - 107,856	2	2,6	-0,6	0,36
4	107,856 - 131,256	3	2,6	0,4	0,16
5	131,256 - @	2	2,6	-0,6	0,36
Jumlah		13	13		3,2

Sumber : Hasil Perhitung

$$EJ = \frac{\text{banyaknya data}}{\text{jumlah data}} = \frac{13}{5} \Rightarrow = 2,6$$

- Banyaknya data (n) = 13
- Taraf signifikan (α) = 5 %
- Derajat kebebasan (Dk) = kelas – m – 1
= 5 – 2 – 1 $\Rightarrow$ = 2

$$X^2 \text{ standar} = 5,991$$

$$X^2 \text{ hitung} = \frac{\sum(EJ - OJ)^2}{OJ} = \frac{3,2}{2,6} \Rightarrow = 1,23 \quad 4.27$$

Karena X^2 hitung < X^2 standar, maka pengujian Chi Square pada distribusi EJ Gumbel diterima.

Dalam menentukan nilai kritis (X^2 standar) untuk perhitungan diatas, dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 4-13 : Perbandingan Curah Hujan Rancangan

Kala Ulang (Tahun)	Log Person III	EJ Gumbel
5	124,991	131,257
10	141,505	152,460
20	154,797	172,798
50	176,829	199,123

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4-14 : Perbandingan Uji Smirnov-Kolmogorov

Perbandingan	Log Person III	EJ Gumbel
N	13	13
Δ Maks	0,119	0,139
α	5%	5%
Δ Cr	0,375	0,375
Uji Distribusi	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4-15 : Perbandingan Uji Chi Square

Perbandingan	Log Person III	EJ Gumbel
N	13	13
α	5%	5%
X² hitung	1,23	1,23
X² standar	5,991	5,991
Uji Distribusi	Diterima	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan uji distribusi Smirnov-Kolmogorov dan Chi Square pada metode Log Person III dan metode EJ Gumbel dapat diterima. Untuk perhitungan selanjutnya dapat digunakan metode Log Person III sebagai acuan untuk proses analisa selanjutnya, karena pada hasil perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov dengan metode Log Person Type III memiliki Δ Maks lebih kecil dibandingkan metode EJ Gumbel.

4.1.4. Distribusi Hujan Jam –jaman

Dalam perhitungan ini, perhitungan kemungkinan curah hujan tiap jamnya dihitung dengan menggunakan rumus dari (Suyono, 1989), karena curah hujan maksimal yang terjadi di lokasi adalah 5 jam dalam sehari :

$$R_t = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{T} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \mathbf{2.28}$$

$$T_1 = 1 \text{ jam} = R_1 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,58 R_{24} \quad \mathbf{2.29}$$

$$T_2 = 2 \text{ jam} \quad R_2 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{2} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,37 R_{24} \quad \mathbf{2.30}$$

$$T_3 = 3 \text{ jam} \quad R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{3} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,28 R_{24} \quad \mathbf{2.31}$$

$$T_4 = 4 \text{ jam } R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,23 R_{24} \quad 2.32$$

$$T_5 = 5 \text{ jam } R_3 = \frac{R_{24}}{5} \times \left(\frac{5}{5}\right)^{\frac{2}{3}} = 0,20 R_{24} \quad 2.33$$

Maka untuk $R_{24} = 100\%$ di dapatkan hubungan waktu hujan dengan ratio jam ke t yaitu dengan persamaan:

$$R_t = t \cdot R_t - (t-1) \cdot R(t-1)$$

Dengan memasukkan nilai t pada persamaan di atas akan di dapatkan:

$$\begin{aligned} 1 \text{ jam}, R_1 &= 1 \cdot R_1 - (1-1) \cdot R(1-1) & 4.34 \\ &= 1 \cdot 0,58 \times R_{24} \\ &= 0,58 \times 100\% \\ &= 58\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \text{ jam}, R_2 &= 2 \cdot R_2 - (2-1) \cdot R_1 & 4.35 \\ &= 2 \cdot 0,37 R_{24} - 1 \cdot 0,58 R_{24} \\ &= 0,74 \times 100\% - 0,58 \times 100\% \\ &= 16\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \text{ jam}, R_3 &= 3 \cdot R_3 - (3-1) \cdot R_2 & 4.36 \\ &= 3 \cdot 0,28 R_{24} - 2 \cdot 0,37 R_{24} \\ &= 0,84 \times 100\% - 0,74 \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4 \text{ jam}, R_3 &= 4 \cdot R_3 - (4-1) \cdot R_2 & 4.37 \\ &= 4 \cdot 0,23 R_{24} - 3 \cdot 0,28 R_{24} \\ &= 0,92 \times 100\% - 0,84 \times 100\% \\ &= 8,2\% \end{aligned}$$

$$5 \text{ jam}, R_3 = 5 \cdot R_3 - (5-1) \cdot R_2$$

4.38

$$= 5 \cdot 0,20 R_{24} - 4 \cdot 0,23 R_{24}$$

$$= 1 \times 100\% - 0,92 \times 100\%$$

$$= 7,8 \%$$

Tabel 4-16 : Distribusi Hujan Jam -jaman

No.	Jam ke	Ratio (%)
1	1	58
2	2	16
3	3	10
4	4	8,2
5	5	7,8

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.5. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran ditentukan berdasarkan tata guna lahan dan tabel koefisien pengaliran yang dapat dilihat pada tabel 2.6. Lokasi perencanaan berada di kabupaten Tulungagung dengan keadaan tata guna lahannya terdiri dari pemukiman, sawah dan kebun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4-17 : Rerata Koefisien Pengaliran Penggunaan Lahan

No Sub DAS	Penggunaan Lahan	Luas		koefisien (C)
		Total (km ²)	(km ²)	
21	Pemukiman		4,645	0,7
	Sawah	12,224	3,912	0,8
	Kebun		3,667	0,3
22	Pemukiman		0,616	0,6
	Sawah	1,369	0,534	0,8
	Kebun		0,219	0,6
23	Pemukiman		3,439	0,7
	Sawah	5,637	1,747	0,8
	Kebun		0,451	0,3

Sumber : Data Lapangan

$$C = \frac{(A_1.C_1) + (A_2.C_2) + + (A_n.C_n)}{A_1 + A_2 + + A_n} \quad 4.39$$

$$C = \frac{(12,224 \times 0,60) + (1,369 \times 0,60) + (5,637 \times 0,60)}{12,224 + 1,369 + 5,637}$$

$$= 0,65$$

Dimana Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara limpasan air hujan dengan total hujan yang menyebabkan limpasan di lingkungan sekitar yang sesuai kondisi kawasan yang digunakan sebagai tata guna lahan.

4.1.6. Hujan Efektif

Berdasarkan pada hasil perhitungan hujan rencana dengan metode *Log Person III* dan perhitungan distribusi hujan jam – jaman, maka dapat dihitung hujan efektif dengan menggunakan persamaan :

$$R_n = C . R$$

$$\text{Curah hujan rancangan 5 tahun} = 124,991$$

$$\text{Koefisien pengaliran} = 0,65$$

Maka :

$$\text{Curah hujan efektif} = 124,991 \times 0,65 = 81,244 \quad 4.40$$

$$\text{Curah hujan jam-jaman} = 81,244 \times 58\% = 4712,15 \quad 4.41$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.18. dibawah ini.

Tabel 4-18 : Perhitungan hujan Efektif

No	Jam ke	Ratio (%)	Distribusi Hujan Jam - jaman (mm)			
			5 Th	10 Th	20 Th	50 Th
1	1	58	4712,15	5334,79	5835,84	6666,46
2	2	16	1299,94	1471,66	1609,88	1839,02
3	3	10	812,44	919,79	1006,18	1149,39
4	4	8,2	666,20	754,22	825,06	942,49
5	5	7,8	633,70	717,43	784,82	896,52
Probabilitas Hujan Harian			124,991	141,505	154,797	176,829
Koefisien Pengaliran			0,65	0,65	0,65	0,65
Hujan Efektif			81,244	91,979	100,618	114,939

Sumber : Hasil perhitungan

4.1.7. Debit Banjir Rancangan

Untuk menentukan debit banjir rancangan pada perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

A) Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Berdasarkan data topografi dan hasil perhitungan maka dapat diketahui data – data sebagai berikut :

$$\text{Luas DAS (A)} = 19,20 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang sungai utama (L)} = 5,456 \text{ km}$$

$$\text{Koefisien pengaliran (C)} = 0,65$$

$$R_0 = 1,00 \text{ mm (hujan satuan)}$$

1) Menentukan nilai waktu konsentrasi (T_g). Karena $L < 15 \text{ km}$ maka :

$$\begin{aligned}
 T_g &= 0,27 \times L^{0,7} \\
 &= 0,27 \times 5,456^{0,7}
 \end{aligned}
 \tag{4.42}$$

$$= 0,885$$

- 2) Menentukan nilai T_r yang nilainya antara $0,5 T_g - 1 T_g$

$$T_r = 1 \times 0,885 \quad 4.43$$

$$= 0,885$$

- 3) Menentukan nilai (T_p) dengan rumus

$$T_p = t_g + 1 t_r \quad 4.44$$

$$= 0,885 + (1,0 \times 0,885)$$

$$= 1,77 \approx 2 \text{ jam}$$

- 4) Menentukan nilai $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g \quad 4.45$$

$$\text{Parameter } \alpha = \frac{0,47 \times (A.L)^{0,25}}{T_g} \quad 4.46$$

$$= \frac{0,47 \times (19,20 \times 5,456)^{0,25}}{0,885}$$

$$= 1,698$$

$$T_{0,3} = 1,698 \times 0,885$$

$$= 1,504$$

- 5) mencari debit puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{AR_o}{3,6 \times (0,3.T_p + T_{0,3})} \quad 4.47$$

$$= \frac{19,20 \times 1}{3,6 \times (0,3 \times 2 + 1,504)}$$

$$= 2,535 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Menghitung unit hidrograf satuan banjir banjir rancangan dengan menggunakan persamaan – persamaan sebagai berikut :

- 1) Untuk lengkung naik dengan $0 \leq t \leq T_p = 0 \leq t \leq 2$

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad 4.48$$

$$= 2,535 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{2,4}$$

$$= 0,480$$

- 2) Untuk lengkung turun dengan $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}) = 2 \leq t \leq 3,504$

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right) \quad 4.49$$

$$= 2,535 \times 0,3 \left(\frac{3-2}{1,504} \right)$$

$$= 1,138$$

- 3) Untuk lengkung turun kedua dengan $(T_p + T_{0,3}) < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$
 $= 3,504 < t < 5,759$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p + 0,5 \times T_{0,3}}{1,5 \times T_{0,3}} \right) \quad 4.50$$

$$= 2,535 \times 0,3 \left(\frac{4-2+0,5 \times 1,504}{1,5 \times 1,504} \right)$$

$$= 0,584$$

- 4) Untuk lengkung turun kedua dengan $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = t \geq 5,759$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{t - T_p + 1,5 \cdot T_{0,3}}{2 \cdot T_{0,3}} \right) \quad 4.51$$

$$= 2,535 \times 0,3^{\left(\frac{6-1+1,5 \times 1,504}{2 \times 1,504}\right)}$$

$$= 0,207$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.18. dibawah ini.

Tabel; 4-19 : Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

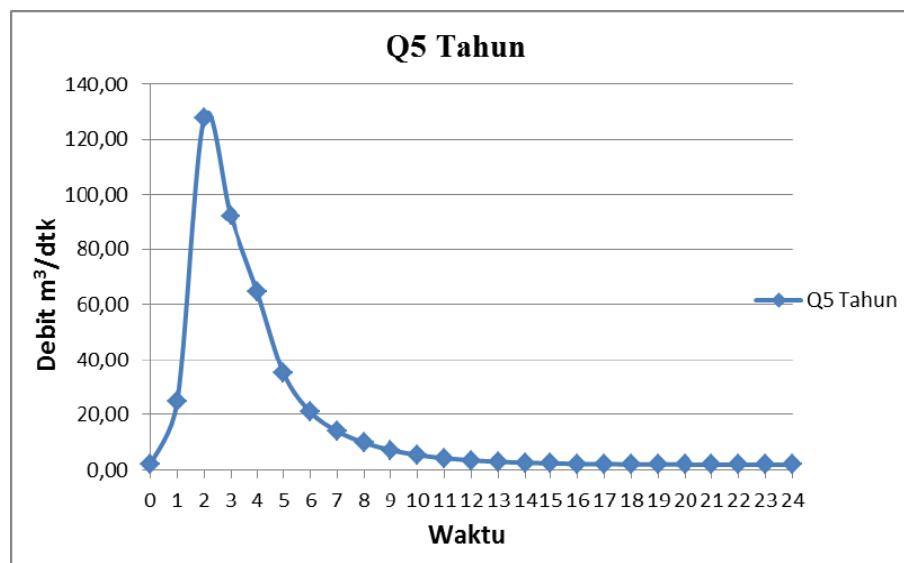
t (Jam)	Qa	Qd1	Qd2	Qd3
0	0,00000			
1	0,48035			
2	2,53530			
3		1,13837		
4			0,58355	
5			0,34218	
6				0,20720
7				0,13884
8				0,09303
9				0,06234
10				0,04177
11				0,02799
12				0,01876
13				0,01257
14				0,00842
15				0,00564
16				0,00378
17				0,00253
18				0,00170
19				0,00114
20				0,00076
21				0,00051
22				0,00034
23				0,00023
24				0,00015

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4-20 : Ordinat Banjir Rancangan 5 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 5 TAHUN								
t (Jam)	Q (m ³ /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q Banjir (m ³ /detik)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		38,925	29,529	18,791	15,436	13,423		
0	0	0					1,85	1,85
1	0,48035	22,635	0				1,85	24,485
2	2,5353	119,468	6,244	0			1,85	127,562
3	1,13837	53,642	32,957	3,903	0		1,85	92,351
4	0,58355	27,498	14,798	20,598	7,415	0	1,85	64,744
5	0,34218	16,124	7,586	9,249	39,136	4,293	1,85	34,808
6	0,2072	9,763	4,448	4,741	17,572	22,658	1,85	20,802
7	0,13884	6,542	2,693	2,78	9,008	10,174	1,85	13,866
8	0,09303	4,384	1,805	1,683	5,282	5,215	1,85	9,722
9	0,06234	2,938	1,209	1,128	3,198	3,058	1,85	7,125
10	0,04177	1,968	0,81	0,756	2,143	1,852	1,85	5,385
11	0,02799	1,319	0,543	0,506	1,436	1,241	1,85	4,218
12	0,01876	0,884	0,364	0,339	0,962	0,831	1,85	3,437
13	0,01257	0,592	0,244	0,227	0,645	0,557	1,85	2,913
14	0,00842	0,397	0,163	0,152	0,432	0,373	1,85	2,563
15	0,00564	0,266	0,109	0,102	0,29	0,25	1,85	2,328
16	0,00378	0,178	0,073	0,068	0,194	0,168	1,85	2,17
17	0,00253	0,119	0,049	0,046	0,13	0,112	1,85	2,064
18	0,0017	0,08	0,033	0,031	0,087	0,075	1,85	1,994
19	0,00114	0,054	0,022	0,021	0,058	0,05	1,85	1,946
20	0,00076	0,036	0,015	0,014	0,039	0,034	1,85	1,915
21	0,00051	0,024	0,01	0,009	0,026	0,023	1,85	1,893
22	0,00034	0,016	0,007	0,006	0,018	0,015	1,85	1,879
23	0,00023	0,011	0,004	0,004	0,012	0,01	1,85	1,869
24	0,00015	0,007	0,003	0,003	0,002	0,001	1,85	1,863

sumber : Hasil perhitungan

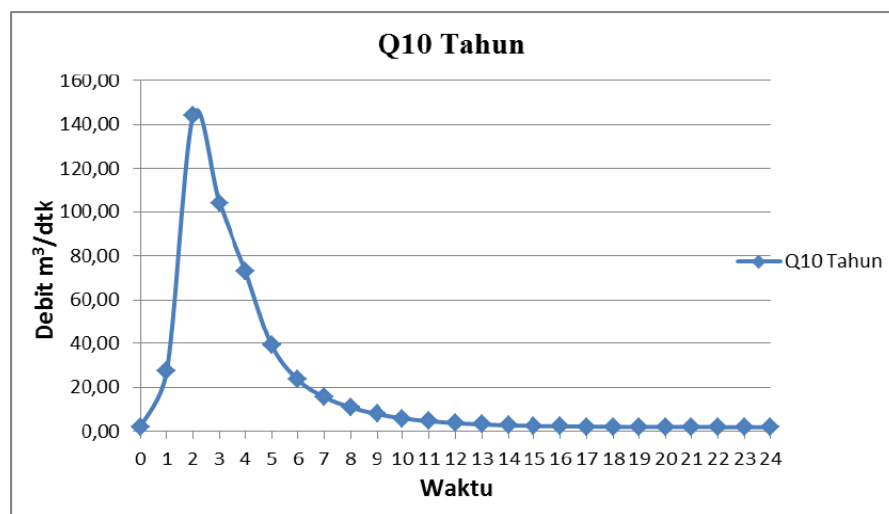


Gambar 4-2 : Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Tabel 4-21 : Ordinat Banjir Rancangan 10 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 10 TAHUN								
t (Jam)	Q (m ³ /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q Banjir (m ³ /detik)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		44,282	33,593	21,378	17,56	15,27		
0	0	0					1,85	1,85
1	0,48035	25,625	0				1,85	27,475
2	2,5353	135,252	7,069	0			1,85	144,171
3	1,13837	60,73	37,311	4,418	0		1,85	104,309
4	0,58355	31,131	16,753	23,319	8,395	0	1,85	73,053
5	0,34218	18,254	8,588	10,471	44,307	4,86	1,85	39,163
6	0,2072	11,053	5,036	5,367	19,894	25,651	1,85	23,306
7	0,13884	7,407	3,049	3,147	10,198	11,518	1,85	15,453
8	0,09303	4,963	2,043	1,906	5,98	5,904	1,85	10,762
9	0,06234	3,326	1,369	1,277	3,621	3,462	1,85	7,822
10	0,04177	2,228	0,917	0,856	2,426	2,096	1,85	5,852
11	0,02799	1,493	0,615	0,573	1,626	1,405	1,85	4,531
12	0,01876	1,001	0,412	0,384	1,089	0,941	1,85	3,647
13	0,01257	0,67	0,276	0,257	0,73	0,631	1,85	3,054
14	0,00842	0,449	0,185	0,173	0,489	0,423	1,85	2,657
15	0,00564	0,301	0,124	0,116	0,328	0,283	1,85	2,391
16	0,00378	0,202	0,083	0,077	0,22	0,19	1,85	2,212
17	0,00253	0,135	0,056	0,052	0,147	0,127	1,85	2,093
18	0,0017	0,091	0,037	0,035	0,099	0,085	1,85	2,013
19	0,00114	0,061	0,025	0,023	0,066	0,057	1,85	1,959
20	0,00076	0,041	0,017	0,016	0,044	0,038	1,85	1,923
21	0,00051	0,027	0,011	0,01	0,03	0,026	1,85	1,899
22	0,00034	0,018	0,008	0,007	0,02	0,017	1,85	1,883
23	0,00023	0,012	0,005	0,005	0,013	0,012	1,85	1,872
24	0,00015	0,008	0,003	0,003	0,002	0,002	1,85	1,865

Sumber : Hasil perhitungan

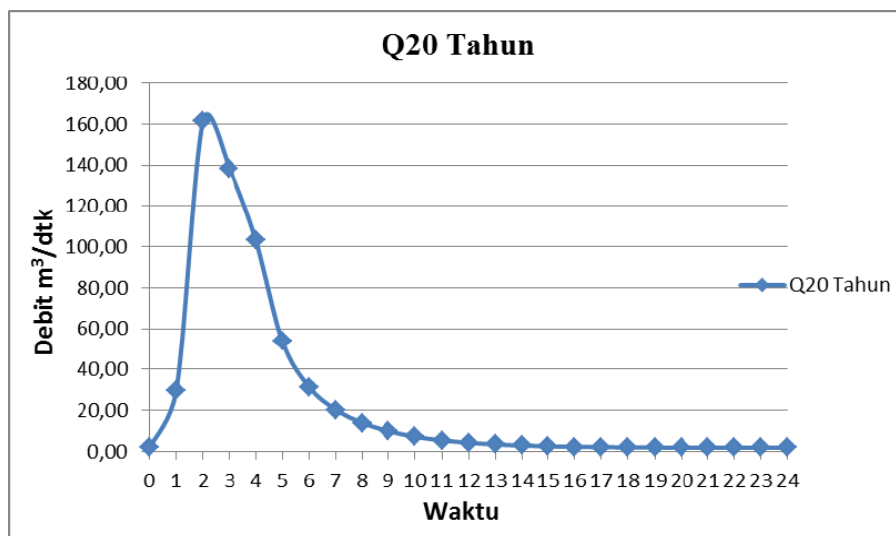


Gambar 4-3 : Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Tabel 4-22 : Ordinat Banjir Rancangan 20 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 20 TAHUN								
t (Jam)	Q (m ³ /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q Banjir (m ³ /detik)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		48,355	36,386	23,345	19,175	16,674		
0	0	0					1,85	1,85
1	0,48035	28,033	0				1,85	29,883
2	2,5353	147,956	11,897	0			1,85	161,704
3	1,13837	66,434	62,793	7,436	0		1,85	138,513
4	0,58355	34,055	28,195	39,246	14,128	0	1,85	103,346
5	0,34218	19,969	14,453	17,622	74,567	8,179	1,85	53,894
6	0,2072	12,092	8,475	9,033	33,481	43,17	1,85	31,45
7	0,13884	8,102	5,132	5,297	17,163	19,384	1,85	20,381
8	0,09303	5,429	3,439	3,207	10,064	9,937	1,85	13,925
9	0,06234	3,638	2,304	2,149	6,094	5,826	1,85	9,941
10	0,04177	2,438	1,544	1,44	4,083	3,528	1,85	7,272
11	0,02799	1,634	1,035	0,965	2,736	2,364	1,85	5,483
12	0,01876	1,095	0,693	0,647	1,834	1,584	1,85	4,285
13	0,01257	0,733	0,465	0,433	1,229	1,062	1,85	3,481
14	0,00842	0,491	0,311	0,29	0,823	0,711	1,85	2,943
15	0,00564	0,329	0,209	0,195	0,552	0,477	1,85	2,582
16	0,00378	0,221	0,14	0,13	0,37	0,319	1,85	2,341
17	0,00253	0,148	0,094	0,087	0,248	0,214	1,85	2,179
18	0,0017	0,099	0,063	0,059	0,166	0,143	1,85	2,07
19	0,00114	0,066	0,042	0,039	0,111	0,096	1,85	1,998
20	0,00076	0,044	0,028	0,026	0,075	0,064	1,85	1,949
21	0,00051	0,03	0,019	0,018	0,05	0,043	1,85	1,916
22	0,00034	0,02	0,013	0,012	0,033	0,029	1,85	1,894
23	0,00023	0,013	0,008	0,008	0,022	0,019	1,85	1,88
24	0,00015	0,009	0,006	0,005	0,003	0,001	1,85	1,87

Sumber : Hasil perhitungan

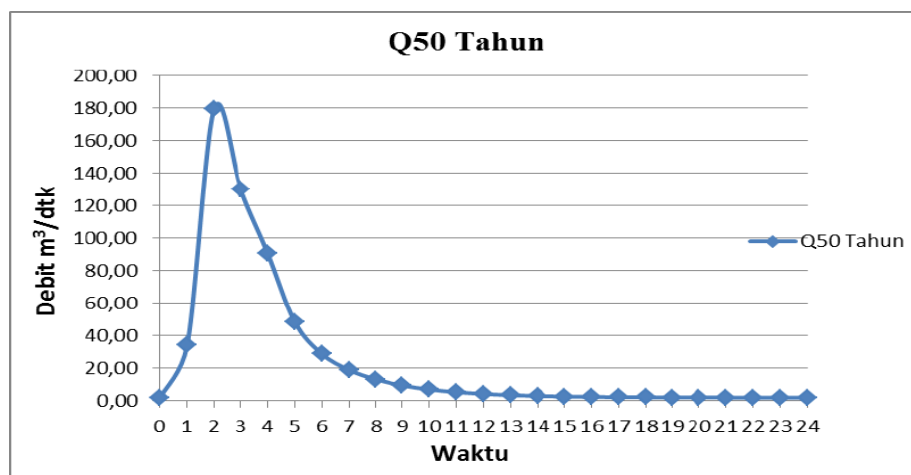


Gambar 4-4 : Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Tabel 4-23 : Ordinat Banjir Rancangan 50 Tahun

ORDINAT BANJIR RANCANGAN KALA ULANG 50 TAHUN								
t (Jam)	Q (m ³ /detik)	CURAH HUJAN JAM-JAMAN					Base Flow (Qf)	Q Banjir (m ³ /detik)
		R1	R2	R3	R4	R5		
		55,236	41,903	26,666	21,904	19,047		
0	0	0					1,85	1,85
1	0,48035	32,022	0				1,85	33,872
2	2,5353	169,014	8,834	0			1,85	179,698
3	1,13837	75,889	46,625	5,521	0		1,85	129,885
4	0,58355	38,902	20,935	29,14	10,49	0	1,85	90,827
5	0,34218	22,811	10,732	13,084	55,367	6,073	1,85	48,477
6	0,2072	13,813	6,293	6,707	24,86	32,054	1,85	28,663
7	0,13884	9,256	3,81	3,933	12,744	14,393	1,85	18,849
8	0,09303	6,202	2,553	2,381	7,473	7,378	1,85	12,987
9	0,06234	4,156	1,711	1,596	4,525	4,326	1,85	9,313
10	0,04177	2,785	1,146	1,069	3,032	2,62	1,85	6,851
11	0,02799	1,866	0,768	0,717	2,032	1,755	1,85	5,201
12	0,01876	1,25	0,515	0,48	1,361	1,176	1,85	4,095
13	0,01257	0,838	0,345	0,322	0,912	0,788	1,85	3,355
14	0,00842	0,561	0,231	0,216	0,611	0,528	1,85	2,858
15	0,00564	0,376	0,155	0,144	0,41	0,354	1,85	2,526
16	0,00378	0,252	0,104	0,097	0,274	0,237	1,85	2,303
17	0,00253	0,169	0,07	0,065	0,184	0,159	1,85	2,153
18	0,0017	0,113	0,047	0,043	0,123	0,106	1,85	2,053
19	0,00114	0,076	0,031	0,029	0,083	0,071	1,85	1,986
20	0,00076	0,051	0,021	0,02	0,055	0,048	1,85	1,941
21	0,00051	0,034	0,014	0,013	0,037	0,032	1,85	1,911
22	0,00034	0,023	0,009	0,009	0,025	0,021	1,85	1,891
23	0,00023	0,015	0,006	0,006	0,017	0,014	1,85	1,877
24	0,00015	0,01	0,004	0,004	0,002	0,01	1,85	1,868

Sumber : Hasil perhitungan



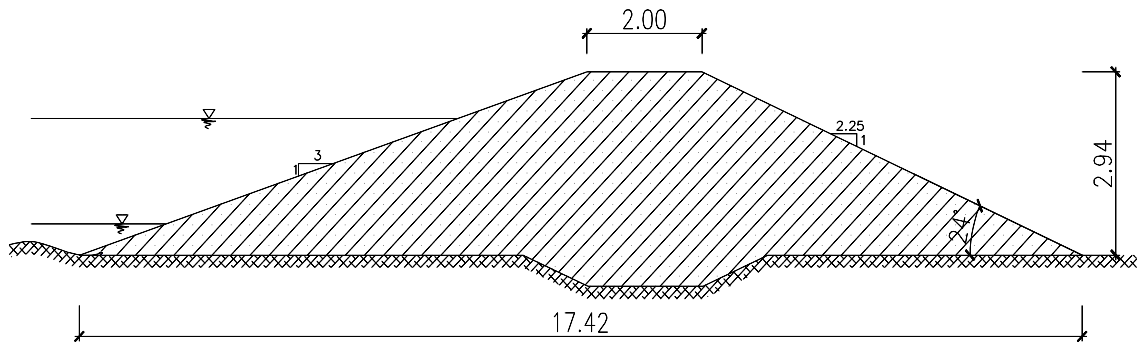
Gambar 4-5 : Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

4.2. Perencanaan Teknis Embung

4.2.1. Tipe Embung dan Dimensi Embung

Jenis tanah Homogen digunakan sebagai bahan timbunan tubuh embung, maka dalam perencanaan tipe tubuh embung menggunakan tipe urukan tanah (homogen).



Gambar 4-6 : Dimensi Embung Urukan Homogen

Volume Material yang tersedia lebih besar untuk kebutuhan perencanaan embung, sehinggamencukupi untuk pembuatan tipe embung homogen.

4.2.2. Lengkung Kapasitas Tampung Efektif Embung

Dalam kapasitas tampungan tidak harus terpaku pada suatu desa atau lokasi embung namun juga harus mempertimbangkan debit / volume air (V_h) yang datang serta kemampuan topografy untuk menampung air (V_p). Apabila air yang tersedia atau kemampuan topografi kecil maka embung harus didesaaain dengan kapasitas yang lebih kecil dari pada keperluan maksimum suatu desa. Dengan demikian untuk memenuhi keperluan kebutuhan maksimum suatu desa diperlukan pembangunan lebih lebih suatu embung.

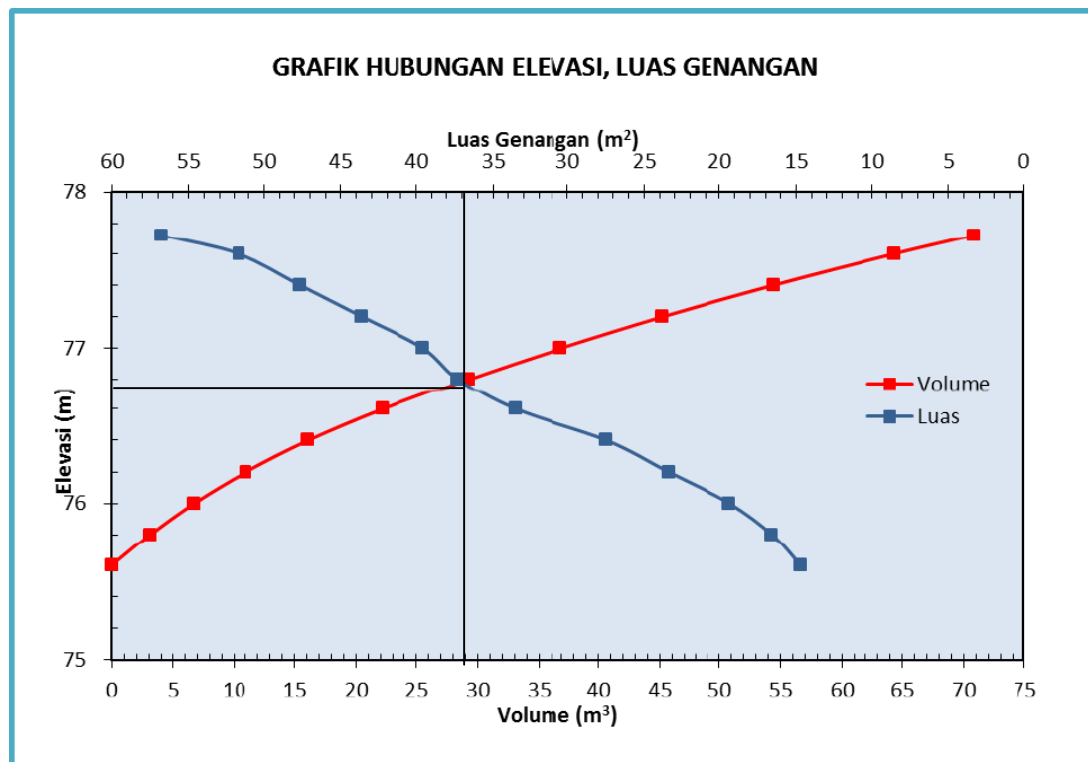
Berdasarkan pengukuran pada peta topografi hubungan luas permukaan genangan, dan volume tampungan embung di Kabupaten Tulungagung dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.24.
Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Genangan

Elevasi	Luas Genangan	Volume Genangan	Kom. Volume Genangan
(m)	(m ²)	(m ³)	(m ³)
75,60	14,72	0	0
75,80	16,58	3,13	3,13
76,00	19,37	3,60	6,73
76,20	23,41	4,28	11,00
76,40	27,45	5,09	16,09
76,60	33,49	6,09	22,18
76,80	37,27	7,08	29,26
77,00	39,57	7,68	36,94
77,20	43,61	8,32	45,26
77,40	47,65	9,13	54,39
77,60	51,69	9,93	64,32
77,72	56,73	6,51	70,83

Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 4.7 Grafik Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tampungan



Dari Gambar 4.6. Hubungan Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tampungan didapat elevasi muka air normal adalah $\pm 76,79$ m dengan volume tampungan $25,77 \text{ m}^3$ dan luas genangan $35,42 \text{ m}^2$.

4.2.3. Analisa Tampungan Efektif Embung

Dalam menentukan dimensi bangunan embung didasarkan pada topografi, debit yang tersedia dan kebutuhan, dengan pertimbangan debit andalan cukup dan tinggi embung cukup untuk mampu menampung air pada musim hujan.

Perhitungan umur efektif embung sangat dipengaruhi oleh besarnya kebutuhan air dan potensi topografi untuk menampung air yaitu volume maksimum kolam embung yang terbentuk karena dibangun suatu embung. Hasil perhitungan tampungan efektif dapat dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4.25. Analisa Tampungan Efektif Embung

Bulan	Debit Andalan	Vol. Inflow (m ³ /det)	Kum. Inflow (m ³ /det)	Out Flow	Vol. Outflow (m ³ /det)	Kum. outflow (m ³ /det)	Δ Volume (m ³ /det)
Jan	1,21	32,33	32,33	0,00039	0,01	0,01	32,32
Feb	0,61	14,76	47,09	0,00039	0,01	0,02	47,07
Mar	0,53	14,20	61,28	0,00039	0,01	0,03	61,25
Apr	0,46	11,92	73,20	0,00039	0,01	0,04	73,16
Mei	0,25	6,72	79,93	0,00039	0,01	0,05	79,88
Jun	0,17	4,41	84,33	0,00039	0,01	0,06	84,27
Jul	0,13	3,40	87,73	0,00039	0,01	0,07	87,66
Agust	0,07	1,85	89,58	0,00039	0,01	0,08	89,50
Sep	0,04	1,14	90,72	0,00039	0,01	0,09	90,63
Okt	0,06	1,58	92,30	0,00039	0,01	0,10	92,20
Nop	0,03	0,88	93,18	0,00039	0,01	0,11	93,07
Des	0,15	4,02	97,20	0,00039	0,01	0,12	97,08
Minimum							32,32
Maksimum							97,08
Total Tampungan Efektif							64,76

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

Debit Inflow	= Debit Andalan
Volume Inflow	= Inflow x detik x menit x jam x jumlah hari
Kum. Volume Inflow	= Kum. Volume inflow + volume inflow
Debit Outflow	= Debit air masuk sumur resapan
Volume Outflow	= Outflow x detik x menit x jam x jumlah hari
Kum. Volume Outflow	= Kum. Volume outflow + volume outflow
Delta Volume	= Kum. Volume inflow - Kum. Volume outflow
Total tampungan Efektif	= Maksimum - minimum

Salah satu permasalahan yang timbul dalam kaitannya dalam tampungan efektif adalah terjadinya pendangkalan dasar embung yang dapat mengakibatkan berkurangnya volume air embung. Dalam menentukan volume tampungan mati (*Dead Storage*) diambil besar sedimentasi yang terjadi di Tulungagung yang di tinjau dari laju erosi yaitu sebesar $0,25 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan volume sedimen selama 50 tahun adalah $12,50 \text{ m}^3$.

Tabel 4.26. Analisa Tampung Mati dan Elevasi Mercu Spillway

Elevasi	Luas genangan	Luas Genangan Rata-rata	INT. Vol. Tampung	Total Vol. Tampung	El. Dead Storage	El. Mercu Spillway
75,60	14,72					
75,80	16,58	15,65	3,13	3,13		
76,00	19,37	17,98	3,60	6,73		
76,20	23,41	21,39	4,28	11,00		
76,40	27,45	25,43	5,09	16,09		
76,60	31,49	29,47	5,89	21,98	76,22	77,29
76,80	35,53	33,51	6,70	28,69		
77,00	39,57	37,55	7,51	36,20		
77,20	43,61	41,59	8,32	44,51		
77,40	47,65	45,63	9,13	53,64		
77,60	51,69	49,67	9,93	63,57		
77,72	56,73	54,21	6,51	70,08		

Sumber : Hasil Perhitungan

Elevasi dasar sungai = ± 75,60 m

Rencana umur efektif embung = 50 tahun

Elevasi mercu spillway = ± 77,29 m

4.2.4. Penelusuran Banjir (Flood Routing)

Berdasarkan kapasitas pengaliran melalui pelimpah dapat di estimasikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = C \times B \times H^{\frac{3}{2}}$$

Dimana :

Koefisien limpahan (C) = 2,0 (asumsi antara 2,0 s/d 2,1, *Ir Suyono* ; 181)

Lebar pelimpah (B) = 2 m

Tinggi pelimpah (P) = 1,69 m

$Q_{50 \text{ tahun}}$ = 179,698 m³/dtk

Dimana elevasi puncak pelimpah $\pm 77,29$ m, belum ada air yang melalui pelimpah maka diambil $H = 0$ m, selanjutnya interval dipakai 20 cm.

$$Hd = \left(\frac{Q}{C \times L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \left(\frac{216,32}{2,0 \times 2} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 14,30 \text{ m}$$

$$a = \frac{(((1/1,6) \times (2,2 - 0,0416 \times (Hd / P)^{0,99})) - 1)}{(2 - (1/6) \times (2,2 - 0,0416 \times (Hd / P)^{0,99}))}$$

$$= \frac{(((1/1,6) \times (2,2 - 0,0416 \times (14,30 / 1,69)^{0,99})) - 1)}{(2 - (1/6) \times (2,2 - 0,0416 \times (14,30 / 1,69)^{0,99}))}$$

$$= 0,19$$

$H = 0$ dengan interval 20 cm

$$C = \frac{1,6 \times 1 + 2 \times a \times (H / Hd)}{1 + a \times (H / Hd)}$$

$$= \frac{1,6 \times 1 + 2 \times 0,19 \times (0,00 / 14,30)}{1 + 0,19 \times (0,00 / 14,30)}$$

$$= 1,85$$

$$Leff = B - (0,24 \times H)$$

$$= 2 - (0,24 \times 0,00)$$

$$= 2,00$$

$$Q = H \times C \times Leff$$

$$= 0,00 \times 1,60 \times 2$$

$$= 0,00$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.27. dibawah ini.

Tabel 4.27. Elevasi Muka Air dan Kapasitas Spillway

Elevasi M.A	H	C	Leff	Q
77,29	0,00	1,600	2,00	0,00
77,49	0,20	1,604	1,95	0,28
77,69	0,40	1,608	1,90	0,77
77,89	0,60	1,613	1,86	1,39
78,09	0,80	1,617	1,81	2,09
78,29	1,00	1,621	1,76	2,85
78,49	1,20	1,625	1,71	3,66
78,69	1,40	1,629	1,66	4,49
78,89	1,60	1,633	1,62	5,34
79,09	1,80	1,637	1,57	6,20
79,29	2,00	1,641	1,52	7,06
79,49	2,20	1,645	1,47	7,90
79,69	2,40	1,649	1,42	8,73
79,89	2,60	1,653	1,38	9,54
80,09	2,80	1,657	1,33	10,31
80,29	3,00	1,661	1,28	11,05
80,49	3,20	1,665	1,23	11,74
80,69	3,40	1,669	1,18	12,39
80,89	3,60	1,673	1,14	12,98
81,09	3,80	1,677	1,09	13,51
81,29	4,00	1,681	1,04	13,98
81,49	4,20	1,684	0,99	14,38
81,69	4,40	1,688	0,94	14,71
81,89	4,60	1,692	0,90	14,96

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.28. Parameter Debit dan Tampung Embung

Elevasi M.A	Q	S	S/ Δt	Q/2	$\psi = S/\Delta t - Q/2$	$\phi = S/\Delta t + Q/2$
1	2	3	4	5	6	7
77,29	0,00	0	0	0	0	0
77,49	0,28	59	0,0163	0,14	-0,12	0,16
77,69	0,77	69	0,0191	0,39	-0,37	0,41
77,89	1,39	79	0,0219	0,70	-0,67	0,72
78,09	2,09	89	0,0246	1,05	-1,02	1,07
78,29	2,85	99	0,0274	1,43	-1,40	1,45
78,49	3,66	109	0,0301	1,83	-1,80	1,86
78,69	4,49	118	0,0329	2,25	-2,21	2,28
78,89	5,34	128	0,0357	2,67	-2,64	2,71
79,09	6,20	138	0,0384	3,10	-3,06	3,14
79,29	7,06	148	0,0412	3,53	-3,49	3,57
79,49	7,90	158	0,0439	3,95	-3,91	4,00
79,69	8,73	168	0,0467	4,37	-4,32	4,41
79,89	9,54	178	0,0495	4,77	-4,72	4,82
80,09	10,31	188	0,0522	5,16	-5,10	5,21
80,29	11,05	198	0,0550	5,52	-5,47	5,58
80,49	11,74	208	0,0577	5,87	-5,81	5,93
80,69	12,39	218	0,0605	6,19	-6,13	6,25
80,89	12,98	228	0,0633	6,49	-6,43	6,55
81,09	13,51	238	0,0660	6,76	-6,69	6,82
81,29	13,98	248	0,0688	6,99	-6,92	7,06
81,49	14,38	258	0,0715	7,19	-7,12	7,26
81,69	14,71	267	0,0743	7,35	-7,28	7,43
81,89	14,96	277	0,0771	7,48	-7,40	7,56

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

[1] = Elevasi mercu pelimpah

[2] = Debit yang melalui pelimpah

[3] = Interpolasi berdasarkan lengkung kapasitas tampungan efektif

[4] = [3] / 3600 ($\Delta t = 3600$ detik)

$$[5] = [2] / 2$$

$$[6] = [4] - [5]$$

$$[7] = [4] + [5]$$

Tabel 4.29. Penelusuran Banjir Melalui Embung

t (jam)	Inflow (m ³ /dt)	(I ₁ +I ₂)/2 (m ³ /dt)	ψ (m ³ /dt)	φ = ψ+(I ₁ +I ₂)/ 2 (m ³ /dt)	Q (m ³ /dt)	Elevasi M.A
1	2	3	4	5	6	7
0	1,85				1,85	77,29
1	33,87	17,86	-16,73	1,13	9,53	77,61
2	179,70	106,78	-89,12	17,66	34,98	77,89
3	129,88	154,79	-64,48	90,31	157,34	78,29
4	90,83	110,36	-45,10	65,26	129,63	78,18
5	48,48	69,65	-24,03	45,62	90,49	78,09
6	28,66	38,57	-14,20	24,37	48,31	77,93
7	18,85	23,76	-12,78	10,97	23,94	77,84
8	12,99	15,92	-6,43	9,49	18,80	77,79
9	9,31	11,15	-4,61	6,54	12,96	77,68
10	6,85	8,08	-3,39	4,70	10,30	77,59
11	5,20	6,03	-2,57	3,46	7,84	77,57
12	4,10	4,65	-2,02	2,63	6,20	77,54
13	3,35	3,72	-1,65	2,08	5,10	77,59
14	2,86	3,11	-1,40	1,70	4,37	77,57
15	2,53	2,69	-1,24	1,46	3,88	77,53
16	2,30	2,41	-1,13	1,29	3,56	77,49
17	2,15	2,23	-1,05	1,18	3,35	77,47
18	2,05	2,10	-1,00	1,10	3,23	77,45
19	1,99	2,02	-0,97	1,05	3,17	77,42
20	1,94	1,96	-0,95	1,02	3,17	77,39
21	1,91	1,93	-0,93	0,99	2,97	77,37
22	1,89	1,90	-0,92	0,98	2,91	77,35
23	1,88	1,88	-0,91	0,97	2,89	77,32
24	1,87	1,87	-0,91	0,96	2,88	77,30

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

[1] = Waktu penelusuran banjir

[2] = Debit inflow

[3] = Debit inflow rata – rata

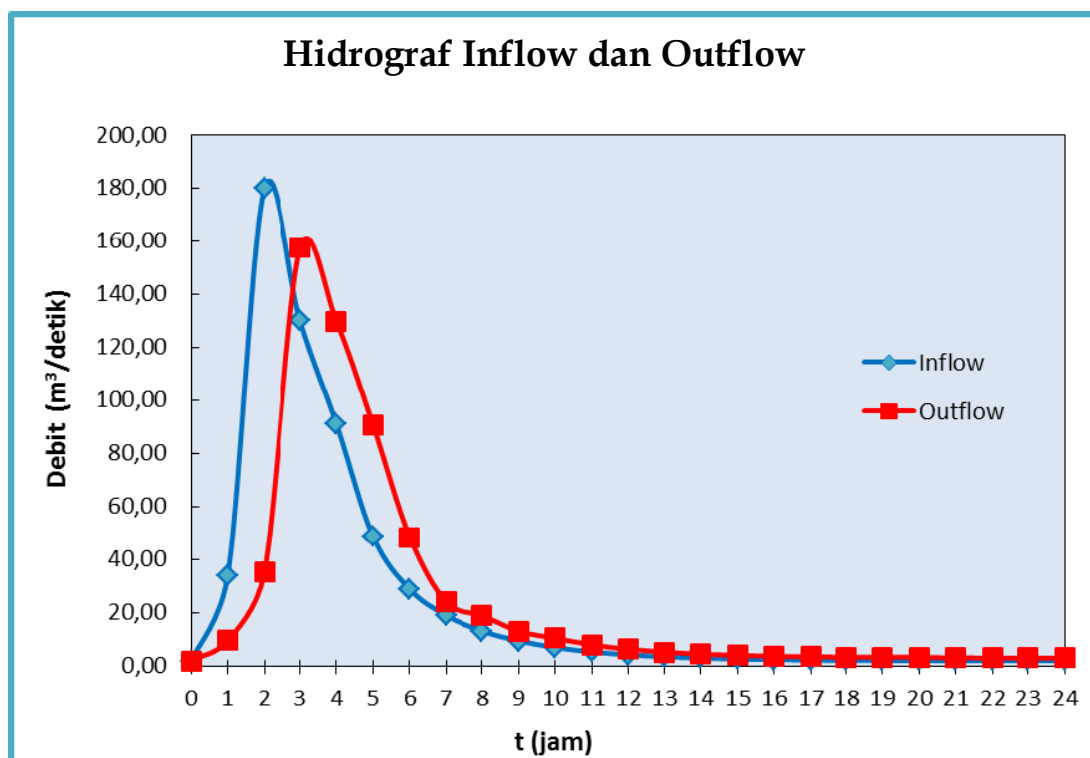
[4] = Interpolasi antara kolom 2 dan kolom 6 pada tabel 4.27. berdasarkan tabel 4.28. kolom 2

[5] = [3] + [4]

[6] = Interpolasi antara kolom 2 dan kolom 7 pada tabel 4.27. berdasarkan tabel 4.28. kolom 5

[7] = Interpolasi antara kolom 1 dan kolom 2 pada tabel 4.27. berdasarkan tabel 4.28. kolom 6

Gambar 4.8. Garfik Inflow dan Outflow



4.2.5. Tipe Tubuh Embung

Pada lokasi studi memiliki jenis tanah alluvial dengan warna kelabu yang memiliki tekstur liat dengan permeabilitas lambat. Jenis tanah ini dapat digunakan sebagai bahan timbunan tubuh embung, maka dalam perencanaan tipe tubuh embung menggunakan tipe urugan tanah (homogen).

4.2.6. Tinggi Jagaan Embung

Tinggi jagaan embung ditentukan berdasarkan tabel 2.6. diambil berdasarkan sesuai dengan tipe tubuh embung yaitu homogen sebesar 0,50 m.

4.2.7. Tinggi Tubuh Embung

Tinggi tubuh embung dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_d = H_k + H_b + H_f$$

Berdasarkan penelusuran banjir melalui melalui embung diketahui bahwa :

H_d = Tinggi tubuh embung desain

H_k = 1,69 m pada elevasi $\pm 77,29$ m (tinggi muka air pada saat kondisi penuh)

H_b = 0,50 m pada elevasi $\pm 76,79$ m (tinggi muka air normal)

H_f = 0,50 (tinggi jagaan)

$$H_d = 1,69 + 0,50 + 0,50$$

$$= 2,69 \text{ m}$$

Untuk tipe urugan diperlukan cadangan untuk penurunan yang diperkirakan 0,25 m, sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$H_d = 1,69 + 0,50 + 0,50 + 0,25$$

$$= 2,94 \text{ m}$$

4.2.8. Lebar Puncak Embung

Lebar puncak embung ditentukan berdasarkan tabel 2.9. yaitu untuk tipe urugan tanah dengan tinggi $\leq 5,00$ m, maka dengan ketentuan yang ada dengan dilihat dari tinggi embung yang direncanakan yaitu 2,94 m maka lebar puncak embung adalah 2,00 m.

4.2.9. Kemiringan Lereng Embung

Kemiringan lereng embung ditentukan berdasarkan tabel 2.10. dengan tubuh embung yang digunakan adalah tipe urugan tanah dengan kemiringan lereng embung bagian hulu 1 : 3 dan bagian hilir 1 : 2,25 dengan tinggi tubuh embung 2,94 m.

4.2.10. Perencanaan Pintu Pembilas

Jumlah pilar dan lebar pintu pembilas di perkirakan sebesar $1/6$ sampai dengan $1/10$ lebar total embung sebesar 6,28 m, maka dapat dihitung tebal pilar dan lebar pintu pembilas.

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{6} \times \text{lebar total embung} \\ &= \frac{1}{6} \times 6,28 \\ &= 1,05 \approx 1,10 \text{ m} \end{aligned}$$

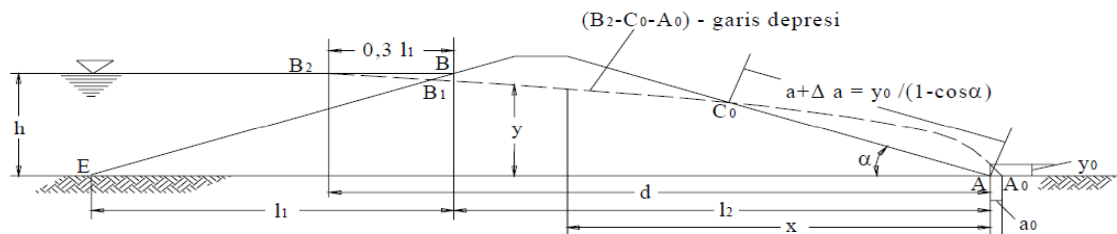
Dalam perencanaan ini, direncanakan 1 buah pilar dengan tebal pilar 0,50 m dan lebar pintu pembilas 0,60 m dengan tinggi pintu yang dipakai 1,00 m.

4.2.11. Analisa Stabilitas Embung Terhadap Aliran Filtrasi

Analisa stabilitas terhadap aliran filtrasi dengan melakukan kontrol terhadap adanya rembesan air yang melalui celah – celah antara butiran – butiran tanah pembentuk tubuh embung tersebut.

Dalam suatu bangunan embung, tubuh embung maupun pondasinya diharuskan mampu mempertahankan diri terhadap gaya – gaya yang ditimbulkan

oleh air filtrasi yang mengalir melalui celah – celah antara butiran – butiran tanah pembentuk tubuh embung dan pondasi tersebut.



Gambar 4-9 : Garis Depresi pada Embung Homogen (dalam Soedibyo, 1993)

Untuk menentukan formasi garis aliran pada tubuh embung digunakan data – data sebagai berikut :

- Elevasi muka air banjir $\pm 78,29$ m
- Elevasi mercu spillway $\pm 77,29$ m
- Kemiringan lereng tubuh embung bagian hulu 1 : 3 dan bagian hilir 1 : 2,25

Penentuan garis aliran sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_1 &= (78,29 - 75,60) \times 3 & 4.70 \\ &= 8,07 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_2 &= ((2,69 \times 3) - 8,07) + ((2,69 \times 1) + 2) & 4.71 \\ &= 4,69 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,3 L_1 &= 0,3 \times 8,07 & 4.72 \\ &= 2,42 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 4,69 + 2,42 & 4.73 \\ &= 7,11 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan, maka diperoleh :

$$\begin{aligned} y_0 &= \sqrt{h^2 + d^2} - d & 4.74 \\ &= \sqrt{2,94^2 + 7,11^2} - 7,11 \end{aligned}$$

$$= 0,58 \text{ m}$$

$$a_0 = \frac{y_0}{2} \quad 4.75$$

$$= \frac{0,58}{2} = 0,29$$

Dari perhitungan diatas diperoleh persamaan untuk menentukan garis aliran sesuai dengan persamaan berikut ini :

$$y = \sqrt{2 \cdot y_0 x + y_0^2} \quad 4.76$$

$$= \sqrt{1,16x + 0,34}$$

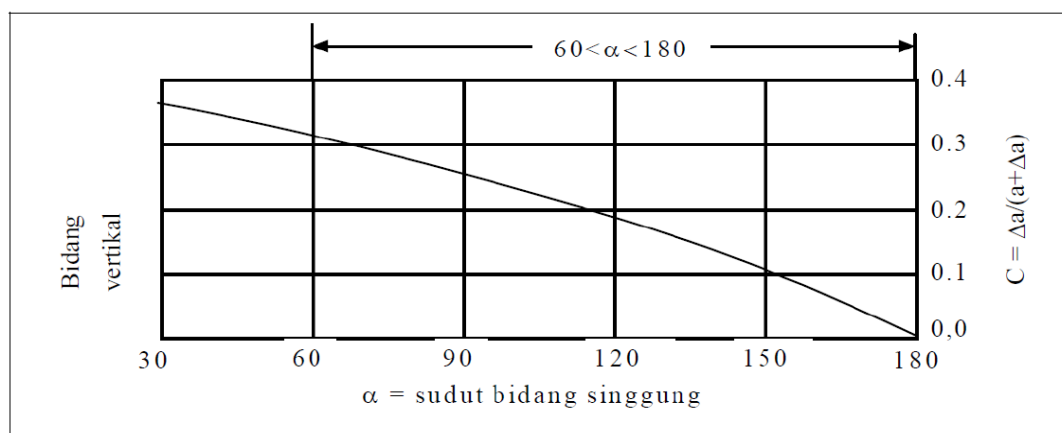
Dengan persamaan tersebut maka diperoleh koordinat – koordinat parabola dasar sebagai berikut :

Tabel 4-34 : Koordinat Parabola Garis Depresi

X (m)	-0,29	0	1	2	3	4	5	6	7
Y(m)	0,06	0,58	1,22	1,63	1,95	2,23	2,48	2,70	2,96

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk memperoleh nilai a dan Δa dapat dicari berdasarkan nilai α dengan menggunakan grafik sebagai berikut : Gambar 4-10 Grafik Garis Depresi



Sumber : Imam Subarkah, 1980

Gambar 4-14 : Grafik hubungan antara Sudut Bidang Singgung (α) dengan $\frac{\Delta a}{a + \Delta a}$

Perhitungan α dan $\Delta\alpha$

Kemiringan tubuh embung bagian hilir 1 : 1,25

$$\alpha = 39^\circ$$

$$\alpha + \Delta\alpha = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha} \quad 4.77$$

$$\alpha + \Delta\alpha = \frac{0,58}{1 - 0,777}$$

$$= 2,60 \text{ m}$$

Jaringan trayektori aliran filtrasi

Besarnya kapasitas filtrasi yang mengalir melalui tubuh embung dan pondasi pada embung dapat ditentukan berdasarkan persamaan garis aliran embung diperoleh data sebagai berikut :

$$N_f = 3$$

$$N_p = 7$$

$$K = 3,0 \times 10^{-8} \text{ m/detik} \quad 4.78$$

$$H = 2,69 \text{ m}$$

$$L = 10,09 \text{ m}$$

Sehingga kapasitas filtrasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_f = \left(\frac{N_f}{N_p} \right) \times K \times H \times L \quad 4.79$$

$$Q_f = \left(\frac{3}{7} \right) \times 3,0 \times 10^{-8} \times 2,69 \times 10,09$$

$$= 3,49 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kapasitas aliran filtrasi yang terjadi diijinkan adalah 2% - 5% dari volume tampungan embung (Soedibyo,1993).

$$Qf_{ijin} = 5\% \times Volume \text{ tampungan efektif} \quad \mathbf{4.80}$$

$$= 0,05 \times 77,26$$

$$= \frac{3,863}{(24 \times 60 \times 60)}$$

$$= 4,47 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dari analisa filtrasi yang terjadi $Qf = 3,49 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik} < Qf_{ijin} = 4,47 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga stabilitas embung terhadap aliran filtrasi dalam kondisi aman

Tabel 4.31. Analisa Debit Berdasarkan Data Hujan Tahun 2000 -2012 Dengan Metode F.J.Mock

Luas

: 19,200 km²

No	URAIAN	Hitungan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
I	DATA HUJAN														
1,0	Curah Hujan (P)	Data	mm	264,8	267,4	265,0	176,3	103,7	29,9	13,2	1,8	17,9	65,8	136,1	218,3
2,0	Hari Hujan (h)	Data	hari	15	16	14	9	6	2	1	0	2	4	9	13
II	EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)														
3,0	Evapotranspirasi Potensial (ETo)	ETo	mm	5,96	5,94	6,14	5,67	4,48	4,58	4,54	5,55	6,48	7,23	7,71	7,39
4,0	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
5,0	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0,03	0,02	0,05	0,09	0,12	0,16	0,17	0,18	0,16	0,14	0,09	0,05
6,0	E = (ETo) * (m/20) * (18 - h)		mm	0,16	0,12	0,28	0,52	0,52	0,74	0,77	0,99	1,06	0,99	0,70	0,39
7,0	Et = (ETo) - (E)	(3) - (6)	mm	5,80	5,82	5,87	5,15	3,96	3,83	3,77	4,57	5,42	6,24	7,01	7,00
III	KESIMPANGAN AIR														
8,0	Ds = P - Et	(1) - (7)	mm	259,04	261,57	259,12	171,14	99,79	26,05	9,40	-2,76	12,45	59,53	129,10	211,25
9,0	Kandungan Air Tanah		mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,76	0,00	0,00	0,00	0,00
10,0	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm	130,80	130,80	130,80	130,80	130,80	130,80	130,80	128,04	130,80	130,80	130,80	130,80
11,0	Kelebihan Air (WS)	(8)- (9)	mm	259,04	261,57	259,12	171,14	99,79	26,05	9,40	0,00	12,45	59,53	129,10	211,25
IV	ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH														
12,0	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm	59,58	60,16	59,60	39,36	22,95	5,99	2,16	0,00	2,86	13,69	29,69	48,59
13,0	0.5 (1 + k) I	Hitungan	-	50,64	51,14	50,66	33,46	19,51	5,09	1,84	0,00	2,43	11,64	25,24	41,30
14,0	k * V (n - 1)	Hitungan	-	118,16	118,16	118,51	118,42	106,31	88,07	65,22	46,94	32,86	24,70	25,44	35,47
15,0	Volume Penyimpanan (Vn)	(13) + (14)	mm	168,80	169,30	169,17	151,87	125,82	93,17	67,05	46,94	35,29	36,34	50,68	76,77
16,0	Perubahan Volume Air (DVn)	Vn - V(n-1)	mm	0,00	0,50	-0,13	-17,29	-26,05	-32,65	-26,11	-20,12	-11,65	1,05	14,34	26,10
17,0	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm	59,58	59,66	59,73	56,65	49,00	38,64	28,27	20,12	14,51	12,64	15,36	22,49
18,0	Aliran Dasar (BF)	Hitungan	m ³ /det	1,85	1,67	1,85	1,70	1,52	1,16	0,88	0,62	0,44	0,39	0,46	0,70
19,0	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm	199,46	201,41	199,52	131,78	76,83	20,06	7,24	0,00	9,58	45,84	99,41	162,66
20,0	Aliran (R)	(17) + (19)	mm	259,04	261,07	259,25	188,43	125,84	58,70	35,51	20,12	24,09	58,48	114,76	185,16
V	DEBIT ALIRAN SUNGAI														
21,0	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /det	1,86	2,07	1,86	1,40	0,90	0,43	0,25	0,14	0,18	0,42	0,85	1,33
23,0	Jumlah hari		hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

Sumber : Hasil Perhitungan

Parameter terpakai :

- m=10% - 40% untuk lahan yg tererosi

(Diambil 10%)

- Kapasitas kelembaban tanah SMC =

(Soil Moisture Contents)

- Koefisien infiltrasi 0,23

- Faktor resesi aliran air tanah 0,70

- Penyimpanan awal (initial storage) 60,0

- m ditentukan 30,0

Tabel 4.32. Analisa Debit Andalan 80% Metode FJ Mock

No	Tahun	Debit Diurutkan	P
	Diurutkan	(m ³ /det)	(%)
1	2004	0,408	7,14%
2	2007	0,412	14,29%
3	2009	0,422	21,43%
4	2008	0,425	28,57%
5	2001	0,478	35,71%
6	2003	0,487	42,86%
7	2002	0,499	50,00%
8	2000	0,505	57,14%
9	2011	0,507	64,29%
10	2012	0,529	71,43%
11	2006	0,531	78,57%
12	2005	0,627	85,71%
13	2010	0,911	92,86%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.33. Hasil Analisa Debit Andalan Berdasarkan Data Hujan Pada DAS Tulungagung dan Ngunut Tahun 2000 - 2012

Bulan	Debit (m ³ /det)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
2000	0,55	0,91	1,25	0,84	0,57	0,18	0,10	0,07	0,05	0,80	0,57	0,18
2001	0,71	0,85	1,05	0,70	0,28	0,53	0,11	0,08	0,06	0,39	0,44	0,54
2002	1,38	1,49	0,91	0,79	0,38	0,16	0,11	0,08	0,05	0,04	0,09	0,52
2003	1,07	1,11	1,21	0,34	0,32	0,14	0,09	0,06	0,04	0,15	0,62	0,67
2004	0,88	0,86	0,68	0,26	0,38	0,19	0,08	0,05	0,04	0,03	0,43	1,01
2005	1,37	1,26	0,60	1,23	0,22	0,22	0,26	0,09	0,06	0,42	0,18	1,61
2006	1,21	0,61	0,53	0,46	0,25	0,17	0,13	0,07	0,04	0,06	0,03	0,15
2007	0,33	0,83	0,75	0,50	0,52	0,32	0,09	0,06	0,04	0,17	0,39	0,93
2008	0,38	0,85	1,27	0,78	0,32	0,15	0,09	0,06	0,04	0,23	0,85	0,08
2009	0,77	1,48	0,57	0,74	0,43	0,18	0,14	0,07	0,05	0,03	0,33	0,28
2010	1,16	1,51	1,64	0,93	1,08	0,50	0,42	0,20	0,67	0,65	1,02	1,16
2011	1,22	1,08	0,88	0,59	0,72	0,28	0,12	0,08	0,06	0,04	0,61	0,39
2012	1,38	0,71	1,09	0,82	0,63	0,19	0,12	0,08	0,06	0,13	0,34	0,79

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3 Analisa Stabilitas Embung

4.3.1 Stabilitas lereng Tubuh embung

Stabilitas ini dilakukan dengan metode irisan bidang luncur bundar dari Follenius dengan persamaan rumus :

Data – data yang diperoleh dari lapangan sebagai berikut :

$$F_s = \frac{\sum[cxL + (N - Nn_e)\tan\Phi]}{\sum(T - T_e)} \quad : \text{Kondisi tanpa gempa } FS \geq 1.5 \quad \mathbf{4.64}$$

$$F_s = \frac{\sum[cxL + (N - Nn_e)\tan\Phi]}{\sum(T - T_e)} \quad : \text{Kondisi gempa } FS \geq 1.2 \quad \mathbf{4.65}$$

Dalam analisa stabilitas lereng Embung pada Kali kedungwaru akan di tinjau dalam kondisi penuh (Banjir) pada lereng hulu tubuh embung. Keadaan tersebut akan di tinjau dalam kondisi normal dan gempa pada perhitungan stabilitas lereng pada Embung pada Kali kedungwaru. Data – data yang di peroleh di lapangan sebagai berikut:

$$G_s = 2,75$$

$$\gamma_{air} = 1,00 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{wet} = 1,557$$

$$\gamma_{sat} = 1,645$$

$$c = 0,339$$

$$\phi_{wet} = 25^\circ$$

$$\text{Koefisien gempa (e)} = 11 \% = 0,1128$$

4.3.2 Stabilitas lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Pada Kondisi Kosong

Tabel 4-34 : Stabilitas lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Pada Kondisi Kosong

No. Irisan	H air	h tanah	b	A	W1	W2	W total	α	N	T	Ne	Te	L	C.L
	(m)	(m)	(m)	(m)	(ton)	(ton)	(ton)		(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(m)	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,00	4,53	0,50	3,89	0,00	137,51	137,51	8,99	111,10	82,30	12,53	9,30	1,23	86,09
2	0,00	10,73	0,50	9,23	0,00	325,93	325,93	8,47	269,84	195,06	30,44	22,06	1,23	86,09
3	0,00	13,40	0,50	11,53	0,00	407,14	407,14	6,91	361,44	203,06	40,77	22,96	0,86	68,87
4	0,00	14,79	0,50	12,72	0,00	449,36	449,36	5,60	416,85	179,26	47,02	20,27	0,86	68,87
5	0,00	14,95	0,50	12,86	0,00	454,21	454,21	4,14	434,93	135,92	49,06	15,38	0,86	68,87
6	0,00	14,11	0,50	12,13	0,00	428,52	428,52	2,31	423,16	85,49	47,73	9,67	0,86	68,87
7	0,00	12,40	0,50	10,67	0,00	376,76	376,76	1,05	375,81	37,58	42,39	4,25	0,86	68,87
8	0,00	9,84	0,50	8,47	0,00	299,01	299,01	-0,36	298,25	-5,96	33,64	-0,68	0,86	68,87
9	0,00	6,75	0,50	5,80	0,00	197,26	197,26	-2,84	196,76	39,35	22,19	-4,45	0,86	68,87
10	0,00	2,31	0,50	1,98	0,00	70,06	70,06	-4,10	69,88	-20,96	7,88	-2,37	0,86	68,87
Jumlah									2958,03	931,08	333,67	96,40		723,14

Sumber : Hasil Perhitungan

$$F_s = \frac{C.L + (N - Ne) \times \tan 24}{(T + Te)} \quad 4.66$$

$$= \frac{723,14 + (2958,03 - 333,999) \times 0,5}{(931,08 + 96,40)}$$

$$= 1,981$$

$$F_s = 1,981 > 1,5 \text{ (Normal)}$$

$$F_s = 1,981 > 1,2 \text{ (Gempa)}$$

Keterangan :

No.	Simbol	Keterangan
1.	Hair	Tinggi air
2.	Htanah	Tinggi Tanah
3.	B	Arah lereng
4.	A	Luas Penampang Tanah
5.	W1	Berat Segmen tanah 1
6.	W2	Berat Segmen tanah 2
7.	α	Sudut Kemiringan Bidang
8.	N	Jumlah elemen pada diagram pengaruh newmark
9.	T	Konsolidasi
10.	Ne	Tekanan Pada Tanah
11.	Te	Ketebalan lapisan rembesan air
12.	L	Panjang lengkung Glincir
13.	u	Tegangan Air pori
14.	U	Drajat konsolidasi rata-rata
15.	C.L	Kuat Geser tanah x Panjang lengkung gelincir

4.3.3 Stabilitas lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Pada Kondisi Normal

Tabel 4-35 : Stabilitas lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Pada Kondisi Normal

No. Irisan	H air	h tanah	b	A	W1	W2	W total	α	N	T	Ne	Te	L	C.L
	(m)	(m)	(m)	(m)	(ton)	(ton)	(ton)		(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(m)	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16
1	0,00	2,73	0,50	35,51	0,00	58,59	58,59	10,22	46,88	35,16	5,29	3,96	1,23	57,99
2	0,00	6,82	0,50	88,63	0,00	146,24	146,24	9,01	116,99	90,28	13,20	9,90	1,23	57,99
3	0,00	9,23	0,50	119,96	0,00	197,94	197,94	7,91	178,14	98,97	20,09	11,14	0,93	51,54
4	0,00	11,39	0,50	148,04	0,00	244,26	244,26	6,84	219,83	122,13	24,80	13,78	0,93	51,54
5	0,00	13,33	0,50	173,25	0,00	285,86	285,86	5,67	285,86	114,34	32,25	12,90	0,86	46,39
6	0,00	14,73	0,50	191,45	0,00	315,89	315,89	4,65	315,89	94,76	35,63	10,69	0,86	46,39
7	0,00	15,79	0,50	205,30	0,00	338,75	338,75	3,64	338,75	65,22	38,21	7,64	0,86	46,39
8	0,00	16,54	0,50	215,08	0,00	354,88	354,88	2,67	354,88	70,97	40,03	8,01	0,86	46,39
9	0,00	16,98	0,50	220,77	0,00	364,24	364,24	1,81	364,27	36,43	41,09	4,11	0,86	46,39
10	0,00	17,00	0,50	221,00	0,00	364,65	364,65	0,87	364,65	36,47	41,13	4,11	0,86	46,39
Jumlah									2586,13	764,72	291,72	86,24		497,39

Sumber : Hasil Perhitungan

$$F_s = \frac{C.L + (N - Ne) \times \tan 18}{(T + Te)} \quad 4.67$$

$$= \frac{497,39 + (2586,13 - 291,72) \times 0,3}{(764,72 + 86,24)}$$

$$= 1,393$$

$$F_s = 1,393 > 1,5 \text{ (Normal)}$$

$$F_s = 1,393 > 1,2 \text{ (Gempa)}$$

Keterangan :

No.	Simbol	Keterangan
1.	Hair	Tinggi air
2.	Htanah	Tinggi Tanah
3.	B	Arah lereng
4.	A	Luas Penampang Tanah
5.	W1	Berat Segmen tanah 1
6.	W2	Berat Segmen tanah 2
7.	α	Sudut Kemiringan Bidang
8.	N	Jumlah elemen pada diagram pengaruh newmark
9.	T	Konsolidasi
10.	Ne	Tekanan Pada Tanah
11.	Te	Ketebalan lapisan rembesan air
12.	L	Panjang lengkung Glincir
13.	u	Tegangan Air pori
14.	U	Drajat konsolidasi rata-rata
15.	C.L	Kuat Geser tanah x Panjang lengkung gelincir

4.3.4 Stabilitas lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Pada Kondisi Banjir

Tabel 4-36 : Stabilitas lereng Tubuh Embung Bagian Hilir Pada Kondisi Banjir

No. Irisan	H air	h tanah	b	A	W1	W2	W total	α	N	T	Ne	Te	L	u	U	C.L
	(m)	(m)	(m)	(m)	(ton)	(ton)	(ton)		(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(m)			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,00	2,73	0,50	35,51	0,00	55,75	55,75	10,22	44,60	33,45	5,03	3,77	1,23	1,45	23,57	57,99
2	0,00	6,82	0,50	88,63	145,80	139,15	284,95	9,01	227,96	83,49	12,56	9,42	1,23	3,49	56,73	57,99
3	0,00	9,23	0,50	119,96	197,34	188,34	385,68	7,91	347,11	94,17	19,12	10,62	0,93	4,70	67,83	51,54
4	11,39	11,39	0,50	148,04	243,52	232,42	475,93	6,84	428,34	237,97	48,32	26,84	0,93	5,84	84,40	51,54
5	13,33	13,33	0,50	173,25	285,06	272,00	557,06	5,67	556,98	222,79	62,83	25,13	0,86	6,66	86,56	46,39
6	14,73	14,73	0,50	191,45	314,94	300,57	615,51	4,65	615,50	184,65	69,43	20,83	0,86	7,41	96,36	46,39
7	15,79	15,79	0,50	205,30	337,72	322,32	660,04	3,64	660,04	132,01	74,45	14,89	0,86	7,94	103,28	46,39
8	16,54	16,54	0,50	215,08	353,92	337,67	691,59	2,67	691,47	138,29	78,00	15,60	0,86	8,27	107,55	46,39
9	16,98	16,98	0,50	220,77	363,29	346,61	709,90	1,81	709,77	70,98	80,06	8,01	0,86	8,52	110,81	46,39
10	17,00	17,00	0,50	221,00	363,54	346,97	710,51	0,87	710,51	71,05	80,15	8,01	0,86	8,46	109,92	46,39
Jumlah									4992,29	1268,85	529,94	143,13			847,03	497,39

Sumber : Hasil Perhitungan

$$F_s = \frac{C.L + (N - Ne) \times \tan 18}{(T + Te)} \quad 4.68$$

$$= \frac{497,39 + (4992,29 - 847,03 - 529,94) \times 0,3}{(1268,85 + 143,13)}$$

$$= 3,245$$

$$F_s = 3,245 > 1,5 \text{ (Normal)}$$

$$F_s = 3,245 > 1,2 \text{ (Gempa)}$$

Keterangan :

No.	Simbol	Keterangan
1.	Hair	Tinggi air
2.	Htanah	Tinggi Tanah
3.	B	Arah lereng
4.	A	Luas Penampang Tanah
5.	W1	Berat Segmen tanah 1
6.	W2	Berat Segmen tanah 2
7.	α	Sudut Kemiringan Bidang
8.	N	Jumlah elemen pada diagram pengaruh newmark
9.	T	Konsolidasi
10.	Ne	Tekanan Pada Tanah
11.	Te	Ketebalan lapisan rembesan air
12.	L	Panjang lengkung Glincir
13.	u	Tegangan Air pori
14.	U	Drajat konsolidasi rata-rata
15.	C.L	Kuat Geser tanah x Panjang lengkung gelincir

4.3.5 Stabilitas lereng Tubuh Embung Bagian Hulu Pada Kondisi Turun Tiba – tiba

Tabel 4-37 : Stabilitas lereng Tubuh Embung Bagian Hulu Pada Kondisi Turun Tiba - tiba

No. Irisan	H air	h tanah	b	A	W1	W2	W total	α	N	T	Ne	Te	L	u	U	C.L
	(m)	(m)	(m)	(m)	(ton)	(ton)	(ton)		(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(m)			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,00	2,73	0,50	35,51	0,00	55,75	55,75	10,22	44,60	33,45	5,03	3,77	1,23	1,45	23,57	57,99
2	0,00	6,82	0,50	88,63	0,00	139,15	139,15	9,01	111,32	83,49	12,56	9,42	1,23	3,49	56,73	57,99
3	0,00	9,23	0,50	119,96	0,00	188,34	188,34	7,91	169,51	94,17	19,12	10,62	0,93	4,70	67,83	51,54
4	11,39	11,39	0,50	148,04	243,52	232,42	475,93	6,84	428,34	237,97	48,32	26,84	0,93	5,84	84,40	51,54
5	13,33	13,33	0,50	173,25	285,06	272,00	556,98	5,67	556,98	222,79	62,83	25,13	0,86	6,66	86,56	46,39
6	14,73	14,73	0,50	191,45	314,94	300,57	615,50	4,65	615,50	184,65	69,43	20,83	0,86	7,41	96,36	46,39
7	15,79	15,79	0,50	205,30	337,72	322,32	660,04	3,64	660,04	132,01	74,45	14,89	0,86	7,94	103,28	46,39
8	16,54	16,54	0,50	215,08	353,92	337,67	691,47	2,67	691,47	138,29	78,00	15,60	0,86	8,27	107,55	46,39
9	16,98	16,98	0,50	220,77	363,29	346,61	709,77	1,81	709,77	70,98	80,06	8,01	0,86	8,52	110,81	46,39
10	17,00	17,00	0,50	221,00	363,54	346,97	710,51	0,87	710,51	71,05	80,15	8,01	0,86	8,46	109,92	46,39
11	16,90	16,90	0,50	219,65	361,27	344,85	706,18	0,08	706,18	0,00	79,66	0,00	0,86	8,52	110,81	46,39
12	16,66	16,66	0,50	216,52	356,20	339,94	696,12	-0,64	696,12	0,00	78,52	0,00	0,86	8,34	108,41	46,39
13	16,03	16,03	0,50	208,39	342,78	327,18	667,46	-1,54	669,99	-67,00	75,57	-7,56	0,86	8,01	104,07	46,39
14	14,89	15,14	0,50	196,88	323,80	309,10	632,96	-2,43	632,96	-126,59	71,40	-14,28	0,86	7,58	98,60	46,39
15	14,00	14,00	0,50	182,03	299,49	285,79	585,24	-3,04	585,24	117,05	66,01	13,20	0,86	7,05	91,63	46,39
16	12,63	12,63	0,50	164,23	270,13	257,84	527,99	-3,69	527,99	-158,40	59,56	-17,87	0,86	6,43	83,63	46,39
17	11,03	11,03	0,50	143,36	235,82	225,08	460,91	-4,40	460,91	-138,27	51,99	-15,60	0,86	5,40	70,20	46,39
18	9,19	9,19	0,50	119,47	196,53	187,57	384,09	-5,11	384,09	-153,64	43,33	-17,33	0,86	4,66	60,62	46,39
19	7,14	7,14	0,50	92,84	152,73	145,76	298,49	-5,90	298,49	-119,40	33,67	-13,47	0,86	3,61	46,90	46,39
20	4,88	4,88	0,50	63,39	104,28	99,52	203,79	-6,39	203,79	-81,52	22,99	-9,20	0,86	2,49	32,32	46,39
21	1,83	1,83	0,50	23,79	39,14	37,36	76,50	-6,97	68,85	-38,25	7,77	-4,31	3,66	1,08	15,58	51,54
Jumlah									9932,66	502,84	1120,40	56,72			1669,79	1012,83

Sumber : Hasil Perhitungan

$$F_s = \frac{C.L + (N - Ne) \times \tan 18}{(T + Te)} \quad 4.69$$

$$= \frac{1012,83 + (9932,66 - 1669,79 - 1120,40) \times 0,3}{(502,84 + 56,74)}$$

$$= 5,639$$

$$F_s = 5,639 > 1,5 \text{ (Normal)}$$

$$F_s = 5,639 > 1,2 \text{ (Gempa)}$$

Keterangan :

No.	Simbol	Keterangan
1.	Hair	Tinggi air
2.	Htanah	Tinggi Tanah
3.	B	Arah lereng
4.	A	Luas Penampang Tanah
5.	W1	Berat Segmen tanah 1
6.	W2	Berat Segmen tanah 2
7.	α	Sudut Kemiringan Bidang
8.	N	Jumlah elemen pada diagram pengaruh newmark
9.	T	Konsolidasi
10.	Ne	Tekanan Pada Tanah
11.	Te	Ketebalan lapisan rembesan air
12.	L	Panjang lengkung Glincir
13.	u	Tegangan Air pori
14.	U	Drajat konsolidasi rata-rata
15.	C.L	Kuat Geser tanah x Panjang lengkung gelincir

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

BAB V

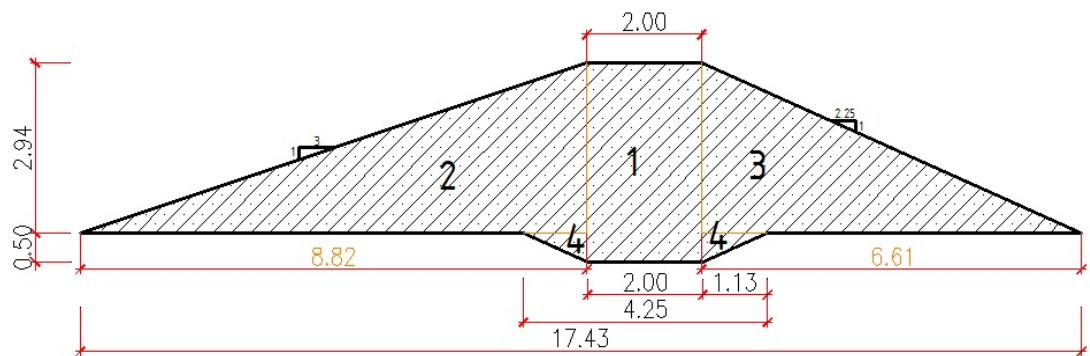
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perencanaan pada bab – bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Debit banjir rancangan dengan kala ulang 50 tahun (Q_{50}) adalah 179,698 $m^3/detik$.
- 2) Berdasarkan penggunaannya embung yang di rencanakan dengan tipe Embung penahan (*detention dams*) adalah embung yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak. Air ditampung secara berkala/sementara, dialirkan melalui pelepasan (*outlet*). Air ditahan selama mungkin dan dibiarkan meresap di daerah sekitarnya dan berdasarkan jalan airnya (*overflow dams*) adalah embung yang dibangun untuk dilimpasi air misalnya pada bangunan pelimpah (*spillway*). Ketersediaan bahan material tanah homogen yang mencukupi di sekitar perencanaan embung menjadikan perencanaan embung menggunakan tipe urugan tanah (homogen).
- 3) Dari analisa pada bab sebelumnya dimensi ukuran rencana embung adalah :
 - Embung urugan tipe Homogen
 - Lebar puncak embung = 2,00 m
 - Tinggi tubuh embung = 2,94 m
 - Tinggi jagaan = 0,50 m
 - Lebar dasar embung = 17,43 m

- Panjang tubuh embung = 6,28 m
- Kemiringan lereng embung
 - Bagian hulu = 1 : 3
 - Bagian hilir = 1 : 2,25
- Volume Material yang di butuhkan dalam perencanaan sebesar 142 m³



Gambar 5-1 : Dimensi Embung Urugan Homogen

- 4) Pengaruh perencanaan embung untuk pengendalian banjir mengurangi limpahan yang berlebih dan genangan ketika terjadi hujan.

5.2 Saran

- Dalam merencanakan dimensi tubuh embung sebaiknya diperhitungkan dari berbagai aspek yang dapat mempengaruhi proses pembangunan maupun manfaat dari embung tersebut setelah dibangun. Aspek – aspek yang perlu diperhatikan antara lain aspek teknis dan aspek non teknis atau aspek sosial ekonomi. Pada kajian ini hanya di bahas dari segi teknisnya saja.
- Agar alternatif pengendalian banjir ini bisa terlaksana dan berfungsi sesuai yang diharapkan, maka perlu adanya kesadaran dari masyarakat untuk ikut menjaga kondisi lingkungan sekitarnya agar tetap terpelihara dengan baik.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, <http://id.wikipedia.org/wiki/Sedimentasi>, 2013, diakses tanggal 09 Maret 2013
- Anonim, *Teknologi Pengolahan Air Bersih Dengan Proses Saringan Pasir Lambat*, <http://www.kelair.bppt.go.id/Sitpa/Artikel/Pasir/pasir.html>,
- Anonim, *Pengertian Sarinagan Pasir lambat*, <http://filterpenyaringair.com>.
- Asdak, Chay, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta, 2007.
- Bols 1978 *Pengukuran Tingkat Bahaya Erosi Sub-Das* by (Bols 1978)
- Braja M – Das Jilid II, 180 *Mekanika tanah*, (Prinsip - prinsip kerja Geoteknik)
- Dantje K. Natakusumah, Waluyo Hatmoko, Dhemi Harlan. 2011 , *Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB*, Jurnal Teknik sipil ITB
- Harjadi, B., *Bermula Erosi, Rusaknya Alam Sedimentasi*. Balai Penelitian Kehutanan, Solo, 1993, diakses tanggal 11 Maret 2010
- Imam Subarkah, 1980, *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- Joesron Loebies, Ir. M.Eng. 1984. *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Direktorat Penyelidikan Masalah Air, Bandung, Indonesia.
- Joseph E. Bowles (Mar 1984) *Foundation Analysis and Design* by Joseph E. Bowles (Jun 1988).
- Kasiyanti, 2005. *Perencanaan Sumur Resapan di Daerah Perumahan Sawojajar Malang*. Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Pengairan Faktultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Kustamar. Dr. Ir. MT, 2007, *Pengelolaan Waduk*, Malang
- Peraturan Pemerintah No.76 Tahun 2008 - **Departemen keairan** nasional Dec 16, 2008 - ditetapkan pola umum, kriteria, dan standar rehabilitasi dan reklamasi hutan.
- Prastuni dkk, 2008. *Bangunan Air*. Srikandi, Surabaya.

- Soemarto CD, Ir, B.I.E, Dipl. H, 1986, ***Hidrologi Teknik***, Usaha Nasional Surabaya, Indonesia.
- Soemarto.C. D,1986. Edisi 1. ***Hidrologi Teknik***. Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno, 1991, ***Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)***, Nova, Bandung.
- Sri Harto, 1993, ***Analisis Hidrologi***, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suripin Dr. Ir. M.Eng, 2004, ***Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan***, PT. Andi offset, Yogyakarta.
- Suyono Sosrodarsono, Ir, Dr, dan Masateru Tominaga, Dr, 1984, ***Perbaikan dan Pengaturan Sungai***, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tus H. Joseph, 2008. ***Kajian Perencanaan Embung Irigasi Hane di Desa Hane Kecamatan Batu Putih Kabupaten Timor Tengah Selatan Propinsi Nusa Tenggara Timor***. Skripsi tidak diterbitkan. Jurusan Pengairan Faktultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Ven Te Chow, Ph, D, 1997, ***Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulic)***, Erlangga, Jakarta.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.

SURVEY IDENTIFIKASI

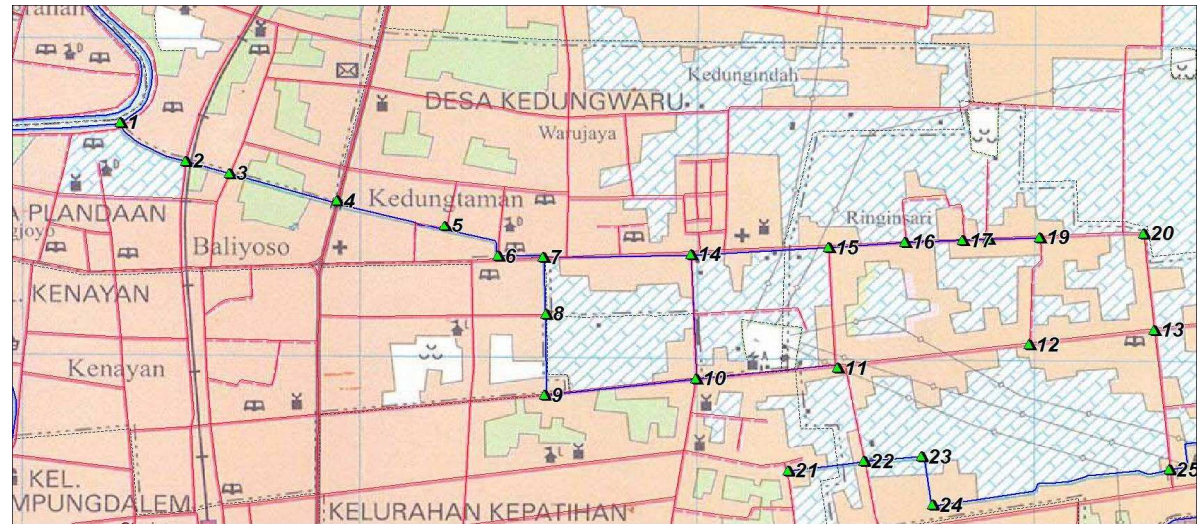
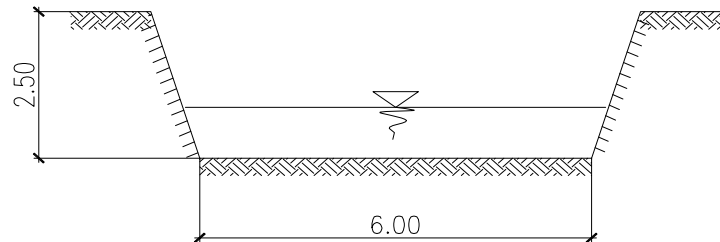
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Plandaan
Kec. Kedungwaru
X = 599068
Y = 9109822

Deskripsi / Uraian :

- Kantor Kecamatan, Pabrik Kertas, SDN Plandaan II
- Dimensi saluran $h = 2,5 \text{ m}$, $l = 6 \text{ m}$
- Banjir Maks. 70% dari kedalaman saluran
- Outlet ke Kali Ngrowo



SURVEY IDENTIFIKASI

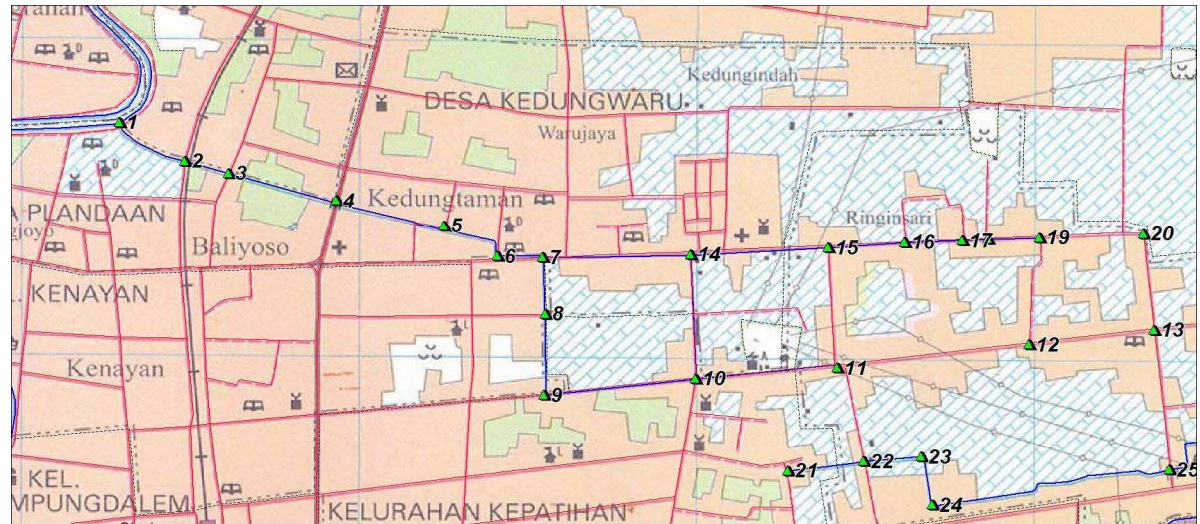
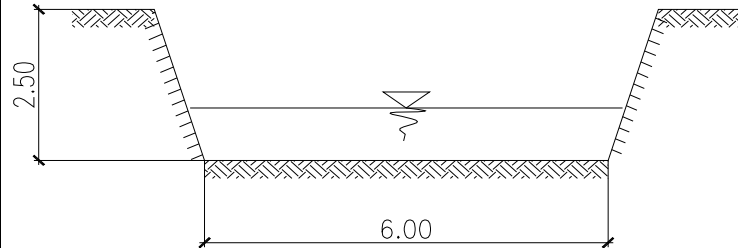
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Plandaan
Kec. Kedungwaru
X = 599041
Y = 9109822

Deskripsi / Uraian :

- Kantor Kecamatan, Pabrik Kertas, SDN Plandaan II
- Dimensi saluran $h = 2,5$ m, $l = 6$ m
- Banjir Maks. 70% dari kedalaman saluran
- Outlet ke Kali Ngrowo



SURVEY IDENTIFIKASI

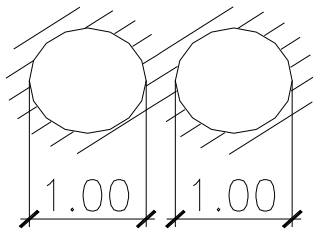
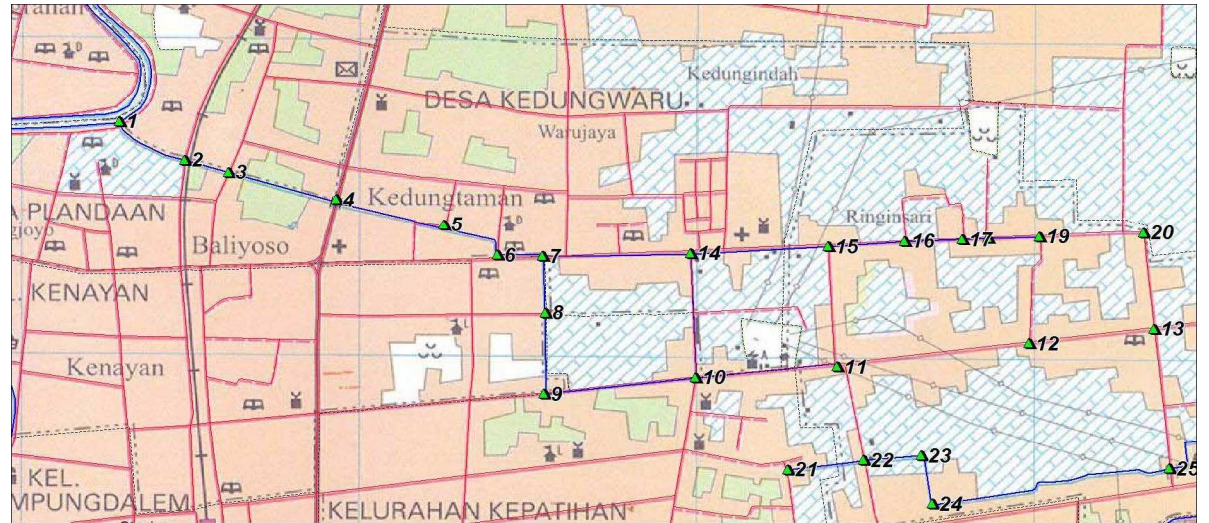
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Plandaan
Kec. Kedungwaru
X = 599234
Y = 9109856

Deskripsi / Uraian :

- Lokasi saluran dekat dengan Jl. Kapten Kasihin
- Outlet 2 gorong-gorong dengan diameter 1 m
- Banjir Maks. 70% dari kedalaman saluran
- Outlet ke Kali Ngrowo



SURVEY IDENTIFIKASI

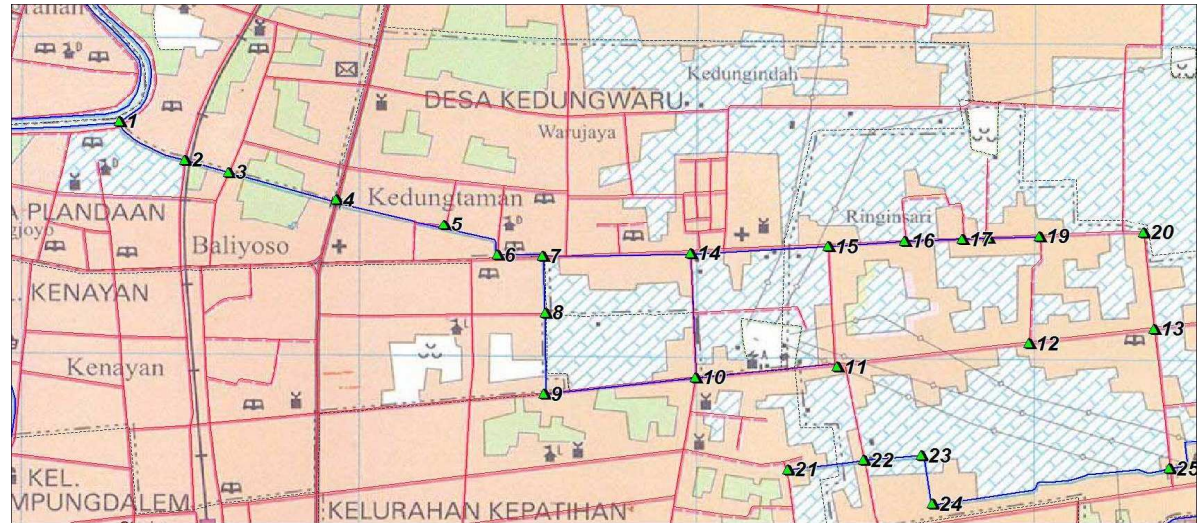
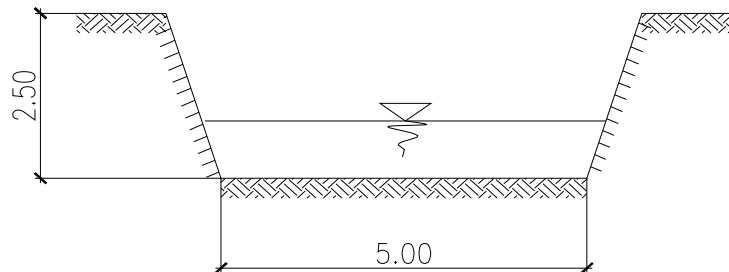
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Kedungwaru
Kec. Kedungwaru
X = 599844
Y = 9109580

Deskripsi / Uraian :

- Jl. Pahlawan 1, Balai Desa Kedungwaru, Jl. Dr. Wahidin Sudiro husodo
- Dimensi saluran $h = 2,5$ m $l = 5$ m
- Lokasi terletak pada perumahan padat penduduk
- Kondisi saluran lancar



SURVEY IDENTIFIKASI

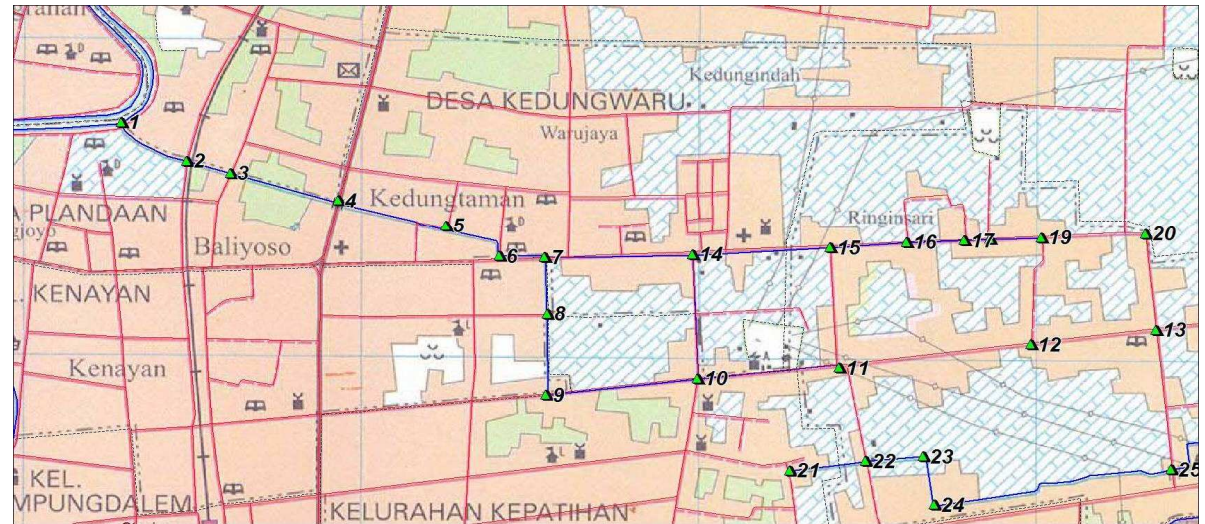
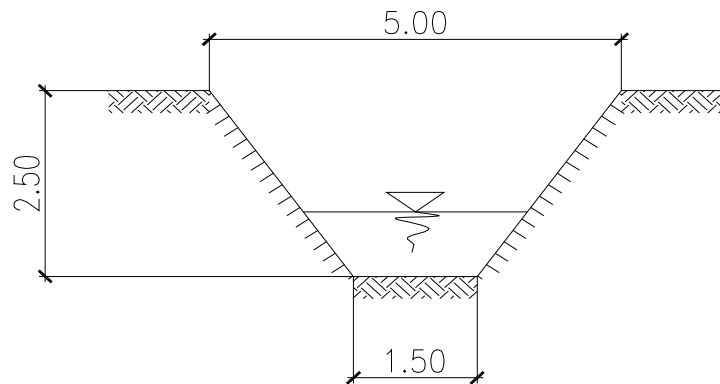
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Kedungwaru
Kec. Kedungwaru
X = 599849
Y = 9109476

Deskripsi / Uraian :

- Jl. Pahlawan 1, Balai Desa Kedungwaru, Jl. Dr. Wahidin Sudiro husodo
- Dimensi saluran $h = 2,5$ m $l = 3,5$ m; Trapesium Lebar atas 5 m, lebar bawah 1,5 m
- Kondisi saluran lancar
- Lokasi terletak pada perumahan padat penduduk



SURVEY IDENTIFIKASI

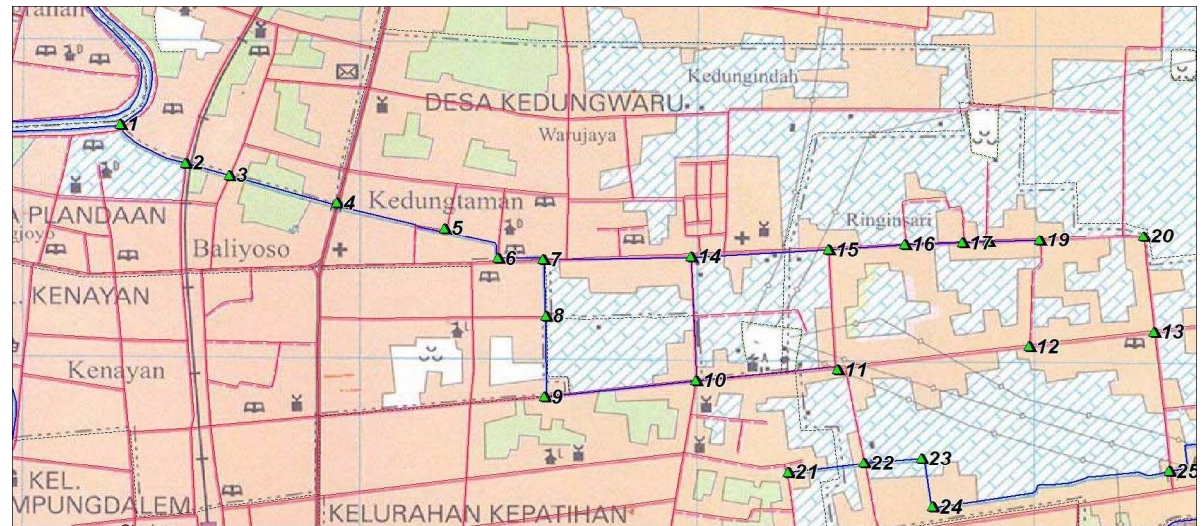
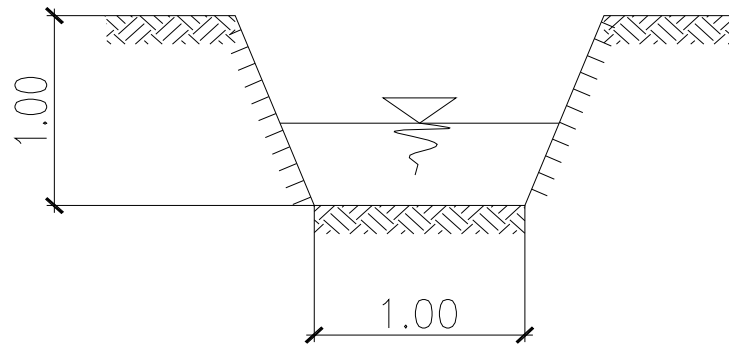
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Kedungwaru
Kec. Kedungwaru
X = 600207
Y = 9109088

Deskripsi / Uraian :

- Jl. Oerip sumohardjo, Dpn SMK Telekomunikasi
- Lokasi terletak pada perumahan padat penduduk
- Dimensi saluran $h = 1 \text{ m}$ $l = 1 \text{ m}$
- Kondisi saluran lancar



SURVEY IDENTIFIKASI

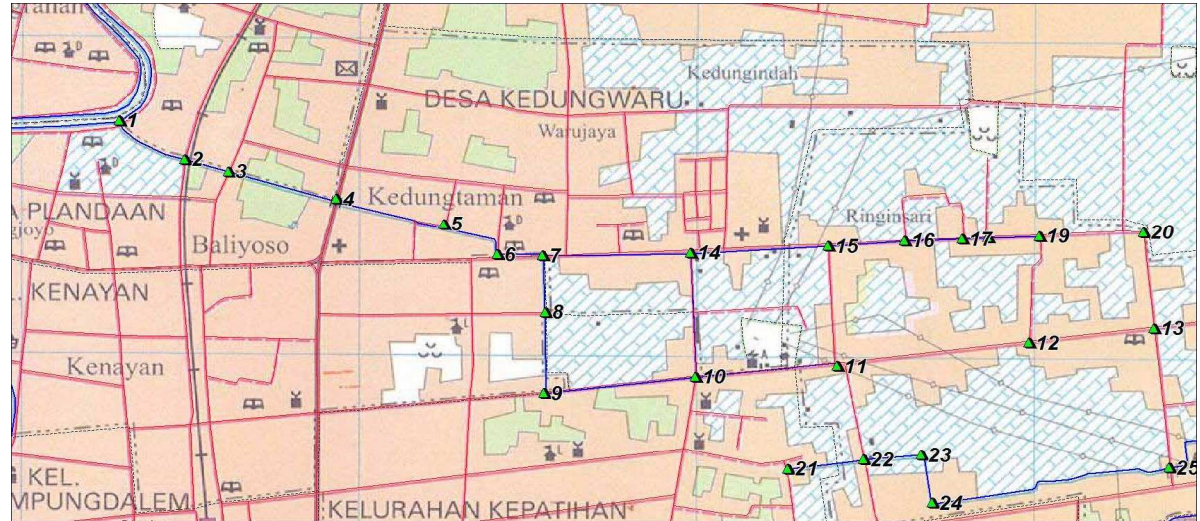
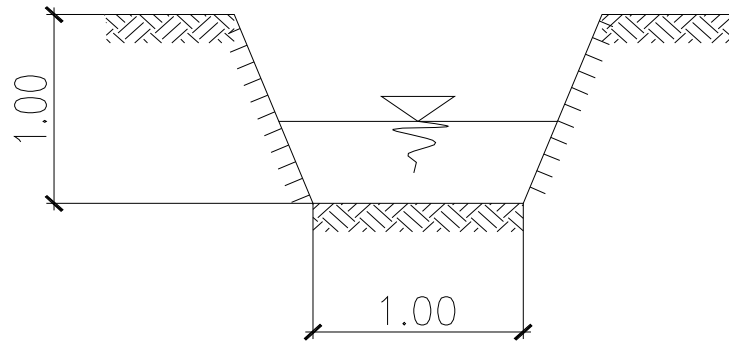
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Kedungwaru
Kec. Kedungwaru
X = 600203
Y = 9109476

Deskripsi / Uraian :

- Jl. Oerip sumohardjo, Dpn SMK Telekomunikasi
- Lokasi terletak pada perumahan padat penduduk
- Dimensi saluran $h = 1 \text{ m}$ $l = 1 \text{ m}$
- Kondisi saluran lancar



SURVEY IDENTIFIKASI

PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Kedungwaru
Kec. Kedungwaru
X = 600215
Y = 9109469

Deskripsi / Uraian :

- Jl. Oerip sumohardjo, Dpn SMK Telekomunikasi
- Lokasi terletak pada perumahan padat penduduk
- Dimensi saluran $h = 1 \text{ m}$ $l = 1 \text{ m}$
- Kondisi saluran lancar

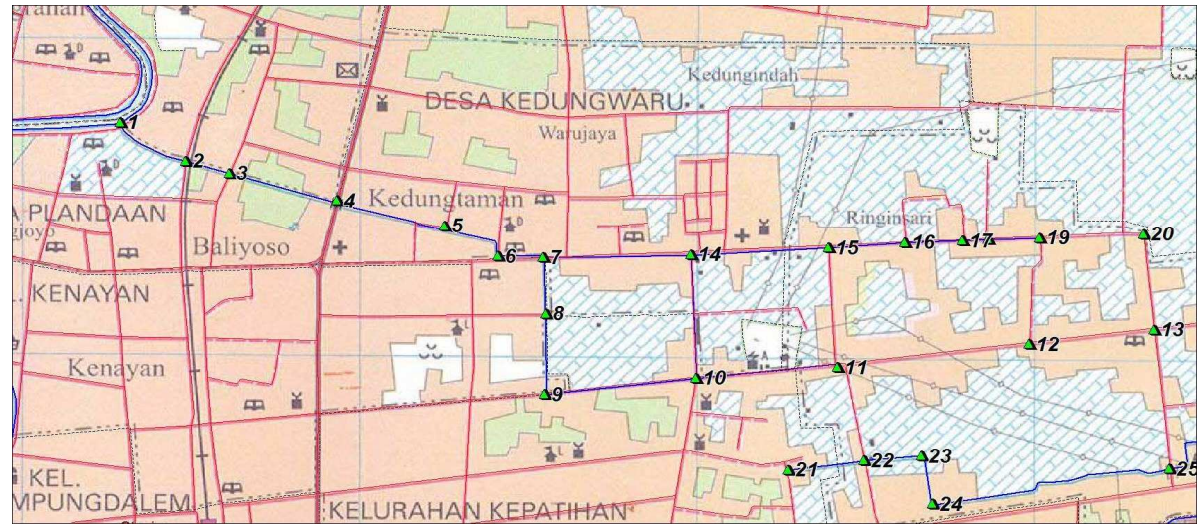
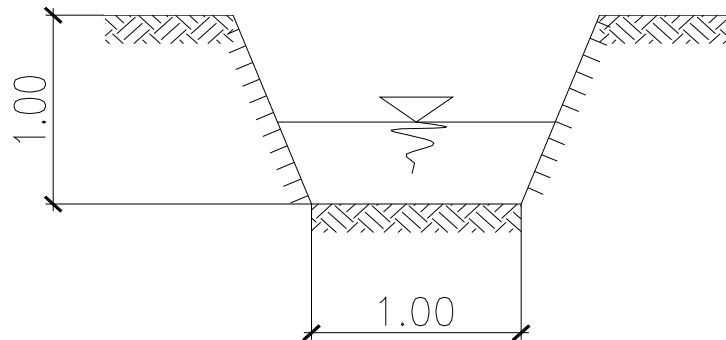


FOTO 15

SURVEY IDENTIFIKASI

PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Kedungwaru
Kec. Kedungwaru
X = 600216
Y = 9109095

Deskripsi / Uraian :

- Lokasi saluran di daerah Ringin Pitu
- Kondisi saluran lancar
- Dimensi saluran $h = 1 \text{ m}$ $l = 1,5 \text{ m}$

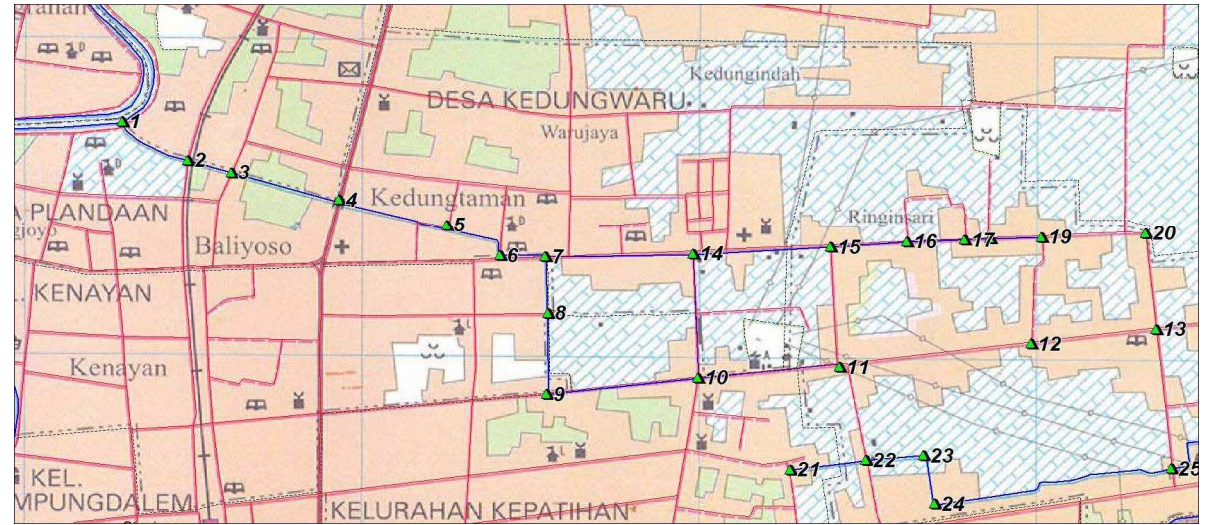
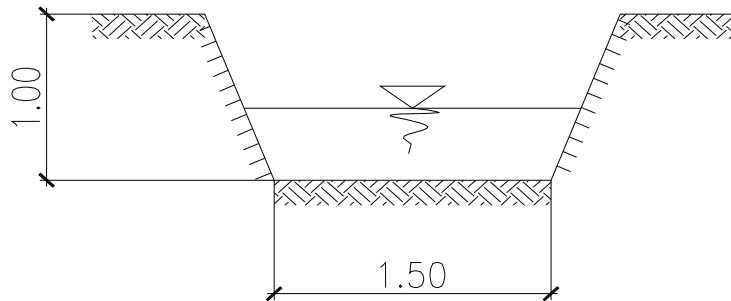


FOTO 16

SURVEY IDENTIFIKASI

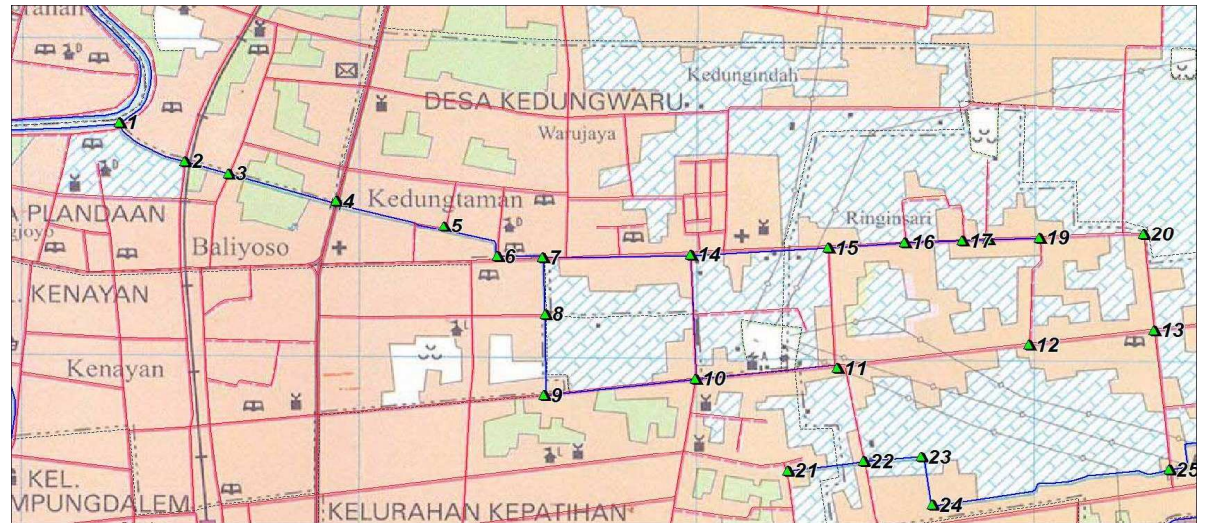
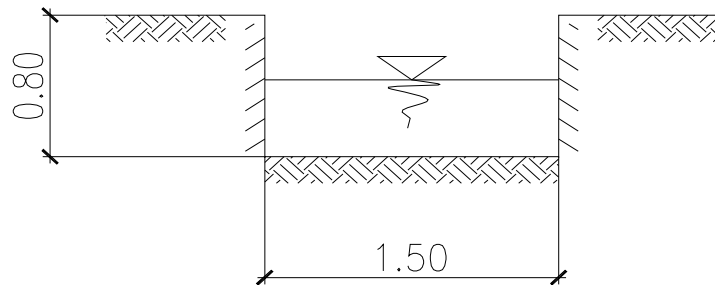
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Ringinpitu
Kec. Kedungwaru
X = 601862
Y = 9109269

Deskripsi / Uraian :

- Lokasi saluran di perempatan SDN II Ringinpitu
- Air meluber sekitar 50 cm dikarenakan sedimen Pasir
- Dimensi saluran $h = 0,8 \text{ m}$, $l = 1,5 \text{ m}$ bentuk saluran persegi



SURVEY IDENTIFIKASI

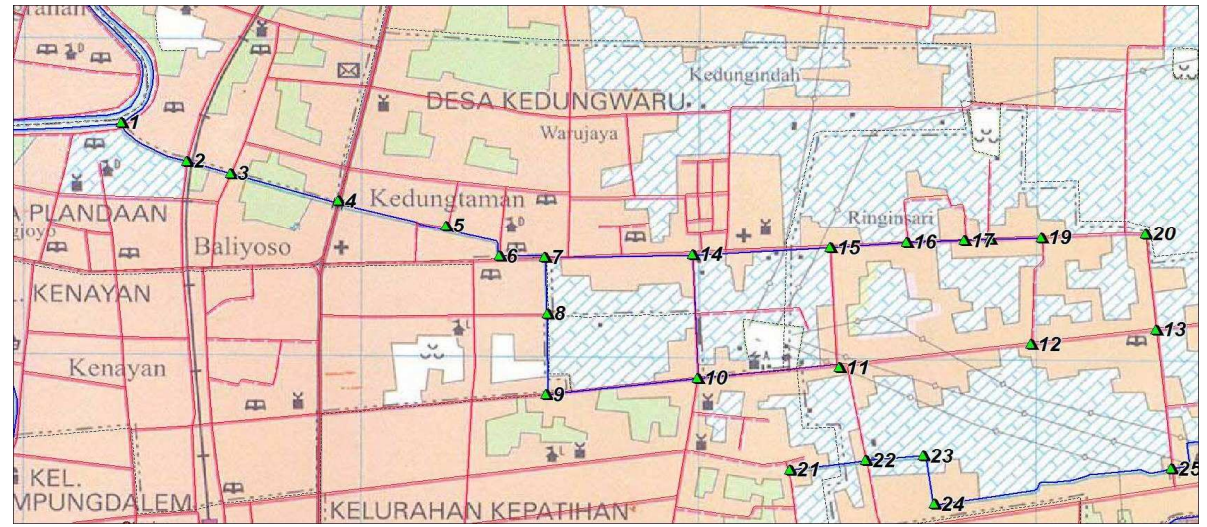
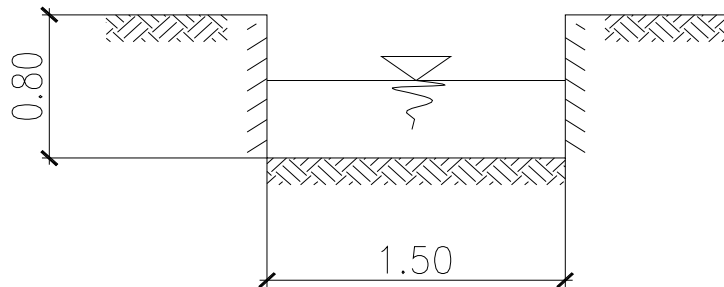
PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Ringinpitu
Kec. Kedungwaru
X = 601873
Y = 9109278

Deskripsi / Uraian :

- Lokasi saluran di perempatan SDN II Ringinpitu
- Air meluber sekitar 50 cm dikarenakan sedimen Pasir
- Dimensi saluran $h = 0,8$ m, $l = 1,5$ m bentuk saluran persegi



SURVEY IDENTIFIKASI

PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Ringinpitu
Kec. Kedungwaru
X = 601891
Y = 9109278

Deskripsi / Uraian :

- Lokasi saluran di perempatan SDN II Ringinpitu
- Air meluber sekitar 50 cm dikarenakan sedimen Pasir
- Dimensi saluran $h = 0,8 \text{ m}$, $l = 1,5 \text{ m}$ bentuk saluran persegi

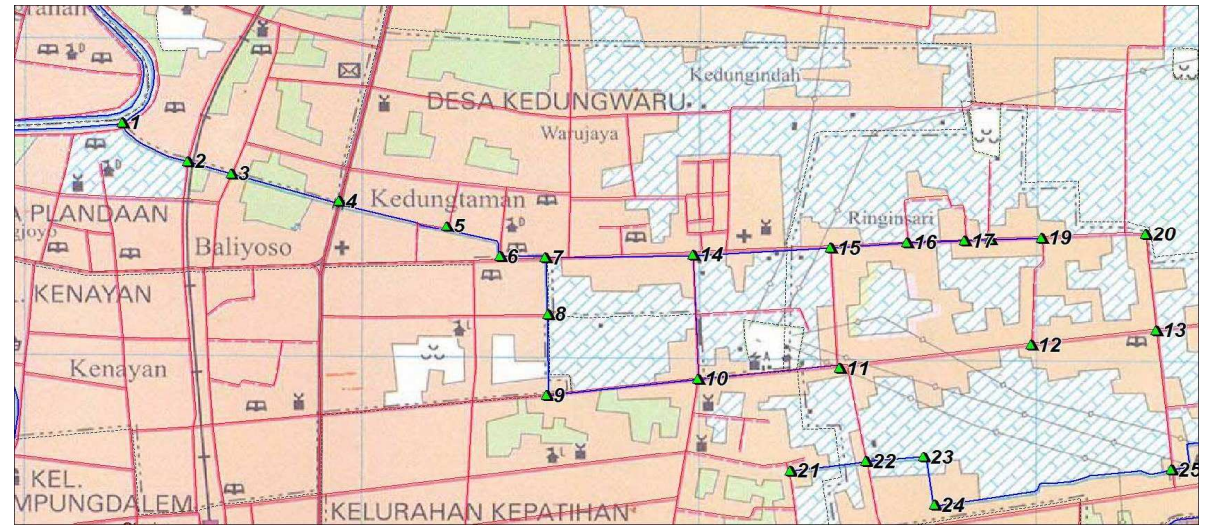
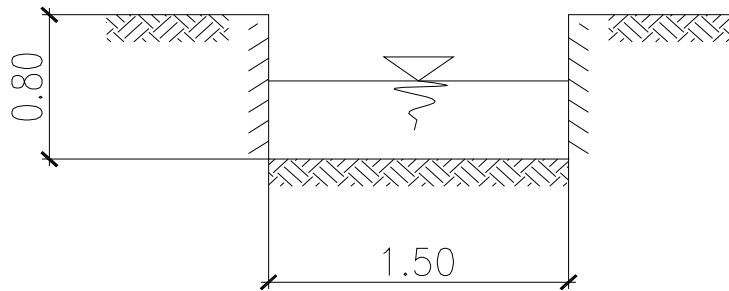


FOTO 19

SURVEY IDENTIFIKASI

PENYUSUNAN DED PENGENDALI BANJIR KOTA TULUNGAGUNG

Nama Saluran/Sungai : Saluran Kedungwaru

Lokasi : Desa Ringinpitu
Kec. Kedungwaru
X = 601891
Y = 9109278

Deskripsi / Uraian :

- Lokasi saluran di perempatan SDN II Ringinpitu
- Air meluber sekitar 50 cm dikarenakan sedimen Pasir
- Dimensi saluran $h = 0,8 \text{ m}$, $l = 1,5 \text{ m}$ bentuk saluran persegi

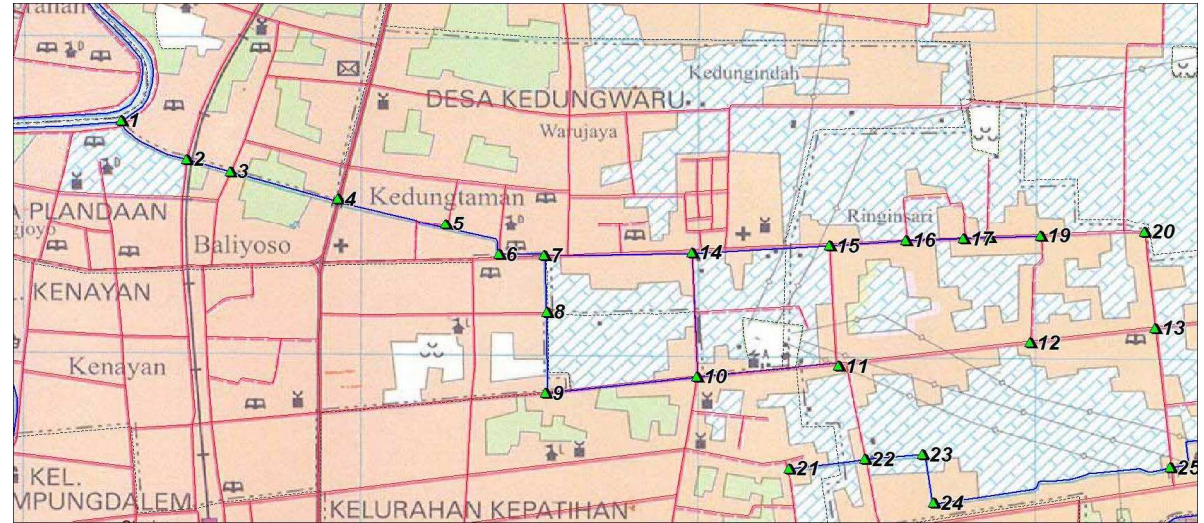
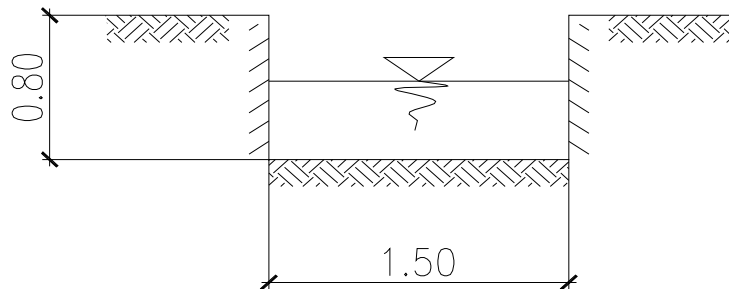


FOTO 20