



TUGAS AKHIR – RC 14 -1501

**PERENCANAAN EMBUNG BANGLE KECAMATAN
LENGKONG KABUPATEN NGANJUK**

ARDELIA ARLIMASITA
NRP. 03111440000098

Dosen Pembimbing I :
Dr. tech. Umboro Lasminto, ST. MSc

Dosen Pembimbing II :
Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – RC 14-1501

**PERENCANAAN EMBUNG BANGLE KECAMATAN
LENGKONG KABUPATEN NGANJUK**

ARDELIA ARLIMASITA
NRP. 03111440000098

Dosen Pembimbing I :
Dr. tech. Umboro Lasminto, ST. MSc

Dosen Pembimbing II :
Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT – RC 14-1501

DESIGN OF BANGLE SMALL DAM, LOCATED IN LENGKONG DISTRICT, NGANJUK REGENCY

ARDELIA ARLIMASITA
NRP. 03111440000098

Supervisor I :
Dr. tech. Umboro Lasminto, ST. MSc

Supervisor II :
Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA.

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering, Environment and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

**PERENCANAAN EMBUNG BANGLE KECAMATAN
LENGKONG KABUPATEN NGANJUK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Hidroteknik

Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ARDELIA ARLIMASITA

Nrp. 03111440000098

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSC
2. Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA.

(.....)

(.....)



SURABAYA, JULI 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCAAAN EMBUNG BANGLE KECAMATAN LENGKONG KABUPATEN NGANJUK

Nama Mahasiswa : Ardelia Arlimasita
NRP : 03111440000098
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. tech.Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Dr. Ir. Edijatno, DEA.

Abstrak

Desa Bangle merupakan desa yang terletak pada Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk. Saat kemarau desa tersebut mengalami kekeringan, sedangkan saat hujan datang air akan mengalir dan terbuang percuma tanpa dimanfaatkan. Pada desa tersebut terdapat Sungai Kedungpawon yang bermuara menuju Sungai Roh Buntu. Sungai Kedungpawon memiliki potensi sebagai sumber daya air untuk memenuhi kebutuhan air penduduk sekitar. Sebagai upaya untuk peningkatan penyediaan air baku bersih untuk warga dan kebutuhan irigasi, maka perlu direncanakan suatu bangunan penampung air pada daerah tersebut.

Untuk memenuhi kebutuhan air Desa Bangle khususnya Dusun Pule, maka direncanakan Embung Bangle dengan kedudukan as bendung yang telah ditentukan pada analisa sebelumnya. Analisa yang dilakukan meliputi analisa hidrologi, untuk mengetahui curah hujan rencana berbagai periode kala ulang dengan menggunakan Log Pearson III dan mengetahui debit banjir rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Nakayasu. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung ketersediaan air menggunakan metode F.J. Mock dan kebutuhan air. Menghitung tampungan air pada embung dengan metode Kesetimbangan Air. Analisa hidrolik dihitung untuk mendapatkan angka desain dari tubuh embung, bangunan pelimpah embung dan banguan pemecah energi. Dari desain yang sudah dihitung maka perlu dihitung juga kontrol stabilitas seluruh bangunan pada Embung Bangle yang akan direncanakan.

Dari hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh besar debit banjir rencana yang digunakan dengan periode ulang 100 tahun adalah $23.45 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan elevasi muka air banjir di atas pelimpah adalah +56.18 m. Ketersediaan air pada Sungai Kedungpawon dengan debit andalan rerata $0.103 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan kebutuhan air di Dusun Bangle sebesar 70935 l/hari untuk air domestik dan 15030 l/hari untuk non domestik. Tampungan air dapat memenuhi kebutuhan air irigasi dengan pola tanam palawija-palawija-palawija. Dari analisa-analisa tersebut, direncanakan tubuh embung tipe urugan dengan inti tegak berada pada elevasi dasar +50.00 sedangkan elevasi puncaknya +57.00, lebar puncak 4 m dan lebar dasar 35.5 m. Kemiringan hulu tubuh embung direncanakan 1: 2.50 sedangkan kemiringan hilirnya 1: 2.00. Selain itu direncanakan pula pelimpah depan dengan tipe Ogee dengan lebar saluran 6 m. Kolam olak untuk meredam energi direncanakan menggunakan USBR Tipe III. Konstruksi tubuh embung dan pelimpah telah dianalisis keamanannya dan dinyatakan aman dalam kondisi muka air normal dan muka air banjir.

Kata kunci: Embung, Embung Bangle, air baku, irigasi

DESIGN OF BANGLE SMALL DAM, LOCATED IN LENGKONG DISTRICT, NGANJUK REGENCY

| | |
|--------------------|--|
| <i>Name</i> | : Ardelia Arlimasita |
| <i>NRP</i> | : 03111440000098 |
| <i>Departement</i> | : Civil Engineering, FTSP-ITS |
| <i>Supervisor</i> | : Dr. tech. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Dr. Ir. Edijatno, DEA. |

Abstract

Bangle village is one of the village located in Lengkong District, Nganjuk Regency. During dry season, this area suffers from lack of water availability, while when rain comes the water will flow and wasted without use. In this village there is Kedungpawon River which leads to Roh Buntu River. Kedungpawon River which has potential as water resources for the needs of villagers in Bangle Village. As an effort to increase the supply of clean water for villagers and the need for irrigation, it is necessary to design a reservoir in Bangle Village.

To fulfill water demand in Bangle Village, then designed the Retention Basin Of Bangle with top notch weir as specified in previous analysis. The analysis are including hydrologic analysis, to know the rainfall design for many return period using Log Pearson Type III and to know the flood discharge design using Nakayasu method. Then continue to calculate water discharge using F.J. Mock method and also calculate water demand. Calculate the water reservoir of retention basin using Water Balance method. Hydrologic analysis is calculated to use for design of main dam, spillway and olak pool. From the design of construction are need to control the stability for all the construction.

From the analyses that have been done, obtain the flood discharge design that use 100th return period is $23.45 \text{ m}^3/\text{s}$ with the elevation of flood water level above the spillway is +56.18 m. The value of water availability in Kedungpawon river with the

average mainstay discharge is $0.103 \text{ m}^3/\text{s}$. Then the demand of water in Bangle Village is $70935 \text{ l}/\text{days}$ for domestic water and $15030 \text{ l}/\text{days}$ for non-domestic water. The water storage can meet the needs of irrigation water with the cropping system is Palawija-Palawija-Palawija. From that analyses, the main dam is design with eartfill dam type with used upright core, the elevation of base main dam is $+50.00 \text{ m}$ while the crest elevation is $+57.00 \text{ m}$, width of crest is 4 m and width of base is 35.5 m . The slope for upstream is design $1 : 2.50$ while the slope of downstream is design $1 : 2.00$. Other than that, design the spillway used Ogee type with the width of the channel is 6 m . The Olak Pool for reduce the energy of water used USBR type III. The construction of main dam and spillway have been analysed and they safe in both normal water level and flood water lavel.

Key Word : Small Dam, Bangle Reservoir, water demand, irrigation

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan Embung Bangle, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk”. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung dan membantu atas terselesaiannya Laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Allah SWT, yang telah memudahkan hamba-Nya dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua penulis, Bapak Warli dan Ibu Imas Cintamulya serta adik penulis, Intan Fadhil Rasyad yang tiada hentinya selalu mendukung dan mendoakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. dan Bapak Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan serta bimbingannya dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini
4. Seluruh dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya selama masa perkuliahan penulis
5. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil khususnya angkatan S-57 yang memberikan motivasi dan bantuan selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Teman-Teman “Senggol Bacok”, (Afida, Dyah, Dea, Amal, Anggi, Zilki) yang selalu memberikan semangat dan membantu penulis dalam keadaan suka maupun duka.
7. Senior panutan, Mbak Anna Amalia yang dengan sabar selalu memberikan dukungan, motivasi, dan bantuan ketika penulis kebingungan dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Feisal Rajab Rivai yang selalu ada untuk memberikan semangat dan motivasi dalam penggerjaan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir yang penulis buat masih sangat jauh dari kesempurnaan. Jadi dengan rasa hormat penulis mohon petunjuk, saran, dan kritik terhadap Laporan Tugas Akhir ini. Sehingga kedepannya, diharapkan ada perbaikan terhadap proposal tugas akhir ini serta dapat menambah pengetahuan bagi penulis.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| TITLE PAGE | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| ABSTRAK..... | v |
| ABSTRACT | vii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR TABEL..... | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan..... | 3 |
| 1.5 Manfaat..... | 4 |
| 1.6 Peta Lokasi | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Tinjauan Umum..... | 7 |
| 2.2 Penentuan Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) | 7 |
| 2.3 Analisa Hidrologi | 8 |
| 2.3.1 Analisa Curah Hujan Rata-Rata | 8 |
| 2.3.2 Analisa Curah Hujan Rencana..... | 11 |
| 2.3.3 Intensitas Curah Hujan | 24 |
| 2.3.4 Debit Banjir Rencana..... | 24 |
| 2.4 Perhitungan Hidrograf Banjir | 25 |
| 2.5 Lengkung Kapasitas Waduk..... | 27 |
| 2.6 Prediksi Erosi Metode USLE | 28 |
| 2.7 Debit Andalan Metode FJ. Mock | 34 |
| 2.8 Analisa Kebutuhan Air | 39 |
| 2.8.1 Kebutuhan Air Baku..... | 39 |
| 2.8.2 Kebutuhan Air Untuk Irrigasi | 41 |
| 2.9 Kapasitas Efektif | 45 |
| 2.10 Perhitungan <i>Flood Routing</i> | 45 |

| | | |
|---------------------------------------|--|-----|
| 2.11 | Perencanaan Bangunan Pelimpah..... | 46 |
| 2.11.1 | Pemilihan Mercu Pelimpah | 47 |
| 2.11.2 | Saluran Pengarah Aliran..... | 47 |
| 2.11.3 | Saluran Transisi dan Saluran Peluncur | 48 |
| 2.11.4 | Perencanaan Kolam Olak | 49 |
| 2.12 | Analisa Stabilitas Bangunan Pelimpah..... | 51 |
| 2.12.1 | Gaya –Gaya yang Bekerja..... | 51 |
| 2.12.2 | Kontrol Stabilitas..... | 52 |
| 2.13 | Perencanaan Tubuh Embung | 54 |
| 2.13.1 | Lebar Mercu Embung | 54 |
| 2.13.2 | Kemiringan Lereng Urugan..... | 55 |
| 2.13.3 | Tinggi Jagaan..... | 55 |
| 2.13.4 | Tinggi Tubuh Embung..... | 56 |
| 2.13.5 | Formasi Garis Depresi | 57 |
| 2.14 | Analisa Stabilitas Tubuh Embung | 58 |
| BAB III METODOLOGI..... | 61 | |
| 3.1 | Survey Pendahuluan | 61 |
| 3.2 | Studi Pustaka | 61 |
| 3.3 | Pengumpulan Data..... | 62 |
| 3.4 | Analisa Data | 63 |
| 3.5 | Kesimpulan dan Saran | 65 |
| 3.6 | <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir..... | 66 |
| BAB IV ANALISA HIDROLOGI | 69 | |
| 4.1 | Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) | 69 |
| 4.2 | Analisa Data Curah Hujan..... | 70 |
| 4.3 | Uji Distribusi Statistik | 71 |
| 4.3.1 | Penentuan Parameter Statistik | 72 |
| 4.3.2 | Pemilihan Jenis Metode Distribusi | 78 |
| 4.3.3 | Uji Kebenaran Sebaran..... | 78 |
| 4.4 | Analisa Hujan Rencana Periode Ulang | 85 |
| 4.5 | Analisa Curah Hujan Efektif | 86 |
| 4.6 | Perhitungan Curah Hujan Jam-jaman..... | 87 |
| 4.7 | Perhitungan Hidrograf Satuan | 89 |
| 4.8 | Analisa Ketersediaan Air..... | 107 |
| 4.8.1 | Evapotranspirasi | 107 |

| | | |
|---------------------------------------|--|-----|
| 4.8.2 | Debit Andalan F.J. Mock..... | 113 |
| 4.9 | Analisa Erosi dengan Metode USLE..... | 116 |
| 4.10 | Lengkung Kapasitas | 120 |
| 4.11 | Kapasitas Tampungan Embung..... | 122 |
| 4.12 | Analisa Kebutuhan Air | 123 |
| 4.12.1 | Kebutuhan Air Baku..... | 123 |
| 4.12.2 | Kebutuhan Air Irrigasi | 131 |
| 4.13 | Analisa Keseimbangan Air..... | 135 |
| 4.14 | <i>Flood Routing</i> | 137 |
| BAB V PERENCANAAN EMBUNG | 145 | |
| 5.1 | Perencanaan Bangunan Pelimpah..... | 145 |
| 5.1.1 | Saluran Pengarah Aliran..... | 145 |
| 5.1.2 | Kedalaman Aliran (Hd) | 146 |
| 5.1.3 | Mercu Bangunan Pelimpah | 149 |
| 5.1.4 | Analisa Hidrolis Pelimpah..... | 151 |
| 5.1.5 | Saluran Transisi | 154 |
| 5.1.6 | Saluran Peluncur..... | 156 |
| 5.1.7 | Tinggi Loncatan Hidraulik | 158 |
| 5.1.8 | Bangunan Peredam Energi | 159 |
| 5.2 | Analisa Stabilitas Bangunan Pelimpah..... | 163 |
| 5.2.1 | Gaya yang Bekerja pada Bangunan Pelimpah...163 | |
| 5.2.2 | Kontrol Stabilitas Bangunan Pelimpah..... | 176 |
| 5.2.3 | Kontrol Peredam Energi | 182 |
| 5.3 | Perencanaan Tubuh Embung | 184 |
| 5.3.1 | Tinggi Tubuh Embung..... | 184 |
| 5.3.2 | Lebar Puncak Embung..... | 185 |
| 5.3.3 | Kemiringan Lereng Embung | 185 |
| 5.4 | Analisa Formasi Garis Depresi..... | 185 |
| 5.4.1 | Kondisi Muka Air Banjir..... | 185 |
| 5.4.2 | Kondisi Muka Air $\frac{1}{2}$ Tinggi Air Banjir | 188 |
| 5.4.3 | Kondisi Muka Air $\frac{3}{4}$ Tinggi Air Banjir | 190 |
| 5.5 | Analisa Stabilitas Tubuh Embung | 192 |
| 5.5.1 | Analisa Menggunakan <i>GeoStudio Slope/W</i> 2012 193 | |
| BAB VI KESIMPULAN | 213 | |

| | | |
|------------------------------|-----------------|------------|
| 6.1 | Kesimpulan..... | 213 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 215 |
| LAMPIRAN | | 217 |
| BIODATA PENULIS | | 254 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-----|
| Gambar 1. 1 Lokasi Perencanaan Embung Bangle | 5 |
| Gambar 2. 1 Poligon Thiessen..... | 10 |
| Gambar 2. 2 Metode Isohyet | 11 |
| Gambar 2. 3 Kurva lengkung kapasitas waduk | 28 |
| Gambar 2. 4 Mercu pelimpah tipe Ogee..... | 47 |
| Gambar 2. 5 Skema Saluran Transisi Suatu Bangunan Pelimpah | 48 |
| Gambar 2. 6 Bentuk kolam olakan datar tipe III USBR..... | 50 |
| Gambar 2. 7 Grafik penentuan dimensi USBR Tipe III | 50 |
| Gambar 2. 8 Garis Depresi Pada Tubuh Embung Homogen..... | 58 |
| Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir Bagian 1 | 66 |
| Gambar 3. 2 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir Bagian 2 | 67 |
| Gambar 4. 1 Daerah Aliran Sungai Kedung Pawon | 69 |
| Gambar 4. 2 Lokasi letak stasiun hujan..... | 70 |
| Gambar 4. 3 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu..... | 99 |
| Gambar 4. 4 Debit Banjir Periode Ulang 100 Tahun | 100 |
| Gambar 4. 5 Grafik Lengkung Kapasitas | 122 |
| Gambar 4. 6 Grafik Hidrograf <i>Inflow</i> dan <i>Outflow</i> | 143 |
| Gambar 5. 1 Mercu Pelimpah Tipe Ogee | 149 |
| Gambar 5. 2 Lengkung Mercu Pelimpah Tipe Ogee | 151 |
| Gambar 5. 3 Rencana Saluran pada Bangunan Pelimpah..... | 152 |
| Gambar 5. 4 Skema Aliran pada Mercu Pelimpah | 152 |
| Gambar 5. 5 Ilustasi Saluran Transisi..... | 154 |
| Gambar 5. 6 Ilustasi Saluran Peluncur | 157 |
| Gambar 5. 7 Ilustrasi aliran air pada Bangunan Kolam Olak.... | 160 |
| Gambar 5. 8 Grafik Hubungan antara Bilangan <i>Froude</i> dan <i>Ld2</i> | 161 |
| Gambar 5. 9 Dimensi Kolam Olak USBR Tipe III | 161 |
| Gambar 5. 10 Grafik Tinggi <i>Baffle Blocks</i> , dan <i>End Sill</i> | 162 |
| Gambar 5. 11 Pembagian pias pada pelimpah..... | 164 |
| Gambar 5. 12 Titik-titik Tinjau untuk Kontrol Kolam Olak | 183 |
| Gambar 5. 13 Ilustrasi Formasi Garis Depresi saat Muka Air Banjir | 188 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 5. 14 Ilustrasi Formasi Garis Depresi saat Muka Air ½ Tinggi Banjir | 190 |
| Gambar 5. 15 Ilustrasi Formasi Garis Depresi saat Muka Air ¾ Tinggi Banjir | 192 |
| Gambar 5. 16 Tampilan awal <i>GeoStudio</i> 2012..... | 193 |
| Gambar 5. 17 Pemilihan tipe analisa pada <i>GeoStudio</i> 2012..... | 194 |
| Gambar 5. 18 Penentuan Tipe Analisis | 194 |
| Gambar 5. 19 Penentuan PWP <i>Condition</i> | 195 |
| Gambar 5. 20 Pengaturan <i>Slip Surface</i> pada <i>GeoStudio</i> 2012 .. | 195 |
| Gambar 5. 21 Pengaturan <i>Set Page</i> | 196 |
| Gambar 5. 22 Pengaturan <i>Set Unit and Scale</i> | 196 |
| Gambar 5. 23 Pengaturan <i>Grid</i> | 197 |
| Gambar 5. 24 Pengaturan Sumbu Gambar | 197 |
| Gambar 5. 25 Menggambar Koordinat Tubuh Embung | 198 |
| Gambar 5. 26 Gambar Tubuh Embung dan Pembagian Zona... | 198 |
| Gambar 5. 27 Kotak Dialog <i>KeyIn-Material</i> | 199 |
| Gambar 5. 28 Tubuh Embung yang Telah Terdefinisi Materialnya | 200 |
| Gambar 5. 29 <i>Input</i> Data Formasi Garis Depresi | 200 |
| Gambar 5. 30 Contoh Gambar Garis Muka Air dan Garis Formasi Depresi..... | 201 |
| Gambar 5. 31 Kotak Dialog <i>KeyIn Seismic Load</i> | 201 |
| Gambar 5. 32 Contoh Posisi <i>Grid and Radius</i> | 202 |
| Gambar 5. 33 Hasil Analisi Bidang Longsor Bagian Hulu saat Muka Air Banjir | 202 |
| Gambar 5. 34 Stabilitas Embung saat Kosong Bagian Hulu, SF = 2.063 | 203 |
| Gambar 5. 35 Stabilitas Embung saat Kosong Bagian Hilir, SF = 1.816 | 203 |
| Gambar 5. 36 Stabilitas Embung saat Kondisi Kosong Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.362 | 204 |
| Gambar 5. 37 Stabilitas Embung saat Kondisi Kosong Bagian Hilir dengan Beban Gempa, SF = 1.242 | 204 |
| Gambar 5. 38 Stabilitas Embung saat Kondisi Muka Air Banjir Bagian Hulu, SF = 2.129 | 205 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 5. 39 Stabilitas Embung saat Kondisi Muka Air Banjir Bagian Hilir, SF = 1.706..... | 205 |
| Gambar 5. 40 Stabilitas Embung saat Kondisi Muka Air Banjir Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.456..... | 206 |
| Gambar 5. 41 Stabilitas Embung saat Kondisi Muka Air Banjir Bagian Hilir dengan Beban Gempa, SF = 1.284 | 206 |
| Gambar 5. 42 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir Bagian Hulu, SF = 1.948 | 207 |
| Gambar 5. 43 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir Bagian Hilir, SF = 1.766..... | 207 |
| Gambar 5. 44 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.276..... | 208 |
| Gambar 5. 45 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir Bagian Hilir dengan Beban Gempa, SF = 1.314 | 208 |
| Gambar 5. 46 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{3}{4}$ Muka Air Banjir Bagian Hulu, SF = 2.326 | 209 |
| Gambar 5. 47 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{3}{4}$ Muka Air Banjir Bagian Hilir, SF = 1.751..... | 209 |
| Gambar 5. 48 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{3}{4}$ Muka Air Banjir Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.399..... | 210 |
| Gambar 5. 49 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{3}{4}$ Muka Air Banjir Bagian Hilir dengan Beban Gempa, SF = 1.308 | 210 |
| Gambar 5. 50 Stabilitas Embung saat Kondisi <i>Rapid Drawdown</i> Bagian Hulu tanpa Beban Gempa, SF = 1.352..... | 211 |
| Gambar 5. 51 Stabilitas Embung saat Kondisi <i>Rapid Drawdown</i> Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.119..... | 211 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 <i>Reduced Mean Y_n</i> | 13 |
| Tabel 2. 2 <i>Reduced Standart Deviation S_n</i> | 14 |
| Tabel 2. 3 <i>Reduced Variate Y_T</i> | 14 |
| Tabel 2. 4 Nilai K pada Sebaran Normal..... | 15 |
| Tabel 2. 5 Harga K Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III | 19 |
| Tabel 2. 6 Standard Variabel Kt | 20 |
| Tabel 2. 7 Nilai Kritis untuk Uji Keselarasan Chi Kuadrat..... | 22 |
| Tabel 2. 8 Nilai Delta Kritis untuk Uji Keselarasan Smirnov-Kolmogorof | 23 |
| Tabel 2. 9 Koefisien Pengaliran | 25 |
| Tabel 2. 10 Nilai Erodibilitas Tanah | 31 |
| Tabel 2. 11 Nilai Indeks Faktor C (Pengelolaan Tanaman) | 32 |
| Tabel 2. 12 Nilai Indeks Faktor P (Teknik Konservasi Tanah) ... | 34 |
| Tabel 2. 13 Tingkat Pemakaian Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota | 40 |
| Tabel 2. 14 Konsumsi Air Bersih di Perkotaan Indonesia Berdasarkan Keperluan Rumah Tangga | 40 |
| Tabel 2. 15 Kebutuhan Air Non Domestik | 41 |
| Tabel 2. 16 Kemiringan Lereng Urugan..... | 55 |
| Tabel 2. 17 Tinggi Jagaan | 56 |
| Tabel 4. 1 Curah Hujan Harian Maksimum | 71 |
| Tabel 4. 2 Perhitungan Parameter Statistik | 73 |
| Tabel 4. 3 Perhitungan Parameter Statistik Logaritma..... | 76 |
| Tabel 4. 4 Penentuan Jenis Metode Distribusi | 78 |
| Tabel 4. 5 Batas Distribusi | 80 |
| Tabel 4. 6 Perhitungan Chi Kuadrat | 81 |
| Tabel 4. 7 Uji Kolmogorov-Smirnov | 83 |
| Tabel 4. 8 Hujan Rencana Periode Ulang..... | 86 |
| Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif..... | 87 |
| Tabel 4. 10 Curah Hujan Efektif Jam-jaman | 88 |
| Tabel 4. 11 Ordinat kurva naik $0 \leq t \leq T_p$ | 89 |
| Tabel 4. 12 Ordinat Kurva turun $T_p \leq t \leq T_0,3$ | 90 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4. 13 Ordinat Kurva Turun $T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ | 90 |
| Tabel 4. 14 Ordinat Kurva Turun $t \geq T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$ | 91 |
| Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Ordinat Hidrograf Terkoreksi | 94 |
| Tabel 4. 16 Debit Banjir Metode Nakayasu untuk Periode Ulang 100 Tahun..... | 101 |
| Tabel 4. 17 Rekap data klimatologi Tahun 2005-2012 | 107 |
| Tabel 4. 18 Perhitungan Evapotranspirasi..... | 111 |
| Tabel 4. 19 Debit Andalan F.J. Mock..... | 114 |
| Tabel 4. 20 Perhitungan Indeks Erosivitas (R) DAS Embung Bangle..... | 117 |
| Tabel 4. 21 Perhitungan volume tampungan tiap elevasi | 120 |
| Tabel 4. 22 Tabel Elevasi, Luas tampungan, dan Volume | 121 |
| Tabel 4. 23 Perhitungan Proyeksi Penduduk..... | 124 |
| Tabel 4. 24 Kebutuhan air untuk Sambungan Rumah | 126 |
| Tabel 4. 25 Kebutuhan Air Untuk Hidran Umum | 127 |
| Tabel 4. 26 Fasilitas Umum di Desa Bangle | 129 |
| Tabel 4. 27 Kebutuhan masing-masing Fasilitas..... | 130 |
| Tabel 4. 28 Kebutuhan Air Baku Non-Domestik | 130 |
| Tabel 4. 29 Kebutuhan Irigasi Pola Tanam Palawija-Palawija-Palawija | 133 |
| Tabel 4. 30 Lanjutan Tabel Kebutuhan Irigasi Pola Tanam Palawija-Palawija-Palawija | 134 |
| Tabel 4. 31 Analisa Keseimbangan Air..... | 136 |
| Tabel 4. 32 Hubungan antara elevasi, tampungan dan outflow. | 138 |
| Tabel 4. 33 Perhitungan <i>Flood Routing</i> | 139 |
| Tabel 5. 1 Koordinat Lengkung Harold..... | 150 |
| Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri..... | 164 |
| Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Akibat Gaya Gempa | 165 |
| Tabel 5. 4 Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> Tiap Titik pada Kondisi Muka Air Normal | 170 |
| Tabel 5. 5 Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> Bidang Vertikal Kondisi Muka Air Normal | 171 |
| Tabel 5. 6 Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> (Ke Kanan) Bidang Horizontal Kondisi Muka Air Normal..... | 172 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 5. 7 Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> (Ke Kiri) Bidang Horizontal Kondisi Muka Air Normal..... | 172 |
| Tabel 5. 8 Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> Tiap Titik pada Kondisi Muka Air Banjir..... | 173 |
| Tabel 5. 9 Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> Bidang Vertikal Kondisi Muka Air Banjir..... | 175 |
| Tabel 5. 10 Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> (Ke Kanan) Bidang Horizontal Kondisi Muka Air Banjir..... | 175 |
| Tabel 5. 11 Perhitungan Gaya <i>Uplift</i> (Ke Kiri) Bidang Horizontal Kondisi Muka Air Banjir..... | 176 |
| Tabel 5. 12 Kontrol Kolam Olak pada Kondisi Muka Air Normal | 183 |
| Tabel 5. 13 Kontrol Kolam Olak pada Kondisi Muka Air Banjir | 184 |
| Tabel 5. 14 Koordinat Garis Depresi Muka Air Banjir Melewati Zona Inti | 186 |
| Tabel 5. 15 Koordinat Garis Depresi Muka Air Banjir Melewati Zona Random | 187 |
| Tabel 5. 16 Koordinat Garis Depresi Muka Air $\frac{1}{2}$ Tinggi Banjir Melewati Zona Inti | 189 |
| Tabel 5. 17 Koordinat Garis Depresi Muka Air $\frac{1}{2}$ Tinggi Banjir Melewati Zona Random | 190 |
| Tabel 5. 18 Koordinat Garis Depresi Muka Air $\frac{3}{4}$ Tinggi Banjir Melewati Zona Inti | 191 |
| Tabel 5. 19 Koordinat Garis Depresi Muka Air $\frac{3}{4}$ Tinggi Banjir Melewati Zona Random | 192 |
| Tabel 5. 20 Data Tanah Timbunan dan Tanah Dasar | 199 |
| Tabel 5. 21 Rekapitulasi SF untuk Stabilitas Lereng Embung Tanpa Beban Gempa | 212 |
| Tabel 5. 22 Rekapitulasi SF untuk Stabilitas Lereng Embung dengan Beban Gempa..... | 212 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Nganjuk merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang terletak di bagian barat dari wilayah Provinsi Jawa Timur pada koordinat $111^{\circ} 5'$ – $112^{\circ} 13'$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 20'$ – $7^{\circ} 50'$ Lintang Selatan.. Salah satu nama desanya adalah Desa Bangle. Secara geografi posisi wilayah Desa Bangle terletak di daerah perhutanan dengan jarak 32,5 km dari Kabupaten Nganjuk dan 117,5 dari Kecamatan Lengkong. Desa tersebut memiliki dua Dusun yaitu Dusun Bangle dan Dusun Pule. Sebelah timur dari Desa Bangle terdapat Desa Dukuh, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Ketandan dan Desa Ngringin, sedangkan sebelah utaranya berbatasan dengan Desa Sumber Miri. Desa Bangle juga dilewati oleh Sungai Kedungpawon yang bermuara ke Sungai Roh Buntu. Luas daerah aliran Sungai Kedungpawon sendiri adalah seluas 0.830 km^2 .

Desa Bangle memiliki potensi sumber daya alam dalam aspek pertanian yang cukup besar sehingga pengelolaan sumber daya air yang baik terutama untuk menunjang pengembangan bidang pertanian secara umum akan meningkatkan perekonomian daerah tersebut. Maka untuk lebih meningkatkan produktifitas pertanian, karena bidang usaha tersebut sangat bergantung pada ketersediaan air, maka diperlukan pengelolaan sumber daya air yang ada di daerah tersebut. Selain itu peningkatan kondisi perekonomian juga akan memicu pertumbuhan penduduk yang juga harus diimbangi dengan penyediaan air baku yang cukup untuk kebutuhan air bersih penduduk Desa Bangle. Prasarana air bersih untuk Desa Bangle sendiri masih memanfaatkan dari SPT (Sumur Pompa Tangan) dan Sumur Galian.

Berdasarkan data dari Dinas ESDM Provinsi Jawa Timur, Desa Bangle merupakan salah satu desa yang tercatat dalam data daerah sulit air pada tahun 2012. Desa Bangle mengalami sulit air merupakan akibat dari kurangnya sumber daya air yang tersedia di Desa Bangle. Saat musim kemarau, air sering kali sulit ditemukan.

Ketidakseimbangan antara ketersediaan dengan kebutuhan air mengakibatkan warga kesulitan memperoleh air. Kesulitan air berdampak besar pada kebutuhan air baku untuk kebutuhan rumah tangga di Desa Bangle.

Untuk memecahkan masalah di Desa Bangle dalam memenuhi kebutuhan air adalah dengan cara direncanakan pembangunan embung di Desa Bangle, Kecamatan Lengkong. Pada studi dan survei sebelumnya yang telah dilakukan oleh PT. Barunadri dalam Laporan Antara SID Embung di Kabupaten Nganjuk, disebutkan bahwa terdapat 2 lokasi di Kabupaten Nganjuk yang berpotensi untuk direncanakan Embung yaitu : Dusun Pule, Desa Bangle, Kecamatan Lengkong dan Dusun Klonggean, Desa Siwalan, Kecamatan Sawahan. Menurut hasil survey dari PT. Barunadri, hasil analisa kelayakan ekonomi Embung Bangle dan Embung Klonggean keduanya memiliki tingkat keuntungan dan effisiensi yang realtif tinggi hanya pada tingkat pengembalian modalnya, investasi Embung Bangle lebih cepat daripada Embung Klonggean. Sehingga pada Tugas Akhir ini hanya akan merencanakan Embung Bangle yang terletak di Dusun Pule, Desa Bangle, Kecamatan Lengkong karena dianggap lebih baik dan dapat dijalankan lebih awal.

Maksud dari perencanaan ini diharapkan dapat merencanakan bangunan penampung air yang dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku sesuai pertumbuhan penduduk dan dapat diatur pengoperasian dan pemeliharaannya sehingga bermanfaat secara optimal. Selain itu dengan adanya embung ini nantinya akan menunjang kegiatan yang akan meningkatkan taraf hidup masyarakat desa, dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi melalui optimasi pemanfaatan sumber daya air yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ingin dipecahkan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah besar debit rencana yang terjadi berdasarkan data curah hujan yang ada ?
2. Berapakah besar debit andalan yang terjadi ?
3. Berapakah jumlah kebutuhan air di Desa Bangle, Kec. Lengkong ?
4. Berapakah jumlah kapasitas tumpungan Embung Bangle yang dibutuhkan jika dilihat dari keseimbangan air di Sungai Kedungpawon ?
5. Berapa dimensi dari bangunan pelimpah untuk Embung Bangle, Kecamatan Lengkong ?
6. Bagaimana stabilitas konstruksi yang terjadi pada bangunan pelimpah di Embung Bangle, Kecamatan Lengkong ?
7. Barapa dimensi dari kolam olak untuk Embung Bangle, Kecamatan Lengkong ?
8. Berapa dimensi dari tubuh Embung Bangle, Kecamatan Lengkong ?
9. Bagaimana stabilitas konstruksi yang terjadi pada tubuh Embung Bangle, Kecamatan Lengkong ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diselesaikan pada penyusunan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak membahas tentang geologi material pondasi di wilayah konstruksi embung.
2. Tidak menghitung keekonomisan dari pembangunan konstruksi embung.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui debit rencana yang terjadi berdasarkan data curah hujan yang terjadi.
2. Mengetahui debit andalan yang terjadi.

3. Mengetahui jumlah kebutuhan air di Desa Bangle, Kecamatan Lengkong.
4. Mengetahui jumlah kapasitas tampungan Embung Bangle yang dibutuhkan jika dilihat dari keseimbangan air di Sungai Kedungpawon.
5. Mengetahui dimensi dari bangunan pelimpah untuk Embung Bangle, Kecamatan Lengkong.
6. Mengetahui stabilitas konstruksi yang terjadi pada bangunan pelimpah di Embung Bangle, Kecamatan Lengkong.
7. Mengetahui dimensi dari kolam olak untuk Embung Bangle, Kecamatan Lengkong.
8. Mengetahui dimensi dari tubuh Embung Bangle, Kecamatan Lengkong.
9. Mengetahui stabilitas konstruksi yang terjadi pada tubuh Embung Bangle, Kecamatan Lengkong.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai refrensi pembaca dalam melakukan perencanaan Embung.
2. Sebagai refrensi perencanaan Embung di Desa Bangle, Kecamatan Lenkong, Kabupaten Nganjuk sebagai pengupayaan pemanfaatan air.

1.6 Peta Lokasi

Kabupaten Nganjuk merupakan salah satu kabupaten yang terletak di bagian barat dari wilayah Provinsi Jawa Timur pada koordinat $111^{\circ} 5'$ – $112^{\circ} 13'$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 20'$ – $7^{\circ} 50'$ Lintang Selatan.

Luas wilayah administrasi Kabupaten Nganjuk adalah 122.433,1 Ha yang terbagi menjadi 20 kecamatan, 264 desa dan 20 kelurahan.

Lokasi perencanaan Embung Bangel berada di Dusun Pule, Desa Bangle, Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk. Dengan letak as embung memotong Sungai Kedungpawon yang bermuara ke Sungai Roh Buntu.



Gambar 1. 1 Lokasi Perencanaan Embung Bangel
(Sumber : *Google Maps*)

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

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, hidrolik dan mekanika tanah (Soedibyo, 1993).

Setiap daerah aliran sungai mempunyai sifat-sifat khusus yang berbeda, hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada daerah pengaliran. 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. Dalam bab ini juga dipaparkan secara singkat mengenai kebutuhan air baku, analisis hidrologi, dasar-dasar teori perencanaan embung yang akan digunakan dalam perhitungan konstruksi dan bangunan pelengkapnya (Soemarto, 1999).

2.2 Penentuan Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran atau daerah pengaliran dari suatu sungai adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung perbukitan dimana air hujan yang jatuh di daerah akan mengalir ke sungai-sungai di daerah itu. Untuk menentukan luas DAS pada perencanaan embung mengacu pada Perencanaan Pengembangan Wilayah Sungai dalam rangka peningkatan kemampuan 6 penyediaan air sungai untuk berbagai kebutuhan hidup masyarakat, sehingga meliputi beberapa ketentuan antara lain (Soemarto, 1999):

1. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) mengikuti pola bentuk aliran sungai dengan mempertimbangkan aspek geografis di sekitar Daerah Aliran Sungai yang mencangkup daerah tangkapan (catchment area) untuk perencanaan embung tersebut.

2. Luas Daerah Sungai (DAS) dapat diketahui dari gambaran yang diantaranya meliputi peta-peta atau foto udara dan perbedaan skala serta standar pemetaan sehingga dapat menghasilkan nilai-nilai yang sebenarnya.

2.3 Analisa Hidrologi

Dalam siklus hidrologi, air hujan yang turun akibat dari penguapan air diperlakukan bumi sebagian akan mengalir melalui permukaan bumi ke arah horizontal sebagai limpasan (*run off*). Sebagian lagi akan bergerak secara vertikal, meresap kedalam tanah untuk nantinya akan keluar lagi menuju ke permukaan sebagai sumber mata air ataupun sebagai sungai bawah tanah, sedangkan sisanya akan menguap lagi menuju atmosfer. Air yang terinfiltasi ke tanah mula-mula akan mengisi pori-pori tanah sampai mencapai kadar air jenuh. Apabila kondisi tersebut telah tercapai, maka air tersebut akan bergerak dalam dua arah, arah horizontal sebagai *interflow* dan arah vertikal sebagai perkolasasi.

Analisis hidrologi diperlukan untuk untuk memperoleh besarnya debit banjir rencana. Debit banjir rencana merupakan debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas sungai. Untuk mendapatkan debit rencana tersebut dapat dengan cara melakukan pengamatan dan pengukuran langsung di lokasi sungai ataupun dengan menganalisis data curah hujan maksimum pada stasiun-stasiun pengukuran hujan yang berada di Daerah Aliran Sungai tersebut.

Dari data hidrologi yang ada (letak stasiun penakar hujan, curah hujan dan klimatologi) tahapan selanjutnya adalah analisa data hidrologi. Tahapan analisa data hidrologi sebagai berikut :

2.3.1 Analisa Curah Hujan Rata-Rata

Ada tiga metode yang biasa digunakan untuk mengetahui besarnya curah hujan rata-rata pada suatu DAS, yaitu sebagai berikut :

1. Cara Rata-rata Aljabar

Cara menghitung rata-rata aritmatis (*arithmetic mean*) adalah cara yang paling sederhana. Metode rata-rata hitung dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \quad (2.1)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata (mm)

R_1 = besarnya curah hujan pada masing-masing pos (mm)

n = banyaknya pos hujan

2. Cara Poligon Thiessen

Cara ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari pos-pos hujan yang bersangkutan, untuk digunakan sebagai faktor bobot dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Dapat dirumuskan dengan rumus berikut :

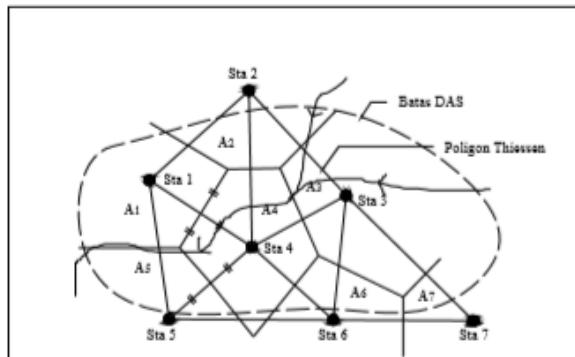
$$\bar{R} = R_1 W_1 + R_2 W_2 + R_3 W_3 \dots + R_n W_n \quad (2.2)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata (mm)

R_1 = besarnya curah hujan pada masing-masing pos (mm)

W = faktor bobot masing-masing stasiun (%)



Gambar 2. 1 Poligon Thiessen

(Sumber : Soemarto, 1999)

3. Cara Isohyet

Isohyet adalah garis lengkung yang merupakan harga curah hujan yang sama. Umumnya sebuah garis lengkung menunjukkan angka yang bulat. Isohyet ini diperoleh dengan cara interpolasi harga-harga curah hujan yang tercatat pada penakar hujan lokal. Dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut :

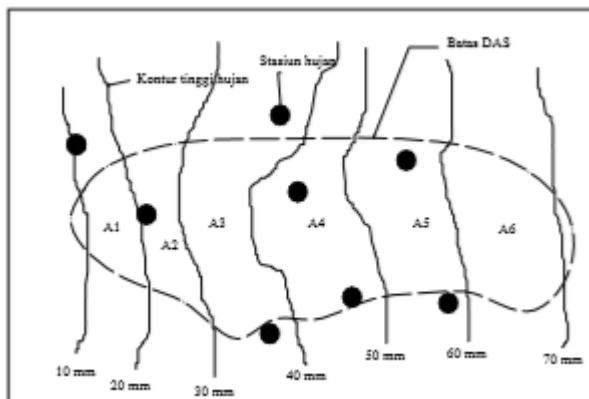
$$\bar{R} = \frac{\sum A_i x R_i}{\sum A_i} \quad (2.3)$$

Dimana :

\bar{R} = curah hujan rata-rata (mm)

R_1 = besarnya curah hujan pada masing-masing pos (mm)

A_i = Luas DAS stasiun i (km^2)



Gambar 2. 2 Metode Isohyet
(Sumber : Soemarto, 1999)

2.3.2 Analisa Curah Hujan Rencana

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

- Parameter Statistik
- Pemilihan Jenis Metode
- Uji Kebenaran Sebaran
- Perhitungan Hujan Rencana

A. Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (\bar{X}), deviasi standar (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan / *skewness* (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). Sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$\bar{X} = \sum \frac{Rx}{n} \quad (2.4)$$

$$Sd = \sqrt{\sum \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \quad (2.6)$$

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{(X_i) - \bar{X}\}^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (2.7)$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(X_i) - \bar{X}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \quad (2.8)$$

Dimana :

\bar{X} = Tinggi hujan harian maksimum rata-rata selama n tahun (mm)

$\sum X$ = Jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun (mm)

n = Jumlah tahun pencatatan data hujan

Sd = Deviasi Standart

Cv = Koefisien Variasi

Cs = Koefisien Kemiringan

Ck = Koefisien Kustosis

Lima parameter statistik di atas akan menentukan jenis metode yang digunakan dalam analisis frekuensi.

B. Pemilihan Jenis Metode

Masing-masing sebaran memiliki sifat-sifat khas sehingga harus diuji kesesuaianya dengan sifat statistik masing-masing sebaran tersebut. Pemilihan sebaran yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar. Pengambilan sebaran secara sembarang tanpa pengujian data hidrologi sangat tidak dianjurkan. Penentuan jenis sebaran yang akan digunakan untuk analisis frekuensi dapat dipakai beberapa cara sebagai berikut :

1. Distribusi Gumbel

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan menggunakan metode Distribusi Gumbel digunakan

persamaan distribusi empiris sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y_T - Y_n) \quad (2.9)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.10)$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Y_T dapat dihitung dengan rumus (Soemarto, 1999) :

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right] \quad (2.11)$$

Dimana :

X_T = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun (mm)

\bar{X} = Nilai rata-rata hujan (mm)

S = Deviasi standart (simpangan baku)

Y_T = Nilai reduksi variat (*reduce variate*) dari variabel yang diharapkan pada Tabel 2.3

Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduce mean*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1

S_n = Deviasi standart dari reduksi variat (*reduce standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2. 1 Reduced Mean Y_n

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0,4952 | 0,4996 | 0,5035 | 0,5070 | 0,5100 | 0,5128 | 0,5157 | 0,5181 | 0,5202 | 0,5220 |
| 20 | 0,5236 | 0,5252 | 0,5268 | 0,5283 | 0,5296 | 0,5309 | 0,5320 | 0,5332 | 0,5343 | 0,5353 |
| 30 | 0,5362 | 0,5371 | 0,5380 | 0,5388 | 0,8396 | 0,5403 | 0,5410 | 0,5418 | 0,5424 | 0,5436 |
| 40 | 0,5436 | 0,5442 | 0,5448 | 0,5453 | 0,5458 | 0,5463 | 0,5468 | 0,5473 | 0,5477 | 0,5481 |
| 50 | 0,5485 | 0,5489 | 0,5493 | 0,5497 | 0,5501 | 0,5504 | 0,5508 | 0,5511 | 0,5515 | 0,5518 |
| 60 | 0,5521 | 0,5524 | 0,5527 | 0,5530 | 0,5533 | 0,5535 | 0,5538 | 0,5540 | 0,5543 | 0,5545 |
| 70 | 0,5548 | 0,5550 | 0,5552 | 0,5555 | 0,5557 | 0,5559 | 0,5561 | 0,5563 | 0,5565 | 0,5567 |
| 80 | 0,5569 | 0,5570 | 0,5572 | 0,5574 | 0,5576 | 0,5578 | 0,5580 | 0,5581 | 0,5583 | 0,5585 |
| 90 | 0,5586 | 0,5587 | 0,5589 | 0,5591 | 0,5592 | 0,5593 | 0,5595 | 0,5596 | 0,5598 | 0,5599 |
| 100 | 0,5600 | 0,5602 | 0,5603 | 0,5604 | 0,5606 | 0,5607 | 0,5608 | 0,5609 | 0,5610 | 0,5611 |

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2. 2 Reduced Standart Deviation S_n

| N | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0.9496 | 0.9676 | 0.9833 | 0.9971 | 1.0095 | 1.0206 | 1.0316 | 1.0411 | 1.0439 | 1.0565 |
| 20 | 1.0628 | 1.0696 | 1.0754 | 1.0811 | 1.0864 | 1.0915 | 1.0961 | 1.1004 | 1.1047 | 1.1080 |
| 30 | 1.1124 | 1.1159 | 1.1193 | 1.1226 | 1.1255 | 1.1285 | 1.1313 | 1.1339 | 1.1363 | 1.1388 |
| 40 | 1.1413 | 1.1436 | 1.1458 | 1.1480 | 1.1499 | 1.1519 | 1.1538 | 1.1557 | 1.1574 | 1.1590 |
| 50 | 1.1607 | 1.1623 | 1.1638 | 1.1658 | 1.1667 | 1.1681 | 1.1696 | 1.1708 | 1.1721 | 1.1734 |
| 60 | 1.1747 | 1.1759 | 1.1770 | 1.1728 | 1.1793 | 1.1803 | 1.1814 | 1.1824 | 1.1834 | 1.1844 |
| 70 | 1.1854 | 1.1863 | 1.1873 | 1.1881 | 1.1890 | 1.1898 | 1.1960 | 1.1915 | 1.1923 | 1.1930 |
| 80 | 1.1938 | 1.1945 | 1.1953 | 1.1959 | 1.1967 | 1.1973 | 1.1980 | 1.1987 | 1.1994 | 1.2001 |
| 90 | 1.2007 | 1.2003 | 1.2020 | 1.2026 | 1.2032 | 1.2038 | 1.2044 | 1.2049 | 1.2055 | 1.2066 |
| 100 | 1.2065 | 1.2069 | 1.2073 | 1.2077 | 1.2081 | 1.2084 | 1.2087 | 1.2090 | 1.2093 | 1.2096 |

(Sumber : Soemarto,1999)

Tabel 2. 3 Reduced Variate Y_T

| Periode ulang | Reduce Variate |
|---------------|----------------|
| 2 | 0,3665 |
| 5 | 1,4999 |
| 10 | 2,2502 |
| 20 | 2,9606 |
| 25 | 3,1985 |
| 50 | 3,9019 |
| 100 | 4,6001 |
| 200 | 5,2960 |
| 500 | 6,2140 |
| 1000 | 6,9190 |
| 5000 | 8,5390 |
| 10000 | 9,9210 |

(Sumber : Soemarto,1999)

2. Distribusi Normal

Digunakan dalam analisis hidrologi, misal dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. *Probability Density Function* dari sebaran normal adalah

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} x e^{-\frac{1}{2}[\frac{x-\mu}{\sigma}]^2} \quad (2.12)$$

Dimana :

$P(X)$ = Nilai logaritmik dari X atau Log(X)

π = 3,14

e = 2,71828

X = Variabel acak kontinu

μ = Rata-rata X

σ = Standart Deviasi nilai X

Luas dari kurva normal selalu sama dengan satu unit, sehingga :

$$P(-\infty < X < +\infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} x e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2} dx \quad (2.13)$$

Untuk menentukan peluang X antara $X = x_1$ dan $X = x_2$ adalah :

$$P(X_1 < X < X_2) = \int_{X_2}^{X_1} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} x e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2} dx \quad (2.14)$$

Apabila nilai X adalah standar, dengan kata lain nilai rata-rata $\mu = 0$ dan deviasi standar $\sigma = 1,0$, maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} x e^{-\frac{1}{2}t^2} \quad (2.15)$$

Dimana :

$$t = \frac{X-\mu}{\sigma} \quad (2.16)$$

Persamaan diatas disebut dengan sebaran normal standart (*standart normal distribution*)

Tabel 2. 4 Nilai K pada Sebaran Normal

| Periode Ulang T (Tahun) | Peluang | k |
|-------------------------|---------|-------|
| 1.001 | 0.999 | -3.05 |
| 1.005 | 0.995 | -2.58 |
| 1.010 | 0.990 | -2.33 |

Lanjutan Tabel 2.4

| | | |
|--------------|-------|-------|
| 1.050 | 0.950 | -1.64 |
| 1.110 | 0.900 | -1.28 |
| 1.250 | 0.800 | -0.84 |
| 1.330 | 0.750 | -0.67 |
| 1.430 | 0.700 | -0.52 |
| 1.670 | 0.600 | -0.25 |
| 2 | 0.500 | 0 |
| 2.500 | 0.400 | 0.25 |
| 3.330 | 0.300 | 0.52 |
| 4 | 0.250 | 0.67 |
| 5 | 0.200 | 0.84 |
| 10 | 0.100 | 1.28 |
| 20 | 0.050 | 1.64 |
| 50 | 0.200 | 2.05 |
| 100 | 0.010 | 2.33 |
| 200 | 0.005 | 2.58 |
| 500 | 0.002 | 2.88 |
| 1000 | 0.001 | 3.09 |

(Sumber : Soewarno ,1995)

3. Distribusi Log Pearson Tipe III

Metode Log Pearson Tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$Y = \bar{Y} + k \cdot S \quad (2.17)$$

Dimana :

Y = Nilai logaritmik dari X atau Log Y

X = Curah Hujan (mm)

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

S = Deviasi Standart nilai Y

K = Karakteristik distribusi peluang Log Pearson Tipe III, seperti ditunjukan pada Tabel 2.4

Langkah-langkah perhitungan Log Pearson Tipe III adalah sebagai berikut :

- Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots X_n$ menjadi $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots \log(X_n)$
- Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus berikut :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n} \quad (2.18)$$

Dimana :

$\overline{\log X}$ = Harga rata-rata logaritmik

n = Jumlah data

X_i = Nilai curah hujan tiap-tiap tahun (R_{24} maks) (mm)

- Menghitung harga deviasi standartnya (S_d) dengan rumus berikut :

$$S_d \overline{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log(X_i) - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (2.19)$$

Dimana :

S_d = Deviasi Standart

- Menghitung koefisien *skewness* (C_s) dengan rumus :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(X_i) - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \quad (2.20)$$

Dimana :

C_s = Koefisien *skewness*

- Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$\log X_T = \overline{\log X} + (G \times S_d) \quad (2.21)$$

Dimana :

X_T = Curah hujan rencana periode ulang T tahun (mm)

G = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s yang didapat, seperti ditunjukan pada Tabel 2.4

- Menghitung koefisien kurtosis (Ck) dengan rumus :

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(X_i - \bar{X})\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_1^4} \quad (2.22)$$

Dimana :

Ck = Koefisien kurtosis

- Menghitung koefisien variasi (Cv) dengan rumus :

$$Cv = \frac{S_1}{\overline{\log X}} \quad (2.23)$$

Dimana :

Cv = Koefisien variasi

S₁ = Deviasi Standart

Tabel 2. 5 Harga K Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

| Cs | Waktu Balik (Tahun) | | | | | | | |
|------|---------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1.01 | 1.25 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| | Peluang (%) | | | | | | | |
| | 99 | 80 | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 |
| 3.0 | -0.667 | -0.636 | -0.396 | 0.420 | 1.180 | 2.278 | 3.152 | 4.051 |
| 2.2 | -0.905 | -0.752 | -0.330 | 0.574 | 1.284 | 2.240 | 2.970 | 3.705 |
| 2.0 | -0.990 | -0.777 | -0.307 | 0.609 | 1.302 | 2.219 | 2.912 | 3.605 |
| 1.8 | -1.087 | -0.799 | -0.282 | 0.643 | 1.318 | 2.193 | 2.848 | 3.499 |
| 1.6 | -1.197 | -0.817 | -0.254 | 0.675 | 1.329 | 2.163 | 2.780 | 3.388 |
| 1.4 | -1.318 | -0.832 | -0.225 | 0.705 | 1.337 | 2.128 | 2.706 | 3.271 |
| 1.2 | -1.449 | -0.844 | -0.195 | 0.732 | 1.340 | 2.087 | 2.626 | 3.149 |
| 1.0 | -1.588 | -0.852 | -0.164 | 0.758 | 1.340 | 2.043 | 2.542 | 3.022 |
| 0.8 | -1.733 | -0.856 | -0.132 | 0.780 | 1.336 | 1.998 | 2.453 | 2.891 |
| 0.6 | -1.880 | -0.857 | -0.099 | 0.800 | 1.328 | 1.939 | 2.359 | 2.755 |
| 0.4 | -2.029 | -0.855 | -0.066 | 0.816 | 1.317 | 1.880 | 2.261 | 2.615 |
| 0.2 | -2.178 | -0.850 | -0.033 | 0.830 | 1.301 | 1.818 | 2.159 | 2.472 |
| 0.0 | -2.326 | -0.842 | 0.000 | 0.842 | 1.282 | 1.751 | 2.054 | 2.326 |
| -0.2 | -2.472 | -0.830 | 0.033 | 0.850 | 1.258 | 1.680 | 1.945 | 2.178 |
| -0.4 | -2.615 | -0.816 | 0.066 | 0.855 | 1.231 | 1.606 | 1.834 | 2.029 |
| -0.6 | -2.755 | -0.800 | 0.099 | 0.857 | 1.200 | 1.528 | 1.720 | 1.880 |
| -0.8 | -2.891 | -0.780 | 0.132 | 0.856 | 1.166 | 1.448 | 1.606 | 1.733 |
| -1.0 | -3.022 | -0.758 | 0.164 | 0.852 | 1.128 | 1.366 | 1.492 | 1.588 |
| -1.2 | -3.149 | -0.732 | 0.195 | 0.844 | 1.086 | 1.282 | 1.379 | 1.449 |
| -1.4 | -3.271 | -0.705 | 0.225 | 0.832 | 1.041 | 1.198 | 1.270 | 1.318 |
| -1.6 | -3.388 | -0.675 | 0.254 | 0.817 | 0.994 | 1.116 | 1.166 | 1.197 |
| -1.8 | -3.499 | -0.643 | 0.282 | 0.799 | 0.945 | 1.035 | 1.069 | 1.087 |
| -2.0 | -3.605 | -0.600 | 0.307 | 0.777 | 0.895 | 0.959 | 0.980 | 0.990 |
| -2.2 | -3.705 | -0.574 | 0.330 | 0.752 | 0.844 | 0.888 | 0.900 | 0.905 |
| -3.0 | -4.051 | -0.420 | 0.396 | 0.636 | 0.660 | 0.666 | 0.666 | 0.667 |

(Sumber : Soemarto,1999)

4. Distribusi Log Normal

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

$$X_T = \bar{X} + (K_T \times S) \quad (2.24)$$

Dimana :

X_T = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang X tahun (mm)

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)

S = Deviasi standart data hujan maksimum tahunan

K_t = Standart Variabel untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.6

Tabel 2. 6 Standard Variabel K_t

| T (Tahun) | Kt | T (Tahun) | Kt | T (Tahun) | Kt |
|--------------|-------|--------------|------|--------------|------|
| 1 | -1.86 | 20 | 1.89 | 95 | 3.34 |
| 2 | -0.22 | 25 | 2.10 | 100 | 3.45 |
| 3 | 0.17 | 30 | 2.27 | 110 | 3.53 |
| 4 | 0.44 | 35 | 2.41 | 120 | 3.62 |
| 5 | 0.64 | 40 | 2.54 | 130 | 3.70 |
| 6 | 0.81 | 45 | 2.65 | 140 | 3.77 |
| 7 | 0.95 | 50 | 2.75 | 150 | 3.84 |
| 8 | 1.06 | 55 | 2.86 | 160 | 3.91 |
| 9 | 1.17 | 60 | 2.93 | 170 | 3.97 |
| 10 | 1.26 | 65 | 3.02 | 180 | 4.03 |
| 11 | 1.35 | 70 | 3.08 | 190 | 4.09 |
| 12 | 1.43 | 75 | 3.60 | 200 | 4.14 |
| 13 | 1.50 | 80 | 3.21 | 220 | 4.24 |
| 14 | 1.57 | 85 | 3.28 | 240 | 4.33 |
| 15 | 1.63 | 90 | 3.33 | 260 | 4.42 |

(Sumber : Soewarno, 1995)

C. Uji Keselarasan Sebaran

Uji keselarasan sebaran dilakukan untuk mengetahui jenis metode yang paling sesuai dengan data hujan. Uji metode dilakukan dengan uji keselarasan distribusi yang dimaksudkan

untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih, dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Soewarno, 1995).

Ada dua jenis uji keselarasan yaitu uji keselarasan Chi Kuadrat (*Chi Square*) dan Smirnov Kolmogorof. Pada tes ini biasanya yang diamati adalah hasil perhitungan yang diharapkan.

a. Uji Chi Kuadrat

Prinsip pengujian dengan metode ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas, dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut, atau dengan membandingkan nilai *chi square* (X^2) dengan nilai *chi square* kritis (X^2_{cr}). Uji keselarasan chi kuadrat menggunakan rumus (Soewarno, 1995) :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.25)$$

Dimana :

X^2 = Harga *chi square* terhitung

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

N = Jumlah data

Suatu distrisbusi dikatakan selaras jika nilai X^2 hitung $< X^2$ kritis. Nilai X^2 kritis dapat dilihat di Tabel 2.7. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan *chi square* kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5 %. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$Dk = K - (P + 1) \quad (2.26)$$

Dimana :

Dk = Derajat kebebasan

P = Nilai untuk distribusi Metode Gumbel, $P=1$

Adapun kriteria penilaian hasilnya adalah sebagai berikut :

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

Tabel 2. 7 Nilai Kritis untuk Uji Keselarasan Chi Kuadrat

| 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 | 0.717 | 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 | 22.090 | 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 | 22.262 | 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 | 7.216 | 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 | 6.480 | 7.564 | 8.672 | 27.587 | 30.191 | 33.805 | 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 | 31.410 | 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 | 41.683 | 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 | 41.113 | 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,1995)

b. Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji keselarasan Smirnov-Kolmogorof, sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametrik test*), karena pengujianya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

Rumus yang dipakai (Soewarno,1995)

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P_{(xi)}}{\Delta_{Cr}} \quad (2.27)$$

- Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data (persamaan distribusinya) :

X₁ → P'(X₁)
 X₂ → P'(X₂)
 X_m → P'(X_m)
 X_n → P'(X_n)
- Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov – Kolmogorof test*) tentukan harga Do (seperti ditunjukkan pada Tabel 2.8).

Tabel 2. 8 Nilai Delta Kritis untuk Uji Keselarasan Smirnov-Kolmogorof

| Jumlah Data (n) | α Derajat Kepercayaan | | | |
|------------------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | 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,1995)

2.3.3 Intensitas Curah Hujan

Dalam menentukan Debit Banjir Rencana (*Design Flood*), perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan terutama bila digunakan metode rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Loebis, 1987).

Untuk menghitung distribusi hujan tiap jamnya digunakan perumusan yang sering digunakan di Indonesia, dimana pembagian hujan dianggap 5-6 jam setiap harinya. Berdasarkan perhitungan pada “Laporan Akhir SID Embung di Kabupaten Nganjuk 2014” untuk perhitungan intensitas curah hujan daerah Nganjuk menggunakan hujan terpusat selama 5 jam.

Berikut ini adalah rumus untuk menghitung intensitas curah hujan, dapat digunakan rumus empiris dari Dr. Mononobe (Soemarto, 1999) sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.28)$$

$$R_t = t.R_T - (t-1).R_{(t-1)} \quad (2.29)$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_t = Rata-rata hujan sampai jam ke (t)

R_{24} = Tinggi hujan dalam 24 jam

R_T = Tinggi hujan pada jam ke T (mm)

T = Waktu hujan (jam)

$R_{(t-1)}$ = Rata-rata hujan selama (t-1)

2.3.4 Debit Banjir Rencana

Hujan efektif adalah besarnya hujan total yang menghasilkan limpasan langsung (*direct run-off*), yang terdiri dari limpasan permukaan (*subsurface run-off*) dan limpasan bawah (*subdirect run-off*).

$$R_{eff} = C \times R_t \quad (2.30)$$

Dimana :

Rt = Curah hujan rencana (mm)

C = Koefisien pengaliran

Reff = Hujan efektif (mm)

Besarnya koefisien pengaliran ditentukan dengan mengacu pada tabel 2.9 berikut yang diambil dari buku Bendungan Tipe Urugan (Suyono Sosrodarsono, 2002) dan disesuaikan dengan kondisi DAS yang bersangkutan.

Tabel 2. 9 Koefisien Pengaliran

| Deskripsi | Koef.C |
|---|-----------|
| Daerah pegunungan dengan kemiringan tinggi | 0,75-0,90 |
| Daerah pegunungan tersier | 0,70-0,80 |
| Daerah hutan dan bergelombang | 0,50-0,75 |
| Daerah dataran dengan ditanami | 0,45-0,60 |
| Daerah persawahan | 0,70-0,80 |
| Sungai di daerah pegunungan | 0,75-0,85 |
| Sungai kecil di daerah dataran | 0,45-0,75 |
| Sungai dengan daerah aliran sungai yang besar | 0,50-0,75 |

(Sumber : Suryono Sosrodarsono, 2002)

2.4 Perhitungan Hidrograf Banjir

Konsep dasar pada hidrograf satuan adalah bahwa hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan grafik yang hampir sama. Perhitungan hidrograf banjir dapat dihitung dengan hidrograf satuan sintetik Nakayasu. Untuk menganalisa debit banjir rancangan, terlebih dahulu harus dibuat hidrograf banjir pada sungai yang bersangkutan. Parameter yang mempengaruhi unit hidrograf adalah :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai penurunan hidrograf (*time to peak magnitude*)
2. Tenggang waktu dari titik berat sampai titik pusat hidrograf (*time log*)

3. Tenggang waktu hidrograf (*time base og hydrograph*)
4. Luas daerah pengaliran
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of longest channel*)
6. Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*)

Rumus dari Hidrograf Satuan Nakayasu adalah sebagai berikut :

$$Qp = \frac{C \times A \times R_o}{3,6 (0,3 \times T_p \times T_{0,3})} \quad (2.31)$$

Dimana :

Qp = Debit Puncak Banjir (m^3/detik)

R_o = Hujan Satuan (mm)

T_p = Tenggang Waktu dari permulaan sampai puncak banjir

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

A = Luas Daerah pengaliran sampai outlet (km^2)

C = Koefisien Pengaliran

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = \text{tg} + 0,8 \text{ Tr} \quad (2.32)$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot \text{tg} \quad (2.33)$$

Hujan Efektif yang menyebabkan terjadi limpasan permukaan dihitung sebagai berikut :

$$\text{Tr} = 0,5\text{tg} \text{ sampai } 0,8\text{tg} \quad (2.34)$$

Dimana :

tg = *time lag* yaitu waktu antara hujan samoaau debit puncak banjir (jam). Dengan ketentuan sebagai berikut :

- Sungai dengan panjang alur $L > 15 \text{ km}$

$$\text{tg} = 0,4 + 0,058 L \quad (2.35)$$

- Sungai dengan panjang alur $L < 15 \text{ km}$

$$\text{tg} = 0,21 + L^{0,7} \quad (2.36)$$

Tr = Satuan waktu hujan (jam)

α = Parameter hidrograf untuk ,

$\alpha = 2$; pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1.5$; pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3$; pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat

Persamaan yang digunakan dalam Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut :

- Pada Kurva Naik

$$0 \leq t \leq T_p$$

$$Q_t = Q_{max} \cdot \left[\frac{t}{T_p} \right]^{2,4} \quad (2.37)$$

- Pada Kurva Turun

$$T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_{max} \cdot 0,3^{\left[\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right]} \quad (2.38)$$

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_{max} \cdot 0,3^{\left[\frac{t-T_p+0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} \right]} \quad (2.39)$$

$$t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_{max} \cdot 0,3^{\left[\frac{t-T_p+T_{0,3}}{2 T_{0,3}} \right]} \quad (2.40)$$

2.5 Lengkung Kapasitas Waduk

Lengkung kapasitas waduk merupakan grafik yang menghubungkan luas daerah genangan dengan volume tampungan terhadap elevasinya. Berhubung fungsi utama waduk adalah untuk menyediakan tampungan, maka ciri fisik utama yang terpenting adalah kapasitas tampungan.

Lengkung kapasitas dapat dibentuk dengan cara mengukur luas yang diapit oleh tiap – tiap garis kontur di dalam kedudukan embung tersebut dengan planimeter. Komulatif dari lengkung luas dan elevasi tersebut merupakan lengkung kapasitas waduk. Pertambahan tampungan antara dua elevasi dihitung dengan mengalikan luas rata-rata pada elevasi tersebut dengan perbedaan kedua elevasinya. Akumulasi seluruh pertambahan dibawah suatu elevasi tertentu merupakan volume tampungan waduk pada elevasi tersebut.

Secara sistematis volume tampungan waduk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

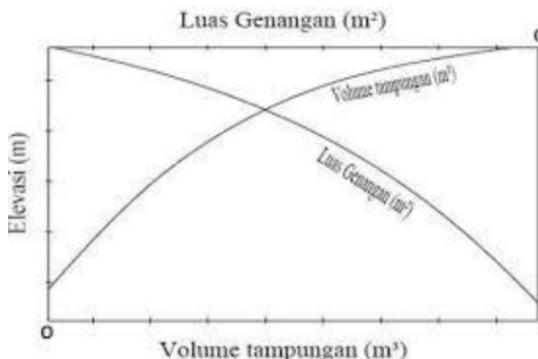
$$I = \sum [(h_{i+1}) - h_i] x 0,5x(F_i + F_{i+1}) \quad (2.41)$$

Dimana :

I = Volume tampungan waduk (m^3)

F_i = Luas daerah yang dikelilingi oleh garis h_i (m^2)

$F_i + 1$ = Luas daerah yang dikelilingi oleh garis h_{i+1} (m^2)



Gambar 2. 3 Kurva lengkung kapasitas waduk

2.6 Prediksi Erosi Metode USLE

Prediksi erosi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah dengan penggunaan dan pengelolaan lahan tertentu. Dengan diketahuinya perkiraan dan ditetapkan laju erosi yang masih dapat ditoleransi, maka dapat ditentukan kebijaksanaan penggunaan lahan dan tindakan konservasi yang diperlukan untuk areal tersebut. Tindakan konservasi tanah dan penggunaan lahan yang diterapkan harus dapat menekan laju erosi agar "sama atau lebih kecil" daripada laju erosi yang masih dapat ditoleransikan.

Praktek-praktek bercocok tanam dapat merubah keadaan penutupan lahan dan oleh karena itu dapat mengakibatkan terjadinya erosi permukaan pada tingkat atau besaran yang

bervariasi. Oleh karena besaran erosi yang berlangsung ditentukan oleh intensitas dan bentuk aktifitas pengelolaan lahan, maka perkiraan besarnya erosi yang terjadi akibat aktifitas pengelolaan lahan tersebut perlu dilakukan. Dari beberapa metode untuk memperkirakan besarnya erosi permukaan, metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) adalah metode yang paling umum digunakan (Asdak, 1995).

Wischmeier dan Smith (1978) juga menyatakan bahwa metode yang umum digunakan untuk menghitung laju erosi adalah metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Adapun persamaan ini adalah:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (2.42)$$

Keterangan :

A = Jumlah tanah yang hilang rata-rata setiap tahun
(ton/ha/tahun)

R = Indeks daya erosi curah hujan (erosivitas hujan)

K = Indeks kepekaan tanah terhadap erosi (erodibilitas tanah)

LS = Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S)

C = Faktor tanaman (vegetasi)

P = Faktor usaha-usaha pencegahan erosi (konservasi)

Penetapan nilai faktor-faktor dalam model USLE dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus atau hasil penelitian yang sudah ada seperti berikut :

a. Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas merupakan kemampuan hujan untuk menimbulkan atau menyebabkan erosi. Indeks erosivitas hujan yang digunakan adalah EI_{30} . Erosivitas hujan sebagian terjadi karena pengaruh jatuhnya butir-butir hujan langsung di atas permukaan tanah. Kemampuan air hujan sebagai penyebab terjadinya erosi adalah bersumber dari laju dan distribusi tetesan air hujan, dimana keduanya mempengaruhi besar energi kinetik air hujan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa erosivitas hujan sangat berkaitan dengan energi kinetis atau momentum, yaitu parameter yang

berasosiasi dengan laju curah hujan atau volume hujan (Asdak, 1995).

Persamaan yang umum digunakan untuk menghitung erosivitas adalah persamaan yang dikemukakan oleh Bols (1978). Persamaan tersebut adalah :

$$EI_{30} = 6.199 R^{1.21} \times D^{-0.47} \times M^{0.53} \quad (2.43)$$

$$R_{12} = \sum_{m=1}^{12} (EI_{30}) \quad (2.44)$$

Dimana :

EI_{30} = Erosivitas curah hujan bulanan rata-rata

R_{12} = Jumlah EI_{30} selama 12 bulan

R = Curah hujan bulanan (cm)

D = Jumlah hari hujan

M = Hujan maksimum pada bulan tersebut (cm)

Cara menentukan besarnya indeks erosivitas hujan yang lain dapat menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Lenvain (DHV, 1989) sebagai berikut :

$$R = 2.21 P^{1.36} \quad (2.45)$$

Dimana :

R = Indeks Erosivitas

P = Curah Hujan Bulanan (cm)

Cara menentukan besarnya indeks erosivitas hujan yang terakhir ini lebih sederhana karena hanya memanfaatkan data curah hujan bulanan.

b. Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah merupakan jumlah tanah yang hilang rata-rata setiap tahun per-satuhan indeks daya erosi curah hujan pada sebidang tanah tanpa tanaman (gundul), tanpa usaha pencegahan erosi, lereng 9% (5°), dan panjang lereng 22 meter (Hardjowigeno, 1995).

Faktor erodibilitas tanah menunjukkan kekuatan partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel-partikel tanah oleh adanya energi kinetik air hujan. Besarnya erodibilitas tanah

ditentukan oleh karakteristik tanah seperti tekstur tanah, stabilitas agregat tanah, kapasitas infiltrasi, dan kandungan bahan organik serta bahan kimia tanah. Nilai Erodibilitas Tanah dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 10 Nilai Erodibilitas Tanah

| Tipe Tanah | K Factor |
|--|-----------------|
| Aluvial Kelabu | 0.315 |
| Aluvial Coklat Kakelabuan | 0.193 |
| Aluvial Coklat Kelabu | 0.315 |
| Andosol Coklat | 0.278 |
| Andosol Coklat Kekuningan | 0.223 |
| Asosiasi Aluvial Kelabu dan Regoso Kelabu | 0.271 |
| Asosiasi Andosol Coklat dan Regosol Coklat | 0.271 |
| Asosiasi Andosol Coklat dan Glel Humus | 0.202 |
| Grumusol Hitam | 0.187 |
| Grumusol Kelabu | 0.176 |
| Grumusol Kelabu Tua | 0.187 |
| Latosol Coklat | 0.175 |
| Latosol Merah | 0.075 |
| Litosol | 0.191 |
| Podsolik Kuning | 0.107 |
| Regosol Coklat | 0.346 |

(Sumber : Puslitbang Pengairan Bogor, 1985)

c. Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

Faktor lereng (LS) merupakan rasio antara tanah yang hilang dari suatu petak dengan panjang dan curam lereng tertentu dengan petak baku (tanah gundul, curam lereng 9%, panjang 22 meter, dan tanpa usaha pencegahan erosi) yang mempunyai nilai LS = 1.

Faktor lereng dapat ditentukan dengan persamaan yang dibuat oleh Weismeier dan Smith (1978) :

$$LS = \left| \frac{l}{22} \right|^m (0.065 + 0.045S + 0.0065S^2) \quad (2.46)$$

Dimana :

l = Panjang lereng (m)

S = Kemiringan Lahan (%)

m = Nilai Eksponensial yang tergantung dari kemiringan

$S < 1\%$, maka nilai $m = 0.2$

$S = 1\%-3\%$, maka nilai $m = 0.3$

$S = 3\%-5\%$, maka nilai $m = 0.4$

$S > 5\%$, maka nilai $m = 0.5$

d. Faktor Tanaman (C)

Faktor pengelolaan tanaman merupakan rasio tanah yang tererosi pada suatu jenis pengelolaan tanaman terhadap tanah yang tererosi dengan pada kondisi permukaan lahan yang sama tetapi tanpa pengelolaan tanaman atau diberakan tanpa tanaman. Pada tanah yang gundul (diberakan tanpa tanaman/petak baku) nilai $C = 1.0$. Untuk mendapatkan nilai C tahunan perlu diperhatikan perubahan-perubahan penggunaan tanah dalam setiap tahun.

Terdapat sembilan parameter sebagai faktor penentu besarnya nilai C , yaitu konsolidasi tanah, sisa-sisa tanaman, tajuk vegetasi, sistem perakaran, efek sisa perakaran dari kegiatan pengelolaan lahan, faktor kontur, kekasaran permukaan tanah, gulma, dan rumput-rumputan (Asdak, 1985). Nilai Indeks Faktor C berdasarkan macam pengelolaan tanamannya dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 2. 11 Nilai Indeks Faktor C (Pengelolaan Tanaman)

| No. | Macam Pengelolaan Tanaman | Nilai Faktor C |
|-----|--------------------------------|----------------|
| 1. | Tanah Terbuka/ tanpa tanaman | 1.0 |
| 2. | Padi Sawah | 0.01 |
| 3. | Tegalan tidak dispesifikasikan | 0.7 |
| 4. | Ubi Kayu | 0.8 |

Lanjutan Tabel 2.11

| | | |
|-----|---|-------|
| 5. | Jagung | 0.7 |
| 6. | Kedelai | 0.399 |
| 7. | Kacang Tanah | 0.2 |
| 8. | Padi Lahan Kering | 0.561 |
| 9. | Tebu | 0.2 |
| 10. | Pisang | 0.6 |
| 11. | Kebun Campurang : | |
| | 1. Kerapan Tinggi | 0.1 |
| | 2. Kerapatan Sedang | 0.2 |
| | 3. Kerapatan Tinggi | 0.5 |
| 12. | Perladangan | 0.4 |
| 13. | Hutan Alam : | |
| | 1. Serasah Banyak | 0.001 |
| | 2. Serasah Kurang | 0.005 |
| 14. | Semak Belukar/ Padang Rumput | 0.3 |
| 15. | Ubikayu + Kedelai | 0.181 |
| 16. | Ubikayu + Kacang Tanah | 0.195 |
| 17. | Pola tanam tumpang gilir + mulsa jerami | 0.079 |
| 18. | Pola tanam berurutan + mulsa sisa tanaman | 0.357 |
| 19. | Alang-Alang murni subur | 0.001 |

(Sumber : Arsyad, 1989)

e. Faktor Usaha-usaha Pencegahan Erosi /Konservasi (P)

Faktor praktik konservasi tanah adalah rasio tanah yang hilang bila usaha konservasi tanah dilakukan (teras, tanaman, dan sebagainya) dengan tanpa adanya usaha konservasi tanah. Tanpa konservasi tanah nilai P = 1 (petak baku). Bila diteraskan, nilai P dianggap sama dengan nilai P untuk *strip cropping*, sedangkan nilai LS didapat dengan menganggap panjang lereng sebagai jarak horizontal dari masing-masing teras. Konservasi tanah tidak hanya tindakan konservasi secara mekanis dan fisik, tetapi termasuk juga usaha-usaha yang bertujuan untuk mengurangi erosi tanah.

Penilaian faktor P di lapangan lebih mudah apabila digabungkan dengan faktor C, karena dalam kenyataannya kedua faktor tersebut berkaitan erat. Pemilihan atau penentuan nilai faktor CP perlu dilakukan dengan hati-hati karena adanya variasi keadaan lahan dan variasi teknik konservasi yang dijumpai di lapangan.

Tabel 2. 12 Nilai Indeks Faktor P (Teknik Konservasi Tanah)

| No. | Teknik Konservasi Tanah | Nilai Faktor P |
|-----|--|----------------------|
| 1. | Teras bangku 1. Baik 2. Sedang 3. Jelek | 0.04 0.15 0.35 |
| 2. | Teras Tak Sempurna | 0.40 |
| 3. | Vegetasi Penutup/Permanen 1. Baik 2. Jelek | 0.04 0.40 |
| 4. | Hill Side Ditch | 0.3 |
| 5. | Pertanaman dalam Strip 1. Kemiringan lereng 0-8% 2. Kemiringan lereng 9-20% 3. Kemiringan lereng >20% | 0.50 0.75 0.90 |
| 6. | Mulsa Jerami : 1. 6 ton/ha/th 2. 3 ton/ha/th 3. 1 ton/ha/th | 0.30 0.50 0.80 |
| 7. | Reboisasi Awal | 0.30 |
| 8. | Tanpa Tindakan konservasi tanah | 1.00 |

(Sumber : Arsyad, 1989)

2.7 Debit Andalan Metode FJ. Mock

Debit andalan merupakan debit minimal yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air (Soemarto, 1999). Perhitungan ini digunakan untuk, masukan simulasi operasi bangunan daerah kritis dalam pemanfaatan air. Salah satu metode yang digunakan adalah Metode F J. Mock yang

dikembangkan khusus untuk perhitungan sungai-sungai di Indonesia. Dasar pendekatan metode ini, mempertimbangkan faktor curah hujan, evapotranspirasi, keseimbangan air di permukaan tanah dan kandungan air tanah.

Prinsip perhitungan ini adalah bahwa hujan yang jatuh di atas tanah (presipitasi) sebagian akan hilang karena penguapan (evaporasi), sebagian akan hilang menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian akan masuk tanah (infiltrasi). Infiltrasi mula-mula menjenuhkan permukaan (*top soil*) yang kemudian menjadi perkolasai dan akhirnya keluar ke sungai sebagai *base flow*.

Perhitungan debit andalan meliputi :

1. Water Balance

Dalam siklus hidrologi, hubungan antara aliran ke dalam (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) di suatu daerah untuk suatu periode tertentu disebut neraca air atau keseimbangan air (*water balance*). Bentuk umum persamaan *water balance* adalah :

$$P = Ea + \Delta GS + TRO \quad (2.47)$$

Dimana :

P = Presiptasi

Ea = Evapotranspirasi

ΔGS = Perubahan *groundwater storage*

2. Evapotranspirasi

Menurut Mock, rasio antara selisih evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual dengan evapotranspirasi potensial dipengaruhi oleh *exposed surface* (m) dan jumlah hari hujan (n), seperti ditunjukkan dalam formulasi sebagai berikut :

$$\frac{\Delta E}{Ep} = \left(\frac{m}{20}\right)(18 - n) \quad (2.48)$$

Sehingga,

$$\Delta E = Ep \left(\frac{m}{20}\right)(18 - n) \quad (2.49)$$

Dari formulasi di atas dapat dianalisa bahwa evapotranspirasi potensial akan sama dengan evapotranspirasi aktual atau $\Delta E=0$, jika:

- a. Evapotranspirasi terjadi pada hutan primer atau hutan sekunder. Dimana daerah ini memiliki harga *exposed surface* (m) sama dengan nol.
- b. Banyaknya hari hujan dalam bulan yang diamati pada daerah itu sama dengan 18 hari. Sehingga evapotranspirasi yang sebenarnya terjadi atau evapotranspirasi aktual dihitung sebagai berikut:

$$E_{aktual} = EP - \Delta E$$

3. Water Surplus

Water surplus didefinisikan sebagai air hujan (presipitasi) yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (*soil storage, SS*). *Water surplus* ini berpengaruh langsung pada infiltrasi atau perkolasasi dan *total run off* yang merupakan komponen debit. Persamaan *water surplus* (WS) adalah sebagai berikut:

$$WS = (P - Ea) + SS \quad (2.50)$$

4. Limpasan Total

Air hujan yang telah mengalami evapotranspirasi dan disimpan dalam tanah lembab selanjutnya melimpas di permukaan (*surface run off*) dan mengalami perkolasasi. Berikutnya menurut Mock, besarnya infiltrasi adalah *water surplus* (WS) dikalikan dengan koefisien infiltrasi (if), atau: Infiltrasi (i) = WS x if

Infiltrasi terus terjadi sampai mencapai zona tampungan air tanah (*ground water storage, WS*). Dalam metode ini, besarnya GS dipengaruhi oleh:

- a. Infiltrasi (i). semakin besar infiltrasi maka *ground water storage* semakin besar pula dan begitu pula sebaliknya.
- b. Konstanta resesi aliran bulanan (K). Konstanta resesi aliran bulanan (*monthly flow recession constan, K*) adalah proporsi dari air tanah bulan lalu yang masih ada bulan sekarang. Nilai K ini cenderung lebih besar pada bulan basah.

- c. *Ground water storage* bulan sebelumnya (GS₀). Nilai ini diasumsikan sebagai konstanta awal dengan anggapan bahwa *water balance* merupakan siklus tertutup yang ditinjau selama rentang waktu menerus tahunan tertentu. Dengan demikian maka nilai asumsi awal bulan pertama tahun pertama harus dibuat sama dengan nilai bulan terakhir tahun terakhir.

Dari ketiga faktor di atas, F.J. Mock merumuskan sebagai berikut:

$$GS = \{0,5 \times (1 + K)x i\} + \{K \times GS_0\} \quad (2.51)$$

Perubahan *ground water storage* (ΔGS) adalah selisih antara *ground water storage* bulan yang ditinjau dengan *ground water storage* bulan sebelumnya. Perubahan *ground water storage*, dalam bentuk persamaan:

$$BF = i - \Delta GS \quad (2.52)$$

Selain *Base Flow*, komponen debit yang lain adalah *direct run off* (limpasan langsung) atau *surface run off* (limpasan permukaan). Limpasan permukaan berasal dari *water surplus* yang telah mengalami infiltrasi. Jadi *direct run off* dihitung dengan persamaan:

$$DRO = WS - I \quad (2.53)$$

Setelah *Base Flow* dan *direct run off* komponen pembentuk debit yang lain adalah *storm run off*, yaitu limpasan langsung ke sungai yang terjadi selama hujan deras. Dalam perhitungan debit ini. Mock menetapkan bahwa :

- Jika presipitasi (P) > maksimum *soil moisture capacity* maka nilai *storm run off* = 0.
- Jika presipitasi (P) < maksimum *soil moisture capacity* maka nilai *storm run off* adalah jumlah curah hujan dalam satu bulan yang bersangkutan dikali *percentage factor*, atau:

$$SRO = P \times PF$$

Dengan demikian maka *total run off* (TRO) yang merupakan komponen-komponen pembentuk debit sungai (*stream flow*) adalah jumlah antara *basa flow*, *direct run off* dan *storm run off*, atau:

$$\text{TRO} = \text{BF} + \text{DRO} + \text{SRO} \quad (2.54)$$

Total run off ini dinyatakan dalam mm/bulan. Maka jika TRO ini dikalikan dengan *catchment area* dalam km² dengan suatu angka konversi tertentu didapatkan besaran debit dalam m³/det.

Water balance merupakan siklus tertutup yang terjadi untuk suatu kurun waktu pengamatan tahunan tertentu, dimana tidak terjadi perubahan *ground water storage* atau $\Delta GS = 0$. Artinya awal penentuan *ground water storage* adalah berdasarkan bulan terakhir dalam tinjauan kurun waktu tahunan tersebut. Sehingga persamaan *water balance* menjadi:

$$P = Ea + \text{TRO} \quad (2.55)$$

Beberapa hal yang dijadikan acuan dalam prediksi debit dengan Metoda Mock sehubungan dengan *water balance* untuk kurun waktu (misalnya 1 tahun) adalah sebagai berikut:

- Dalam satu tahun, perubahan *ground water storage* (ΔGS) harus sama dengan nol.
- Jumlah total evapotranspirasi dan *total run off* selama satu tahun harus sama dengan total presipitasi yang terjadi dalam tahun itu.

Perhitungan debit andalan dengan metoda rangking dilakukan dengan mengurutkan data pencatatan debit tersedia, selanjutnya data tersebut diurutkan atau dirangking mulai dari urutan data terkecil ke urutan terbesar. Setelah data diurutkan ditetapkan prosentase debit andalan adalah 80%, maka rumusnya:

$$M = 0,2 \times N \quad (2.56)$$

Dimana:

M : rangking debit andalan yang diharapkan

N : jumlah tahunan data pengamatan debit

2.8 Analisa Kebutuhan Air

2.8.1 Kebutuhan Air Baku

Perkiraan kebutuhan air bersih tergantung dari banyaknya jumlah penduduk. Banyaknya kebutuhan air bersih dapat dikelompokkan menjadi (Anwar, Nadjadji: 2012) :

- Kebutuhan rumah tangga (*domestic use*).
- Kebutuhan industri dan perdagangan (*industrial and commercial use*).
- Pemakaian fasilitas umum (*public use*).
- Kehilangan pada sistem, kesalahan meter, pencurian air dan lain-lain.

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk (Metode Geometri) digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_0 \times (1+r)^n \quad (2.57)$$

Dimana:

P_n = Jumlah Penduduk n tahun yang akan datang

P_0 = Jumlah Penduduk pada akhir tahun data

r = Angka pertumbuhan penduduk (%)

n = interval waktu (tahun)

Untuk menghitung jumlah kebutuhan air baku digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = P_n \times q \quad (2.58)$$

Dimana:

Q = kebutuhan air baku

P_n = jumlah penduduk terlayani (jiwa)

q = debit keluaran individu

Menurut Ditjen Cipta Karya (2000) standar kebutuhan air ada dua, yaitu :

A. Standar Kebutuhan Air Domestik

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti; memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari. Untuk merumuskan penggunaan air oleh masing-masing komponen (kelompok Per Sambungan Rumah)

dalam perencanaan dan perhitungan digunakan asumsi- asumsi atau pendekatan-pendekatan berdasarkan kategori kota seperti pada Tabel 2.10 berikut ini:

Tabel 2. 13 Tingkat Pemakaian Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota

| No | Kategori Kota | Jumlah Penduduk | Tingkat Pemakaian Air (lt/orang/hari) |
|----|-------------------|------------------|---------------------------------------|
| 1 | Kota Metropolitan | >1000000 | 120 |
| 2 | Kota Besar | 500000 – 1000000 | 100 |
| 3 | Kota Sedang | 100000 – 500000 | 90 |
| 4 | Kota Kecil | 20000-100000 | 60 |
| 5 | Kota Kecamatan | < 20000 | 50 |

(Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Tabel 2. 14 Konsumsi Air Bersih di Perkotaan Indonesia Berdasarkan Keperluan Rumah Tangga

| No | Rumah Tangga (Keperluan) | Konsumsi (lt/orang/hari) |
|----|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Mandi, Cuci, Kakus | 12 |
| 2 | Minum | 2 |
| 3 | Cuci Pakaian | 10.7 |
| 4 | Kebersihan Rumah | 31.4 |
| 5 | Taman | 11.8 |
| 6 | Cuci Kendaraan | 21.1 |

(Sumber: DPU Dirjen Cipta Karya, 1996)

B. Standar Kebutuhan Air Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih diluar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik terdiri dari penggunaan komersil dan industri, yaitu penggunaan air oleh badanbadan komersil dan industri. Dan penggunaan umum, yaitu penggunaan air untuk bangunan-

bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah-sekolah dan tempat-tempat ibadah.

Tabel 2. 15 Kebutuhan Air Non Domestik

| No | Sarana dan Prasarana | Konsumsi |
|----|----------------------|-----------------------------|
| 1 | Sekolah | 10 liter/murid/hari |
| 2 | Rumah Sakit | 200 liter/bed/hari |
| 3 | Puskesmas | 2000 liter/unit/hari |
| 4 | Masjid | 3000 liter/unit/hari |
| 5 | Kantor | 10 liter/pegawai/hari |
| 6 | Pasar | 12000 liter/hektar/hari |
| 7 | Hotel | 150 liter/bed/hari |
| 8 | Rumah Makan | 100 liter/tempat duduk/hari |
| 9 | Komplek Militer | 60 liter/orang/hari |
| 10 | Kawasan Industri | 0,2-0,8 liter/detik/hari |
| 11 | Kawasan Wisata | 0,1-0,3 liter/detik/hari |

(Sumber: DPU Dirjen Cipta Karya, 1996)

2.8.2 Kebutuhan Air Untuk Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi adalah sebagai berikut:

1. Areal Tanam

Areal tanam adalah lahan yang menjadi daerah aliran jaringan irigasi. Luas areal tanam di suatu daerah pengairan yang memiliki jaringan irigasi yang baik untuk tanaman akan mempengaruhi besarnya kebutuhan air.

2. Pola Tanam

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Tujuan

menyusun rencana tata tanam adalah untuk menyusun pola pemanfaatan air irigasi yang tersedia untuk memperoleh hasil produksi tanam yang maksimal bagi usaha pertanian. Pola tanam merupakan susunan rencana penanaman berbagai jenis tanaman selama satu tahun, yakni padi, tebu, dan polowijo.

3. Sistem Golongan

Untuk memperoleh areal tanam yang optimal dari debit yang tersedia di atasi dengan cara golongan yaitu pembagian luas areal tanam pada suatu daerah irigasi dengan mulai awal tanam yang tidak bersamaan. Cara perencanaan golongan teknis yaitu dengan membagi suatu daerah irigasi dalam beberapa golongan yg mulai pengolahan tanahnya dengan selang waktu 10 atau 15 hari. Dengan pengunduran waktu memulai pengolahan tanah pada setiap golongan maka kebutuhan air dapat terpenuhi sesuai dengan debit yg tersedia.

4. Perkolasi

Perkolasi merupakan gerakan air mengalir ke bagian *moisture content* atas yang lebih dalam sampai air tanah. Laju perkolasi sangat tergantung kepada sifat – sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 – 3 mm/hari. Pada tanah – tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Dari hasil – hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaianya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah.

5. Kebutuhan air untuk lapisan air (WLR)

Penggantian lapisan air diperlukan untuk mengurangi efek reduksi pada tanah dan pertumbuhan tanaman. Penggantian lapisan air diberikan menurut kebutuhan dan dilakukan setelah

pemupukan atau sesuai jadwal. Jika tidak ada penjadwalan, maka dilakukan penggantian sebanyak 2 (dua) kali, (masing-masing sebesar 50 mm dan 3.3 mm/hari selama setengah bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah penanaman (Dep. PU, 1986).

6. Koefisien Tanaman

Umur dan jenis tanaman yang ada mempengaruhi besar nilai koefisien tanaman. Faktor koefisien tanaman digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman pada masa pertumbuhannya.

7. Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah persentase perbandingan antara jumlah air yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan. Besarnya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang di perjalannya dari saluran primer, sekunder, hingga tersier.

8. Kebutuhan air dan persiapan lahan

Metode yang digunakan untuk menghitung besarnya kebutuhan air selama jangka waktu penyiapan lahan yaitu dengan rumus yang telah dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra, yang didasarkan pada laju air konstan dalam liter per detik selama periode penyiapan lahan dengan persamaan sebagai berikut :

$$IR = \frac{(M \times ek)}{(ek-1)} \quad (2.59)$$

$$K = \frac{MxT}{S} \quad (2.60)$$

Dimana:

IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M = Kebutuhan evaporasi dan perkolasikan = $Eo + P$

Eo = Evaporasi potensial (mm/hari) = $Eto \times 1,10$

P = Perkolasi (mm/hari)

T = Waktu penyiraman tanah (hari)

$S = \text{Kebutuhan air untuk penjenuhan ditambah dengan } 50 \text{ mm}$

9. Penggunaan konsumtif

Kebutuhan air untuk tanaman (*crop water requirement*) merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang bebas penyakit, tumbuh di areal pertanian pada kondisi cukup air, dari kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik. Kebutuhan air untuk tanaman ini didekati dengan persamaan Dorenboss et al, 1997 sebagai berikut :

$$E_{\text{tc}} = K_c \times E_{\text{to}} \quad (2.61)$$

Dimana :

K_c = koefisien tanaman

E_{to} = Evapotranspirasi potensial (mm/hari) 10.

10. Kebutuhan air irigasi untuk palawija

$$NFR = ET_c + P - Re \quad (2.62)$$

Dimana :

ET_c = *consumptive use* (mm)

P = kehilangan air akibat perkolasai (mm/hari)

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

11. Kebutuhan air di sawah untuk padi

$$NFR = ET_c + P - Re + WLR \quad (2.63)$$

Dimana :

ET_c = *consumptive use* (mm)

P = kehilangan air akibat perkolasai (mm/hari)

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

WLR = penggantian lapisan air (mm/hari)

12. Kebutuhan air di pintu pengambilan

Kebutuhan air di pintu pengambilan dapat diketahui dengan rumus :

$$DR = \frac{NFR}{EI} \quad (2.64)$$

Dimana :

DR = kebutuhan air di pintu pengambilan

NFR = kebutuhan air di sawah

EI = efisiensi irigasi

2.9 Kapasitas Efektif

Kapasitas efektif embung ditentukan dari besarnya debit pengambilan pada pintu keluaran (*outlet*). Kapasitas efektif embung diperlukan untuk mengetahui jumlah air yang masih harus disimpan pada tampungan sehingga pada saat air digunakan masih mencukupi kebutuhan yang diperlukan. Untuk menghitung tampungan air embung digunakan persamaan keseimbangan air antara *inflow* dari debit andalan dan *outflow* untuk kebutuhan airbaku penduduk. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$S_{t+1} - S_t = I + R + L + O \quad (2.65)$$

Dimana:

S_{t+1} = volume tampungan air embung pada saat $t+1$

S_t = volume tampungan air embung pada saat t

I = volume debit *inflow*

R = volume curah hujan di daerah luasan embung,
karena data *inflow* yang digunakan adalah hasil
dari simulasi debit musiman dari data yang
tersedia yang sudah memerhitungkan curah
hujan di embung, maka $R=0$

L = volume kehilangan air embung
(evaporasi,rembesan)

O = volume debit *outflow* untuk memenuhi
kebutuhan pemasokan air.

2.10 Perhitungan *Flood Routing*

Penelusuran banjir dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik *outflow/keluaran*, yang sangat diperlukan dalam pengendalian banjir. Perubahan hidrograf banjir antara *inflow* (I)

dan *outflow* (O) karena adanya faktor tampungan atau adanya penampang sungai yang tidak seragam atau akibat adanya meander sungai. Jadi penelusuran banjir ada dua, untuk mengetahui perubahan *inflow* dan *outflow* pada embung dan *inflow* pada satu titik dengan suatu titik di tempat lain pada sungai (Soemarto, 1999).

Perubahan *inflow* dan *outflow* akibat adanya tampungan. Maka pada suatu embung akan terdapat *inflow* banjir (I) akibat adanya banjir dan *outflow* (O) apabila muka air embung naik sehingga terjadi limpasan (Soemarto, 1999).

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

Pada penelusuran banjir berlaku persamaan kontinuitas

$$I - O = \Delta S \quad (2.66)$$

Dimana :

ΔS = Perubahan tampungan air di embung

2.11 Perencanaan Bangunan Pelimpah

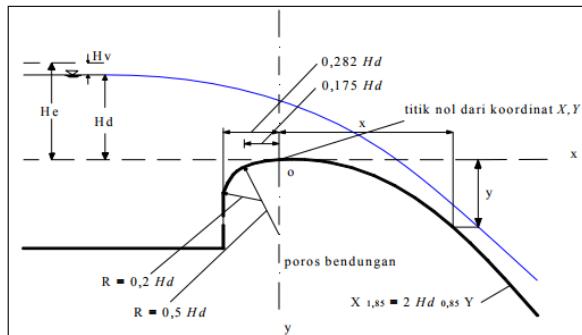
Suatu pelimpah banjir merupakan katup pengaman untuk suatu embung. Maka pelimpah banjir seharusnya mempunyai kapasitas untuk mengalirkan banjir-banjir besar tanpa merusak embung atau bangunan-bangunan pelengkapnya, selain itu juga menjaga waduk agar tetap berada di bawah ketinggian maksimum yang ditetapkan. Suatu pelimpah banjir dapat terkendali maupun tidak, yang terkendali dilengkapi dengan pintu air mercu atau sarana-sarana lainnya, sehingga laju aliran keluarnya dapat diatur.

Pada hakekatnya untuk embung terdapat berbagai tipe bangunan pelimpah dan untuk menentukan tipe yang sesuai diperlukan suatu studi yang luas dan mendalam, sehingga diperoleh alternatif yang paling ekonomis. Bangunan pelimpah yang biasa digunakan yaitu bangunan pelimpah terbuka dengan ambang tetap. Bangunan pelimpah ini biasanya terdiri dari tiga

bagian utama yaitu : Saluran pengarah dan pengatur aliran, Saluran peluncur, dan Peredam energi.

2.11.1 Pemilihan Mercu Pelimpah

Metode yang dipakai untuk menentukan bentuk penampang sebelah hilir dari titik tertinggi mercu pelimpah adalah menggunakan persamaan Lengkung Harold yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Mercu pelimpah tipe Ogee
(Sumber :Soedibyo,2003)

$$X^{1,85} = 2 \times h_d^{0,85} \times Y \quad (2.67)$$

Dimana :

X = jarak horisontal dari titik tertinggi mercu embung

Y = jarak vertikal dari titik tertinggi mercu embung ke titik di permukaan mercu sebelah hilir

Hd = tinggi air di atas mercu

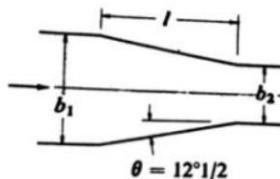
2.11.2 Saluran Pengarah Aliran

Bagian ini berfungsi sebagai penuntun dan pengarah aliran agar aliran tersebut senantiasa dalam kondisi hidrolik yang baik. Pada saluran pengarah aliran ini, kecepatan masuknya aliran air supaya tidak melebihi 4 m/det dan lebar saluran makin mengecil ke arah hilir. Kedalaman dasar saluran pengarah aliran biasanya diambil lebih besar dari 1/5 X tinggi rencana limpasan di atas mercu ambang pelimpah.

2.11.3 Saluran Transisi dan Saluran Peluncur

Mengingat saluran transisi berfungsi sebagai pengatur aliran pada debit banjir abnormal, maka bentuk saluran ini direncanakan dengan sangat hati-hati. Pada hakekatnya belum ada cara yang paling baik untuk merencanakan bentuk saluran transisi. Oleh karena itu saluran tersebut direncanakan dengan pertimbangan-pertimbangan yang didasarkan pada pengalaman serta pengujian model hidrolik.

Untuk bangunan pelimpah yang relatif kecil, biasanya saluran ini dibuat dengan dinding tegak yang makin menyempit ke hilir dengan inklinasi sebesar $12^{\circ}30'$ terhadap sumbu saluran peluncur (periksa gambar 2.5). Akan tetapi kondisi topografi yang kurang menguntungkan terkadang memaksakan pembuatan dinding saluran yang melebihi sudut inklinasi tersebut. Dalam kondisi yang demikian, maka pengujian dengan model hidrolik sangat membantu agar diperoleh bentuk yang paling sesuai dalam berbagai variasi debit yang akan melintasi bangunan pelimpah.



Gambar 2. 5 Skema Saluran Transisi Suatu Bangunan Pelimpah
(Sumber : Suyono Sosrodarsono,2002)

Untuk saluran peluncur bentuk dan dimensi saluran serta tinggi dindingnya ditentukan berdasarkan kedalaman aliran saluran dan hal-hal lain yang dapat mempengaruhi kondisi aliran air di dalam saluran tersebut, yang biasanya dinyatakan dalam bilangan *Froude*. Berbagai metode perhitungan telah banyak dikembangkan untuk mendapatkan garis permukaan aliran di dalam saluran peluncur dan dibawah ini akan diperkenalkan metode perhitungan yang berdasarkan teori Bernoulli, sebagai berikut:

$$Z_1 + d_1 + h_{v1} = Z_2 + d_2 + h_{v2} + h_L \quad (2.68)$$

Dimana,

Z_1 = Elevasi dasar saluran pada suatu bidang vertical

d = Kedalaman air pada bidang tersebut

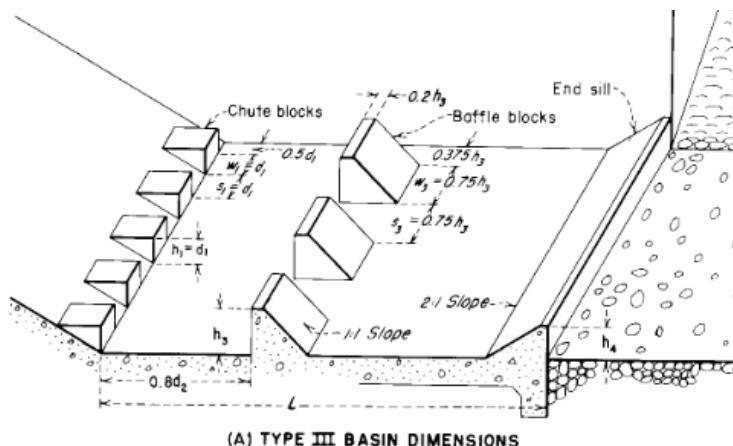
h_v = Tinggi tekanan kecepatan pada bidang tersebut

h_L = Kehilangan tinggi tekanan yang terjadi di antara dua buah bidang vertikal yang ditentukan

2.11.4 Perencanaan Kolam Olak

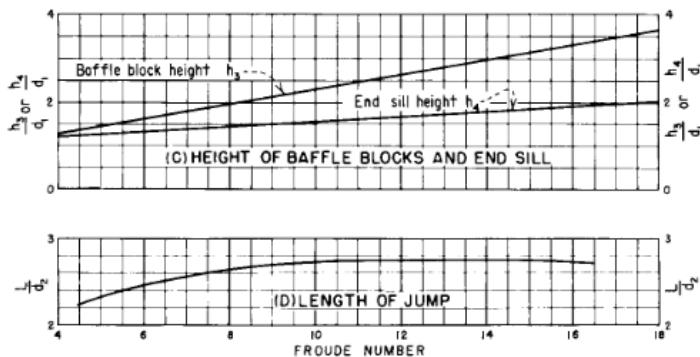
Sebelum aliran yang melintasi bangunan pelimpah dikembalikan lagi ke dalam sungai, maka aliran dengan kecepatan yang tinggi dalam kondisi super kritis tersebut harus diperlambat dan dirubah pada kondisi aliran sub kritis. Dengan demikian, kandungan energi dengan daya penggerus sangat kuat yang timbul dalam aliran tersebut harus direducir hingga mencapai tingkat yang normal kembali, sehingga aliran tersebut kembali ke dalam sungai tanpa membahayakan kestabilan alur sungai yang bersangkutan.

Guna mereduksi energi yang terdapat di dalam aliran tersebut, maka di ujung hilir saluran peluncur biasanya dibuat suatu bangunan yang disebut peredam energi pencegah gerusan. Untuk menyakinkan kemampuan dan keamanan dari peredam energi, maka pada saat melaksanakan pembuatan rencana teknisnya diperlukan pengujian kemampuannya. Apabila alur sungai di sebelah hilir bangunan pelimpah kurang stabil, maka kemampuan peredam energi supaya direncanakan untuk dapat menampung debit banjir dengan probabilitas 2% (atau dengan perulangan 50 tahun). Tipe kolam olak dipakai berdasarkan besar nilai angka *Froude*.



Gambar 2. 6 Bentuk kolam olakan datar tipe III USBR
(Sumber : U.S. Departement of the Interior, Bureau of Reclamation, 1987)

Dimensi chute block, baffle block, dan end sill dapat ditentukan menggunakan gambar grafik dibawah ini :



Gambar 2. 7 Grafik penentuan dimensi USBR Tipe III
(Sumber : U.S. Departement of the Interior, Bureau of Reclamation, 1987)

Untuk mengetahui kedalaman air pada bagian hilir kolam olakan dapat diperoleh menggunakan rumus:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1) \quad (2.69)$$

2.12 Analisa Stabilitas Bangunan Pelimpah

Merupakan perhitungan untuk menentukan dimensi pelimpah agar mampu menahan muatan-muatan dan gaya-gaya yang terjadi. Berikut merupakan kontrol stabilitas yang perlu diperhitungkan (Soekibat, 2010):

1. Kontrol Guling
2. Kontrol Geser
3. Kontrol Daya Dukung Tanah

2.12.1 Gaya –Gaya yang Bekerja

Sebelum menghitung stabilitas pada konstruksi pelimpah maka perlu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang terjadi pada konstruksi pelimpah. Hal ini dilakukan untuk mempermudah penentuan momen penahan dan momen gulingnya.

1. Gaya Hidrostatis (Gaya akibat tekanan air)

Gaya yang disebabkan tekanan air yang terjadi pada bangunan pelimpah dinyatakan dengan persamaan :

$$Pa = \gamma w \times h \quad (2.70)$$

Dimana :

Pa = Tekanan hidrostatis (ton/m^2)

γw = Berat volume air (ton/m^3)

h = tinggi air (m)

2. Berat Sendiri Bangunan Pelimpah

Berat sendiri bangunan pelimpah dapat diketahui nilainya dengan persamaan berikut :

$$G = \gamma c \times A \quad (2.71)$$

Dimana :

G = Gaya akibat erat sendiri (ton/m)

γc = Berat volume beton/material pelimpah (ton/m^3)

$$A = \text{Luas Penampang (m}^2\text{)}$$

3. Gaya Tekanan Tanah ke Samping

Untuk mengetahui gaya akibat tekanan tanah pada pelimpah digunakan persamaan:

$$P = \gamma_{tanah} \times h \times K \quad (2.72)$$

Dimana :

P = Tekanan Tanah (t/m)

γ_{tanah} = Berat volume tanah (t/m³)

h = tinggi tanah (m)

K = Koefisien tekanan tanah

4. Gaya Tekanan ke Atas (*Up Lift*)

Untuk mengetahui gaya akibat tekanan ke atas pada pelimpah digunakan persamaan:

$$U = \gamma_w \times A \quad (2.73)$$

Dimana :

U = Tekanan *uplift* (ton/m)

A = luas diagram tekanan keatas (m²)

Untuk mengetahui tekanan air pada titik yang ditinjau digunakan persamaan dibawah ini :

$$Ux = Hx - \left(\frac{Lx}{L} \times \Delta H \right) \quad (2.74)$$

Dimana :

Ux = Tekanan air pada titik yang ditinjau (ton/m²)

Hx = Tinggi air dihulu bendungan ditinjau dari titik x (m)

Lx = panjang total jalur rembesan (m)

ΔH = Beda tinggi energi (m)

2.12.2 Kontrol Stabilitas

Bangunan pelimpah harus direncanakan stabil atau aman terhadap semua gaya-gaya yang bekerja pada bangunan sehingga tidak terjadi kegagalan konstruksi. Oleh karena itu dimensi bangunan pelimpah harus cukup dan memiliki syarat keamanan yang ditentukan. Control stabilitas bangunan pelimpah terdiri dari:

1) Kontrol Guling

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai keamanan terhadap guling dinyatakan dengan rumus berikut :

$$\frac{\sum M_p}{\sum M_s} \geq SF \quad (2.75)$$

Dimana :

M_p = Momen penahan (ton.m)

M_s = Momen Guling (ton.m)

SF = Angka Keamanan (1.0-1.5)

2) Kontrol Geser

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai keamanan terhadap geser dinyatakan dengan rumus berikut :

$$\frac{f \times \sum V}{\sum H} \geq SF \quad (2.76)$$

Dimana :

f = Koefisien Gesekan

H = Gaya Horizontal (ton)

V = Gaya Vertikal (ton)

SF = Angka Keamanan (1.0-1.5)

3) Kontrol Daya Dukung

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui keamanan terhadap daya dukung tanah dinyatakan dengan rumus berikut :

Rumus eksentrisitas :

$$e = \left| \frac{\sum M}{\sum V} - \frac{B}{2} \right| \leq \frac{1}{6} B \quad (2.78)$$

Dengan :

$\sum M$ = Jumlah momen yang terjadi pada titik guling (ton.m)

$\sum V$ = Resultan gaya vertikal (ton)

B = Lebar dasar pondasi (m)

Rumus tegangan :

$$\sigma = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \leq \sigma_{ijin} \quad (2.79)$$

Dengan rumus tegangan ijin :

$$q = (B - 2e) \left[\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (B - 2e) N_y + C \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \right] \quad (2.80)$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{q}{SF}; SF = 3 \quad (2.81)$$

4) Kontrol Tebal Lantai Olak

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui keamanan terhadap tebal lantai olak dinyatakan dengan rumus berikut :

$$dx \geq S \frac{Px - Wx}{\gamma} \quad (2.82)$$

Dimana :

Dx = tebal lantai pada titik x (m)

Px = gaya angkat pada titik x (m)

Wx = kedalaman air pada titik x (m)

γ = berat jenis material (kg/m^3)

S = Faktor Keamanan.

1.5 untuk kondisi Normal

1.25 untuk kondisi Ekstrim

2.13 Perencanaan Tubuh Embung

2.13.1 Lebar Mercu Embung

Lebar mercu embung yang memadai diperlukan agar puncak embung dapat tahan terhadap hembusan ombak dan dapat tahan terhadap aliran filtrasi yang melalui puncak tubuh embung. Di samping itu, pada penentuan lebar mercu perlu diperhatikan kegunaannya sebagai jalan inspeksi dan pemeliharaan embung.

Penentuan lebar mercu dirumuskan sebagai berikut (Sosrodarsono, 1989) :

$$b = 3,6 H^{\frac{1}{3}} - 3 \quad (2.83)$$

Di mana :

b = Lebar mercu (m)

H = Tinggi embung (m)

2.13.2 Kemiringan Lereng Urugan

Kemiringan rata-rata lereng embung (lereng hulu dan lereng hilir) adalah perbandingan antara panjang garis vertikal yang melalui titik masing-masing lereng tersebut. *Berm* lawan dan drainase prisma biasanya dimasukkan dalam perhitungan penentuan kemiringan lereng, akan tetapi alas kedap air biasanya diabaikan (Sosrodarsono, 1989). Kemiringan lereng urugan harus ditentukan sedemikian rupa agar stabil terhadap longsoran. Hal ini sangat tergantung pada jenis material urugan yang dipakai seperti ditunjukkan pada Tabel 2.16.

Tabel 2. 16 Kemiringan Lereng Urugan

| Material Urugan | Material Utama | Kemiringan Lereng Vertikal : Horizontal | |
|--|----------------------------------|---|----------|
| | | Hulu | Hilir |
| Urugan Homogen | CH CL SC GC GM SM | 1 : 3 | 1 : 2.25 |
| Urugan Majemuk : a. Urugan batu dengan inti lempung atau dinding diafragma b. Kerikil-kerikil dengan inti lempung atau dinding diafragma | Pecahan Batu | 1 : 1.50 | 1 : 1.25 |

(Sumber : Puslitbang Pengairan, 1994)

2.13.3 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan adalah perbedaan antara elevasi permukaan maksimum rencana air dalam waduk dan elevasi mercu embung. Elevasi permukaan air maksimum rencana biasanya merupakan elevasi banjir rencana waduk (Sosrodarsono, 1989).

Tabel 2. 17 Tinggi Jagaan

| Tipe Tubuh Embung | Tinggi Jagaan (m) | Sketsa Penjelasan |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1. Urugan Homogen dan Majemuk | 1,00 | Puncak Tubuh Embung |
| | 0,50 | M.A. Banjir |
| 2. Pasangan Batu / Beton | 0,50 | M.A. Normal |
| 3. Komposit | | Tinggi Jagaan |

(Sumber : Puslitbang Pengairan, 1994)

Tinggi jagaan dimaksudkan untuk menghindari terjadinya peristiwa pelimpasan air melewati puncak bendungan sebagai akibat diantaranya dari :

- Debit banjir yang masuk waduk.
- Terjadinya ombak akibat angin.
- Pengaruh pelongsoran tebing-tebing di sekeliling embung.
- Terjadinya ombak akibat gempa.
- Penurunan tubuh embung.
- Kesalahan di dalam pengoperasian pintu.

2.13.4 Tinggi Tubuh Embung

Tinggi embung adalah perbedaan antara elevasi permukaan pondasi dan elevasi mercu embung. Apabila pada embung dasar dinding kedap air atau zona kedap air, maka yang dianggap permukaan pondasi adalah garis perpotongan antara bidang vertikal yang melalui hulu mercu embung dengan permukaan pondasi alas embung tersebut (Sosrodarsono, 1989).

Tinggi tubuh embung ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan tampungan air dan keamanan terhadap bahaya banjir (peluapan), dengan demikian tinggi tubuh embung setinggi muka air kolam pada kondisi penuh (kapasitas tampung desain) ditambah tinggi tampungan banjir dan tinggi jagaan.

$$Hd = H_k + H_b + H_f \quad (2.84)$$

Dimana :

Hd = Tinggi tubuh embung rencana, m.

Hk = Tinggi muka air kolam pada kondisi penuh, m.

Hb = Tinggi tampungan banjir, m.

Hf = Tinggi jagaan, m.

Pada tubuh embung tipe urugan diperlukan cadangan untuk penurunan yang secara praktis diambil sebesar 0,25 m. Cadangan ini ditambahkan pada puncak embung dibagian lembah terdalam.

2.13.5 Formasi Garis Depresi

Penentuan formasi garis depresi ditinjau dengan metode Casagrade. Dengan peninjauan ujung tumit hilir (Gambar 2.5) sebagai permulaan koordinat sumbu X dan Y. maka dapat ditentukan garis depresinya dengan persamaan parabola:

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0} \quad (2.85)$$

Atau,

$$y = \sqrt{2y_0 + y^2} \quad (2.86)$$

Dan

$$y = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad (2.87)$$

Dimana :

h = Jarak Vertikal antara titik-titik A dan B

d = Jarak Horizontal antara titik A dan B

I_1 = Jarak Horizontal antara titik B dan E

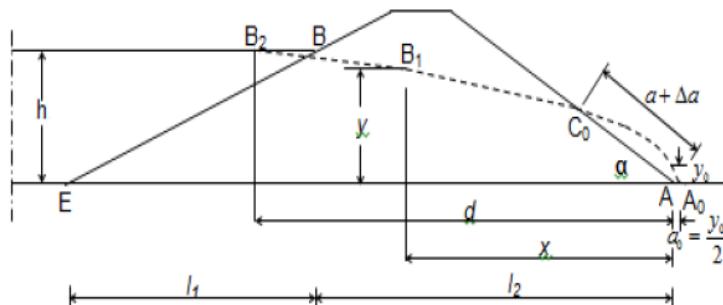
I_2 = Jarak Horizontal antara titik B dan A

A = Tumit hilir bendungan

B = Titik perpotongan antara permukaan air waduk dan lereng udiuk bendungan

A_1 = Titik perpotongan antara parabola bentuk besar garis depresi dengan garis vertikal melalui titik B

B_2 = Titik yang terletak sejauh $0,3 I_1$, horizontal kearah udik dari titik B



Gambar 2. 8 Garis Depresi Pada Tubuh Embung Homogen
(Sumber: Suyono Sosrodarsono, 2002)

2.14 Analisa Stabilitas Tubuh Embung

Perhitungan longsoran tubuh embung diperlukan untuk mengetahui apakah embung telah memenuhi angka keamanan yang ditetapkan. Biasanya konstruksi tubuh embung direncanakan pada tingkat stabilitas dengan faktor keamanan 1,2 atau lebih.

Analisis dan perhitungan untuk stabilitas tubuh bendungan urugan terdiri dari tiga kegiatan utama yakni:

- Mengadakan analisis dan investigasi terhadap gaya-gaya yang akan bekerja pada tubuh bendungan.
- Mengadakan analisis-analisis dan perhitungan-perhitungan pada stabilitas lereng-lereng calon tubuh bendungan.
- Mengadakan analisis-analisis dan perhitungan pada stabilitas tubuh bendungan terhadap gaya-gaya yang timbul oleh adanya aliran filtrasi di dalam tubuh bendungan tersebut.

Gaya-gaya yang berpengaruh pada tubuh bendungan adalah:

1. Berat tubuh bendungan

Berat beban tubuh bendungan diambil dalam kondisi yang paling tidak menguntungkan yakni:

- a. Pada kondisi lembab segera sesudah bendungan dibangun.
 - b. Pada kondisi elevasi air maksimum
 - c. Pada konsisi dimana terjadi penurunan mendadak peruaan waduk
2. Tekanan Hidrostatis
Pada perhitungan stabilitas bendungan dengan metode irisan (*slice method*) , biasanya beban hidrostatis yang bekerja pada lereng udik bendungan.
 3. Tekanan air pori pada tubuh bendungan
Gaya tekanan air pori dianggap bekerja tegak lurus terhadap lingkaran bidang luncur.
 4. Gaya seismis (gempa)

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

Metodologi merupakan cara yang digunakan untuk memperoleh kebenaran teori yang objektif dan valid. Metode yang dipakai dalam studi kali ini mengacu pada pokok pikiran, teori, dan rumusan-rumusan empiris yang ada pada beberapa literatur agar dapat memperoleh cara untuk bisa merencanakan Embung Bangle, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk untuk kebutuhan air baku dan kebutuhan irigasi. Langkah – langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

3.1 Survey Pendahuluan

Dalam perencanaan sebuah embung, maka sebelumnya harus dilakukan suatu survey pendahuluan dan identifikasi lokasi dari embung yang akan direncanakan. Survey pendahuluan dilakukan untuk mengetahui lokasi daerah yang akan direncanakan, dan kondisi lahan yang akan direncanakan. Dari survey pendahuluan yang dilakukan, maka akan lebih mudah untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada di lapangan. Dengan didahului dengan survey pendahuluan, juga dapat bermanfaat untuk memperoleh data-data yang berhubungan dengan perencanaan embung. Sehingga pada perencanaan embung ini dapat dilakukan langkah-langkah yang tepat dan sesuai.

3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah mengumpulkan informasi yang diperlukan untuk melakukan analisis data perhitungan dalam perencanaan embung yang akan digunakan sebagai refensi dalam mengerjakan tugas akhir. Studi pustaka untuk tugas akhir ini dapat dilakukan dengan mempelajari dan memahami teori tentang hidrologi, hidrolik, desain embung, dan stabilitas embung. Informasi yang didapatkan untuk studi pustaka ini diperoleh dari sumber-sumber tertulis dalam bentuk cetak maupun elektronik,

dapat berupa buku maupun jurnal literatur.

3.3 Pengumpulan Data

Untuk melakukan analisa perhitungan dalam perencanaan embung, maka dibutuhkan data-data penunjang. Data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan embung antara lain adalah sebagai berikut :

1. Data Hidrologi

Data hidrologi berguna untuk menghitung curah hujan rencana dan debit banjir rencana untuk berbagai periode kala ulang. Data hidrologi yang dibutuhkan terdiri dari :

- Data Curah Hujan Stasiun

2. Data Klimatologi

Dari data Klimatologi yang ada, dapat digunakan untuk menghitung evapotranspirasi yang terjadi di lokasi perencanaan embung. Hasil perhitungan evapotranspirasi dapat digunakan untuk menganalisis ketersediaan air. Data-data yang digunakan terdiri dari :

- Data Kecepatan Angin
- Data Kelembaban
- Data Suhu atau Temperatur
- Data Penyinaran Matahari

3. Data Topografi

Data topografi digunakan untuk menghitung potensi daya tampung potensi. Data- data yang digunakan terdiri dari :

- Peta Topografi
- Peta Lokasi Kawasan

4. Data Jumlah Penduduk

Data Jumlah penduduk yang diperolah dapat digunakan untuk mengetahui jumlah kebutuhan air baku di Desa Bangel, Kecamatan Lengkong, Kabupaten Nganjuk.

5. Data Tanah

Data tanah dari lokasi perencanaan embung digunakan untuk menghitung stabilitas dari tubuh embung dan bangunan pelimpah. Data yang digunakan terdiri dari :

- Data Fisik Tanah

3.4 Analisa Data

Dari tahap pengumpulan data kemudian dilakukan pengolahan data. Hasil pengolahan data tersebut digunakan untuk merencanakan tubuh embung, bangunan pelimpah maupun bangunan pelengkap embung. Tahapan analisis data/proses perhitungan secara sistematis meliputi :

1. Analisa Hidrologi

a. Analisa curah hujan rencana

Curah hujan rencana diperlukan sebagai data masukan pada analisis debit rencana. Metode analisis frekuensi merupakan metode yang digunakan dalam penetapan besaran hujan rencana dengan kala ulang yang telah ditentukan sebelumnya. Data yang digunakan dalam metode analisis frekuensi adalah data debit atau data curah hujan maksimum tahunan yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun. Distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam hidrologi adalah :

- Distribusi Normal
- Distribusi Log-Normal
- Distribusi Log-Pearson III
- Distribusi Gumbel

b. Uji kesesuaian distribusi frekuensi

Analisa curah hujan rencana yang dihitung menggunakan distribusi frekuensi perlu dilakukan perhitungan uji kesesuaian distribusi frekuensi. Pengujian ini diperlukan untuk mengidentifikasi apakah data hujan yang dihitung dengan jenis sebaran pada metode perhitungan distribusi frekuensi sesuai setelah

digambarkan dalam suatu probabilitas. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah :

- Uji Chi-Kuadrat
- Uji Kolmogorov-Smirnov

c. Analisa Debit Banjir Rencana

Pada perencanaan embung sangat tergantung dari frekuensi dan besarnya puncak aliran debit terbesar yang akan terjadi. Sehingga sebelum merencanakan embung perlu untuk menganalisa debit banjir rencana. Dari debit banjir rencana yang sudah dihitung akan meningkatkan keamanan embung dari bahaya banjir.

d. Penelusuran Banjir

Flood Routing atau penelusuran banjir harus dihitung untuk mengetahui tinggi air yang melimpah diatas bangunan pelimpah embung.

e. Keseimbangan Air

Parameter-parameter yang menjadi faktor-faktor dalam penetapan operasi embung dibagi menjadi dua parameter yaitu *inflow* dan *outflow*. Perhitungan keseimbangan air berfungsi untuk perubahan volume embung akibat debit *inflow* dan *outflow* yang terjadi.

2. Analisa Kebutuhan Air

Analisa ini digunakan untuk mengetahui jumlah kebutuhan air baku dan kebutuhan irigasi yang dibutuhkan di daerah lokasi perencanaan. Air baku yang dibutuhkan dapat dilihat dari jumlah penduduk dan proyeksi kebutuhan air baku untuk penduduk dan beberapa fasilitas umum beberapa tahun kedepan dengan jangka waktu tertentu. Selain kebutuhan air baku, perlu juga dihitung kebutuhan air untuk irigasi di kawasan Desa Bangle untuk memenuhi kebutuhan irigasi.

3. Analisa Tampungan Air

Besarnya kapasitas yang mampu diampung oleh embung tergantung dari volume kebutuhan air (*outflow*) dan volume

kapasitas air yang tersedia (*inflow*). Jika dua parameter sudah diketahui maka dapat diketahui jumlah volume kapasitas maksimum yang dapat ditampung oleh embung dan mengetahui elevasi mercu embung dari kapasitas efektif embung. Volume kebutuhan air didapat dari analisa kebutuhan air baku dan kebutuhan air irigasi. Sedangkan volume ketersediaan air didapatkan dari analisa curah hujan yang kemudian dikurangi dari volume air yang hilang akibat evapotranspirasi.

4. Analisa Hidrolik

Setelah menganalisa tampungan air maka dilanjutkan dengan cara mulai mendisain tipe mercu embung, saluran pelimpah dan peredam energi. Perencanaan desain yang akan dihitung harus sesuai dan tepat.

Perhitungan dimensi tubuh embung pada dimensi kali ini meliputi tinggi tubuh embung, kemiringan lereng urugan, tinggi jagaan dan bentang tubuh embung.

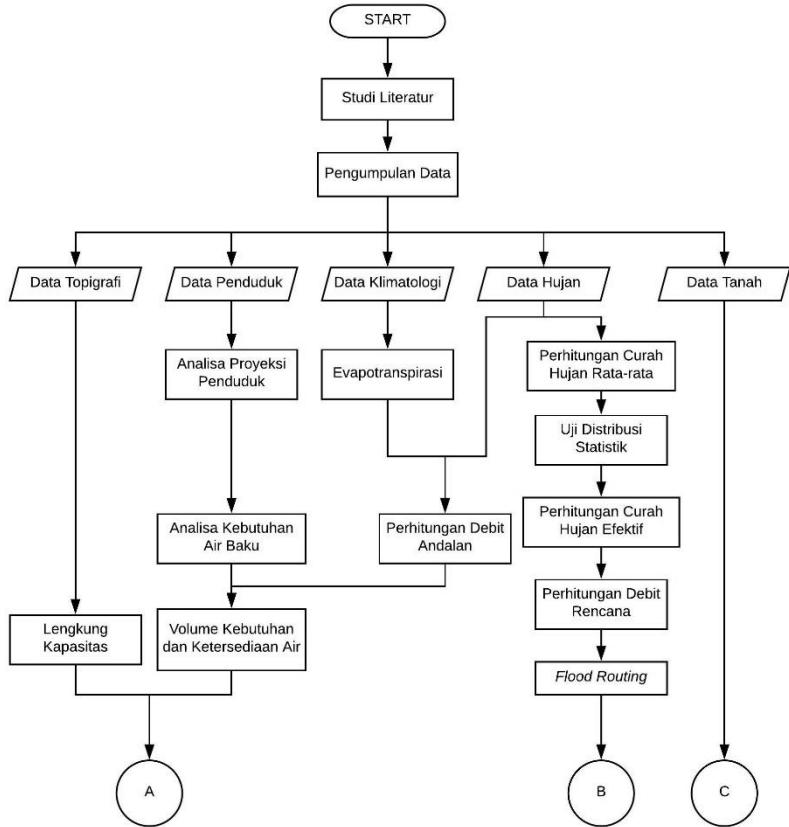
5. Analisa Stabilitas Embung

Dalam perencanaan konstruksi embung perlu adanya pengecekan apakah konstruksi tersebut sudah aman dari pengaruh gaya-gaya luar maupun beban yang diakibatkan dari konstruksi itu sendiri. Untuk itu perlu adanya pengecekan stabilitas konstruksi pada tubuh embung maupun ketebalan bangunan pelimpah pada beberapa kodisi. Selanjutnya berdasarkan gaya-gaya yang bekerja tersebut embung dikontrol terhadap penyebab runtuhnya embung.

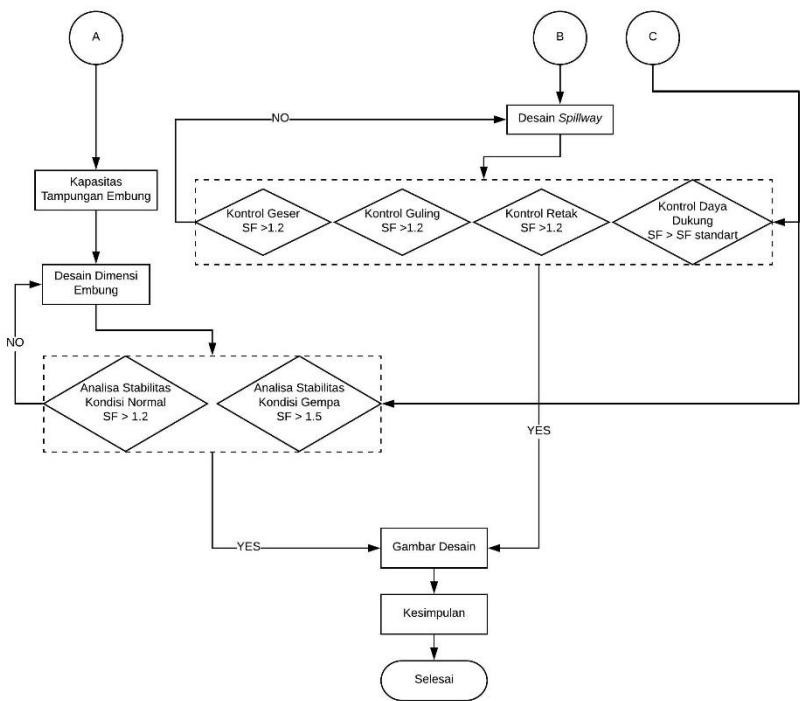
3.5 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dilakukan setelah mendapatkan hasil perencanaan Embung Bangle beserta bangunan pelengkapnya. Hasil dari perencanaan harus menunjukan angka-angka perencanaan yang detail, sehingga bisa digunakan sebagai refrensi pembaca. Saran diberikan agar tulisan ini dapat bermanfaat untuk kelanjutan perencanaan Embung Bangle.

3.6 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir Bagian 1



Gambar 3. 2 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir Bagian 2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

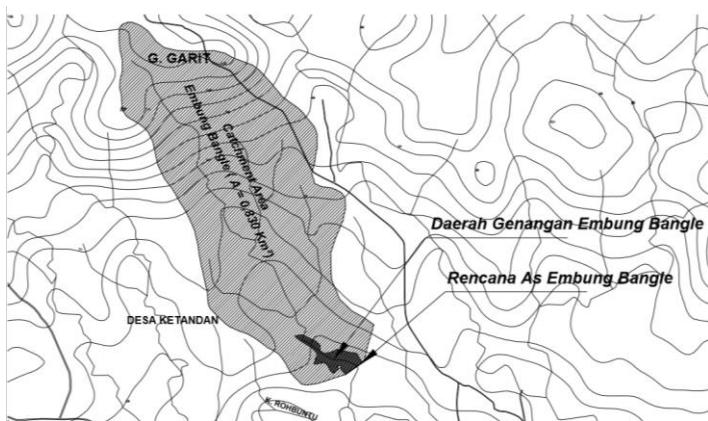
ANALISA HIDROLOGI

4.1 Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS atau Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh topografi alami, dimana air hujan akan jatuh ke derah tersebut dan mengalir melalui sungai di dalam DAS tersebut. Setiap sungai mempunyai DAS masing-masing dan setiap sungai tersebut memiliki karakteristik dan kondisi DAS yang berbeda-beda.

DAS merupakan Daerah Aliran Sungai sebagai suatu hamparan wilayah atau kawasan yang menerima, mengumpulkan air hujan, serta mengalirkannya ke laut atau danau. Sehingga fungsi hidrologisnya sangat dipengaruhi oleh jumlah curah hujan yang diterima dan geologi yang mempengaruhi bentuk lahan disekitarnya.

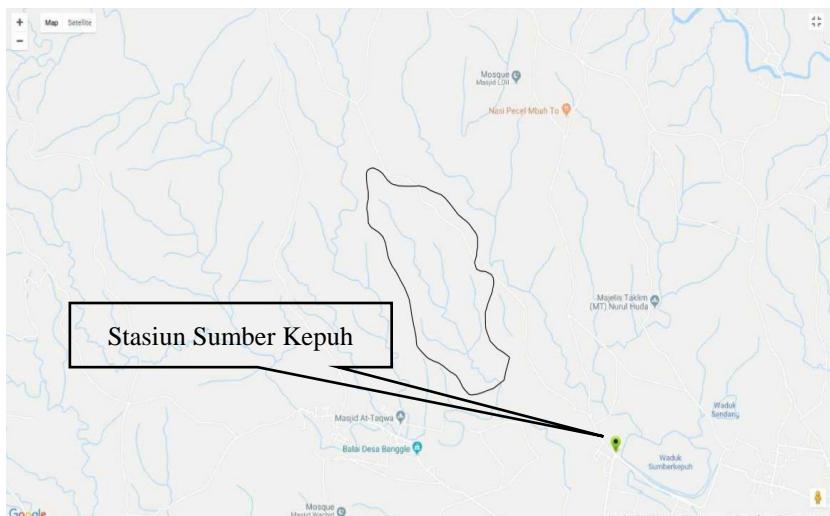
Sesuai dengan peta topografi Kec. Lengkong, didapatkan Luas DAS untuk Sungai Kudung Pawon adalah 0.830 km^2 dengan panjang sungainya adalah 1.836 km. Gambar luas DAS untuk Sungai Kedung Pawon dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. 1 Daerah Aliran Sungai Kedung Pawon
(Sumber : PT. Barunadri Engineering Consultant, 2014)

4.2 Analisa Data Curah Hujan

Pada lokasi Embung Bangle ini terdapat banyak sekali stasiun hujan, namun untuk analisa hidrologi digunakan data hujan dari tahun 1997-2016 dari Stasiun Hujan Sumber Kepuh. Karena stasiun hujan ini merupakan stasiun hujan terdekat dibandingkan dengan stasiun hujan yang ada di sekitar DAS Sungai Kedung Pawon. Dapat dilihat gambar dibawah ini lokasi stasiun hujan sumber kepuh beserta DAS Sungai Kedung Pawon



Gambar 4. 2 Lokasi letak stasiun hujan
(Sumber : Metadata BMKG)

Dari data hujan yang ada kemudian di rakap untuk data hujan harian maksimum pada setiap tahunnya. Karena hanya menggunakan satu jenis stasiun maka pada perhitungan ini tidak diperlukan perhitungan curah hujan menggunakan metode thiessen. Berikut ini adalah hasil perhitungan curah hujan rata-rata selama 20 tahun dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Curah Hujan Harian Maksimum

| Tahun | Tinggi Hujan Max (mm) |
|--------------|----------------------------------|
| 1997 | 92 |
| 1998 | 120 |
| 1999 | 86 |
| 2000 | 168 |
| 2001 | 130 |
| 2002 | 97 |
| 2003 | 120 |
| 2004 | 89 |
| 2005 | 228 |
| 2006 | 109 |
| 2007 | 135 |
| 2008 | 120 |
| 2009 | 210 |
| 2010 | 95 |
| 2011 | 95 |
| 2012 | 137 |
| 2013 | 69 |
| 2014 | 87 |
| 2015 | 98 |
| 2016 | 95 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

4.3 Uji Distribusi Statistik

Sebelum menghitung curah hujan rencana, maka data curah hujan rata-rata yang ada harus diolah secara statistik dengan cara menetukan parameter statistik yang akan digunakan,

kemudian melakukan pemilihan jenis metode yang tepat. Dari metode yang dipilih kemudian dilakukan uji keselarasan sebaran.

4.3.1 Penentuan Parameter Statistik

Untuk mengetahui jenis distribusi yang dapat digunakan maka tahap penentuan parameter statistik ini perlu dianalisa. Perhitungan parameter statistik untuk data hujan rata-rata yang ada dapat dilihat sebagai berikut :

1. Nilai Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Rx}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{2380}{20}$$

$$\bar{X} = 119$$

2. Deviasi Standart

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

$$Sd = \sqrt{\frac{32262}{20-1}}$$

$$Sd = 41,207$$

3. Cs (Koefisien Kemencengangan)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \{(X_i) - \bar{X}\}^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$Cs = \frac{15 \times 1874742}{(20-1)(20-2) \times 41,207^3}$$

$$Cs = 1,567$$

4. Ck (Koefisien Kurtosis)

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{(X_i) - \bar{X}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{20} \times 226943082}{(20-1)(20-2)(20-3) \times 41,207^4}$$

$$Ck = 5.415$$

5. Cv (Koefisien Variasi) :

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}}$$

$$Cv = \frac{41,207}{119}$$

$$Cv = 0,346$$

Perhitungan diatas dapat dilihat lebih jelas pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 2 Perhitungan Parameter Statistik

| No | Tahun | Xi | Xi - \bar{X} | (Xi - \bar{X})² | (Xi - \bar{X})³ | (Xi - \bar{X})⁴ |
|----|-------|-----------|----------------------------------|--|--|--|
| | | (mm) | | | | |
| 1 | 1997 | 92 | -27 | 729 | -19683 | 531441 |
| 2 | 1998 | 120 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1999 | 86 | -33 | 1089 | -35937 | 1185921 |
| 4 | 2000 | 168 | 49 | 2401 | 117649 | 5764801 |
| 5 | 2001 | 130 | 11 | 121 | 1331 | 14641 |
| 6 | 2002 | 97 | -22 | 484 | -10648 | 234256 |
| 7 | 2003 | 120 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 2004 | 89 | -30 | 900 | -27000 | 810000 |
| 9 | 2005 | 228 | 109 | 11881 | 1295029 | 1411158161 |
| 10 | 2006 | 109 | -10 | 100 | -1000 | 10000 |
| 11 | 2007 | 135 | 16 | 256 | 4096 | 65536 |
| 12 | 2008 | 120 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 13 | 2009 | 210 | 91 | 8281 | 753571 | 68574961 |
| 14 | 2010 | 95 | -24 | 576 | -13824 | 331776 |
| 15 | 2011 | 95 | -24 | 576 | -13824 | 331776 |
| 16 | 2012 | 137 | 18 | 324 | 5832 | 104976 |
| 17 | 2013 | 69 | -50 | 2500 | -125000 | 6250000 |

Lanjutan Tabel 4.2

| | | | | | | |
|---------------|--------|------|-------|-------|---------|-----------|
| 18 | 2014 | 87 | -32 | 1024 | -32768 | 1048576 |
| 19 | 2015 | 98 | -21 | 441 | -9261 | 194481 |
| 20 | 2016 | 95 | -24 | 576 | -13824 | 331776 |
| Jumlah | | 2380 | 0.00 | 32262 | 1874742 | 226943082 |
| n | 20 | Cs | 1.567 | | | |
| \bar{X} | 119 | Ck | 5.415 | | | |
| Sd | 41.207 | Cv | 0.346 | | | |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Karena salah satu persamaan distribusi ada yang menggunakan fungsi logaritma, sehingga parameter statistik dalam bentuk logaritma juga perlu dihitung. Perhitungan parameter statistik logaritma untuk data hujan rata-rata yang ada dapat dilihat sebagai berikut :

1. Nilai Rata-rata :

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log x}{n}$$

$$\log \bar{X} = \frac{41,099}{20}$$

$$\log \bar{X} = 2,055$$

2. Deviasi Standart :

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

$$S \log \bar{X} = \sqrt{\frac{0,3376}{20-1}}$$

$$S \log \bar{X} = 0,132$$

3. Cs (Koefisien Kemencengang) :

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n \log\{(X_i) - \bar{X}\}^3}{(n-1)(n-2)Sx^3}$$

$$Cs = \frac{15 \times 0,03582}{(20 - 1)(20 - 2) \times 0,132^3}$$

$$Cs = 0,912$$

4. Ck (Koefisien Kurtosis) :

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log\{(X_i) - \bar{X}\}^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)Sx^4}$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{20} \times 0,017372}{(20 - 1)(20 - 2)(20 - 3) \times 0,132^4}$$

$$Ck = 3,944$$

5. Cv (Koefisien Variasi) :

$$Cv = \frac{Sx}{\log \bar{X}}$$

$$Cv = \frac{0,132}{2,055}$$

$$Cv = 0,064$$

Perhitungan diatas dapat dilihat lebih jelas pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 3 Perhitungan Parameter Statistik Logaritma

| No | Tahu n | Xi | Log Xi | Log (Xi -\bar{X}) | Log (Xi -\bar{X})² | Log(Xi -\bar{X})³ | Log(Xi -\bar{X})⁴ |
|-----------|-------------------|-----------|---------------|---|---|--|--|
| | | mm | (mm) | | | | |
| 1 | 1997 | 92 | 1.964 | -0.091 | 0.00831 | -0.00076 | 0.000069 |
| 2 | 1998 | 120 | 2.079 | 0.024 | 0.00059 | 0.00001 | 0.000000 |
| 3 | 1999 | 86 | 1.934 | -0.120 | 0.01450 | -0.00175 | 0.000210 |
| 4 | 2000 | 168 | 2.225 | 0.170 | 0.02903 | 0.00495 | 0.000843 |
| 5 | 2001 | 130 | 2.114 | 0.059 | 0.00348 | 0.00021 | 0.000012 |
| 6 | 2002 | 97 | 1.987 | -0.068 | 0.00465 | -0.00032 | 0.000022 |
| 7 | 2003 | 120 | 2.079 | 0.024 | 0.00059 | 0.00001 | 0.000000 |
| 8 | 2004 | 89 | 1.949 | -0.106 | 0.01114 | -0.00118 | 0.000124 |
| 9 | 2005 | 228 | 2.358 | 0.303 | 0.09181 | 0.02782 | 0.008429 |
| 10 | 2006 | 109 | 2.037 | -0.018 | 0.00031 | -0.00001 | 0.000000 |
| 11 | 2007 | 135 | 2.130 | 0.075 | 0.00569 | 0.00043 | 0.000032 |
| 12 | 2008 | 120 | 2.079 | 0.024 | 0.00059 | 0.00001 | 0.000000 |
| 13 | 2009 | 210 | 2.322 | 0.267 | 0.07144 | 0.01910 | 0.005104 |
| 14 | 2010 | 95 | 1.978 | -0.077 | 0.00596 | -0.00046 | 0.000036 |
| 15 | 2011 | 95 | 1.978 | -0.077 | 0.00596 | -0.00046 | 0.000036 |
| 16 | 2012 | 137 | 2.137 | 0.082 | 0.00669 | 0.00055 | 0.000045 |

Lanjutan Tabel 4.3

| | | | | | | | |
|---------------------|-------|------|--------|--------|---------|----------|----------|
| 17 | 2013 | 69 | 1.839 | -0.216 | 0.04669 | -0.01009 | 0.002180 |
| 18 | 2014 | 87 | 1.940 | -0.115 | 0.01332 | -0.00154 | 0.000177 |
| 19 | 2015 | 98 | 1.991 | -0.064 | 0.00406 | -0.00026 | 0.000016 |
| 20 | 2016 | 95 | 1.978 | -0.077 | 0.00596 | -0.00046 | 0.000036 |
| Jumlah | | 2380 | 41.099 | 0.00 | 0.33076 | 0.03582 | 0.017372 |
| n | 20 | Cs | 0.912 | | | | |
| $\overline{\log X}$ | 2.055 | Ck | 3.944 | | | | |
| Sx | 0.132 | Cv | 0.064 | | | | |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.3.2 Pemilihan Jenis Metode Distribusi

Berdasarkan parameter-parameter statistik yang sudah dihitung, sehingga didapatkan nilai koefisien kemencengan (C_s), koefisien kurtosis (C_k), dan koefisien variasi (C_v). Dari parameter-parameter tersebut kemudian dapat menentukan metode distribusi yang tepat. Distribusi yang bisa digunakan harus memenuhi syarat yang sudah ditentukan.

Dari hasil perhitungan parameter statistik yang telah dilakukan dan berdasarkan syarat penentuan jenis distribusi diperoleh kesimpulan seperti tabel di bawah ini :

Tabel 4. 4 Penentuan Jenis Metode Distribusi

| No | Jenis Distribusi | Syarat | | Hasil | Keterangan |
|----|----------------------------|------------------------|-------|-------|----------------|
| 1 | Distribusi Normal | $C_k \approx 3$ | | 5.415 | Tidak Memenuhi |
| | | $C_s \approx 0$ | | 1.567 | Tidak Memenuhi |
| 2 | Distribusi Log Normal | $C_v \approx 0.06$ | | 0.064 | Memenuhi |
| | | $C_s = 3C_v + C_v^3 =$ | 0.193 | 0.912 | Tidak Memenuhi |
| 3 | Distribusi Gumbel | $C_s \approx 1.14$ | | 1.567 | Tidak Memenuhi |
| | | $C_k \approx 5.4$ | | 5.415 | Memenuhi |
| 4 | Distribusi Log Pearson III | $C_s \neq 0$ | | 0.912 | Memenuhi |
| | | $C_v \approx 0.05$ | | 0.064 | Memenuhi |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Kesimpulan dari tabel diatas adalah dari data curah hujan rata-rata yang ada untuk kemudian menghitung curah hujan rencana dapat dianalisa menggunakan Metode Distribusi Log Pearson III.

4.3.3 Uji Kebenaran Sebaran

Pengujian ini berfungsi untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang dipilih dapat mewakili dari distribusi

statistik sampel data yang dianalisis. Metode untuk pengujian kebenaran sebaran digunakan 2 metode yaitu, Uji Chi-Kuadrat dan Uji Kolmogorof-Smirnov.

4.3.3.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat ini dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

- Menentukan jumlah kelas dan interval kelas dengan jumlah data (n) = 20. Untuk menghitung jumlah kelas menggunakan rumus sebagai berikut :

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

$$K = 1 + 3,322 \log(20)$$

$$K = 5,32202 \approx 6$$

Sedangkan untuk menghitung interval masing-masing kelas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagaimana berikut:

$$G = \frac{n}{k}$$

$$G = \frac{20}{6} = 3,333$$

- Menentukan peluang untuk masing-masing kelas. Pada tahap sebelumnya sudah dihitung jumlah kelas didasarkan dengan jumlah data yang ada. Dibagi menjadi 6 kelas, sehingga masing-masing interval peluang $P = \frac{1}{k} = \frac{1}{6} = 0,167$. Besarnya peluang yang dimiliki masing-masing kelas adalah sebagai berikut :
 - Kelas 1 = $P \leq 0,167$
 - Kelas 2 = $P \leq 0,333$
 - Kelas 3 = $P \leq 0,500$
 - Kelas 4 = $P \leq 0,667$
 - Kelas 5 = $P \leq 0,833$
 - Kelas 6 = $P \leq 1,000$
- Dari parameter statistik logaritma yang sudah dihitung pada sub-bab sebelumnya dapat didistribusikan

menggunakan metode Log Pearson III dengan persamaan distribusi sebagai berikut :

$$\log x = \log X_{rt} + k \cdot S_{logx}$$

Untuk menentukan nilai k, dapat dilihat pada Tabel 2.5. Namun karena data pada tabel tidak lengkap, maka untuk mencari nilai k perlu dilakukan interpolasi. Berikut ini adalah contoh perhitungan interpolasi nilai k:

- Dengan periode ulang untuk interval peluang = 0.167 adalah $T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,167} = 6 \text{ tahun}$. Dari tabel 2.5 maka dapat dihitung nilai k dengan cara menggunakan rumus “FORECAST” pada *Microsoft Excel*. Sehingga untuk nilai $C_s = 0,912$ dengan $T = 6$ tahun didapatkan nilai $k = 0,882$
- Hasil nilai k kemudian dimasukkan kedalam rumus Log Pearson III.

$$\log x = \log X_{rt} + k \cdot S_{logx}$$

$$\log x = 2,055 + 0,882 \times 0,132$$

$$\log x = 2,171$$

$$X = 148.347 \text{ mm}$$

Nilai tersebut nantinya akan digunakan untuk batas distribusi tiap kelas. Untuk perhitungan kelas yang lain dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 5 Batas Distribusi

| P (%) | C_s | k | Log X | X (mm) |
|--------|-------|--------|--------|---------|
| 16.67 | 0.912 | 0.882 | 2.1713 | 148.347 |
| 33.33 | 0.912 | 0.156 | 2.0755 | 118.990 |
| 50.00 | 0.912 | -0.150 | 2.0352 | 108.431 |
| 66.67 | 0.912 | -0.619 | 1.9732 | 94.025 |
| 83.33 | 0.912 | -1.020 | 1.9203 | 83.243 |
| 100.00 | 0.912 | -1.652 | 1.8370 | 68.704 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

- Menghitung jumlah data tiap interval kelas (O_i), yang kemudian diolah menggunakan rumus untuk menghitung Chi-Kuadrat. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 6 Perhitungan Chi Kuadrat

| Probabilitas | | | Ef | Of | $(Of - Ef)^2 / Ef$ |
|--------------|---------|---------|--------|----|--------------------|
| 148.347 | $> P$ | | 3.333 | 3 | 0.11 |
| 118.990 | $< P <$ | 148.347 | 3.333 | 6 | 7.11 |
| 108.431 | $< P <$ | 118.990 | 3.333 | 1 | 5.44 |
| 94.025 | $< P <$ | 108.431 | 3.333 | 5 | 2.78 |
| 83.243 | $< P <$ | 94.025 | 3.333 | 4 | 0.44 |
| 68.704 | $< P <$ | 83.243 | 3.333 | 1 | 5.44 |
| | $P <$ | 68.704 | 3.333 | 0 | 11.11 |
| | | | Jumlah | 20 | Jumlah |
| | | | | | 9.733 |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

- Menghitung derajat kebebasan
 $DK = K - (P + 1)$
 $DK = 6 - (0,167 + 1)$
 $DK = 4,833$
- Menentukan nilai c^2 kritis. Untuk nilai $DK = 4,833$ dan $\alpha = 5 \%$, berdasarkan Tabel 2.7 didapatkan nilai c^2 kritis adalah 10,806 Nilai c^2 sendiri diperoleh dari hasil penjumlahan dari $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ sehingga didapatkan nilai c^2 adalah 9,733

Uji Chi-Kuadrat akan menyatakan metode distribusi yang dipilih memenuhi syarat jika $c^2 < c^2$ kritis. Dari tahap perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai $c^2 < c^2$ kritis karena $9,733 < 10,806$; sehingga penggunaan metode Log Pearson III dapat digunakan.

4.3.3.2 Uji Kolmogorov-Smirnov

Uji Kolmogorov-Smirnov ini dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Mengurutkan data hujan dari mulai yang besar ke kecil. Dari data-data tersebut dihitung besarnya peluang masing-masing data. Contoh perhitungan besarnya peluang adalah sebagai berikut :

$$P(\log X) = \frac{m}{n+1}, \text{ dengan } m \text{ adalah peringkat data}$$

$$P(\log X) = \frac{1}{20+1} = 0,04762 = 4,762\%$$

2. Menentukan nilai peluang pengamatan $P(\log X <)$. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P(\log X <) = 1 - P(\log X)$$

$$P(\log X <) = 1 - 0,04762$$

$$P(\log X <) = 0,95238$$

3. Menentukan nilai $f(t)$

$$f(t) = \frac{\log(X - \bar{X})}{S \log x}$$

$$f(t) = \frac{2,358 - 2,055}{0,132} = 2,297$$

4. Menentukan besaran peluang teoritis $P'(X)$, untuk mempermudah perhitungan maka perhitungan peluang teoritis dibantu menggunakan software Microsoft Excel dengan rumus yang digunakan adalah “NORMDIST” yang tujuannya adalah agar mengembalikan fungsi distribusi normal.

5. Menghitung selisih antara $P(\log X <)$ dengan $P'(X)$. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$D = |P'(X) - P(\log X <)|$$

$$D = |98,918 - 95,238| = 3,680$$

Untuk mengetahui seluruh hasil perhitungan data hujan pada setiap tahun disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4. 7 Uji Kolmogorov-Smirnov

| No | Tinggi Hujan | Tinggi Hujan Urutan (mm) | Distribusi Probabilitas P(LogX) | P (Log X <) | Log X | Log (X- \bar{X}) | f'(t) | Distribusi Probabilitas P'(X) | P'(X) (%) | D (%) |
|----|--------------|--------------------------|---------------------------------|-------------|-------|---------------------|--------|-------------------------------|-----------|--------|
| 1 | 92 | 228 | 4.762 | 95.238 | 2.358 | 0.303 | 2.297 | 0.989 | 98.918 | 3.680 |
| 2 | 120 | 210 | 9.524 | 90.476 | 2.322 | 0.267 | 2.026 | 0.979 | 97.861 | 7.385 |
| 3 | 86 | 168 | 14.286 | 85.714 | 2.225 | 0.170 | 1.291 | 0.902 | 90.170 | 4.456 |
| 4 | 168 | 137 | 19.048 | 80.952 | 2.137 | 0.082 | 0.620 | 0.732 | 73.233 | 7.719 |
| 5 | 130 | 135 | 23.810 | 76.190 | 2.130 | 0.075 | 0.571 | 0.716 | 71.616 | 4.574 |
| 6 | 97 | 130 | 28.571 | 71.429 | 2.114 | 0.059 | 0.447 | 0.673 | 67.265 | 4.163 |
| 7 | 120 | 120 | 33.333 | 66.667 | 2.079 | 0.024 | 0.184 | 0.573 | 57.291 | 9.376 |
| 8 | 89 | 120 | 38.095 | 61.905 | 2.079 | 0.024 | 0.184 | 0.573 | 57.291 | 4.614 |
| 9 | 228 | 120 | 42.857 | 57.143 | 2.079 | 0.024 | 0.184 | 0.573 | 57.291 | 0.148 |
| 10 | 109 | 109 | 47.619 | 52.381 | 2.037 | -0.018 | -0.133 | 0.447 | 44.722 | 7.659 |
| 11 | 135 | 98 | 52.381 | 47.619 | 1.991 | -0.064 | -0.483 | 0.315 | 31.461 | 16.159 |
| 12 | 120 | 97 | 57.143 | 42.857 | 1.987 | -0.068 | -0.517 | 0.303 | 30.272 | 12.585 |
| 13 | 210 | 95 | 61.905 | 38.095 | 1.978 | -0.077 | -0.585 | 0.279 | 27.921 | 10.174 |
| 14 | 95 | 95 | 66.667 | 33.333 | 1.978 | -0.077 | -0.585 | 0.279 | 27.921 | 5.412 |

Lanjutan Tabel 4.7

| | | | | | | | | | | |
|----|-----|---------------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| 15 | 95 | 95 | 71.429 | 28.571 | 1.978 | -0.077 | -0.585 | 0.279 | 27.921 | 0.650 |
| 16 | 137 | 92 | 76.190 | 23.810 | 1.964 | -0.091 | -0.691 | 0.245 | 24.485 | 0.675 |
| 17 | 69 | 89 | 80.952 | 19.048 | 1.949 | -0.106 | -0.800 | 0.212 | 21.188 | 2.140 |
| 18 | 87 | 87 | 85.714 | 14.286 | 1.940 | -0.115 | -0.875 | 0.191 | 19.086 | 4.800 |
| 19 | 98 | 86 | 90.476 | 9.524 | 1.934 | -0.120 | -0.913 | 0.181 | 18.068 | 8.544 |
| 20 | 95 | 69 | 95.238 | 4.762 | 1.839 | -0.216 | -1.638 | 0.051 | 5.074 | 0.312 |
| | | Jumlah | 41.0986 | | | | | | Dmax = | 16.159 |
| | | Log \bar{X} | 2.0549 | | | | | | | |
| | | SLogX | 0.1319 | | | | | | | |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Dilihat dari hasil perhitungan pada tabel bahwa Dmax yang didapatkan adalah 16,159 %. Untuk derajat kepercayaan 5 % dengan jumlah data hujan ada 20 berdasarkan Tabel 2.8 Didapatkan nilai Do = 29 %. Untuk memenuhi syarat pengujian Kolmogorov-Smirnov, maka nilai Dmax < Do. Dari tahap perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa nilai Dmax < Do karena 16,159 < 29. Karena persyaratan untuk Uji Kolmogorov-Smirnov sudah memenuhi syarat, maka metode distribusi Log Pearson III dapat digunakan untuk menghitung curah hujan periode ulang tertentu.

4.4 Analisa Hujan Rencana Periode Ulang

Berdasarkan Uji Distribusi Statistik, untuk menghitung curah hujan rencana dapat menggunakan metode distribusi Log Pearson III. Pada perhitungan sebelumnya, metode Log Pearson III sudah memenuhi syarat. Berikut ini adalah langkah-langkah beserta contoh perhitungan untuk menghitung Hujan Rencana :

1. Menentukan parameter statistik logaritma berupa nilai rata-rata (LogX_{rt}), standart deviasi (S_{logX}) dan koefisien kemencenggan (C_s). Nilai nilai tersebut sudah dihitung pada dan disajikan pada Tabel 4.4

$$\text{Log } \bar{X} = 2,055$$

$$S_{\text{logX}} = 0,132$$

$$C_s = 0,912$$

2. Menentukan parameter k untuk setiap periode ulang. Nilai k dapat dicari menggunakan Tabel 2.5, yang merupakan tabel karakteristik distribusi Log Pearson III menghubungkan antara nilai C_s dan periode ulang. Karena nilai $C_s = 0,912$ untuk periode ulang 2 tahun tidak ada dalam tabel maka perlu dilakukan interpolasi. Dengan interpolasi didapatkan nilai k yang sesuai. Berikut ini adalah perhitungan interpolasi untuk mendapatkan nilai K :

$$\frac{0,912 - 0,8}{1,0 - 0,8} = \frac{k - (-1,733)}{-1,588 - (-1,733)}$$

$$0,56 = \frac{k + 1,733}{0,145}$$

$$0,0812 = k + 1,733$$

$$k = -1,652$$

3. Menghitung hujan rencana menggunakan rumus Log Pearson III. Berikut ini adalah contoh perhitungan hujan rencana untuk periode ulang 1 tahun :

$$\log x = \log X_{rt} + k \cdot S \log x$$

$$\log x = 2,055 + (-1,652) \times 0,132$$

$$\log x = 1,837$$

$$X = 68,704 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan periode ulang yang lain dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. 8 Hujan Rencana Periode Ulang

| No | Periode Ulang (tahun) | Log (X _{rt}) | Cs | K | Sd | Y | X |
|----|--------------------------|---------------------------|-------|--------|-------|-------|---------|
| | | | | | | Log X | (mm) |
| 1 | 1 | 2.055 | 0.912 | -1.652 | 0.132 | 1.837 | 68.704 |
| 2 | 2 | 2.055 | 0.912 | -0.150 | 0.132 | 2.035 | 108.431 |
| 3 | 5 | 2.055 | 0.912 | 0.768 | 0.132 | 2.156 | 143.292 |
| 4 | 10 | 2.055 | 0.912 | 1.338 | 0.132 | 2.232 | 170.412 |
| 5 | 25 | 2.055 | 0.912 | 2.023 | 0.132 | 2.322 | 209.832 |
| 6 | 50 | 2.055 | 0.912 | 2.503 | 0.132 | 2.385 | 242.747 |
| 7 | 100 | 2.055 | 0.912 | 2.964 | 0.132 | 2.446 | 279.283 |
| 8 | 1000 | 2.055 | 0.912 | 4.412 | 0.132 | 2.637 | 433.601 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.5 Analisa Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah besarnya hujan yang menjadi aliran langsung permukaan dan menuju ke sungai. Besarnya

koefisien pengaliran ditentukan atas luas lahan dan kondisi disekitar DAS. Dari hasil peninjauan lokasi, lokasi DAS untuk Embung Bangle ini memiliki lahan berupa hutan jati. Nilai kooefisien berdasarkan Tabel 2.9 untuk derah hutan adalah $C = 0.5$ - 0.75 , dipilih $C = 0.5$

Selanjutnya hujan efektif dihitung dengan mengalikan antara koefisien pengaliran dengan nilai hujan rencana. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif

| No | Periode Ulang | X | C | Reff |
|----|---------------|---------|-----|---------|
| | (tahun) | (mm) | | (mm) |
| 1 | 1 | 68.704 | 0.5 | 34.352 |
| 2 | 2 | 108.431 | 0.5 | 54.216 |
| 3 | 5 | 143.292 | 0.5 | 71.646 |
| 4 | 10 | 170.412 | 0.5 | 85.206 |
| 5 | 25 | 209.832 | 0.5 | 104.916 |
| 6 | 50 | 242.747 | 0.5 | 121.373 |
| 7 | 100 | 279.283 | 0.5 | 139.642 |
| 8 | 1000 | 433.601 | 0.5 | 216.801 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.6 Perhitungan Curah Hujan Jam-jaman

Perhitungan curah hujan rencana setiap periode ulang merupakan hujan R_{24} yang merupakan tinggi hujan dalam satu hari. Maka dari itu perlu dianalisis lagi berdasarkan distribusi hujan yang terjadi dengan hujan terpusat selama 5 jam sesuai dengan lamanya hujan terpusat di daerah Nganjuk. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk Curah Hujan Jam-Jaman :

$$R_1 = \frac{1}{5} x \left(\frac{5}{1}\right)^{2/3} \cdot R_{24} = 0,5848 R_{24}$$

$$R_2 = \frac{1}{5} x \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3} \cdot R_{24} = 0,3684 R_{24}$$

$$R_3 = \frac{1}{5} x \left(\frac{5}{3}\right)^{2/3} \cdot R_{24} = 0,2811 R_{24}$$

$$R_4 = \frac{1}{5} x \left(\frac{5}{4}\right)^{2/3} \cdot R_{24} = 0,2321 R_{24}$$

$$R_5 = \frac{1}{5} x \left(\frac{5}{5}\right)^{2/3} \cdot R_{24} = 0,2000 R_{24}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan pada jam ke t adalah sebagai berikut :

$$R'_1 = 1 x R_{24} = 0,5848 R_{24}$$

$$R'_2 = 2 x R_{24} - 1 x R_{24} = 0,1520 R_{24}$$

$$R'_3 = 3 x R_{24} - 2 x R_{24} = 0,1066 R_{24}$$

$$R'_4 = 4 x R_{24} - 3 x R_{24} = 0,0849 R_{24}$$

$$R'_5 = 5 x R_{24} - 4 x R_{24} = 0,0717 R_{24}$$

Hasil perhitungan curah hujan efektif jam-jaman dapat ditampilkan pada tabel dibawah.

Tabel 4. 10 Curah Hujan Efektif Jam-jaman

| Periode Ulang | R eff | Jam Ke | | | | |
|---------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | 0 ke 1 | 1 ke 2 | 2 ke 3 | 3 ke 4 | 4 ke 5 |
| | | 0.5848 | 0.1520 | 0.1066 | 0.0849 | 0.0717 |
| 1 | 34.352 | 20.089 | 5.222 | 3.663 | 2.916 | 2.462 |
| 2 | 54.216 | 31.705 | 8.241 | 5.781 | 4.602 | 3.886 |
| 5 | 71.646 | 41.899 | 10.890 | 7.639 | 6.082 | 5.136 |
| 10 | 85.206 | 49.829 | 12.952 | 9.085 | 7.233 | 6.108 |
| 25 | 104.916 | 61.355 | 15.948 | 11.187 | 8.906 | 7.521 |
| 50 | 121.373 | 70.980 | 18.449 | 12.942 | 10.303 | 8.700 |
| 100 | 139.642 | 81.663 | 21.226 | 14.889 | 11.853 | 10.010 |
| 1000 | 216.801 | 126.786 | 32.954 | 23.117 | 18.403 | 15.541 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.7 Perhitungan Hidrograf Satuan

Analisis hidrograf satuan sintetik ini bertujuan untuk mendapatkan pola hidrograf banjir rencana. Pada analisis ini akan dilakukan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis. Untuk desain spillway didesain menggunakan perhitungan hidrograf satuan sintetis Nakayasu periode ulang 100 tahun.

Berikut adalah parameter hidrograf satuan sintetik Nakayasu untuk daerah aliran sungai (DAS) Kedung Pawon.

1. Luas DAS = 0,830 km²
2. Panjang Sungai Utama = 1,836 km
3. $\text{tg} = 0,21 + L^{0,7}$ = $0,21 + (1,836)^{0,7} = 0,32$
4. $T_r = (0,5 \text{ s.d } 1) \times \text{tg}$ = $1 \times 0,32 = 0,32$
5. $T_p = \text{tg} + 0,8 T_r$ = $0,32 + 0,8 \times 0,32 = 0,58$
6. α = 2
7. $T_{0,3} = \alpha \cdot \text{tg}$ = $2 \times 0,32 = 0,64$
8. R_o = 1
9. Q_p =
$$\frac{A \times R_o}{3,6 (0,3 \times T_p \times T_{0,3})}$$

$$= \frac{0,830 \times 1}{3,6 (0,3 \times 0,58 \times 0,64)}$$

$$= 0,282 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Setelah menentukan parameter hidrograf satuan sintetis Nakayasu, kemudian hitung hidrograf sesuai kondisi kurva menggunakan rumusnya masing-masing. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan ordinat grafik hidrograf satuan sintetis Nakayasu :

1. Pada saat kurva naik $0 \leq t \leq T_p$

Untuk $t = 0,1 \text{ jam}$

$$Q_t = 0,282 \cdot \left[\frac{0,25}{0,58} \right]^{2,4} = 0,038$$

Dibawah ini adalah tabel ordinat saat kurva naik $0 \leq t \leq T_p$:

Tabel 4. 11 Ordinat kurva naik $0 \leq t \leq T_p$

| t (jam) | Qt |
|----------------|-----------|
| 0.25 | 0.038 |

Lanjutan Tabel 4.11

| | |
|------|-------|
| 0.5 | 0.199 |
| 0.58 | 0.282 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

2. Pada saat kurva turun $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

Untuk $t = 0,6$ jam

$$Qt = 0,282 \cdot 0,3^{\left[\frac{0,75-0,58}{0,64}\right]} = 0,205$$

Dibawah ini adalah tabel ordinat saat kurva turun $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$ Tabel 4. 12 Ordinat Kurva turun $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

| t (jam) | Qt |
|---------|-------|
| 0.75 | 0.205 |
| 1 | 0.128 |
| 1.22 | 0.085 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

3. Pada saat kurva turun $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

Untuk $t = 1,3$ jam

$$Qt = 0,282 \cdot 0,3^{\left[\frac{1,25-0,58+0,5 \cdot 0,64}{1,5 \cdot 0,64}\right]} = 0,082$$

Dibawah ini adalah tabel ordinat saat kurva turun $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$:Tabel 4. 13 Ordinat Kurva Turun $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

| t (jam) | Qt |
|---------|-------|
| 1.25 | 0.082 |
| 1.5 | 0.060 |
| 1.75 | 0.044 |
| 2 | 0.032 |

Lanjutan Tabel 4.13

| | |
|------|-------|
| 2.18 | 0.025 |
|------|-------|

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4. Pada saat kurva turun $t \geq (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$
Untuk $t = 3$ jam

$$Qt = 0,282 \cdot 0,3^{\left[\frac{2,25 - 0,58 + 0,64}{2 \cdot 0,64}\right]} = 0024$$

Dibawah ini adalah tabel ordinat saat kurva turun $t \geq (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$:

Tabel 4. 14 Ordinat Kurva Turun $t \geq (Tp + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

| t(jam) | Qt |
|--------|-------|
| 2.25 | 0.024 |
| 2.50 | 0.019 |
| 2.75 | 0.015 |
| 3.00 | 0.012 |
| 3.25 | 0.009 |
| 3.50 | 0.007 |
| 3.75 | 0.006 |
| 4.00 | 0.005 |
| 4.25 | 0.004 |
| 4.50 | 0.003 |
| 4.75 | 0.002 |
| 5.00 | 0.002 |
| 5.25 | 0.001 |
| 5.50 | 0.001 |
| 5.75 | 0.001 |
| 6.00 | 0.001 |
| 6.25 | 0.001 |
| 6.50 | 0.000 |

Lanjutan Tabel 4.14

| | |
|-------|-------|
| 6.75 | 0.000 |
| 7.00 | 0.000 |
| 7.25 | 0.000 |
| 7.50 | 0.000 |
| 7.75 | 0.000 |
| 8.00 | 0.000 |
| 8.25 | 0.000 |
| 8.50 | 0.000 |
| 8.75 | 0.000 |
| 9.00 | 0.000 |
| 9.25 | 0.000 |
| 9.50 | 0.000 |
| 9.75 | 0.000 |
| 10.00 | 0.000 |
| 10.25 | 0.000 |
| 10.50 | 0.000 |
| 10.75 | 0.000 |
| 11.00 | 0.000 |
| 11.25 | 0.000 |
| 11.50 | 0.000 |
| 11.75 | 0.000 |
| 12.00 | 0.000 |
| 12.25 | 0.000 |
| 12.50 | 0.000 |
| 12.75 | 0.000 |
| 13.00 | 0.000 |
| 13.25 | 0.000 |
| 13.50 | 0.000 |

Lanjutan Tabel 4.14

| | |
|-------|-------|
| 13.75 | 0.000 |
| 14.00 | 0.000 |
| 14.25 | 0.000 |
| 14.50 | 0.000 |
| 14.75 | 0.000 |
| 15.00 | 0.000 |
| 15.25 | 0.000 |
| 15.50 | 0.000 |
| 15.75 | 0.000 |
| 16.00 | 0.000 |
| 16.25 | 0.000 |
| 16.50 | 0.000 |
| 16.75 | 0.000 |
| 17.00 | 0.000 |
| 17.25 | 0.000 |
| 17.50 | 0.000 |
| 17.75 | 0.000 |
| 18.00 | 0.000 |
| 18.25 | 0.000 |
| 18.50 | 0.000 |
| 18.75 | 0.000 |
| 19.00 | 0.000 |
| 19.25 | 0.000 |
| 19.50 | 0.000 |
| 19.75 | 0.000 |
| 20.00 | 0.000 |
| 20.25 | 0.000 |
| 20.50 | 0.000 |

Lanjutan Tabel 4.14

| | |
|-------|-------|
| 20.75 | 0.000 |
| 21.00 | 0.000 |
| 21.25 | 0.000 |
| 21.50 | 0.000 |
| 21.75 | 0.000 |
| 22.00 | 0.000 |
| 22.25 | 0.000 |
| 22.50 | 0.000 |
| 22.75 | 0.000 |
| 23.00 | 0.000 |
| 23.25 | 0.000 |
| 23.50 | 0.000 |
| 23.75 | 0.000 |
| 24.00 | 0.000 |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

Hidrograf satuan menunjukkan debit limpasan yang terjadi untuk tinggi hujan satu satuan. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan untuk memastikan koordinat debit limpasan yang diperoleh dari hasil perhitungan diatas menunjukkan debit akibat Reff satu satuan. Nilai Volume limpasan dibagi dengan luas DAS harus sama dengan 1. Perhitungan volume limpasan bisa dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Ordinat Hidrograf Terkoreksi

| t | Asli | | | Terkoreksi | | |
|------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| | Q | Q rata2 | Volume | Q | Q rata2 | Volume |
| jam | (m ³ /dt) | (m ³ /dt) | (m ³) | (m ³ /dt) | (m ³ /dt) | (m ³) |
| 0.00 | 0.000 | | | 0.000 | | |

Lanjutan Tabel 4.15

| | | | | | | |
|------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|
| 0.25 | 0.038 | 0.019 | 16.975 | 0.037 | 0.018 | 16.607 |
| 0.50 | 0.199 | 0.118 | 106.568 | 0.195 | 0.116 | 104.259 |
| 0.58 | 0.282 | 0.241 | 67.908 | 0.276 | 0.236 | 66.437 |
| 0.75 | 0.205 | 0.244 | 150.484 | 0.200 | 0.238 | 147.224 |
| 1.00 | 0.128 | 0.166 | 149.791 | 0.125 | 0.163 | 146.546 |
| 1.25 | 0.082 | 0.105 | 94.432 | 0.080 | 0.103 | 92.386 |
| 1.50 | 0.060 | 0.071 | 63.664 | 0.058 | 0.069 | 62.285 |
| 1.75 | 0.044 | 0.052 | 46.589 | 0.043 | 0.051 | 45.580 |
| 2.00 | 0.032 | 0.038 | 34.094 | 0.031 | 0.037 | 33.355 |
| 2.25 | 0.024 | 0.028 | 25.166 | 0.023 | 0.027 | 24.621 |
| 2.50 | 0.019 | 0.021 | 19.272 | 0.019 | 0.021 | 18.855 |
| 2.75 | 0.015 | 0.017 | 15.248 | 0.015 | 0.017 | 14.918 |
| 3.00 | 0.012 | 0.013 | 12.065 | 0.012 | 0.013 | 11.803 |
| 3.25 | 0.009 | 0.011 | 9.546 | 0.009 | 0.010 | 9.339 |
| 3.50 | 0.007 | 0.008 | 7.553 | 0.007 | 0.008 | 7.389 |
| 3.75 | 0.006 | 0.007 | 5.976 | 0.006 | 0.006 | 5.846 |
| 4.00 | 0.005 | 0.005 | 4.728 | 0.005 | 0.005 | 4.626 |
| 4.25 | 0.004 | 0.004 | 3.741 | 0.004 | 0.004 | 3.660 |
| 4.50 | 0.003 | 0.003 | 2.960 | 0.003 | 0.003 | 2.896 |
| 4.75 | 0.002 | 0.003 | 2.342 | 0.002 | 0.003 | 2.291 |
| 5.00 | 0.002 | 0.002 | 1.853 | 0.002 | 0.002 | 1.813 |
| 5.25 | 0.001 | 0.002 | 1.466 | 0.001 | 0.002 | 1.434 |
| 5.50 | 0.001 | 0.001 | 1.160 | 0.001 | 0.001 | 1.135 |
| 5.75 | 0.001 | 0.001 | 0.918 | 0.001 | 0.001 | 0.898 |
| 6.00 | 0.001 | 0.001 | 0.726 | 0.001 | 0.001 | 0.710 |
| 6.25 | 0.001 | 0.001 | 0.575 | 0.001 | 0.001 | 0.562 |
| 6.50 | 0.000 | 0.001 | 0.455 | 0.000 | 0.000 | 0.445 |
| 6.75 | 0.000 | 0.000 | 0.360 | 0.000 | 0.000 | 0.352 |

Lanjutan Tabel 4.15

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7.00 | 0.000 | 0.000 | 0.285 | 0.000 | 0.000 | 0.278 |
| 7.25 | 0.000 | 0.000 | 0.225 | 0.000 | 0.000 | 0.220 |
| 7.50 | 0.000 | 0.000 | 0.178 | 0.000 | 0.000 | 0.174 |
| 7.75 | 0.000 | 0.000 | 0.141 | 0.000 | 0.000 | 0.138 |
| 8.00 | 0.000 | 0.000 | 0.112 | 0.000 | 0.000 | 0.109 |
| 8.25 | 0.000 | 0.000 | 0.088 | 0.000 | 0.000 | 0.086 |
| 8.50 | 0.000 | 0.000 | 0.070 | 0.000 | 0.000 | 0.068 |
| 8.75 | 0.000 | 0.000 | 0.055 | 0.000 | 0.000 | 0.054 |
| 9.00 | 0.000 | 0.000 | 0.044 | 0.000 | 0.000 | 0.043 |
| 9.25 | 0.000 | 0.000 | 0.035 | 0.000 | 0.000 | 0.034 |
| 9.50 | 0.000 | 0.000 | 0.027 | 0.000 | 0.000 | 0.027 |
| 9.75 | 0.000 | 0.000 | 0.022 | 0.000 | 0.000 | 0.021 |
| 10.00 | 0.000 | 0.000 | 0.017 | 0.000 | 0.000 | 0.017 |
| 10.25 | 0.000 | 0.000 | 0.014 | 0.000 | 0.000 | 0.013 |
| 10.50 | 0.000 | 0.000 | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.010 |
| 10.75 | 0.000 | 0.000 | 0.008 | 0.000 | 0.000 | 0.008 |
| 11.00 | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.000 | 0.000 | 0.007 |
| 11.25 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.005 |
| 11.50 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.004 |
| 11.75 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.003 |
| 12.00 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.003 |
| 12.25 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.002 |
| 12.50 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.002 |
| 12.75 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| 13.00 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| 13.25 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| 13.50 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| 13.75 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Lanjutan Tabel 4.15

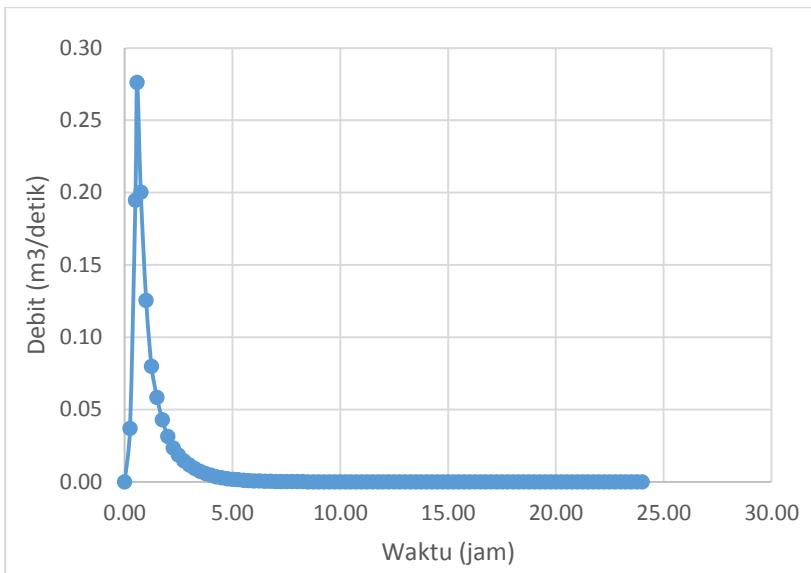
| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 14.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 14.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 14.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 14.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 15.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 16.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 17.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 18.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 19.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 19.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 19.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 19.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 20.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 20.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 20.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 20.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Lanjutan Tabel 4.15

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|---------|----------|-------|---------|
| 21.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 21.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 21.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 21.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 22.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 22.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 22.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 22.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 23.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 23.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 23.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 23.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 24.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Jumlah | 1.184 | | 847.976 | 1.158155 | | 829.602 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Berikut ini adalah grafik Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu :



Gambar 4. 3 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu
(Sumber: Hasil Perhitungan, 2018)

Di bawah ini merupakan contoh perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas DAS} &= 0,830 \text{ km}^2 \\
 &= 0,830 \times 1000000 \text{ m}^2 \\
 &= 830000 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

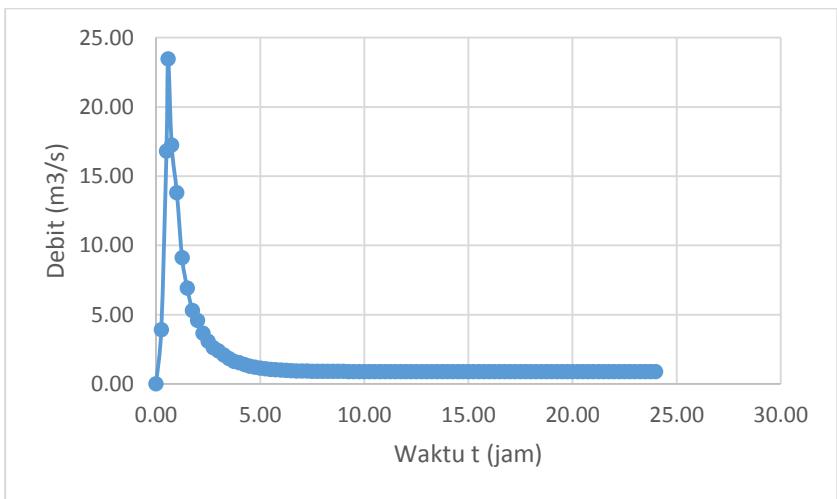
$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Hujan Efektif (ER)} &= \frac{\text{volume}}{A} \\
 &= \frac{847.976}{830000} \\
 &= 0,0010221 \text{ m} \\
 &= 1,022 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Karena ER ≠ maka nilai debit harus dibagi dengan 1,022.
Contoh perhitungan pada jam ke 1, dengan Q = 0,128 m³/detik
maka :

$$\begin{aligned}
 Q \text{ terkoreksi} &= \frac{0,128}{1,022} \\
 &= 0,125 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ER terkoreksi} &= \frac{829,602}{830000} \\ &= 0,001 \text{ m} \\ &= 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kemudian dengan menggunakan nilai unit hidrograf yang sudah terkoreksi. Maka kemudian dapat dilanjutkan menghitung debit dengan tinggi hujan periode ulang 100 tahun (Kriteria Desain Embung Kecil, Pustlitbang Pengairan, 2014). Berikut adalah tabel perhitungan debit banjir metode Nakayasu untuk periode ulang 100 tahun. Di bawah ini merupakan gambar grafik debit banjir untuk tinggi hujan periode ulang 100 tahun beserta perhitungannya :



Gambar 4. 4 Debit Banjir Periode Ulang 100 Tahun
(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

Tabel 4. 16 Debit Banjir Metode Nakayasu untuk Periode Ulang 100 Tahun

| t | Q | Reff | | | | | Debit | Aliran Dasar | Total Debit |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|---------------|
| | | 81.663 | 21.226 | 14.889 | 11.853 | 10.010 | | | |
| | | Jam Ke | | | | | | | |
| Jam | m3/det | 0 sd 1 | 1 sd 2 | 2 sd 3 | 3 sd 4 | 4 sd 5 | m3/det | m3/det | m3/det |
| 0.00 | 0.000 | 0.000 | | | | | 0.000 | | 0.000 |
| 0.25 | 0.037 | 3.014 | | | | | 3.014 | 0.891 | 3.905 |
| 0.50 | 0.195 | 15.906 | | | | | 15.906 | 0.891 | 16.797 |
| 0.58 | 0.276 | 22.559 | | | | | 22.559 | 0.891 | 23.450 |
| 0.75 | 0.200 | 16.355 | | | | | 16.355 | 0.891 | 17.246 |
| 1.00 | 0.125 | 10.239 | 2.661 | | | | 12.900 | 0.891 | 13.791 |
| 1.25 | 0.080 | 6.527 | 1.696 | | | | 8.223 | 0.891 | 9.114 |
| 1.50 | 0.058 | 4.776 | 1.241 | | | | 6.018 | 0.891 | 6.909 |
| 1.75 | 0.043 | 3.495 | 0.908 | | | | 4.404 | 0.891 | 5.295 |
| 2.00 | 0.031 | 2.558 | 0.665 | 0.466 | | | 3.689 | 0.891 | 4.580 |
| 2.25 | 0.023 | 1.910 | 0.497 | 0.348 | | | 2.755 | 0.891 | 3.646 |
| 2.50 | 0.019 | 1.511 | 0.393 | 0.276 | | | 2.180 | 0.891 | 3.071 |
| 2.75 | 0.015 | 1.196 | 0.311 | 0.218 | | | 1.725 | 0.891 | 2.616 |

Lanjutan Tabel 4.16

| | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3.00 | 0.012 | 0.946 | 0.246 | 0.173 | 0.137 | | 1.502 | 0.891 | 2.393 |
| 3.25 | 0.009 | 0.749 | 0.195 | 0.136 | 0.109 | | 1.188 | 0.891 | 2.079 |
| 3.50 | 0.007 | 0.592 | 0.154 | 0.108 | 0.086 | | 0.940 | 0.891 | 1.831 |
| 3.75 | 0.006 | 0.469 | 0.122 | 0.085 | 0.068 | | 0.744 | 0.891 | 1.635 |
| 4.00 | 0.005 | 0.371 | 0.096 | 0.068 | 0.054 | 0.045 | 0.634 | 0.891 | 1.525 |
| 4.25 | 0.004 | 0.293 | 0.076 | 0.053 | 0.043 | 0.036 | 0.502 | 0.891 | 1.393 |
| 4.50 | 0.003 | 0.232 | 0.060 | 0.042 | 0.034 | 0.028 | 0.397 | 0.891 | 1.288 |
| 4.75 | 0.002 | 0.184 | 0.048 | 0.033 | 0.027 | 0.023 | 0.314 | 0.891 | 1.205 |
| 5.00 | 0.002 | 0.145 | 0.038 | 0.026 | 0.021 | 0.018 | 0.248 | 0.891 | 1.139 |
| 5.25 | 0.001 | 0.115 | 0.030 | 0.021 | 0.017 | 0.014 | 0.197 | 0.891 | 1.088 |
| 5.50 | 0.001 | 0.091 | 0.024 | 0.017 | 0.013 | 0.011 | 0.156 | 0.891 | 1.046 |
| 5.75 | 0.001 | 0.072 | 0.019 | 0.013 | 0.010 | 0.009 | 0.123 | 0.891 | 1.014 |
| 6.00 | 0.001 | 0.057 | 0.015 | 0.010 | 0.008 | 0.007 | 0.097 | 0.891 | 0.988 |
| 6.25 | 0.001 | 0.045 | 0.012 | 0.008 | 0.007 | 0.006 | 0.077 | 0.891 | 0.968 |
| 6.50 | 0.000 | 0.036 | 0.009 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.061 | 0.891 | 0.952 |
| 6.75 | 0.000 | 0.028 | 0.007 | 0.005 | 0.004 | 0.003 | 0.048 | 0.891 | 0.939 |
| 7.00 | 0.000 | 0.022 | 0.006 | 0.004 | 0.003 | 0.003 | 0.038 | 0.891 | 0.929 |

Lanjutan Tabel 4.16

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7.25 | 0.000 | 0.018 | 0.005 | 0.003 | 0.003 | 0.002 | 0.030 | 0.891 | 0.921 |
| 7.50 | 0.000 | 0.014 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.024 | 0.891 | 0.915 |
| 7.75 | 0.000 | 0.011 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.019 | 0.891 | 0.910 |
| 8.00 | 0.000 | 0.009 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.015 | 0.891 | 0.906 |
| 8.25 | 0.000 | 0.007 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.012 | 0.891 | 0.903 |
| 8.50 | 0.000 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.009 | 0.891 | 0.900 |
| 8.75 | 0.000 | 0.004 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.007 | 0.891 | 0.898 |
| 9.00 | 0.000 | 0.003 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.891 | 0.897 |
| 9.25 | 0.000 | 0.003 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.891 | 0.896 |
| 9.50 | 0.000 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.891 | 0.895 |
| 9.75 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.891 | 0.894 |
| 10.00 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.891 | 0.893 |
| 10.25 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.891 | 0.893 |
| 10.50 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.891 | 0.892 |
| 10.75 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.891 | 0.892 |
| 11.00 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.891 | 0.892 |
| 11.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.891 | 0.892 |

Lanjutan Tabel 4.16

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 11.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.891 | 0.891 |
| 11.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 12.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 12.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 12.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 12.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 13.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 13.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 13.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 13.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 14.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 14.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 14.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 14.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 15.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 15.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 15.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |

Lanjutan Tabel 4.16

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 15.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 16.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 16.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 16.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 16.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 17.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 17.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 17.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 17.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 18.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 18.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 18.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 18.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 19.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 19.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 19.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 19.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |

Lanjutan Tabel 4.16

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 20.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 20.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 20.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 21.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 21.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 21.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 21.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 22.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 22.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 22.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 22.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 23.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 23.25 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 23.50 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |
| 23.75 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.891 | 0.891 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.8 Analisa Ketersediaan Air

Ketersediaan air pada embung akan berpengaruh terhadap pemenuhan kebutuhan air sebagai irigasi, dan air baku. Analisis mengenai ketersediaan air meliputi perhitungan evapotraspirasi dan perhitungan debit andalan.

4.8.1 Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi berfungsi untuk mengetahui jumlah air yang hilang saat air mengalami penguapan ke udara.

Perhitungan evapotranspirasi dilakukan dengan metode Penman . Dengan data-data yang diperlukan merupakan data-data klimatologi yang terdiri dari temperatur udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, dan lamanya penyinaran. Data-data klimatologi tersebut didapatkan dari Stasiun Sawahan, Kab. Nganjuk selama 8 tahun, dari tahun 2005-2012. Karena data klimatologi hanya terdiri dari data selama 8 tahun, maka untuk perhitungan klimatologi dihitung menggunakan rata-rata bulanan. Berikut adalah rekap data klimatologi dari tahun 2005-2012 :

Tabel 4. 17 Rekap data klimatologi Tahun 2005-2012

| Bulan | T (°C) | RH (%) | U (km/hari) | n/N (%) |
|-----------|-----------|-----------|----------------|------------|
| Januari | 23.0 | 84.7 | 167.6 | 36.4 |
| Februari | 22.8 | 86.1 | 152.2 | 39.4 |
| Maret | 23.2 | 84.1 | 140.2 | 41.7 |
| April | 23.4 | 83.8 | 138.7 | 57.9 |
| Mei | 23.5 | 81.5 | 144.0 | 63.6 |
| Juni | 23.2 | 76.1 | 147.1 | 71.9 |
| Juli | 22.9 | 72.2 | 157.0 | 81.2 |
| Agustus | 23.1 | 68.5 | 154.4 | 85.8 |
| September | 24.1 | 65.1 | 183.7 | 84.0 |

Lanjutan Tabel 4.17

| | | | | |
|----------|------|------|-------|------|
| Oktober | 24.9 | 67.4 | 179.7 | 76.1 |
| November | 24.5 | 75.0 | 140.9 | 63.4 |
| Desember | 23.5 | 83.0 | 142.8 | 37.7 |

(Sumber : Stasiun BMKG Sawahan, Kab. Nganjuk)

Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung evapotranspirasi :

1. Data yang akan dihitung merupakan data klimatologi rata-rata bulanan. Untuk contoh perhitungan ini digunakan data klimatologi Bulan Januari :
 - a. Suhu rata-rata (T) = 22,988 °C
 - b. Lama Penyinaran matahari (n/N) = 36,363 %
 - c. Kelembaban relatif (RH) = 84,663%
 - d. Kecepatan angin (u) = 167,625 km/hari = 1.94 m/s
2. Menghitung tekanan uap jenuh pada suhu rata-rata (mbar) atau disebut Ea. Nilai ini diperoleh dari Tabel Penman. Misal suhu udara pada bulan Januari adalah 22,988 °C dan dengan menggunakan interpolasi diperoleh nilai ea = 28,079 mbar.
3. Menghitung tekanan uap nyata, ed (mbar)

$$ed = ea \times RH = 28,079 \times 84,663/100 = 23,772 \text{ mbar}$$
4. Menghitung perbedaan tekanan uap, ea-ed (mbar)

$$(ea-ed) = 28,079 - 23,772 = 4,307 \text{ mbar}$$
5. Menghitung fungsi tekanan uap nyata f(ed).

$$\begin{aligned} f(ed) &= 0,34 - (0,044\sqrt{ed}) \\ &= 0,34 - (0,044\sqrt{23,772}) \\ &= 0,125 \end{aligned}$$
6. Menghitung fungsi angin, f(u) (km/hari). Jika diketahui u = 1.94 m/s, maka :

$$f(u) = 0,27 \times (1 + (1.94 \times 0,864)) = 0,723 \text{ km/hari}$$
7. Menghitung faktor pemberat untuk pengaruh radiasi (W). Faktor ini juga diperoleh melalui Tabel Penman. Misal

untuk bulan Januari dengan suhu $22,988^{\circ}\text{C}$, nilai w diperoleh dari tabel sebesar 0,723

8. Mencari faktor pembobot ($1-W$)

$$(1-W) = 1 - 0,733 = 0,267$$
9. Menentukan nilai R_a . Didapatkan dari Tabel Penman. Letak tampungan embung berada pada 7° LS dan nilai R_a untuk bulan Januari berdasarkan Tabel Penman adalah 15,950 mm/hari.
10. Menghitung fungsi penyinaran $f(n/N)$.

$$\begin{aligned} f(n/N) &= 0,1 + 0,9 (n/N) \\ &= 0,1 + 0,9 (37,738/100) \\ &= 0,427 \end{aligned}$$
11. Menghitung radiasi gelombang pendek, R_s (mm/hari)

$$R_s = (0.25 + 0.5 x (n/N)) x R_a$$

$$R_s = (0.25 + 0.5 x (36,363/100)) x 15,950 = 6,887 \text{ mm/hari}$$
12. Menghitung radiasi netto gelombang pendek, R_{ns} (mm/hari)

$$R_{ns} = R_s x (1 - \alpha) ; \text{ dengan } \alpha = 0.75 \text{ (koef. permukaan air)}$$

$$R_{ns} = 6,887 x (1 - 0.75) = 6,637 \text{ mm/hari}$$
13. Mencari fungsi suhu $f(T)$. Didapatkan dari Tabel Penman. Ditentukan dengan nilai suhu .
Diketahui $T = 22,988^{\circ}\text{C}$ dengan metode iterasi
Maka $f(T) = 14,741$
14. Menghitung radiasi netto gelombang panjang, R_{n1}

$$R_{n1} = f(ed) x f(n/N) x f(T)$$

$$R_{n1} = 0,125 x 0,427 x 14,741 = 0,790 \text{ mm/hari}$$
15. Menghitung radiasi netto, R_n

$$R_n = R_{ns} - R_{n1} = 6,637 - 0,790 = 5,847 \text{ mm/hari}$$
16. Mencari faktor koreksi, c
Diketahui $R_s = 6,887 \text{ mm/hari}$ dengan metode iterasi, maka $c = 0,991$
17. Menghitung evapotranspirasi potensial, Eto (mm/hari)

$$Eto = c (W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed))$$

$$Eto = 0,991(0,733 \times 5,847 + 0,267 \times 0,723 \times 4,307)$$

$$Eto = 5,07 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan evapotranspirasi potensial tiap bulan ditunjukan pada tabel berikut :

Tabel 4. 18 Perhitungan Evapotranspirasi

| Rincian | Satuan | Bulan | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nov | Des |
| Data | | | | | | | | | | | | | |
| T | (°C) | 22.99 | 22.83 | 23.21 | 23.44 | 23.53 | 23.15 | 22.88 | 23.08 | 24.13 | 24.89 | 24.50 | 23.50 |
| RH | (%) | 84.66 | 86.14 | 84.11 | 83.83 | 81.51 | 76.11 | 72.16 | 68.53 | 65.08 | 67.43 | 75.03 | 82.99 |
| n/N | (%) | 36.36 | 39.36 | 41.69 | 57.89 | 63.61 | 71.86 | 81.21 | 85.79 | 84.04 | 76.13 | 63.43 | 37.74 |
| u | (km/hari) | 167.63 | 152.24 | 140.24 | 138.73 | 143.98 | 147.11 | 156.96 | 154.41 | 183.73 | 179.69 | 140.88 | 142.81 |
| | (m/detik) | 1.94 | 1.76 | 1.62 | 1.61 | 1.67 | 1.70 | 1.82 | 1.79 | 2.13 | 2.08 | 1.63 | 1.65 |
| | (km/jam) | 7.49 | 8.00 | 6.99 | 5.32 | 5.11 | 5.59 | 5.93 | 5.81 | 6.30 | 6.22 | 5.85 | 6.39 |
| Perhitungan | | | | | | | | | | | | | |
| ea | (mbar) | 28.08 | 27.80 | 28.46 | 28.84 | 28.99 | 28.36 | 27.89 | 28.23 | 30.04 | 31.49 | 30.75 | 28.95 |
| ed | (mbar) | 23.77 | 23.95 | 23.94 | 24.18 | 23.63 | 21.58 | 20.12 | 19.34 | 19.55 | 21.23 | 23.07 | 24.02 |
| ea-ed | (mbar) | 4.31 | 3.85 | 4.52 | 4.67 | 5.36 | 6.77 | 7.76 | 8.88 | 10.49 | 10.26 | 7.68 | 4.93 |
| f(ed) | | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 |
| f(u) | (km/hari) | 0.72 | 0.68 | 0.65 | 0.64 | 0.66 | 0.67 | 0.69 | 0.69 | 0.77 | 0.76 | 0.65 | 0.66 |
| (W) | | 0.73 | 0.73 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.74 | 0.73 | 0.73 | 0.74 | 0.75 | 0.75 | 0.74 |
| (1-W) | | 0.27 | 0.27 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.26 | 0.25 | 0.26 |

Lanjutan Tabel 4.18

| Ra | mm/hari | 15.95 | 16.05 | 15.55 | 14.55 | 13.25 | 12.60 | 12.90 | 13.85 | 14.95 | 15.75 | 15.90 | 15.85 |
|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| f(n/N) | | 0.43 | 0.45 | 0.48 | 0.62 | 0.67 | 0.75 | 0.83 | 0.87 | 0.86 | 0.79 | 0.67 | 0.44 |
| Rs | (mm/hari) | 6.89 | 7.17 | 7.13 | 7.85 | 7.53 | 7.68 | 8.46 | 9.40 | 10.02 | 9.93 | 9.02 | 6.95 |
| Rns | (mm/hari) | 6.64 | 6.92 | 6.88 | 7.60 | 7.28 | 7.43 | 8.21 | 9.15 | 9.77 | 9.68 | 8.77 | 6.70 |
| f (t) | | 14.74 | 14.62 | 14.91 | 15.08 | 15.14 | 14.86 | 14.66 | 14.81 | 15.53 | 15.68 | 15.60 | 15.13 |
| Rn1 | (mm/hari) | 0.79 | 0.83 | 0.88 | 1.16 | 1.28 | 1.50 | 1.74 | 1.89 | 1.93 | 1.69 | 1.35 | 0.83 |
| Rn | (mm/hari) | 5.85 | 6.09 | 6.00 | 6.44 | 5.99 | 5.92 | 6.48 | 7.26 | 7.84 | 7.99 | 7.42 | 5.88 |
| c | | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.03 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.00 |
| ETo | (mm/hari) | 5.07 | 5.19 | 5.23 | 5.69 | 5.44 | 5.66 | 6.39 | 7.30 | 8.25 | 8.30 | 7.16 | 5.21 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.8.2 Debit Andalan F.J. Mock

Debit andalan adalah debit minimal yang tersedia di badan air yang sudah ditentukan untuk kemungkinan memenuhi fungsinya. Dalam fungsi waduk sebagai penyedia air, debit andalan digunakan untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia sebagai ukuran ketersediaan debit yang masuk ke waduk saat pengoperasiannya. Berikut ini merupakan tabel hasil perhitungan dari debit andalan menggunakan metode F.J. Mock :

Tabel 4. 19 Debit Andalan F.J. Mock

Lanjutan Tabel 4.19

| | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2015 | 0.22 | 0.52 | 0.25 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.15 |
| 2016 | 0.19 | 0.51 | 0.36 | 0.16 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.25 |
| Rerata | 0.205 | 0.275 | 0.234 | 0.104 | 0.017 | 0.033 | 0.000 | 0.018 | 0.022 | 0.025 | 0.059 | 0.238 |

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2018)

4.9 Analisa Erosi dengan Metode USLE

Prediksi sedimentasi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah dengan penggunaan dan pengelolaan lahan tertentu. Dengan diketahuinya perkiraan dan ditetapkan laju erosi yang masih dapat ditoleransi, maka dapat ditentukan kebijaksanaan penggunaan lahan dan tindakan konservasi yang diperlukan untuk areal tersebut. Tindakan konservasi tanah dan penggunaan lahan yang diterapkan harus dapat menekan laju erosi agar “sama atau lebih kecil” daripada laju erosi yang masih dapat ditoleransikan.

Dari beberapa metode untuk memperkirakan besarnya erosi permukaan, metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) adalah metode yang paling umum digunakan.

Berdasarkan persamaan USLE (*Universal Soil Loss Equation*), faktor-faktor erosi yang akan dihitung meliputi faktor erosivitas hujan (R), faktor erodibilitas (K), faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), dan faktor pengelolaan tanaman dan usaha pencegahan erosi (CP).

1. Faktor Erosivitas (R)

Data hujan yang digunakan untuk menghitung faktor erosivitas diperoleh dari data curah hujan dari Stasiun Sumber Kepuh. Masukan data curah hujan terdiri dari jumlah curah hujan bulanan selama 10 tahun dari tahun 2007-2016. Sehingga setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai erosivitas seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah.

Tabel 4. 20 Perhitungan Indeks Erosivitas (R) DAS Embung Bangle

| Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Tahunan |
|---|--------|----------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
| 2007 | 91.68 | 1,114.64 | 195.04 | 180.26 | 5.27 | 38.52 | - | - | - | 37.80 | 537.09 | 384.20 | 2,584.5 |
| 2008 | 80.54 | 97.57 | 703.32 | 42.52 | 70.13 | 5.49 | - | - | - | 14.30 | 201.87 | 99.23 | 1,315.0 |
| 2009 | 398.56 | 457.40 | 206.41 | 393.38 | 54.93 | 828.30 | - | - | - | - | - | - | 2,339.0 |
| 2010 | 202.38 | 280.28 | 530.51 | 160.94 | 62.78 | 50.41 | 2.41 | 14.88 | 298.78 | 13.31 | 259.11 | 165.08 | 2,040.9 |
| 2011 | 60.05 | 316.76 | 255.99 | 115.96 | 315.01 | - | - | - | - | 55.64 | 153.63 | 378.13 | 1,651.2 |
| 2012 | 317.80 | 394.34 | 191.98 | 73.07 | 97.51 | 4.57 | - | - | - | 83.77 | 191.56 | 221.28 | 1,575.9 |
| 2013 | 380.86 | 150.97 | 285.47 | 176.23 | 54.81 | 396.27 | 41.40 | 380.86 | 396.27 | - | 129.44 | 155.02 | 2,547.6 |
| 2014 | 216.65 | 109.45 | 328.05 | 193.45 | 48.34 | 0.10 | - | - | - | - | 76.85 | 283.14 | 1,256.0 |
| 2015 | 188.70 | 406.31 | 227.20 | 464.78 | 44.73 | - | - | - | - | - | 158.96 | 124.41 | 1,615.1 |
| 2016 | 239.92 | 437.49 | 316.58 | 289.67 | 98.94 | 72.48 | 40.24 | 2.90 | 123.73 | 207.61 | 234.67 | 286.30 | 2,350.5 |
| Total EI₃₀ Tahunan | | | | | | | | | | | | | 19,275.6 |
| Indeks Erosivitas Hujan (Rerata EI₃₀ Tahunan) | | | | | | | | | | | | | 1,927.6 |

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2018)

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk indeks erosivitas hujan :

- Menghitung jumlah hujan setiap bulanan, jumlah hari hujan tiap bulan, dan tinggi hujan maksimal bulanan. Untuk contoh perhitungan digunakan data untuk bulan Januari tahun 2007 sebagai berikut :

$$R = 3 \text{ mm/bulan}$$

$$D = 4 \text{ hari}$$

$$M = 46 \text{ mm}$$

- Hitung Erosivitas tiap bulan dengan rumus dibawah ini

$$EI_{30} = 6.199 R^{1.21} \times D^{-0.47} \times M^{0.53}$$

$$EI_{30} = 6.199 (3)^{1.21} \times (4)^{-0.47} \times (46)^{0.53}$$

$$EI_{30} = 91.68$$

- Totalkan semua EI_{30} tahunan, sehingga didapatkan nilai $EI_{30} = 19275.6$. Karena menggunakan data curah hujan 10 tahun maka di dapatkan Erosivitas Hujan rata-rata Tahunan = 1927.6

2. Faktor Erodibilitas (K)

Berdasarkan survei investigasi sebelumnya, diketahui bahwa tanah pada DAS untuk Embung Bangle didominasi oleh tanah Aluvial. Selanjutnya setelah mengetahui jenis tanah, maka nilai erodibilitas (K) dapat diketahui dengan melihat Tabel 2.10 Sehingga didapat nilai K untuk daerah DAS Embung Bangle sebesar 0.315.

3. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Untuk faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) ditentukan dengan menentukan panjang lereng yang terpanjang pada DAS Embung Bangle, dan juga slope yang terjadi pada lereng. Dari data yang ada kemudian dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Diketahui : Panjang Lereng (l) = 740 m

Slope Lereng (S) = 0.061

m untuk slope >5% = 0.5

$$LS = \left| \frac{l}{22} \right|^m (0.065 + 0.045S + 0.0065S^2)$$

$$LS = \left| \frac{740}{22} \right|^{0.5} (0.065 + 0.045(0.061) + 0.0065(0.061)^2)$$

$$LS = 0.393$$

4. Faktor Pengelolaan Tanaman dan Usaha Pencegah Erosi (CP)

Faktor pengelolaan tanaman dan usaha pencegahan erosi dapat diketahui dari peta tata guna lahan atau peta penutupan lahan dan pengamatan langsung di lapangan.

Dari data yang ada diketahui bahwa daerah DAS Embung Bangle merupakan lahan Hutan Jati yang dikategorikan tidak ada tindakan konservasi tanah. Sehingga berdasarkan Tabel 2.11 dan Tabel 2.12 untuk penentuan $C = 0.005$ dan $P = 1.00$

5. Perhitungan Nilai Laju Erosi (A)

Setelah parameter-parameter dalam persamaan USLE telah ditentukan nilainya, maka besarnya erosi di DAS Embung Bangle dapat diperkirakan dengan mengalikan faktor-faktor erosi melalui persamaan berikut :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$A = 1927.56 \times 0.315 \times 0.393 \times 0.005 \times 1.00$$

$$A = 1.193 \text{ ton/ha/tahun}$$

$$A = 99.026 \text{ ton/tahun}$$

Untuk mengetahui sedimen potensial dapat dihitung dengan cara berikut :

- Menghitung Nilai SDR

$$SDR = S \times \frac{(1 - 0.8683(Area^{-0.2018}))}{2(S + 50.n)} + 0.8683(Area^{-0.2018})$$

Dimana : A = Luas DAS (Ha)

S = Kemiringan Lereng

$$SDR = 0.061 \times \frac{(1 - 0.8683(83^{-0.2018}))}{2(0.061 + 50.n)} + 0.8683(83^{-0.2018})$$

$$SDR = 0.364$$

- Menghitung Sedimen Potensial

$$\text{Sedimen Potensial} = A \times SDR \times \gamma_{tanah}$$

$$\text{Sedimen Potensial} = 99.026 \times 0.364 \times 2.52 = 90.94 \text{ m}^3/\text{th}$$

4.10 Lengkung Kapasitas

Lengkung kapasitas waduk merupakan grafik yang menghubungkan luas daerah genangan dengan volume tampungan terhadap elevasinya. Lengkung kapasitas dapat dibentuk dengan cara mengukur luas yang diapit oleh tiap – tiap garis kontur di dalam kedudukan embung tersebut dengan planimeter. Komulatif dari lengkung luas dan elevasi tersebut merupakan lengkung kapasitas waduk. Untuk luas daerah genangan dapat dihitung menggunakan *software AutoCAD* 2016 dengan luas yang dihitung memiliki beda elevasi kontur sebesar 1 m. Untuk volume tampungan dapat dihitung menggunakan rumus, berikut ini adalah contoh perhitungan volume tampungan untuk elevasi kontur +50 :

$$I = \sum [((h_{i+1}) - h_i) \times 0,5x(F_i + F_{i+1})]$$

$$I = \sum [(51 - 50)x 0,5 \times (661,20 + 827,87)]$$

$$I = 744,536 \text{ m}^3$$

Tabel 4. 21 Perhitungan volume tampungan tiap elevasi

| Elevasi | F _i (m ²) | F _{i+1} (m ²) | F _i rata-rata | H _{i-1} - H _i (m) | Volume Genangan (m ³) | Volume Komulatif (m ³) |
|---------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 50 | 661.20 | 827.87 | | | | |
| | | | 744.54 | 1.00 | 744.54 | 744.54 |
| 51 | 827.87 | 2907.18 | | | | |
| | | | 1867.53 | 1.00 | 1867.53 | 2612.06 |
| 52 | 2907.18 | 4371.68 | | | | |
| | | | 3639.43 | 1.00 | 3639.43 | 6251.49 |
| 53 | 4371.68 | 8117.34 | | | | |
| | | | 6244.51 | 1.00 | 6244.51 | 12496.00 |
| 54 | 8117.34 | 11462.56 | | | | |
| | | | 9789.95 | 1.00 | 9789.95 | 22285.95 |
| 55 | 11462.56 | 16030.56 | | | | |

Lanjutan Tabel 4.21

| | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|------|----------|----------|
| | | | 13746.56 | 1.00 | 13746.56 | 36032.51 |
| 56 | 16030.56 | 17562.03 | | | | |
| | | | 16796.29 | 1.00 | 16796.29 | 52828.81 |
| 57 | 17562.03 | 29844.10 | | | | |
| | | | 23703.06 | 1.00 | 23703.06 | 76531.87 |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

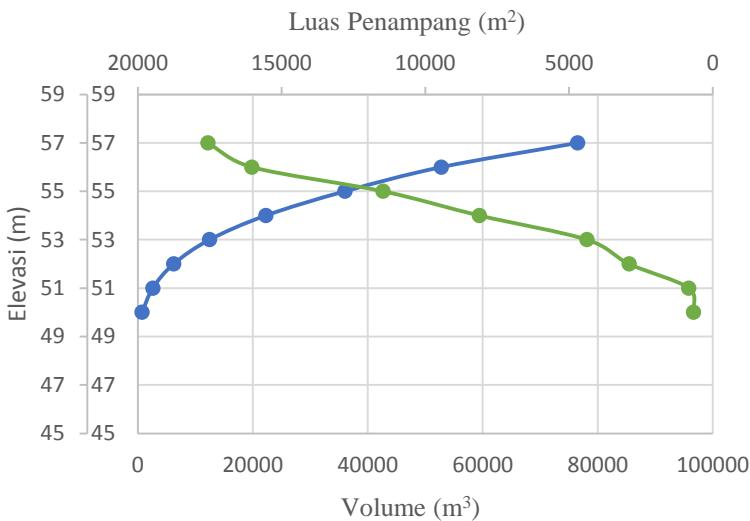
Hasil dari perhitungan untuk volume tampungan dan luas tampungan setiap elevasi ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 22 Tabel Elevasi, Luas tampungan, dan Volume

| Elevasi | Luas Genangan | Volume |
|---------|---------------|-----------|
| 50 | 661.201 | 744.536 |
| 51 | 827.871 | 2612.063 |
| 52 | 2907.183 | 6251.493 |
| 53 | 4371.679 | 12496.003 |
| 54 | 8117.339 | 22285.954 |
| 55 | 11462.564 | 36032.513 |
| 56 | 16030.555 | 52828.808 |
| 57 | 17562.035 | 76531.873 |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

Dari Tabel diatas kemudian dibuat sebuah grafik hubungan antara elevasi, luas tampungan dan volume atau merupakan grafik lengkung kapasita. Berikut ini adalah grafik lengkung kapasitas yang dihasilkan :



Gambar 4. 5 Grafik Lengkung Kapasitas

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Dari grafik tersebut terlihat ada titik yang saling memotong garis pada grafik. Perpotongan tersebut digunakan untuk merencanakan elevasi mercu pelimpah yang berada pada elevasi +55,00 m.

4.11 Kapasitas Tampungan Embung

Untuk kapasitas tampungan total dapat dilihat dari elevasi tampungan embung yang direncanakan. Pada perhitungan lengkung kapasitas didapatkan elevasi puncak embung adalah +55,00 sehingga pada elevasi tersebut volume yang dapat ditampung adalah 36032,51 m³. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kapasitas total embung yang direncanakan adalah sebesar 36032,51 m³.

Kapasitas tampungan total masih terdapat *dead storage* yang merupakan volume dari pengendap sedimen yang terjadi pada embung. Pada tugas akhir ini direncanakan *dead storage*

berada sampai elevasi +51.00, sehingga dipekirakan mampu menampung sedimen hingga 2612.06 m³. Sehingga untuk kapasitas efektif embung adalah kapasitas tampungan total dikurangi volume *dead storage* =36032.51 m³- 2612.06 m³ = 33420.45 m³

Pada sub-bab sebelumnya sudah dihitung sedimen potensial yang terjadi di DAS Embung Bangle yaitu sebesar 90.94 m³/tahun. Untuk mengetahui umur embung maka dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Umur Rencana} = \frac{\text{Kapasitas Dead Storage}}{\text{Sedimen Potensial}}$$

$$\text{Umur Rencana} = \frac{2612.06}{90.94} = 28.722 \text{ tahun}$$

Sehingga direncanakan Umur Rencana Embung adalah 28.722 tahun atau dibulatkan menjadi 28 tahun.

4.12 Analisa Kebutuhan Air

Analisa ini digunakan untuk mengetahui jumlah debit air yang dibutuhkan dan digunakan untuk mengetahui kebutuhan air baku, dan kebutuhan irigasi. Dengan adanya analisa kebutuhan air maka akan mempermudah untuk mengetahui apakah debit andalan pada embung akan memenuhi semua kebutuhan air yang diinginkan.

4.12.1 Kebutuhan Air Baku

Salah satu fungsi Embung Bangle ini adalah sebagai penyedia air baku untuk warga Desa Bangle. Diharapkan dengan adanya embung ini, kebutuhan air baku untuk seluruh warga Desa Bangle bisa terpenuhi.

4.12.1.1 Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk yang memerlukan air baku dari Embung Bangle diperlukan untuk mengetahui banyaknya kebutuhan air baku.

Untuk proyeksi penduduk dapat dihitung dari jumlah penduduk pada awal pembangunan embung dan diproyeksi selama umur rencana embung. Untuk Embung Bangle, umur rencana embung selama 28 tahun. Sehingga proyeksi yang dihitung adalah dari tahun 2016 sampai 2045. Perhitungan proyeksi dihitung dengan metode Geomatik, metode Arikmatik, dan metode Eksponensia

Dusun Bangle memiliki jumlah penduduk sebanyak 940 jiwa dengan laju pertumbuhan sebesar 0,415 %. Berikut ini contoh perhitungan dan hasil dari perhitungan proyeksi penduduk ditampilkan pada tabel di bawah ini :

1. Metode Aritmetik

$$\begin{aligned} P_n &= P_0(1+r \cdot n) \\ &= 940(1+(0,415\% \times (2017-2016))) \\ &= 943 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

2. Metode Geometrik

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 (1 + r)^n \\ &= 940 (1+0,415\%)^{(2017-2016)} \\ &= 943 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

3. Metode Eksponensial

$$\begin{aligned} P_n &= P_0 \times e^{r \cdot n} \\ &= 940 \times e^{0,415\% \times (2017-2016)} \\ &= 943 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Tabel 4. 23 Perhitungan Proyeksi Penduduk

| No | Tahun | Aritmetik | Geometrik | Eksponensial |
|----|-------|-----------|-----------|--------------|
| 1 | 2016 | 940 | 940 | 940 |
| 2 | 2017 | 943 | 943 | 943 |
| 3 | 2018 | 947 | 947 | 947 |
| 4 | 2019 | 951 | 951 | 951 |
| 5 | 2020 | 955 | 955 | 955 |

Lanjutan Tabel 4.23

| | | | | |
|----|------|------|------|------|
| 6 | 2021 | 959 | 959 | 959 |
| 7 | 2022 | 963 | 963 | 963 |
| 8 | 2023 | 967 | 967 | 967 |
| 9 | 2024 | 971 | 971 | 971 |
| 10 | 2025 | 975 | 975 | 975 |
| 11 | 2026 | 978 | 979 | 979 |
| 12 | 2027 | 982 | 983 | 983 |
| 13 | 2028 | 986 | 987 | 987 |
| 14 | 2029 | 990 | 991 | 992 |
| 15 | 2030 | 994 | 996 | 996 |
| 16 | 2031 | 998 | 1000 | 1000 |
| 17 | 2032 | 1002 | 1004 | 1004 |
| 18 | 2033 | 1006 | 1008 | 1008 |
| 19 | 2034 | 1010 | 1012 | 1012 |
| 20 | 2035 | 1014 | 1016 | 1017 |
| 21 | 2036 | 1017 | 1021 | 1021 |
| 22 | 2037 | 1021 | 1025 | 1025 |
| 23 | 2038 | 1025 | 1029 | 1029 |
| 24 | 2039 | 1029 | 1033 | 1034 |
| 25 | 2040 | 1033 | 1038 | 1038 |
| 26 | 2041 | 1037 | 1042 | 1042 |
| 27 | 2042 | 1041 | 1046 | 1047 |
| 28 | 2043 | 1045 | 1051 | 1051 |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

4.12.1.2Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga.

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan jumlah kebutuhan air baku domestik untuk sambungan rumah :

Tabel 4. 24 Kebutuhan air untuk Sambungan Rumah

| No | Tahun | Proyeksi penduduk | Tingkat Pelayanan | Jumlah Terlayani | Kebutuhan Air Perorang | Kebutuhan Air |
|----|-------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------|---------------|
| | | (jiwa) | % | (jiwa) | (lt/orng/hari) | (lt/hari) |
| 1 | 2016 | 940 | 100 | 940 | 60 | 56370 |
| 2 | 2017 | 943 | 100 | 943 | 60 | 56604 |
| 3 | 2018 | 947 | 100 | 947 | 60 | 56840 |
| 4 | 2019 | 951 | 100 | 951 | 60 | 57076 |
| 5 | 2020 | 955 | 100 | 955 | 60 | 57314 |
| 6 | 2021 | 959 | 100 | 959 | 60 | 57552 |
| 7 | 2022 | 963 | 100 | 963 | 60 | 57791 |
| 8 | 2023 | 967 | 100 | 967 | 60 | 58032 |
| 9 | 2024 | 971 | 100 | 971 | 60 | 58273 |
| 10 | 2025 | 975 | 100 | 975 | 60 | 58515 |
| 11 | 2026 | 979 | 100 | 979 | 60 | 58759 |
| 12 | 2027 | 983 | 100 | 983 | 60 | 59003 |
| 13 | 2028 | 987 | 100 | 987 | 60 | 59248 |
| 14 | 2029 | 992 | 100 | 992 | 60 | 59495 |
| 15 | 2030 | 996 | 100 | 996 | 60 | 59742 |
| 16 | 2031 | 1000 | 100 | 1000 | 60 | 59991 |
| 17 | 2032 | 1004 | 100 | 1004 | 60 | 60240 |
| 18 | 2033 | 1008 | 100 | 1008 | 60 | 60491 |
| 19 | 2034 | 1012 | 100 | 1012 | 60 | 60742 |
| 20 | 2035 | 1017 | 100 | 1017 | 60 | 60995 |
| 21 | 2036 | 1021 | 100 | 1021 | 60 | 61248 |
| 22 | 2037 | 1025 | 100 | 1025 | 60 | 61503 |

Lanjutan Tabel 4.24

| | | | | | | |
|----|------|------|-----|------|----|-------|
| 23 | 2038 | 1029 | 100 | 1029 | 60 | 61759 |
| 24 | 2039 | 1034 | 100 | 1034 | 60 | 62016 |
| 25 | 2040 | 1038 | 100 | 1038 | 60 | 62274 |
| 26 | 2041 | 1042 | 100 | 1042 | 60 | 62533 |
| 27 | 2042 | 1047 | 100 | 1047 | 60 | 62793 |
| 28 | 2043 | 1051 | 100 | 1051 | 60 | 63054 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Berdasarkan tabel diatas cara untuk menghitung besarnya kebutuhan air baku untuk Sambungan Rumah adalah :

- Proyeksi penduduk untuk 28 tahun = 1051 jiwa
- Presentase pelayanan SR = 100 %
- Kebutuhan air di SR = 60 lt/jiwa/hari
- Kebutuhan air total = $(1051 \times 100\%) \times 60$
= 63054 l/hari

Selain menghitung air baku untuk sambungan rumah, perlu juga dihitung kebutuhan air baku untuk Hidran Umum. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan air baku domestik untuk Hidran Umum :

Tabel 4. 25 Kebutuhan Air Untuk Hidran Umum

| No | Tahun | Proyeksi penduduk | Tingkat Pelayanan | Jumlah Terlayani | Kebutuhan Air Perorang | Kebutuhan Air |
|----|-------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------|---------------|
| | | (jiwa) | % | (jiwa) | (lt/orng/hari) | (lt/hari) |
| 1 | 2016 | 940 | 25 | 234.88 | 30 | 7046 |
| 2 | 2017 | 943 | 25 | 235.85 | 30 | 7076 |
| 3 | 2018 | 947 | 25 | 236.83 | 30 | 7105 |
| 4 | 2019 | 951 | 25 | 237.82 | 30 | 7135 |
| 5 | 2020 | 955 | 25 | 238.81 | 30 | 7164 |
| 6 | 2021 | 959 | 25 | 239.80 | 30 | 7194 |

Lanjutan Tabel 4.25

| | | | | | | |
|----|------|------|----|--------|----|------|
| 7 | 2022 | 963 | 25 | 240.80 | 30 | 7224 |
| 8 | 2023 | 967 | 25 | 241.80 | 30 | 7254 |
| 9 | 2024 | 971 | 25 | 242.80 | 30 | 7284 |
| 10 | 2025 | 975 | 25 | 243.81 | 30 | 7314 |
| 11 | 2026 | 979 | 25 | 244.83 | 30 | 7345 |
| 12 | 2027 | 983 | 25 | 245.85 | 30 | 7375 |
| 13 | 2028 | 987 | 25 | 246.87 | 30 | 7406 |
| 14 | 2029 | 992 | 25 | 247.89 | 30 | 7437 |
| 15 | 2030 | 996 | 25 | 248.93 | 30 | 7468 |
| 16 | 2031 | 1000 | 25 | 249.96 | 30 | 7499 |
| 17 | 2032 | 1004 | 25 | 251.00 | 30 | 7530 |
| 18 | 2033 | 1008 | 25 | 252.04 | 30 | 7561 |
| 19 | 2034 | 1012 | 25 | 253.09 | 30 | 7593 |
| 20 | 2035 | 1017 | 25 | 254.14 | 30 | 7624 |
| 21 | 2036 | 1021 | 25 | 255.20 | 30 | 7656 |
| 22 | 2037 | 1025 | 25 | 256.26 | 30 | 7688 |
| 23 | 2038 | 1029 | 25 | 257.33 | 30 | 7720 |
| 24 | 2039 | 1034 | 25 | 258.40 | 30 | 7752 |
| 25 | 2040 | 1038 | 25 | 259.47 | 30 | 7784 |
| 26 | 2041 | 1042 | 25 | 260.55 | 30 | 7817 |
| 27 | 2042 | 1047 | 25 | 261.64 | 30 | 7849 |
| 28 | 2043 | 1051 | 25 | 262.72 | 30 | 7882 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Berdasarkan tabel diatas cara untuk menghitung besarnya kebutuhan air baku untuk Hidran Umum adalah :

- Proyeksi penduduk untuk 28 tahun = 1051 jiwa
- Presentase pelayanan HU = 25 %
- Jumlah yang terlayani = $1051 \times 25\%$

- Kebutuhan air di HU = 262.72
- Kebutuhan air HU = 30 lt/jiwa/hari
-
-
- = 262.72 x 30 = 7882 l/hari
-
-

Sehingga total kebutuhan air baku domestik adalah :
 Kebutuhan Domestik Total = Kebutuhan HU + Kebutuhan SR

$$\begin{aligned} &= 7882 \text{ l/hari} + 63054 \text{ l/hari} \\ &= 70935 \text{ l/hari} \end{aligned}$$

4.12.1.3 Kebutuhan Air Non-Domestik

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air baku yang digunakan untuk beberapa kegiatan seperti institusional, komersial, industri, dan kebutuhan fasilitas umum. Tabel di bawah ini merupakan fasilitas-fasilitas yang ada di Desa Bangle berdasarkan data statistik :

Tabel 4. 26 Fasilitas Umum di Desa Bangle

| No | Fasilitas | Jumlah |
|----|--|-----------------------|
| 1 | Pendidikan 1. TK (1 Sekolah) 2. SD (1 Sekolah) | 30 Murid 169 Murid |
| 2 | Kesehatan 1. PUSTU (Puskesmas Pembantu) 2. POLINDES | 1 1 |
| 3 | Tempat Ibadah 1. Masjid 2. Mushola | 2 2 |
| 4 | Perdagangan 1. Toko 2. Warung | 2 2 |

(Sumber : Kecamatan Lengkong Dalam Angka, 2017)

Untuk mengetahui kebutuhan masing-masing fasilitas, tabel di bawah ini merupakan jumlah kebutuhan tiap fasilitas :

Tabel 4. 27 Kebutuhan masing-masing Fasilitas

| Fasilitas | Kebutuhan | Satuan |
|-------------|-----------|--------------------|
| Sekolah | 10 | liter /murid /hari |
| Rumah Sakit | 200 | liter /bed/hari |
| Puskesmas | 2000 | liter/unit/hari |
| Masjid | 3000 | liter/unit/hari |
| Pasar | 12000 | liter/hektar/hari |
| Toko | 10 | liter/hari |

Setelah mengetahui kebutuhan masing-masing fasilitas, maka berikutnya akan diketahui jumlah total kebutuhan air non-domestik. Tabel di bawah ini merupakan hasil perhitungan kebutuhan air non-domestik di Desa Bangle. :

Tabel 4. 28 Kebutuhan Air Baku Non-Domestik

| No | Fasilitas | Jumlah | Total Kebutuhan |
|--------------|--|-----------------------|------------------------------|
| 1 | Pendidikan 1. TK (1 Sekolah) 2. SD (1 Sekolah) | 30 Murid 169 Murid | 300 lt/hari 1690 lt/hari |
| 2 | Kesehatan 1. PUSTU (Puskesmas Pembantu) 2. POLINDES | 1 1 | 2000 lt/hari 2000 lt/hari |
| 3 | Tempat Ibadah 1. Masjid 2. Mushola | 2 2 | 6000 lt/hari 3000 lt/hari |
| 4 | Perdagangan 1. Toko 2. Warung | 2 2 | 20 lt/hari 20 lt/hari |
| Total | | | 15030 lt/hari |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.12.1.4 Kehilangan Energi

Perhitungan kehilangan energi diperkirakan dari embung hingga ke kawasan layanan mencapai 30% dari total kebutuhan air yang dihitung, yaitu kebutuhan air baku domestik maupun non-domestik. Berikut ini adalah contoh perhitungan kehilangan air :

$$\begin{aligned} Q_{\text{kehilangan}} &= 30\% \times (Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non-domestik}}) \\ &= 30\% \times (70935 \text{ l/hari} + 15030 \text{ l/hari}) \\ &= 25789.6 \text{ l/hari} \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan air yang direncanakan merupakan total kebutuhan air ditambah dengan kehilangan air sebesar 30%

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan} &= Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non-domestik}} + Q_{\text{kehilangan}} \\ &= 70935 + 15030 + 25789.6 \\ &= 111754.6 \text{ l/hari} \\ &= 1.29 \text{ l/detik} \\ &= 0.00129 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

4.12.2 Kebutuhan Air Irigasi

Untuk menghitung kebutuhan air irigasi maka perlu ditentukan pola tanam terlebih dahulu. Pola tanam yang digunakan adalah Palawija-Palawija-Palawija karena kondisi ketersediaan debit andalan yang terbatas. Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan kebutuhan air untuk keperluan irigasi :

1. Menetukan nilai evapotranspirasi potensial (Eto). Dimana sebelumnya sudah dihitung dan perhitungannya dapat di lihat pada Tabel 4.18
2. Menentukan koefisien tanam (Kc). Nilai koefisien tanaman ini diperoleh dari Tabel A.2.5 KP 01.
3. Menghitung evapotranspirasi tanaman (Etc)
 $Etc = Kc \times Eto$
4. Menentukan nilai perkolasasi dan rembesan yakni sebesar 2.00 mm/hari
5. Menghitung tinggi hujan setengah bulanan dari data hujan tahun 1997-2016. Kemudian dicari R50 yakni tinggi hujan dengan probabilitas terpenuhi 50%.
6. Menghitung koefisien f_D

- $$f_D = 0.53 + (0.00016 \times 10^{-5} \times D^2) + (2.32 \times 10^{-7} \times D^3)$$
7. Menghitung tinggi hujan efektif (Re)
- $$Re = f_D \times (1.25 \times R_{50}^{0.824} - 2.93) \times 10^{0.00095 \times ET_0}$$
8. Menghitung kebutuhan air netto (NFR).
- Jika $Re >$ kebutuhan tanaman maka air yang dibutuhkan untuk irigasi = 0.
 - Jika $Re <$ kebutuhan tanaman maka kebutuhan air irigasi = kebutuhan tanaman – Re
9. Menghitung kebutuhan air dari *intake* (DR)

$$DR = \frac{NFR}{0.65}$$

Hasil dari perhitungan kemudian dilakukan simulasi Embung Bangle untuk mengetahui apakah kebutuhan irigasi dapat dilayani. Perhitungan ini digunakan untuk melayani daerah irigasi sebesar 10 Ha. Perhitungan kebutuhan air untuk irigasi ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 29 Kebutuhan Irigasi Pola Tanam Palawija-Palawija-Palawija

| NO | URAIAN | SATUAN | OKTOBER | | NOPEMBER | | DESEMBER | | JANUARI | | PEBRUARI | | MARET | |
|----|------------------------------|-----------|---------|-------|----------|-------|----------|--------|---------|--------|----------|--------|--------|--------|
| | | | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II |
| | | | 15 | 16 | 15 | 15 | 15 | 16 | 15 | 16 | 14 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | ET | mm/hr | 8.30 | 8.30 | 7.16 | 7.16 | 5.21 | 5.21 | 5.07 | 5.07 | 5.19 | 5.19 | 5.23 | 5.23 |
| 2 | Koefisien Tanam (Kc) | mm/hr | | | 0.50 | 0.51 | 0.69 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | | | 0.50 | 0.51 |
| | | | | | 0.50 | 0.51 | 0.69 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | | | 0.50 | 0.50 |
| | Koefisien Tanam (Kc) Rerata | | | | 0.50 | 0.51 | 0.60 | 0.80 | 0.93 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.50 | 0.51 |
| 3 | Et Crop | mm/hr | | | 3.58 | 3.62 | 3.12 | 4.14 | 4.69 | 4.82 | 4.93 | | 2.62 | 2.64 |
| 4 | Penyiapan lahan | mm/hr | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Perkolasi & rembesan | mm/hr | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 6 | Evaporasi during LP | mm/hr | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Water layer replacement | mm/hr | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Total crop water requirement | mm/hr | 2.00 | 2.00 | 5.58 | 5.62 | 5.12 | 6.14 | 6.69 | 6.82 | 6.93 | 2.00 | 4.62 | 4.64 |
| 9 | R50 | mm/0.5bln | 0.00 | 1.00 | 50.00 | 97.00 | 137.50 | 155.50 | 110.00 | 136.50 | 104.50 | 131.00 | 145.00 | 163.50 |
| 10 | D (Bawang Merah) | mm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| 11 | fD | | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 |
| 12 | Reff Palawija | mm/hr | -0.11 | -0.06 | 1.08 | 1.94 | 2.61 | 2.72 | 2.16 | 2.43 | 2.21 | 2.69 | 2.74 | 2.84 |
| 13 | Net. field requirement | mm/hr | 2.11 | 2.06 | 4.50 | 3.67 | 2.51 | 3.42 | 4.54 | 4.38 | 12.13 | 11.66 | 1.88 | 1.80 |
| 14 | Net. field requirement | l/dt/ha | 0.24 | 0.24 | 0.52 | 0.43 | 0.29 | 0.40 | 0.52 | 0.51 | 1.40 | 1.35 | 0.22 | 0.21 |
| 15 | Diversion Requirement | l/dt/ha | 0.38 | 0.37 | 0.80 | 0.65 | 0.45 | 0.61 | 0.81 | 0.78 | 2.16 | 2.08 | 0.34 | 0.32 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Tabel 4. 30 Lanjutan Tabel Kebutuhan Irigasi Pola Tanam Palawija-Palawija-Palawija

| APRIL | | MEI | | JUNI | | JULI | | AGUSTUS | | SEPTEMBER | |
|-----------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-----------------|-------|---------|-------|-----------|-------|
| I | II | I | II | I | II | I | II | I | II | I | II |
| 15 | 15 | 15 | 16 | 15 | 15 | 15 | 16 | 15 | 16 | 15 | 15 |
| | | | | | | | | | | | |
| Palawija | | | | PL | | Palawija | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 5.69 | 5.69 | 5.44 | 5.44 | 5.65 | 5.65 | 6.39 | 6.39 | 7.30 | 7.30 | 8.25 | 8.25 |
| 0.69 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | | 0.50 | 0.51 | 0.69 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | |
| 0.51 | 0.69 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | | 0.50 | 0.51 | 0.69 | 0.90 | 0.95 | 0.95 |
| 0.60 | 0.80 | 0.93 | 0.95 | 0.95 | 0.50 | 0.51 | 0.60 | 0.80 | 0.93 | 0.95 | 0.95 |
| 3.41 | 4.52 | 5.03 | 5.17 | 5.37 | 2.83 | 3.23 | 3.83 | 5.80 | 6.75 | 7.84 | 7.84 |
| | | | | | | | | | | | |
| 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| | | | | | | | | | | | |
| 5.41 | 6.52 | 7.03 | 7.17 | 7.37 | 4.83 | 5.23 | 5.83 | 7.80 | 8.75 | 9.84 | 9.84 |
| 110.50 | 64.00 | 40.50 | 8.00 | 20.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 | 0.56 |
| 2.17 | 1.34 | 0.88 | 0.14 | 0.45 | -0.08 | -0.11 | -0.10 | -0.11 | -0.10 | -0.11 | -0.11 |
| 3.25 | 5.18 | 6.15 | 7.03 | 6.93 | 4.91 | 5.34 | 5.94 | 7.91 | 8.86 | 9.95 | 9.95 |
| 0.38 | 0.60 | 0.71 | 0.81 | 0.80 | 0.57 | 0.62 | 0.69 | 0.92 | 1.02 | 1.15 | 1.15 |
| 0.58 | 0.92 | 1.09 | 1.25 | 1.23 | 0.87 | 0.95 | 1.06 | 1.41 | 1.58 | 1.77 | 1.77 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.13 Analisa Keseimbangan Air

Analisa keseimbangan berkaitan dengan kebutuhan air yang dikonsumsi dan ketersediaan air pada embung. Pada analisa ini bertujuan untuk mengetahui jika air tampungan embung dengan debit andalan yang tersedia apakah bisa memenuhi kebutuhan air di Desa Bangle. Perhitungan ini dilakukan bertahap, yaitu dengan menghitung keseimbangan air domestik terlebih dahulu, jika debit andalan masih tersedia maka bisa digunakan untuk kebutuhan air non-domestik dan juga kebutuhan air untuk irigasi. Hasil perhitungan keseluruhan untuk analisa keseimbangan air dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 31 Analisa Keseimbangan Air

| Bulan | P | Jumlah Hari | Kebutuhan Air Irigasi | | Kebutuhan Air Baku | | Evaporasi dan Perkolasi (m³) | Volume Kebutuhan Total (m³) | Vol Andalan (m³) | defisit | S _{i+1} | S akhir prd | Spillout | Ket. |
|-------|---|-------------|-----------------------|----------|--------------------|--------|------------------------------|-----------------------------|------------------|-----------|------------------|-------------|----------|-------|
| | | | (m³/dt) | m³ | (m³/dt) | m³ | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 33,420.5 | |
| Jan | 1 | 15 | 0.008 | 10,466.3 | 0.00129 | 1676.3 | 1,108.5 | 11,574.8 | 266,002.3 | 254,427.5 | 287,847.9 | 33,420.5 | 254427.5 | Cukup |
| | 2 | 16 | 0.008 | 10,790.0 | 0.00129 | 1788.1 | 1,182.4 | 13,760.5 | 283,735.8 | 269,975.3 | 303,395.7 | 33,420.5 | 269975.3 | Cukup |
| Feb | 1 | 15 | 0.022 | 28,002.1 | 0.00129 | 1676.3 | 1,127.8 | 30,806.2 | 356,080.3 | 325,274.1 | 358,694.5 | 33,420.5 | 325274.1 | Cukup |
| | 2 | 13 | 0.021 | 23,315.6 | 0.00129 | 1452.8 | 977.4 | 25,745.9 | 308,602.9 | 282,857.1 | 316,277.5 | 33,420.5 | 282857.1 | Cukup |
| Mar | 1 | 15 | 0.003 | 4,343.3 | 0.00129 | 1676.3 | 1,062.2 | 7,081.8 | 303,212.1 | 296,130.3 | 329,550.7 | 33,420.5 | 296130.3 | Cukup |
| | 2 | 16 | 0.003 | 4,435.1 | 0.00129 | 1788.1 | 1,133.1 | 7,356.2 | 323,426.3 | 316,070.1 | 349,490.5 | 33,420.5 | 316070.1 | Cukup |
| Apr | 1 | 15 | 0.006 | 7,488.7 | 0.00129 | 1676.3 | 996.4 | 10,161.5 | 135,212.2 | 125,050.7 | 158,471.2 | 33,420.5 | 125050.7 | Cukup |
| | 2 | 15 | 0.009 | 11,951.6 | 0.00129 | 1676.3 | 996.4 | 14,624.3 | 135,212.2 | 120,587.9 | 154,008.3 | 33,420.5 | 120587.9 | Cukup |
| May | 1 | 15 | 0.011 | 14,183.0 | 0.00129 | 1676.3 | 1,033.1 | 16,892.5 | 22,066.3 | 5,173.8 | 38,594.3 | 33,420.5 | 5173.8 | Cukup |
| | 2 | 16 | 0.013 | 17,292.6 | 0.00129 | 1788.1 | 1,102.0 | 20,182.7 | 23,537.4 | 3,354.7 | 36,775.2 | 33,420.5 | 3354.7 | Cukup |
| Jun | 1 | 15 | 0.012 | 15,982.1 | 0.00129 | 1676.3 | 1,024.1 | 18,682.5 | 42,595.7 | 23,913.2 | 57,333.7 | 33,420.5 | 23913.2 | Cukup |
| | 2 | 15 | 0.009 | 11,333.4 | 0.00129 | 1676.3 | 1,024.1 | 14,033.8 | 42,595.7 | 28,561.9 | 61,982.3 | 33,420.5 | 28561.9 | Cukup |
| Jul | 1 | 15 | 0.010 | 12,315.2 | 0.00129 | 1676.3 | 1,116.3 | 15,107.8 | 0.0 | -15,107.8 | 18,312.7 | 18,312.7 | 0.0 | Cukup |
| | 2 | 16 | 0.011 | 14,612.9 | 0.00129 | 1788.1 | 1,190.7 | 17,591.7 | 0.0 | -17,591.7 | 721.0 | 721.0 | 0.0 | Cukup |
| Aug | 1 | 15 | 0.014 | 18,261.2 | 0.00129 | 1676.3 | 1,299.5 | 21,237.0 | 23,924.7 | 2,687.7 | 3,408.7 | 3,408.7 | 0.0 | Cukup |
| | 2 | 16 | 0.016 | 21,797.0 | 0.00129 | 1788.1 | 1,386.1 | 24,971.2 | 25,519.7 | 548.5 | 3,957.1 | 3,957.1 | 0.0 | Cukup |
| Sep | 1 | 15 | 0.018 | 22,953.8 | 0.00129 | 1676.3 | 1,387.3 | 26,017.4 | 28,750.8 | 2,733.4 | 6,690.5 | 6,690.5 | 0.0 | Cukup |
| | 2 | 15 | 0.018 | 22,953.8 | 0.00129 | 1676.3 | 1,387.3 | 26,017.4 | 28,750.8 | 2,733.4 | 9,424.0 | 9,424.0 | 0.0 | Cukup |
| Oct | 1 | 15 | 0.003 | 3,318.6 | 0.00129 | 1676.3 | 1,413.4 | 6,408.3 | 32,061.7 | 25,653.4 | 35,077.4 | 33,420.5 | 1656.9 | Cukup |
| | 2 | 16 | 0.006 | 8,462.0 | 0.00129 | 1788.1 | 1,507.6 | 11,757.7 | 34,199.2 | 22,441.5 | 55,862.0 | 33,420.5 | 22441.5 | Cukup |
| Nov | 1 | 15 | 0.009 | 11,455.6 | 0.00129 | 1676.3 | 1,192.5 | 14,324.4 | 76,577.6 | 62,253.2 | 95,673.7 | 33,420.5 | 62253.2 | Cukup |
| | 2 | 15 | 0.013 | 17,422.6 | 0.00129 | 1676.3 | 1,192.5 | 20,291.4 | 76,577.6 | 56,286.2 | 89,706.7 | 33,420.5 | 56286.2 | Cukup |
| Dec | 1 | 15 | 0.015 | 19,397.4 | 0.00129 | 1676.3 | 984.8 | 22,058.5 | 308,129.2 | 286,070.7 | 319,491.2 | 33,420.5 | 286070.7 | Cukup |
| | 2 | 16 | 0.015 | 20,427.4 | 0.00129 | 1788.1 | 1,050.5 | 23,265.9 | 328,671.2 | 305,405.3 | 338,825.8 | 33,420.5 | 305405.3 | Cukup |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

4.14 Flood Routing

Untuk menganalisa *flood routing*, perhitungan yang digunakan adalah menggunakan hidrograf *inflow* Metode Nakayasu dengan periode 100 tahun. Puncak pelimpah direncanakan pada elevasi muka air pada saat tampungan efektif terjadi yaitu pada elevasi +55.00 m. Untuk memberikan keamanan pada perencanaan tubuh embung maka dari elevasi tampungan efektif perlu diberi tinggi jagaan agar mengurangi risiko adanya *overtopping* yaitu sebesar 2 m. Dari penambahan tinggi jagaan tersebut maka elevasi puncak tubuh embung adalah +57.00 dengan total tinggi embung adalah 7 m. Lebar pelimpah direncanakan 6 m. Koefisien limpasan C tergantung pada kondisi DAS Embung Bangle. Karena kawasan DAS merupakan daerah hutan jati maka nilai C = 2.2 dengan $\Delta t = 900$ detik.

Sebelum melakukan perhitungan *flood routing* melalui pelimpah, terlebih dahulu dilakukan perhitungan hubungan antara elevasi air di atas mercu, tampungan dan debit. Berikut contoh perhitungan untuk elevasi air di atas mercu ($H = 0.1$ m

- Koefisien debit (C) = 2.2
- Lebar mercu = 6 m
- Debit (Q) = $C \times B \times (H)^{3/2}$

$$= 2.2 \times 6 \times (0.1)^{3/2}$$

$$= 0.42 \text{ m}^3/\text{detik}$$
- $Q/2 = 0.21 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Volume tampungan (S) = $37.71 \times 10^3 \text{ m}^3$
- $S = \text{Volume (+55.10)} - \text{Volume (+55.00)}$

$$= 37.71 \times 10^3 \text{ m}^3 - 36.03 \times 10^3 \text{ m}^3$$

$$= 1.68 \times 10^3 \text{ m}^3$$
- $S - \Delta t \cdot Q/2 = 1.68 \times 10^3 \text{ m}^3/s - (900 \text{ detik} \times 0.21 \text{ m}^3/s)$

$$= 1.49 \times 10^3 \text{ m}^3/s$$
- $S + \Delta t \cdot Q/2 = 1.68 \times 10^3 \text{ m}^3/s + (900 \text{ detik} \times 0.21 \text{ m}^3/s)$

$$= 1.87 \times 10^3 \text{ m}^3/s$$

Perhitungan H yang lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil dari perhitungan hubungan antara elevasi, tampungan dan *outflow* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 32 Hubungan antara elevasi, tampungan dan outflow

| Elevasi | | H | Q | Q/2 | V(S0) | S | S- (Δt.Q/2) | S+(Δt.Q/2) |
|---------|-------|------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (m) | | (m) | (m ³ /det) | (m ³ /det) | (10 ³)(m ³) |
| + | 55.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 36.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| + | 55.10 | 0.10 | 0.42 | 0.21 | 37.71 | 1.68 | 1.49 | 1.87 |
| + | 55.20 | 0.20 | 1.18 | 0.59 | 39.39 | 3.36 | 2.83 | 3.89 |
| + | 55.30 | 0.30 | 2.17 | 1.08 | 41.07 | 5.04 | 4.06 | 6.01 |
| + | 55.40 | 0.40 | 3.34 | 1.67 | 42.75 | 6.72 | 5.22 | 8.22 |
| + | 55.50 | 0.50 | 4.67 | 2.33 | 44.43 | 8.40 | 6.30 | 10.50 |
| + | 55.60 | 0.60 | 6.13 | 3.07 | 46.11 | 10.08 | 7.32 | 12.84 |
| + | 55.70 | 0.70 | 7.73 | 3.87 | 47.79 | 11.76 | 8.28 | 15.24 |
| + | 55.80 | 0.80 | 9.45 | 4.72 | 49.47 | 13.44 | 9.19 | 17.69 |
| + | 55.90 | 0.90 | 11.27 | 5.64 | 51.15 | 15.12 | 10.05 | 20.19 |
| + | 56.00 | 1.00 | 13.20 | 6.60 | 52.83 | 16.80 | 10.86 | 22.74 |
| + | 56.10 | 1.10 | 15.23 | 7.61 | 55.20 | 19.17 | 12.31 | 26.02 |
| + | 56.20 | 1.20 | 17.35 | 8.68 | 57.57 | 21.54 | 13.73 | 29.35 |
| + | 56.30 | 1.30 | 19.57 | 9.78 | 59.94 | 23.91 | 15.10 | 32.71 |
| + | 56.40 | 1.40 | 21.87 | 10.93 | 62.31 | 26.28 | 16.44 | 36.12 |
| + | 56.50 | 1.50 | 24.25 | 12.12 | 64.68 | 28.65 | 17.74 | 39.56 |
| + | 56.60 | 1.60 | 26.71 | 13.36 | 67.05 | 31.02 | 19.00 | 43.04 |
| + | 56.70 | 1.70 | 29.26 | 14.63 | 69.42 | 33.39 | 20.22 | 46.55 |
| + | 56.80 | 1.80 | 31.88 | 15.94 | 71.79 | 35.76 | 21.41 | 50.10 |
| + | 56.90 | 1.90 | 34.57 | 17.29 | 74.16 | 38.13 | 22.57 | 53.69 |
| + | 57.00 | 2.00 | 37.34 | 18.67 | 76.53 | 40.50 | 23.70 | 57.30 |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

Setelah melakukan perhitungan diatas maka kemudian adalah melakukan analisa *flood routing* yang nantinya akan

didapatkan hubungan antara debit *inflow* dan debit *outflow*. Perhitungan *flood routing* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 33 Perhitungan *Flood Routing*

| t | Q Inflow | i rata2 | I.dt | S-Δt.Q/2 | S+Δt.Q/2 | Elevasi | Q Output |
|------------|---------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|---------------------|
| jam | m3/dt | m3/dt | (10³)m3/dt | (10³)m3 | (10³)m3 | | m3/dt |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 55.00 | 0.00 |
| 0.25 | 3.90 | 1.95 | 1.76 | 0.00 | 1.76 | 55.09 | 0.39 |
| 0.50 | 16.80 | 10.35 | 9.32 | 1.40 | 10.72 | 55.51 | 4.81 |
| 0.58 | 23.45 | 20.12 | 18.11 | 6.39 | 24.51 | 56.05 | 14.31 |
| 0.75 | 17.25 | 20.35 | 18.31 | 11.63 | 29.94 | 56.22 | 17.75 |
| 1.00 | 13.79 | 15.52 | 13.97 | 13.97 | 27.94 | 56.16 | 16.45 |
| 1.25 | 9.11 | 11.45 | 10.31 | 13.13 | 23.44 | 56.02 | 13.63 |
| 1.50 | 6.91 | 8.01 | 7.21 | 11.17 | 18.38 | 55.83 | 9.95 |
| 1.75 | 5.29 | 6.10 | 5.49 | 9.42 | 14.92 | 55.69 | 7.52 |
| 2.00 | 4.58 | 4.94 | 4.44 | 8.15 | 12.59 | 55.59 | 5.98 |
| 2.25 | 3.65 | 4.11 | 3.70 | 7.21 | 10.91 | 55.52 | 4.93 |
| 2.50 | 3.07 | 3.36 | 3.02 | 6.48 | 9.50 | 55.46 | 4.09 |
| 2.75 | 2.62 | 2.84 | 2.56 | 5.82 | 8.38 | 55.41 | 3.43 |
| 3.00 | 2.39 | 2.50 | 2.25 | 5.29 | 7.55 | 55.37 | 2.98 |
| 3.25 | 2.08 | 2.24 | 2.01 | 4.86 | 6.88 | 55.34 | 2.63 |
| 3.50 | 1.83 | 1.96 | 1.76 | 4.51 | 6.27 | 55.31 | 2.31 |
| 3.75 | 1.63 | 1.73 | 1.56 | 4.20 | 5.76 | 55.29 | 2.05 |
| 4.00 | 1.52 | 1.58 | 1.42 | 3.91 | 5.33 | 55.27 | 1.85 |
| 4.25 | 1.39 | 1.46 | 1.31 | 3.67 | 4.98 | 55.25 | 1.69 |
| 4.50 | 1.29 | 1.34 | 1.21 | 3.46 | 4.67 | 55.24 | 1.54 |
| 4.75 | 1.20 | 1.25 | 1.12 | 3.28 | 4.40 | 55.22 | 1.42 |
| 5.00 | 1.14 | 1.17 | 1.05 | 3.12 | 4.18 | 55.21 | 1.32 |
| 5.25 | 1.09 | 1.11 | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 55.21 | 1.22 |

Lanjutan Tabel 4.33

| | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 5.50 | 1.05 | 1.07 | 0.96 | 2.90 | 3.86 | 55.20 | 1.17 |
| 5.75 | 1.01 | 1.03 | 0.93 | 2.81 | 3.73 | 55.19 | 1.12 |
| 6.00 | 0.99 | 1.00 | 0.90 | 2.72 | 3.63 | 55.19 | 1.08 |
| 6.25 | 0.97 | 0.98 | 0.88 | 2.65 | 3.53 | 55.18 | 1.05 |
| 6.50 | 0.95 | 0.96 | 0.86 | 2.59 | 3.46 | 55.18 | 1.02 |
| 6.75 | 0.94 | 0.95 | 0.85 | 2.54 | 3.39 | 55.18 | 0.99 |
| 7.00 | 0.93 | 0.93 | 0.84 | 2.50 | 3.34 | 55.17 | 0.97 |
| 7.25 | 0.92 | 0.93 | 0.83 | 2.46 | 3.30 | 55.17 | 0.96 |
| 7.50 | 0.91 | 0.92 | 0.83 | 2.44 | 3.26 | 55.17 | 0.94 |
| 7.75 | 0.91 | 0.91 | 0.82 | 2.41 | 3.23 | 55.17 | 0.93 |
| 8.00 | 0.91 | 0.91 | 0.82 | 2.39 | 3.21 | 55.17 | 0.92 |
| 8.25 | 0.90 | 0.90 | 0.81 | 2.38 | 3.19 | 55.17 | 0.92 |
| 8.50 | 0.90 | 0.90 | 0.81 | 2.37 | 3.18 | 55.16 | 0.91 |
| 8.75 | 0.90 | 0.90 | 0.81 | 2.36 | 3.17 | 55.16 | 0.91 |
| 9.00 | 0.90 | 0.90 | 0.81 | 2.35 | 3.16 | 55.16 | 0.90 |
| 9.25 | 0.90 | 0.90 | 0.81 | 2.34 | 3.15 | 55.16 | 0.90 |
| 9.50 | 0.89 | 0.90 | 0.81 | 2.34 | 3.14 | 55.16 | 0.90 |
| 9.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.34 | 3.14 | 55.16 | 0.90 |
| 10.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.33 | 3.14 | 55.16 | 0.90 |
| 10.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.33 | 3.13 | 55.16 | 0.90 |
| 10.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.33 | 3.13 | 55.16 | 0.89 |
| 10.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.33 | 3.13 | 55.16 | 0.89 |
| 11.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.33 | 3.13 | 55.16 | 0.89 |
| 11.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.13 | 55.16 | 0.89 |
| 11.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.13 | 55.16 | 0.89 |
| 11.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.13 | 55.16 | 0.89 |
| 12.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 12.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |

Lanjutan Tabel 4.33

| | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 12.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 12.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 13.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 13.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 13.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 13.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 14.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 14.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 14.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 14.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 15.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 15.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 15.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 15.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 16.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 16.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 16.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 16.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 17.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 17.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 17.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 17.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 18.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 18.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 18.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 18.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 19.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 19.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |

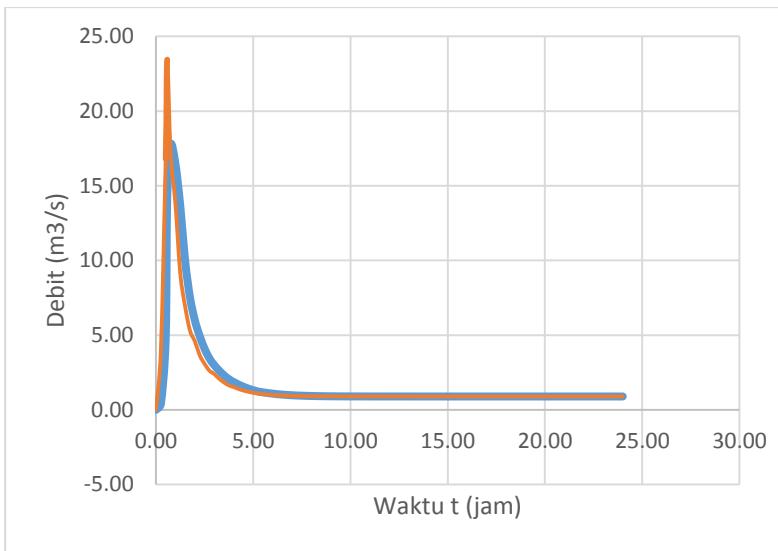
Lanjutan Tabel 4.33

| | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 19.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 19.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 20.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 20.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 20.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 20.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 21.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 21.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 21.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 21.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 22.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 22.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 22.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 22.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 23.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 23.25 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 23.50 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 23.75 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |
| 24.00 | 0.89 | 0.89 | 0.80 | 2.32 | 3.12 | 55.16 | 0.89 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Dari tabel perhitungan *flood routing* diatas diketahui bahwa debit maksimum *outflow* yang terjadi adalah sebesar 17.75 m³/s, yang terjadi pada elevasi +56.22 m dengan *inflow* maksimum yang terjadi adalah 23.45 m³/s

Untuk grafik hidrograf *inflow* dan *outflow* yang terjadi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. 6 Grafik Hidrograf *Inflow* dan *Outflow*
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB V

PERENCANAAN EMBUNG

5.1 Perencanaan Bangunan Pelimpah

Suatu pelimpah banjir merupakan katup pengaman untuk suatu embung. Maka pelimpah banjir seharusnya mempunyai kapasitas untuk mengalirkan banjir-banjir besar tanpa merusak embung atau bangunan-bangunan pelengkapnya, selain itu juga menjaga waduk agar tetap berada di bawah ketinggian maksimum yang ditetapkan.

Pada perhitungan *flood routing* digunakan debit banjir rencana selama 100 tahun yaitu sebesar $17.75 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada elevasi +56.22 m untuk merencanakan bangunan pelimpah pada embung ini.

5.1.1 Saluran Pengarah Aliran

Bagian ini berfungsi sebagai penuntun dan pengarah aliran agar aliran tersebut senantiasa dalam kondisi hidrolika yang baik. Saluran pengarah aliran direncanakan memiliki kecepatan maksimum.

Data hasil perhitungan pada bab sebelumnya adalah sebagai berikut :

- Elevasi mercu pelimpah = +55.00 m
- Elevasi muka air di atas pelimpah = +56.22 m
- Ketinggian air di atas mercu (Hd) = 1.22 m
- Debit yang melewati pelimpah (Q) = $17.75 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Lebar ambang mercu pelimpah (B) = 6 m

Direncanakan kedalaman saluran pegarah aliran adalah (W) = 1 m. Menurut Suyono Sosrodarsono tahun 2002, Pada saluran pengarah aliran ini, kecepatan masuknya aliran air tidak melebihi 4 m/det. Kedalaman dasar saluran pengarah aliran biasanya diambil lebih besar dari $1/5 \times$ tinggi rencana limpasan di atas mercu ambang pelimpah (Hd). Berikut adalah hasil pengecekan untuk penentuan kedalaman dasar saluran pengarah :

- $$Q = V \times A$$
$$17.75 = V \times [(W + Hd) \times B]$$

$$17.75 = V \times [(1 m + 1.22m) \times 6 m]$$

$$17.75 = V \times 13.32$$

$$V = 1.333 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s} \quad [\text{OKE}]$$

- $W \geq \frac{1}{5} H d$

$$W \geq \frac{1}{5} \times 1.22$$

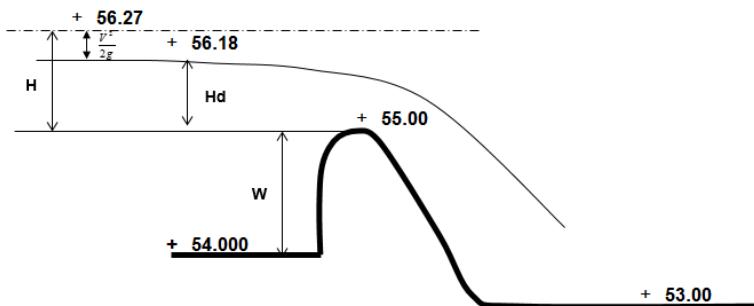
$$1 m \geq 0.244 m \quad [\text{OKE}]$$

5.1.2 Kedalaman Aliran (Hd)

Data-data yang digunakan untuk menghitung Hd adalah sebagai berikut :

- Elevasi Mercu Pelimpah = +55.00 m
- Tinggi Mercu Pelimpah (W) = 1 m
- Elevasi Apron Hulu = + 54.00 m
- Elevasi Apron Hilir = + 53.00 m
- Debit yang melewati Pelimpah (Q) = $17.75 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Lebar Pelimpah (L') = 6 m
- Koef. Kontraksi Pilar (K_p) = 0.02
- Koef. Kontraksi Dinding Samping (K_a) = 0.1

Data-data di atas dapat diilustrasikan pada gambar dibawah ini :



Gabar 5. 1 Ilustrasi Kedalaman Aliran pada Mercu Pelimpah
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Untuk menghitung besar nilai Hd, maka perlu dihitung dan dilakukan cara *trial and error* menggunakan rumus-rumus dibawah ini :

$$\begin{aligned} Q &= C_d \times L_{eff} \times H^{3/2} \\ L_{eff} &= L' - 2(N \cdot Kp + Ka)H \\ C_d &= 2.20 - 0.0416 \left(\frac{Hd}{W} \right)^{0.99} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah perhitungan *trial and error* untuk mengetahui nilai Hd. Dicoba dengan memasukan nilai Hd =1.176, sehingga :

$$\begin{aligned} C_d &= 2.20 - 0.0416 \left(\frac{Hd}{W} \right)^{0.99} \\ C_d &= 2.20 - 0.0416 \left(\frac{1.176}{1.00} \right)^{0.99} \\ C_d &= 2.15 \end{aligned}$$

Kemudian nilai Cd dikontrol menggunakan rumus C, ketika H=Hd. Perhitungannya dibawah ini :

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{Cd - 1.6}{2x1.6 - Cd} \right) \\ a &= \left(\frac{2.15 - 1.6}{2x1.6 - 2.15} \right) \\ a &= 0.53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 1.60 \times \left(\frac{1 + 2a \frac{H}{Hd}}{1 + a \frac{H}{Hd}} \right) \\ C &= 1.60 \times \left(\frac{1 + 2(0.53) \frac{1.176}{1.176}}{1 + (0.53) \frac{1.176}{1.176}} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 2.15 \\ C &= Cd \quad [OKE] \end{aligned}$$

Selain dikontrol dengan C=Cd, kemudian dikontrol juga menggunakan rumus H. Perhitungan ditunjukan dibawah ini :

$$L_{eff} = L' - 2(N \cdot Kp + Ka)H$$

$$L_{eff} = 6 - 2(0 \times 0.02 + 0.01)1.176$$

$$L_{eff} = 5.76 \text{ m}$$

$$H = \left(\frac{Q}{Cd \times L_{eff}} \right)^{2/3}$$

$$H = \left(\frac{17.75}{2.15 \times 5.76} \right)^{2/3}$$

$$H = 1.27 \text{ m}$$

Kontrol dengan menggunakan rumus Q (debit) :

$$Q = C_d \times L_{eff} \times H^{3/2}$$

$$Q = 2.15 \times 5.76 \times 1.27^{3/2}$$

$$Q = 17.75 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dipakai $H = 1.27$ meter. Jika asumsi $H \neq Hd$ maka nilai Hd dapat diketahui dengan menghitung $\frac{V^2}{2g}$ terlebih dahulu. Berikut ini adalah perhitungannya :

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{L_{eff} \times (W+H)}$$

$$V = \frac{17.75}{5.76 \times (1.0 + 1.27)}$$

$$V = 1.36 \text{ m/s}$$

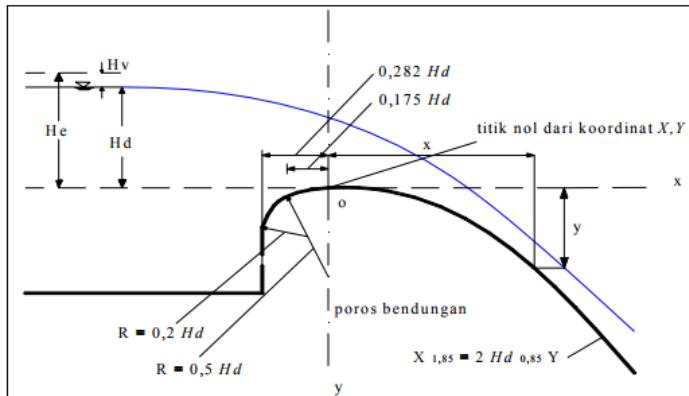
$$\frac{V^2}{2g} = \frac{1.36^2}{2 \times 9.81} = 0.094 \text{ m}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai Hd adalah :

$$Hd = H - \frac{V^2}{2g} = 1.27 - 0.094 = 1.176 \text{ m}$$

5.1.3 Mercu Bangunan Pelimpah

Pelimpah direncanakan menggunakan tipe Ogee dengan kriteria perencanaan seperti pada dibawah ini :



Gambar 5. 1 Mercu Pelimpah Tipe Ogee

(Sumber : Soedibyo,2003)

Untuk elevasi tinggi mercu pelimpah yang akan digunakan merupakan elevasi hasil dari perhitungan kapasitas efektif embung. Pada perhitungan tersebut elevasi muka air saat volume tampungan efektif yaitu +55.00 m.

Data-data yang digunakan untuk menghitung mercu pelimpah adalah sebagai berikut :

- Elevasi Mercu Pelimpah = +55.00 m
- Elevasi Apron Hulu = + 54.00 m
- Elevasi Apron Hilir = + 53.00 m
- Tinggi Air di atas Pelimpah = 1.18 m

Untuk menentukan lengkung mercu pelimpah tipe Ogee, maka perlu dihitung sesuai dengan rumus yang ada pada gambar Gambar 5.1. Berikut adalah perhitungan lengkung mercu pelimpah tipe Ogee (Lengkung Harold).

- $0.282 \text{ Hd} = 0.282 \times 1.180 = 0.33 \text{ m}$
- $0.175 \text{ Hd} = 0.175 \times 1.180 = 0.21 \text{ m}$

- $R1 = 0.5 \times Hd = 0.5 \times 1.180 = 0.59 \text{ m}$
- $R2 = 0.2 \times Hd = 0.2 \times 1.180 = 0.24 \text{ m}$
- $X^{1.85} = 2.0 \times Hd^{0.85} \times Y$

$$Y = \frac{X^{1.85}}{2.0 \times Hd^{0.85}}$$

Perhitungan tersebut dapat ditabelkan dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5. 1 Koordinat Lengkung Harold

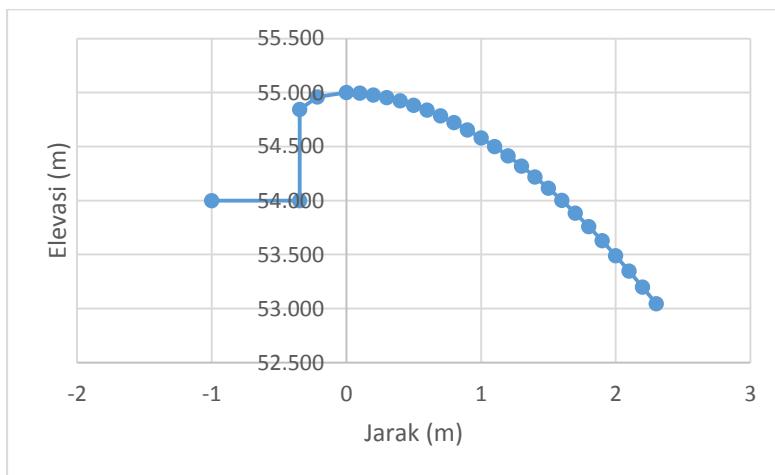
| x | y | Elevasi |
|----------|----------|----------------|
| 0.000 | 0.000 | 55.000 |
| 0.100 | 0.006 | 54.994 |
| 0.200 | 0.022 | 54.978 |
| 0.300 | 0.047 | 54.953 |
| 0.400 | 0.080 | 54.920 |
| 0.500 | 0.121 | 54.879 |
| 0.600 | 0.169 | 54.831 |
| 0.700 | 0.225 | 54.775 |
| 0.800 | 0.288 | 54.712 |
| 0.900 | 0.358 | 54.642 |
| 1.000 | 0.436 | 54.564 |
| 1.100 | 0.520 | 54.480 |
| 1.200 | 0.610 | 54.390 |
| 1.300 | 0.708 | 54.292 |
| 1.400 | 0.812 | 54.188 |
| 1.500 | 0.922 | 54.078 |
| 1.600 | 1.039 | 53.961 |
| 1.700 | 1.163 | 53.837 |
| 1.800 | 1.292 | 53.708 |
| 1.900 | 1.428 | 53.572 |

Lanjutan Tabel 5.1

| | | |
|-------|-------|--------|
| 2.000 | 1.570 | 53.430 |
| 2.100 | 1.719 | 53.281 |
| 2.200 | 1.873 | 53.127 |
| 2.300 | 2.034 | 52.966 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Jika hasil perhitungan lengkung mercu pelimpah tipe Ogee ini, akan didapatkan bentuk gambar seperti dibawah ini :



Gambar 5. 2 Lengkung Mercu Pelimpah Tipe Ogee

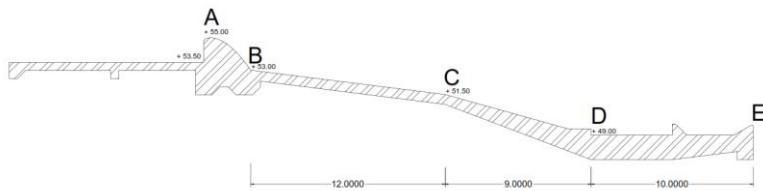
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

5.1.4 Analisa Hidrolis Pelimpah

Pada analisa hidrolis pelimpah, perlu direncanakan elevasi dasar saluran pada seluruh bagian saluran pelimpah. Direncanakan saluran pelimpah terletak pada elevasi sebagai berikut :

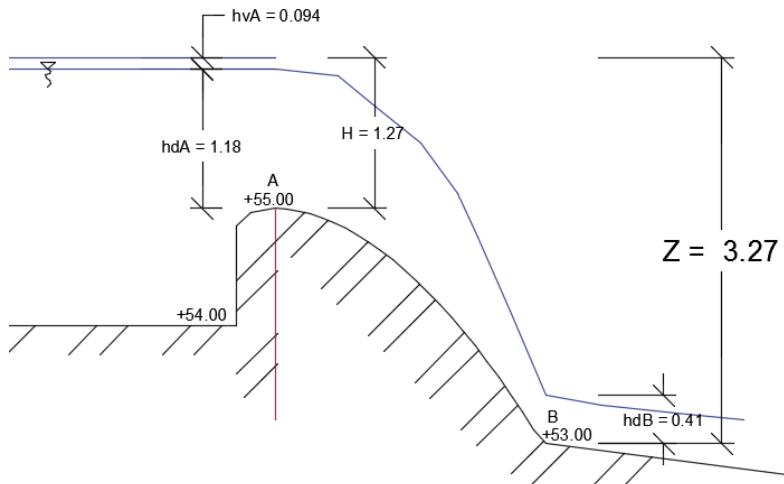
- Elevasi A = +55.00 m
- Elevasi B = +53.00 m
- Elevasi C = +51.50 m

- Elevasi D = +49.00 m
- Berdasarkan elevasi yang direncanakan, maka dapat diilustrasikan gambar saluran pelimpah sebagai berikut :



Gambar 5. 3 Rencana Saluran pada Bangunan Pelimpah
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Hitung terlebih dahulu kondisi aliran yang berada di mercu pelimpah yaitu pada Titik A dan Titik B. Gambar di bawah ini merupakan skema aliran pada mercu pelimpah :



Gambar 5. 4 Skema Aliran pada Mercu Pelimpah
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Diketahui data-data sebagai berikut :

- Kecepatan Aliran = 1.33 m/detik
- Tinggi tekanan kecepatan aliran (hvA) = 0.094 m
- Tinggi aliran di titik A (hdA) = 1.18 m
- Tinggi Aliran (H) = 1.27 m
- Tinggi jatuh air (z) = 3.27 m

Dibawah ini merupakan proses perhitungan untuk mengetahui kondisi aliran di Titik B :

- Menghitung kecepatan aliran pada kaki pelimpah (Vb) :

$$Vb = \sqrt{2g \left(z - \frac{1}{2} H \right)}$$

$$Vb = \sqrt{2 \times 9.81 \left(3.27 - \frac{1}{2} \times 1.27 \right)}$$

$$Vb = 7.19 \text{ m/s}$$

- Menghitung tinggi tekanan kecepatan aliran di titik B :

$$h_{vb} = \frac{V^2}{2g}$$

$$h_{vb} = \frac{7.19^2}{2 \times 9.81} = 2.63 \text{ m}$$

- Menghitung elevasi muka air pada kaki pelimpah :

$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times (B \times h_{dB})$$

$$17.75 = 7.19 \times (6 \times h_{dB})$$

$$h_{dB} = 0.41 \text{ m}$$

- Sehingga besarnya tinggi aliran yang berada di titik B dapat dihitung menjadi :

$$H_B = h_{dB} + h_{vb}$$

$$H_B = 0.41 + 2.63$$

$$H_B = 3.05 \text{ meter}$$

- Angka *Froude* di titik B :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h_{dB}}}$$

$$Fr = \frac{7.19}{\sqrt{9.81 \times 0.41}}$$

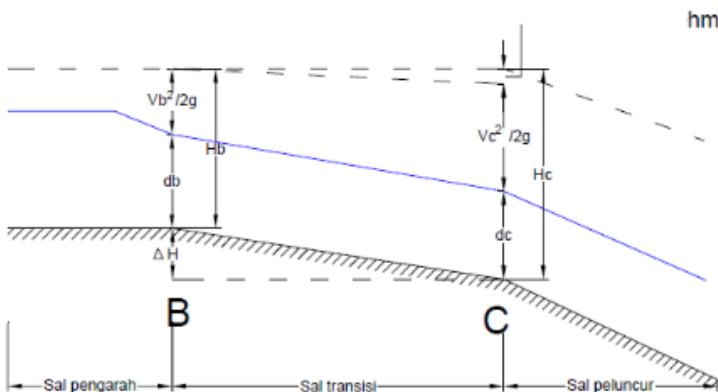
$$Fr = 3.58$$

5.1.5 Saluran Transisi

Direncanakan saluran transisi seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5.3 dengan data-data sebagai berikut :

- Elevasi hulu saluran = +53.00 m
- Elevasi hilir saluran = +51.50 m
- Beda tinggi saluran (ΔH) = 1.50 m
- Jarak titik B ke C (L') = 12 m
- Panjang Saluran (L) = $\sqrt{L'^2 + \Delta H^2}$
 $= \sqrt{12^2 + 1.5^2}$
 $= 12.09 \text{ m}$

Kondisi hidrolik pada saluran transisi yaitu di titik B dan C dapat diilustrasikan pada gambar di bawah ini :



Gambar 5. 5 Ilustasi Saluran Transisi
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Untuk mengetahui tinggi aliran di C (H_C), digunakan metode perhitungan dari rumus yang berdasarkan Teori Bernoulli. Berikut ini tahap-tahap perhitungannya :

- Menghitung total tinggi aliran pada titik B :

$$H_B = \frac{V^2}{2g} + h_{dB} + \Delta H$$

$$H_B = \frac{7.19^2}{2 \times 9.81} + 0.41 + 1.5$$

$$H_B = 4.55 \text{ m}$$

- Menghitung total tinggi aliran pada titik C :

$$H_C = \frac{V_c^2}{2g} + h_{dc} + hm$$

$$hm = L \times \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{2/3}}$$

Pakai $n = 0.011$ (beton acian) dan $K = 0.1$

- Dengan menggunakan metode “Goal Seek” pada *Microsoft Excel* didapatkan nilai $h_{dc} = 0.33 \text{ m}$. Untuk memastikan nilai h_{dc} benar berdasarkan rumus pada Teori Bernoulli, maka perlu dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

$$Q_c = V_c \times A$$

$$17.75 = V_c \times (h_{dc} \times B)$$

$$V_c = \frac{17.75}{(0.33 \times 6)}$$

$$V_c = 9.08 \text{ m/s}$$

$$hm = L \times \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{2/3}}$$

$$hm = L \times \frac{Q^2 n^2}{(h_{dc} \times B)^2 \left(\frac{h_{dc} \times B}{B + (2 \times h_{dc})} \right)^{4/3}}$$

$$hm = 12.09 \times \frac{17.75^2 \times 0.011^2}{(0.33 \times 6)^2 \times \left(\frac{0.33 \times 6}{6 + (2 \times 0.33)}\right)^{4/3}}$$

$$hm = 0.024 \text{ m}$$

Berdasarkan rumus Teori Bernoulli =

$$\begin{aligned} H_B &= H_C \\ \frac{Vb^2}{2g} + h_{dB} + \Delta H &= \frac{Vc^2}{2g} + h_{dc} + hm \\ \frac{7.19^2}{2 \times 9.81} + 0.41 + 1.5 &= \frac{9.08^2}{2 \times 9.81} + 0.33 + 0.024 \\ 4.55 \text{ m} &= 4.55 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung angka *Froude* di titik C :

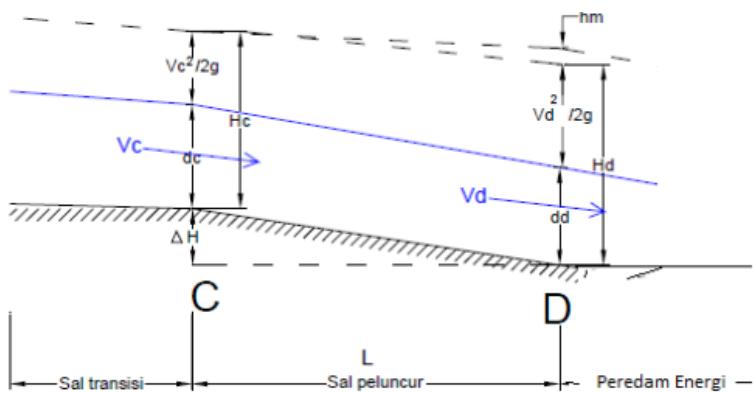
$$\begin{aligned} Fr &= \frac{V}{\sqrt{g \times h_{dc}}} \\ Fr &= \frac{9.08}{\sqrt{9.81 \times 0.33}} \\ Fr &= 5.07 \end{aligned}$$

5.1.6 Saluran Peluncur

Direncanakan saluran peluncur seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5.3 dengan data-data sebagai berikut :

- Elevasi hulu saluran = +51.50 m
- Elevasi hilir saluran = +49.00 m
- Beda tinggi saluran (ΔH) = 2.50 m
- Jarak titik C ke D (L') = 9 m
- Panjang Saluran (L) = $\sqrt{L'^2 + \Delta H^2}$
= $\sqrt{9^2 + 2.5^2}$
= 9.34 m

Kondisi hidrolik pada saluran transisi yaitu di titik C dan D dapat diilustrasikan pada gambar di bawah ini :



Gambar 5. 6 Ilustasi Saluran Peluncur

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Untuk mengetahui tinggi aliran di D (H_D), digunakan metode perhitungan dari rumus yang berdasarkan Teori Bernoulli. Berikut ini tahap-tahap perhitungannya :

- Menghitung total tinggi aliran pada titik C :

$$H_C = \frac{V^2}{2g} + h_{dc} + \Delta H$$

$$H_C = \frac{9.27^2}{2 \times 9.81} + 0.32 + 2.5 \\ H_C = 7.20 \text{ m}$$

- Menghitung total tinggi aliran pada titik D :

$$H_D = \frac{Vd^2}{2g} + h_{dd} + hm$$

$$hm = L \times \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{2/3}}$$

Pakai $n = 0.011$ (beton acian) dan $K = 0.1$

- Dengan menggunakan metode “Goal Seek” pada Microsoft Excel didapatkan nilai $h_{dd} = 0.27 \text{ m}$. Untuk memastikan nilai h_{dd} benar berdasarkan rumus pada Teori

Bernoulli, maka perlu dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

$$Q_D = V_D \times A$$

$$17.75 = V_D \times (h_{dD} \times B)$$

$$V_D = \frac{17.75}{(0.27 \times 6)}$$

$$V_D = 10,78 \text{ m/s}$$

$$hm = L \times \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{2/3}}$$

$$hm = L \times \frac{Q^2 n^2}{(h_{dD} \times B)^2 \left(\frac{h_{dD} \times B}{B + (2 \times h_{dD})} \right)^{4/3}}$$

$$hm = 9.34 \times \frac{17.75^2 \times 0.011^2}{(0.27 \times 6)^2 \times \left(\frac{0.27 \times 6}{6 + (2 \times 0.27)} \right)^{4/3}}$$

$$hm = 0.828 \text{ m}$$

Berdasarkan rumus Teori Bernoulli =

$$\begin{aligned} H_C &= H_D \\ \frac{Vc^2}{2g} + h_{dc} + \Delta H &= \frac{Vd^2}{2g} + h_{dD} + hm \\ \frac{9.08^2}{2 \times 9.81} + 0.33 + 2.5 &= \frac{10.78^2}{2 \times 9.81} + 0.27 + 0.828 \\ 7.026m &= 7.03 \text{ m} \end{aligned}$$

- Menghitung angka *Froude* di titik D :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h_{dD}}}$$

$$Fr = \frac{10.78}{\sqrt{9.81 \times 0.27}}$$

$$Fr = 6.57$$

5.1.7 Tinggi Loncatan Hidraulik

Tinggi loncatan hidraulik perlu diperhitungkan untuk merencanakan kolam olak pada peredam energi.

Diketahui data hidrolis pada titik D dari perhitungan sebelumnya adalah :

- Kedalaman air di D (h_{dD}) = 0.27 m
- Kecepatan aliran di titik D (V_d) = 10.78 m/s
- Angka *Froude* di titik D = 6.57

Untuk menghitung tinggi loncatan air yang terjadi di titik dapat menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned}\frac{h_{dE}}{h_{dD}} &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1 \right) \\ \frac{h_{dE}}{0.27} &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \times (6.57)^2} - 1 \right) \\ h_{dE} &= 2.416 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga tinggi loncatan air dititik E adalah 2.416 m.

5.1.8 Bangunan Peredam Energi

Untuk meredusir energi yang terdapat di dalam aliran dari saluran peluncur, maka di ujung hilir saluran peluncur biasanya dibuat suatu bangunan yang disebut peredam energi pencegah gerusan.

Data-data yang diperlukan untuk mendesain bangunan peredam energi adalah sebagai berikut :

- Kecepatan awal loncatan (V) = 10.78 m/s
- Percepatan Gravitasi (g) = 9.81 m/s²
- Lebar Saluran (B) = 6 m
- Debit per lebar (q) = $\frac{Q}{B}$
 $= \frac{17.75}{6}$
 $= 2.96 \text{ m}^3/\text{s/m}'$

Direncanakan bangunan peredam energi yang digunakan merupakan kolam olat USBR Tipe III dikarenakan memenuhi persyaratan-persyaratan berikut :

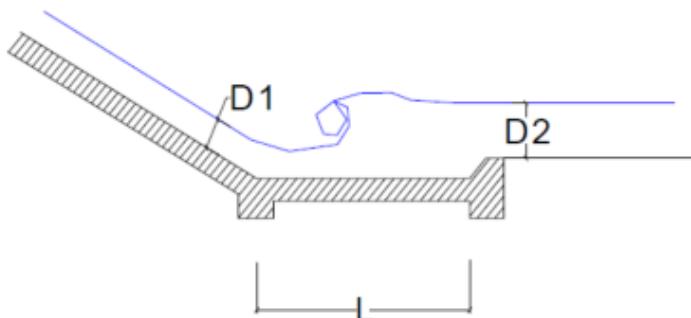
- $q < 18.5 \text{ m}^3/\text{s/m}'$

- $V < 18 \text{ m/s}$
- Angka Froude > 4.5

Di bawah ini merupakan perhitungan-perhitungan dimensi untuk kebutuhan kolam olak USBR Tipe III :

1. Dimensi Kolam Olak

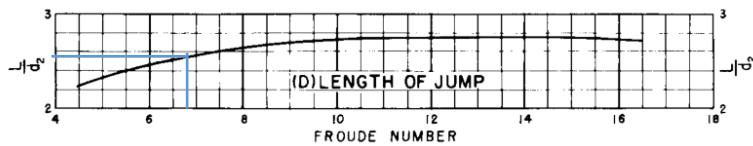
Untuk menentukan dimensi kolam olakan ditentukan berdasarkan tinggi loncatan yang akan melintasi kolam tersebut sehingga didapatkan elevasi muka air di hilir.



Gambar 5. 7 Ilustrasi aliran air pada Bangunan Kolam Olak

Pada perencanaan sebelumnya, pada hilir bangunan energi elevasi dasar sungai adalah +50.00 m. Sedangkan tinggi loncatan hidrolik yang telah dihitung adalah sebesar 2.416 m. Sehingga untuk elevasi muka air pada hilir bangunan peredam energi adalah sebesar +52.416 m. Sementara itu elevasi dasar saluran peredam energi pada bagian hilir adalah +49.00 m, maka ketinggian muka air pada bagian hilir adalah 3.416 m ($D2 = 3.416 \text{ m}$).

Untuk menentukan panjang kolam olakan yang digunakan, maka dapat dilihat berdasarkan nilai *Froudenya* pada grafik dibawah ini :

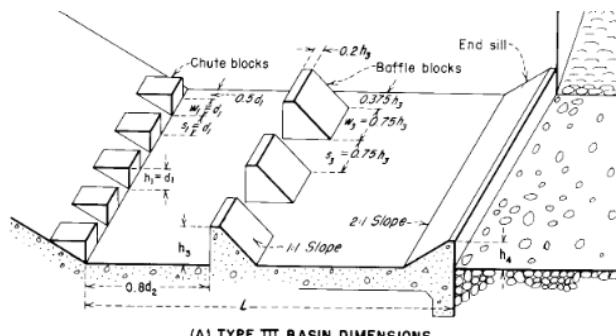


Gambar 5. 8 Grafik Hubungan antara Bilangan *Froude* dan $\frac{L}{d_2}$
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Dari gambar diatas disimpulkan bahwa untuk bilangan $Fr = 6.82$, didapatkan nilai $\frac{L}{d_2} = 2.58$. Sehingga panjang kolam olak adalah $L = d_2 \times 2.58 = 3.416 \times 2.58 = 8.813 \approx 9\text{ m}$

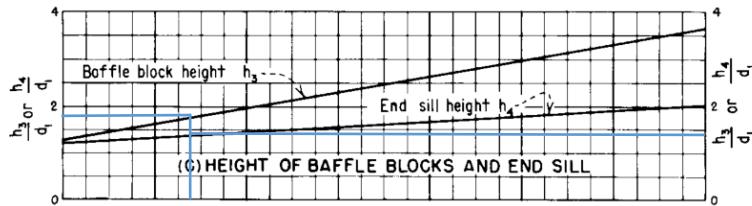
2. Dimensi *Chute Blocks*, *Baffle Blocks*, dan *End Sill*

Chute Blocks memiliki fungsi untuk membagi bekas aliran sebelum masuk kedalam olakan. Sedangkan *Baffle Blocks* memiliki fungsi untuk penghadang aliran untuk meredap loncatan hidrolis yang terjadi agar lebih pendek. Pada penentuan dimensi *Chute Blocks*, *Baffle Blocks*, dan *End Sill* didasarkan oleh referensi gambar dibawah ini :



Gambar 5. 9 Dimensi Kolam Olak USBR Tipe III
(Sumber : U.S. Departement of the Interior, Bureau of Reclamation, 1987)

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa dimensi *Chute Blocks*, *Baffle Blocks*, dan *End Sill* dapat diketahui dengan beberapa nilai yang dibutuhkan. Nilai-nilai tersebut antara lain adalah h_3 , h_4 , d_1 , dan d_2 . Angka-angka tersebut dapat dicari menggunakan grafik dibawah ini :



Gambar 5. 10 Grafik Tinggi *Baffle Blocks*, dan *End Sill*

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Dari grafik diatas untuk Angka *Froude* = 6.82 didapatkan nilai $\frac{h_3}{d_1} = 1.85$ dan $\frac{h_4}{d_1} = 1.45$. Untuk nilai $d_1 = 0.27$ m, maka :

- $\frac{h_3}{d_1} = 1.85$

$$h_3 = 0.27 \times 1.85 = 0.495 \approx 0.5$$
- $\frac{h_4}{d_1} = 1.45$

$$h_4 = 0.27 \times 1.45 = 0.388 \approx 0.4$$

Berikut ini adalah perhitungan dimensi *Chute Blocks*, *Baffle Blocks*, dan *End Sill*

- *Chute Blocks*

$$\text{Tinggi } (h_1) = d_1 = 0.27 \approx 0.3$$

$$\text{Jarak } (S_1) = d_1 = 0.27 \approx 0.3$$

$$\text{Lebar } (W_1) = d_1 = 0.27 \approx 0.3$$

$$\text{Jarak tepi} = 0.5 d_1 = 0.5 \times 0.27 = 0.135 \approx 0.15$$

Didesain jumlah *Chute Blocks* adalah 10 buah. Cek total jarak pada saluran = $(10 \times 0.3) + (9 \times 0.3) + (0.15 \times 2) = 6$ m. Untuk lebar saluran $B = 6$

- *Baffle Blocks*

$$\text{Tinggi } (h_3) = 0.495 \approx 0.5$$

$$\text{Jarak } (S_3) = 0.75h_3 = 0.75 \times 0.495 = 0.37 \approx 0.4$$

$$\text{Lebar } (W_3) = 0.75h_3 = 0.75 \times 0.495 = 0.37 \approx 0.4$$

$$\text{Jarak tepi} = 0.375 h_3 = 0.375 \times 0.495 = 0.18 \approx 0.2$$

Didesain dengan slope = 1:1 dan jumlah *Baffle Blocks* adalah 6 buah. Cek total jarak pada saluran = $(8 \times 0.4)+(7 \times 0.4) = 6$ m. Pada perencanaan *Baffle Blocks* tidak diberi jarak tepi antara *Baffle Blocks* dan tepi saluran.

- *End Sill*

$$\text{Tinggi } (h_4) = 0.388 \approx 0.4$$

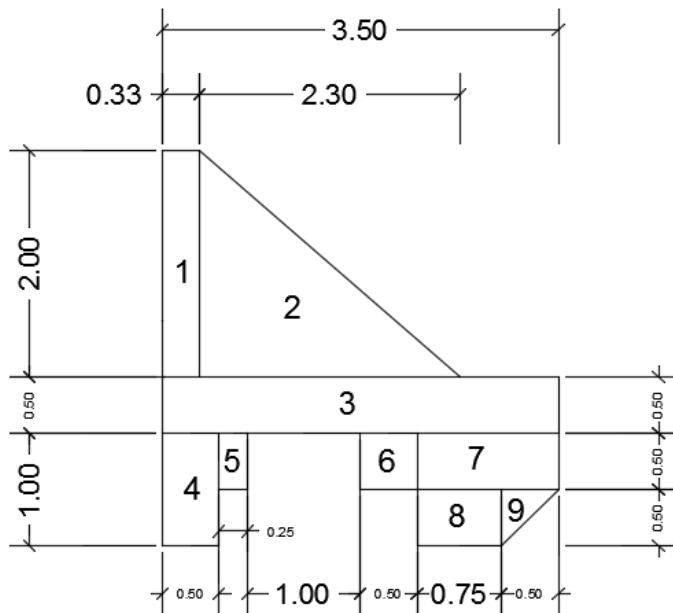
Didesain dengan slope = 2:1

5.2 Analisa Stabilitas Bangunan Pelimpah

5.2.1 Gaya yang Bekerja pada Bangunan Pelimpah

5.2.1.1 Gaya Berat Sendiri Bangunan Pelimpah

Gaya akibat berat sendiri merupakan gaya vertikal yang dihitung terhadap berat jenis yang berpengaruh pada konstruksi pelimpah. Untuk memudahkan perhitungan maka konstruksi pelimpah dibagi menjadi beberapa pias. Gambar dibawah ini merupakan pembagian pias pada konstruksi pelimpah :



Gambar 5. 11 Pembagian pias pada pelimpah
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Setelah menentukan pias, maka gaya berat sendiri tubuh pelimpah dapat dihitung. Hasil perhitungan ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. 2 Hasil Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri

| No | Perhitungan | | | | Gaya | Lengan | Momen | Ket |
|----|--------------------|------|-----|--------------------|-------|--------|--------|-------|
| | Δ / \square | X | Y | y_{beton} | t/m | m | t.m/m' | |
| 1 | 1 | 0.33 | 2 | 2.4 | 1.584 | 3.335 | 5.283 | Tahan |
| 2 | 0.5 | 2.3 | 2 | 2.4 | 5.520 | 2.403 | 13.266 | Tahan |
| 3 | 1 | 3.5 | 0.5 | 2.4 | 4.200 | 1.750 | 7.350 | Tahan |
| 4 | 1 | 0.5 | 1 | 2.4 | 1.200 | 3.250 | 3.900 | Tahan |
| 5 | 1 | 0.25 | 0.5 | 2.4 | 0.300 | 2.875 | 0.863 | Tahan |

Lanjutan Tabel 5.2

| | | | | | | | | |
|---------------|-----|------|-----|-----|--------|-------|--------|-------|
| 6 | 1 | 0.5 | 0.5 | 2.4 | 0.600 | 1.500 | 0.900 | Tahan |
| 7 | 1 | 1.25 | 0.5 | 2.4 | 1.500 | 0.625 | 0.938 | Tahan |
| 8 | 1 | 0.75 | 0.5 | 2.4 | 0.900 | 0.875 | 0.788 | Tahan |
| 9 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.4 | 0.300 | 0.333 | 0.100 | Tahan |
| Jumlah | | | | | 16.104 | | 33.387 | |

(Sumber : Hasil Perhitungan : 2018)

5.2.1.2 Gaya Gempa

Sebelum menentukan gaya gempa yang terjadi pada konstruksi pelimpah, maka harus dihitung koefisien gempanya terlebih dahulu. Berikut ini adalah perhitungan koefisien gempa untuk daerah Kabupaten Nganjuk :

- Diketahui : (Berdasarkan Pd T-14-2004-A)
 $Z = 0.8$ (untuk Kabupaten Nganjuk yang masuk Zona D)
 $a_c = 190$ (untuk periode ulang T 100 tahun)
 $V = 1.1$ (untuk jenis batuan dasar Alluvium)
- $$a_d = Z \times a_c \times V$$

$$a_d = 0.8 \times 190 \times 1.1$$

$$a_d = 167.2 \text{ gal}$$
- $$k = \frac{a_d}{g}$$

$$k = \frac{167.2}{981}$$

$$k = 0.17$$

Ketika koefisien gempa sudah dihitung, maka koefisien tersebut dikalikan dengan gaya berat sendiri konstruksi. Sehingga dihasilkan gaya gempa. Hasil perhitungan ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. 3 Hasil Perhitungan Akibat Gaya Gempa

| No | Perhitungan | | | Gaya | Lengan | Momen | Ket |
|----|-------------|---|------|-------|--------|-------|--------|
| | | | | t | m | t.m | |
| 1 | 1.584 | x | 0.17 | 0.270 | 2.000 | 0.540 | Guling |

Lanjutan Tabel 5.3

| | | | | | | | |
|---------------|-------|---|------|-------|-------|-------|--------|
| 2 | 5.520 | x | 0.17 | 0.941 | 1.667 | 1.568 | Guling |
| 3 | 4.200 | x | 0.17 | 0.716 | 0.750 | 0.537 | Guling |
| 4 | 1.200 | x | 0.17 | 0.205 | 0.000 | 0.000 | Guling |
| 5 | 0.300 | x | 0.17 | 0.051 | 0.250 | 0.013 | Guling |
| 6 | 0.600 | x | 0.17 | 0.102 | 0.250 | 0.026 | Guling |
| 7 | 1.500 | x | 0.17 | 0.256 | 0.250 | 0.064 | Guling |
| 8 | 0.900 | x | 0.17 | 0.153 | 0.250 | 0.038 | Tahan |
| 9 | 0.300 | x | 0.17 | 0.051 | 0.167 | 0.009 | Tahan |
| Jumlah | | | | 2.745 | | 2.794 | |

(Sumber : Hasil Perhitungan : 2018)

5.2.1.3 Gaya Hidrostatis Tekanan Air

Gaya Hidrostatis pada tubuh pelimpah merupakan gaya tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang ada pada zat cair terhadap suatu luas bidang tekan pada kedalaman tertentu. Pada perhitungan gaya hidrostatis terdapat 2 kondisi air dibelakang pelimpah, yaitu pada kondisi Muka Air Normal dan Muka Air Banjir. Berikut ini adalah perhitungan gaya hidrostatis :

a. Kondisi Muka Air Normal

Diketahui :

- Berat Jenis Air (γ_w) = 1 t/m³
- Tinggi mercu pelimpah (P) = 1 m
- Tinggi air di belakang pelimpah (h) = 1 m

Perhitungan tekanan air :

- $Hw = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times h^2$
 $Hw = \frac{1}{2} \times 1 \times 1^2$
 $Hw = 0.5 \text{ t/m}$
- $M_{Hw} = Hw \times \text{jarak ke } O$
 $M_{Hw} = 0.5 \times 2.5$
 $M_{Hw} = 1.25 \text{ t.m/m}' \quad (\text{Momen Guling})$

b. Kondisi Muka Air Banjir

Diketahui :

- Berat Jenis Air (γ_w) = 1 t/m³
- Tinggi mercu pelimpah (P) = 1 m
- Tinggi air di belakang pelimpah (h) = 2.18 m
- Tinggi air diatas mercu (h_{dA}) = 1.17 m
- Tinggi Air di hilir pelimpah (h_{dB}) = 0.41 m

Perhitungan tekanan air :

- $H_w = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times h^2$
 $H_w = \frac{1}{2} \times 1 \times 2.18^2$
 $H_w = 2.368 \text{ t/m}$
- $M_{Hw} = H_w \times \text{jarak ke O}$
 $M_{Hw} = 2.368 \times 2.73$
 $M_{Hw} = 6.453 \text{ t.m/m'} \text{ (Momen Guling)}$

Perhitungan berat air di atas pelimpah :

- $w_{a1} = \gamma_w \times h_{dA} \times x$
 $w_{a1} = 1 \times 1.18 \times 0.33$
 $w_{a1} = 0.388 \text{ t/m}$
- $M_{Wa1} = w_{a1} \times \text{jarak ke O}$
 $M_{Wa1} = 0.388 \times 3.34$
 $M_{Wa1} = 1.294 \text{ t.m/m'} \text{ (Momen Tahan)}$
- $w_{a2} = (\gamma_w \times h_{dB} \times x) + (0.5 \times \gamma_w \times (h_{dA} - h_{dB}) \times x')$
 $w_{a2} = (1 \times 0.41 \times 3.05) + (0.5 \times 1 \times (1.18 - 0.41) \times 3.05)$
 $w_{a2} = 1.250 + 1.175$
 $w_{a2} = 2.425 \text{ t/m}$
- $M_{Wa2} = (1.250 \times 2.02) + (1.175 \times 2.40)$
 $M_{Wa2} = 2.526 + 2.822$
 $M_{Wa2} = 5.348 \text{ t.m/m'} \text{ (Momen Tahan)}$
- $w_{a3} = \gamma_w \times h_{dB} \times x$
 $w_{a3} = 1 \times 0.41 \times 0.87$
 $w_{a3} = 0.357 \text{ t/m}$
- $M_{Wa3} = w_{a3} \times \text{jarak ke O}$
 $M_{Wa3} = 0.357 \times 0.435$

$$M_{Wa3} = 0.155 t.m/m' \text{ (Momen Tahan)}$$

5.2.1.4 Gaya Tekanan Tanah Samping

Tekanan tanah dari samping merupakan gaya horizontal akibat desakan tanah dari arah samping tubuh pelimpah. Pada kondisi Muka Air Normal dan Muka Air Banjir, gaya yang terjadi sama. Berikut ini adalah perhitungan dari gaya tekanan tanah kesamping :

- Data Tanah :

$$\gamma_{sat} = 1.7 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 16^\circ$$

- Perhitungan Koefisien Tanah Aktif (Ka)

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{16}{2} \right)$$

$$Ka = 0.57$$

- Perhitungan Koefisien Tanah Pasif (Kp)

$$Kp = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$Kp = \tan^2 \left(45 + \frac{16}{2} \right)$$

$$Kp = 1.76$$

- Perhitungan Tekanan Tanah Aktif (Pa)

$$Pa = \frac{1}{2} \times H \times ((\gamma \times H \times Ka) - 2C\sqrt{Ka})$$

$$Pa = \frac{1}{2} \times 2.5 \times ((1.7 \times 2.5 \times 0.57) - 2.0 \cdot \sqrt{0.57})$$

$$Pa = 3.017 \text{ t/m}$$

$$M_{Pa} = Pa \times jarak \text{ ke } O$$

$$M_{Pa} = 3.017 \times 0.333$$

$$M_{Pa} = 1.006 \text{ t.m/m'} \text{ (Momen Guling)}$$

- Perhitungan Tekanan Tanah Pasif (Pp)

$$\begin{aligned}
 Pp &= \frac{1}{2} \times H \times ((\gamma \times H \times Kp) + 2C\sqrt{Kp}) \\
 Pa &= \frac{1}{2} \times 1.5 \times ((1.7 \times 1.5 \times 1.76) - 2.0 \cdot \sqrt{1.76}) \\
 Pa &= 3.368 \text{ t/m} \\
 M_{Pp} &= Pp \times \text{jarak ke } O \\
 M_{Pp} &= 3.368 \times 0.00 \\
 M_{Pp} &= 0 \text{ t.m/m'} \text{ (Momen Tahan)}
 \end{aligned}$$

5.2.1.5 Gaya *Uplift*

Gaya *uplift* merupakan gaya angkat dari dasar tanah. Perhitungan ini sangat penting karena kegagalan pada stabilitas sering diakibatkan oleh gaya *uplift* dari dasar tanah yang cukup tinggi. Berikut ini adalah perhitungan gaya *uplift* pada pelimpah :

A. Kondisi Muka Air Normal

- Panjang jalur rembesan vertikal (Lv)
Lv = 19.180 m
- Panjang jalur rembesan horizontal (Lh)
Lh = 49.630 m
- Panjang *Creep Line* total (Lt)

$$Lt = Lv + \left(\frac{1}{3} \times Lh \right)$$

$$Lt = 19.180 + \left(\frac{1}{3} \times 49.630 \right)$$

$$Lt = 35.723 \text{ m}$$

- Kontrol Panjang *Creep Line*
 $Lt > \Delta H \times C$
 $35.723 \text{ m} > (55.00-50.00) \times 3$
 $35.723 \text{ m} > 15 \text{ m } [OK]$

Tabel dibawah ini merupakan hasil perhitungan gaya *uplift* di masing-masing titik :

Tabel 5. 4 Perhitungan Gaya *Uplift* Tiap Titik pada Kondisi Muka Air Normal

| No Titik | ΔH (m) | Panjang Rembesan (m) | | | | ΣL (m) | Lt | H_x (t/m ²) | U_x (t/m ²) |
|----------|----------------|----------------------|-------|--------|-------|----------------|------|---------------------------|---------------------------|
| | | Lv | Lh | 1/3 Lh | Lx | | | | |
| A | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 35.72 | 0.00 | 1.00 | 1.00 |
| B | 5.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 35.72 | 0.28 | 3.00 | 2.72 |
| C | 5.00 | 2.00 | 0.50 | 0.17 | 2.17 | 35.72 | 0.30 | 3.00 | 2.70 |
| D | 5.00 | 3.50 | 1.00 | 0.33 | 3.83 | 35.72 | 0.54 | 1.50 | 0.96 |
| E | 5.00 | 3.50 | 8.25 | 2.75 | 6.25 | 35.72 | 0.87 | 1.50 | 0.63 |
| F | 5.00 | 5.00 | 8.25 | 2.75 | 7.75 | 35.72 | 1.08 | 3.00 | 1.92 |
| G | 5.00 | 5.00 | 8.75 | 2.92 | 7.92 | 35.72 | 1.11 | 3.00 | 1.89 |
| H | 5.00 | 6.50 | 8.75 | 2.92 | 9.42 | 35.72 | 1.32 | 1.50 | 0.18 |
| I | 5.00 | 6.50 | 16.50 | 5.50 | 12.00 | 35.72 | 1.68 | 1.50 | -0.18 |
| J | 5.00 | 8.50 | 16.50 | 5.50 | 14.00 | 35.72 | 1.96 | 3.50 | 1.54 |
| K | 5.00 | 8.50 | 17.00 | 5.67 | 14.17 | 35.72 | 1.98 | 3.50 | 1.52 |
| L | 5.00 | 8.50 | 17.50 | 5.83 | 14.33 | 35.72 | 2.01 | 3.50 | 1.49 |
| M | 5.00 | 9.00 | 17.50 | 5.83 | 14.83 | 35.72 | 2.08 | 3.00 | 0.92 |
| N | 5.00 | 9.00 | 17.75 | 5.92 | 14.92 | 35.72 | 2.09 | 3.00 | 0.91 |
| O | 5.00 | 9.50 | 17.75 | 5.92 | 15.42 | 35.72 | 2.16 | 2.50 | 0.34 |
| P | 5.00 | 9.50 | 18.75 | 6.25 | 15.75 | 35.72 | 2.20 | 2.50 | 0.30 |
| Q | 5.00 | 10.00 | 18.75 | 6.25 | 16.25 | 35.72 | 2.27 | 3.00 | 0.73 |
| R | 5.00 | 10.00 | 19.25 | 6.42 | 16.42 | 35.72 | 2.30 | 3.00 | 0.70 |
| S | 5.00 | 10.50 | 19.25 | 6.42 | 16.92 | 35.72 | 2.37 | 3.50 | 1.13 |
| T | 5.00 | 10.50 | 20.00 | 6.67 | 17.17 | 35.72 | 2.40 | 3.50 | 1.10 |
| U | 5.00 | 11.00 | 20.50 | 6.83 | 17.83 | 35.72 | 2.50 | 3.00 | 0.50 |
| V | 5.00 | 11.29 | 20.50 | 6.83 | 18.12 | 35.72 | 2.54 | 2.71 | 0.17 |
| W | 5.00 | 12.68 | 31.63 | 10.54 | 23.22 | 35.72 | 3.25 | 4.10 | 0.85 |
| X | 5.00 | 16.58 | 40.63 | 13.54 | 30.12 | 35.72 | 4.22 | 8.00 | 3.78 |

Lanjutan Tabel 5.4

| | | | | | | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Y | 5.00 | 16.58 | 44.63 | 14.88 | 31.46 | 35.72 | 4.40 | 8.00 | 3.60 |
| Z | 5.00 | 17.08 | 48.63 | 16.21 | 33.29 | 35.72 | 4.66 | 7.50 | 2.84 |
| 1 | 5.00 | 17.58 | 48.63 | 16.21 | 33.79 | 35.72 | 4.73 | 8.00 | 3.27 |
| 2 | 5.00 | 17.58 | 49.63 | 16.54 | 34.12 | 35.72 | 4.78 | 8.00 | 3.22 |
| 3 | 5.00 | 19.68 | 49.63 | 16.54 | 36.22 | 35.72 | 5.07 | 5.90 | 0.83 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Dari gaya *uplift* masing-masing titik maka kemudian dihitung gaya-gaya uplift pada bidang vertikal dan horizontal. Hasil dari perhitungan di tampilkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 5 Perhitungan Gaya *Uplift* Bidang Vertikal Kondisi Muka Air Normal

| Bidang | Tekanan Titik | | Lebar | Pv | Lengan | Momen | | Ket |
|--------|---------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|
| | | | | | | Tahan | Guling | |
| | t/m' | | | m | | t.m/m' | | |
| KL | 1.517 | 1.494 | 0.5 | 0.747 | 3.250 | | 2.427 | |
| | | | | 0.006 | 3.333 | | 0.019 | |
| MN | 0.924 | 0.912 | 0.25 | 0.228 | 2.875 | | 0.656 | |
| | | | | 0.001 | 2.917 | | 0.004 | |
| OP | 0.342 | 0.296 | 1 | 0.296 | 2.250 | | 0.665 | |
| | | | | 0.023 | 2.417 | | 0.056 | |
| QR | 0.726 | 0.702 | 0.5 | 0.351 | 1.500 | | 0.527 | |
| | | | | 0.006 | 1.583 | | 0.009 | |
| ST | 1.132 | 1.097 | 0.75 | 0.823 | 0.875 | | 0.720 | |
| | | | | 0.013 | 1.000 | | 0.013 | |
| TU | 1.097 | 0.504 | 0.5 | 0.252 | 0.250 | | 0.063 | |
| | | | | 0.148 | 0.167 | | 0.025 | |
| Jumlah | | | | 2.894 | | 0.000 | 5.185 | |



Tabel 5. 6 Perhitungan Gaya *Uplift* (Ke Kanan) Bidang Horizontal Kondisi Muka Air Normal

| Bidang | Tekanan Titik | | Lebar | Ph | Lengan | Momen | | Ket |
|--------|---------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|
| | | | | | | Tahan | Guling | |
| | t/m' | | | m | | t.m/m' | | |
| PQ | 0.296 | 0.726 | 0.5 | 0.148 | 0.250 | | 0.037 | → |
| | | | | 0.108 | 0.167 | | 0.018 | |
| RS | 0.702 | 1.132 | 0.5 | 0.351 | 0.250 | 0.088 | | → |
| | | | | 0.108 | 0.333 | 0.036 | | |
| IJ | 0.000 | 1.540 | 2 | 0.000 | 0.500 | | 0.000 | → |
| | | | | 1.540 | 0.167 | | 0.257 | |
| Jumlah | | | | 2.254 | | 0.124 | 0.312 | |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

Tabel 5. 7 Perhitungan Gaya *Uplift* (Ke Kiri) Bidang Horizontal Kondisi Muka Air Normal

| Bidang | Tekanan Titik | | Lebar | Ph | Lengan | Momen | | Ket |
|--------|---------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----|
| | | | | | | Tahan | Guling | |
| | t/m' | | | m | | t.m/m' | | |
| VU | 0.173 | 0.504 | 0.29 | 0.050 | 0.145 | 0.007 | | → |
| | | | | 0.048 | 0.097 | 0.005 | | |
| UT | 0.504 | 1.097 | 0.5 | 0.252 | 0.250 | | 0.063 | ← |
| | | | | 0.148 | 0.333 | | 0.049 | |
| ON | 0.342 | 0.912 | 0.5 | 0.171 | 0.250 | 0.043 | | ← |
| | | | | 0.142 | 0.047 | 0.007 | | |
| ML | 0.924 | 1.494 | 0.5 | 0.462 | 0.250 | | 0.115 | → |
| | | | | 0.142 | 0.333 | | 0.047 | |
| Jumlah | | | | 1.417 | | 0.061 | 0.275 | |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

B. Kondisi Muka Air Banjir

- Panjang jalur rembesan vertikal (Lv)
Lv = 19.180 m
- Panjang jalur rembesan horizontal (Lh)
Lh = 49.630 m
- Panjang *Creep Line* total (Lt)

$$Lt = Lv + \left(\frac{1}{3} \times Lh\right)$$

$$Lt = 19.180 + \left(\frac{1}{3} \times 49.630\right)$$

$$Lt = 35.723 \text{ m}$$
- Kontrol Panjang *Creep Line*

$$Lt > \Delta H \times C$$

$$35.723 \text{ m} > (56.17 - 52.45) \times 3$$

$$35.723 \text{ m} > 11.176 \text{ m} \quad [\text{OK}]$$

Tabel dibawah ini merupakan hasil perhitungan gaya *uplift* di masing-masing titik :

Tabel 5. 8 Perhitungan Gaya *Uplift* Tiap Titik pada Kondisi Muka Air Banjir

| No Titik | ΔH (m) | Panjang Rembesan (m) | | | | ΣL (m) | Lt | H_x (t/m ²) | U_x (t/m ²) |
|-------------|-------------------|----------------------|-------|-------------|-------|-------------------|------|------------------------------|------------------------------|
| | | Lv | Lh | $1/3$ Lh | Lx | | | | |
| A | 3.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 35.72 | 0.00 | 2.18 | 2.18 |
| B | 3.73 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 35.72 | 0.21 | 4.18 | 3.97 |
| C | 3.73 | 2.00 | 0.50 | 0.17 | 2.17 | 35.72 | 0.23 | 4.18 | 3.95 |
| D | 3.73 | 3.50 | 1.00 | 0.33 | 3.83 | 35.72 | 0.40 | 2.68 | 2.28 |
| E | 3.73 | 3.50 | 8.25 | 2.75 | 6.25 | 35.72 | 0.65 | 2.68 | 2.02 |
| F | 3.73 | 5.00 | 8.25 | 2.75 | 7.75 | 35.72 | 0.81 | 4.18 | 3.37 |
| G | 3.73 | 5.00 | 8.75 | 2.92 | 7.92 | 35.72 | 0.83 | 4.18 | 3.35 |
| H | 3.73 | 6.50 | 8.75 | 2.92 | 9.42 | 35.72 | 0.98 | 2.68 | 1.69 |
| I | 3.73 | 6.50 | 16.50 | 5.50 | 12.00 | 35.72 | 1.25 | 2.68 | 1.42 |

Lanjutan Tabel 5.8

| | | | | | | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| J | 3.73 | 8.50 | 16.50 | 5.50 | 14.00 | 35.72 | 1.46 | 4.68 | 3.22 |
| K | 3.73 | 8.50 | 17.00 | 5.67 | 14.17 | 35.72 | 1.48 | 4.68 | 3.20 |
| L | 3.73 | 8.50 | 17.50 | 5.83 | 14.33 | 35.72 | 1.49 | 4.68 | 3.18 |
| M | 3.73 | 9.00 | 17.50 | 5.83 | 14.83 | 35.72 | 1.55 | 4.18 | 2.63 |
| N | 3.73 | 9.00 | 17.75 | 5.92 | 14.92 | 35.72 | 1.56 | 4.18 | 2.62 |
| O | 3.73 | 9.50 | 17.75 | 5.92 | 15.42 | 35.72 | 1.61 | 3.68 | 2.07 |
| P | 3.73 | 9.50 | 18.75 | 6.25 | 15.75 | 35.72 | 1.64 | 3.68 | 2.03 |
| Q | 3.73 | 10.00 | 18.75 | 6.25 | 16.25 | 35.72 | 1.69 | 4.18 | 2.48 |
| R | 3.73 | 10.00 | 19.25 | 6.42 | 16.42 | 35.72 | 1.71 | 4.18 | 2.46 |
| S | 3.73 | 10.50 | 19.25 | 6.42 | 16.92 | 35.72 | 1.76 | 4.68 | 2.91 |
| T | 3.73 | 10.50 | 20.00 | 6.67 | 17.17 | 35.72 | 1.79 | 4.68 | 2.89 |
| U | 3.73 | 11.00 | 20.50 | 6.83 | 17.83 | 35.72 | 1.86 | 4.18 | 2.32 |
| V | 3.73 | 11.29 | 20.50 | 6.83 | 18.12 | 35.72 | 1.89 | 3.89 | 2.00 |
| W | 3.73 | 12.68 | 31.63 | 10.54 | 23.22 | 35.72 | 2.42 | 5.28 | 2.85 |
| X | 3.73 | 16.58 | 40.63 | 13.54 | 30.12 | 35.72 | 3.14 | 9.18 | 6.03 |
| Y | 3.73 | 16.58 | 44.63 | 14.88 | 31.46 | 35.72 | 3.28 | 9.18 | 5.90 |
| Z | 3.73 | 17.08 | 48.63 | 16.21 | 33.29 | 35.72 | 3.47 | 8.68 | 5.20 |
| 1 | 3.73 | 17.58 | 48.63 | 16.21 | 33.79 | 35.72 | 3.52 | 9.18 | 5.65 |
| 2 | 3.73 | 17.58 | 49.63 | 16.54 | 34.12 | 35.72 | 3.56 | 9.18 | 5.62 |
| 3 | 3.73 | 19.68 | 49.63 | 16.54 | 36.22 | 35.72 | 3.78 | 7.08 | 3.30 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Dari gaya *uplift* masing-masing titik maka kemudian dihitung gaya-gaya *uplift* pada bidang vertikan dan horizontal dari pondasi pelimpah. Hasil dari perhitungan di tampilkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 9 Perhitungan Gaya *Uplift* Bidang Vertikal Kondisi Muka Air Banjir

| Bidang | Tekanan Titik | | Lebar | Pv | Lengan | Momen | | Ket |
|--------|---------------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-----|
| | | | | | | Tahan | Guling | |
| | t/m' | m | | t.m/m' | | | | |
| KL | 3.199 | 3.181 | 0.5 | 1.591 | 3.250 | | 5.170 | |
| | | | | 0.004 | 3.333 | | 0.014 | |
| MN | 2.629 | 2.621 | 0.25 | 0.655 | 2.875 | | 1.883 | |
| | | | | 0.001 | 2.917 | | 0.003 | |
| OP | 2.068 | 2.034 | 1 | 2.034 | 2.250 | | 4.576 | |
| | | | | 0.017 | 2.417 | | 0.042 | |
| QR | 2.481 | 2.464 | 0.5 | 1.232 | 1.500 | | 1.848 | |
| | | | | 0.004 | 1.583 | | 0.007 | |
| ST | 2.912 | 2.886 | 0.75 | 2.164 | 0.875 | | 1.894 | |
| | | | | 0.010 | 1.000 | | 0.010 | |
| TU | 2.886 | 2.316 | 0.5 | 1.158 | 0.250 | | 0.290 | |
| | | | | 0.142 | 0.167 | | 0.024 | |
| Jumlah | | | | 9.013 | | 0.000 | 15.760 | |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

Tabel 5. 10 Perhitungan Gaya *Uplift* (Ke Kanan) Bidang Horizontal Kondisi Muka Air Banjir

| Bidang | Tekanan Titik | | Lebar | Ph | Lengan | Momen | | Ket |
|--------|---------------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-----|
| | | | | | | Tahan | Guling | |
| | t/m' | m | | t.m/m' | | | | |
| PQ | 2.034 | 2.481 | 0.5 | 1.017 | 0.250 | | 0.254 | |
| | | | | 0.112 | 0.167 | | 0.019 | |
| RS | 2.464 | 2.912 | 0.5 | 1.232 | 0.250 | 0.308 | | |
| | | | | 0.112 | 0.333 | 0.037 | | |
| IJ | 1.425 | 3.216 | 2 | 2.849 | 0.500 | | 1.425 | |



Lanjutan Tabel 5.10

| | | | | | | | | |
|--------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|--|
| | | | | 1.791 | 0.167 | | 0.299 | |
| Jumlah | | | | 7.114 | | 0.345 | 1.996 | |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Tabel 5. 11 Perhitungan Gaya *Uplift* (Ke Kiri) Bidang Horizontal Kondisi Muka Air Banjir

| Bidang | Tekanan Titik | Lebar | Ph | Lengan | Momen | | Ket |
|--------|---------------|-------|------|--------|--------|--------|-------|
| | | | | | Tahan | Guling | |
| | | | t/m' | m | t.m/m' | | |
| VU | 1.996 | 2.316 | 0.29 | 0.579 | 0.145 | 0.084 | |
| | | | | 0.046 | 0.097 | 0.004 | |
| UT | 2.316 | 2.886 | 0.5 | 1.158 | 0.250 | | 0.290 |
| | | | | 0.142 | 0.333 | | 0.047 |
| ON | 2.068 | 2.621 | 0.5 | 1.034 | 0.250 | 0.259 | |
| | | | | 0.138 | 0.046 | 0.006 | |
| ML | 2.629 | 3.181 | 0.5 | 1.315 | 0.250 | | 0.329 |
| | | | | 0.138 | 0.333 | | 0.046 |
| Jumlah | | | | 4.551 | | 0.353 | 0.712 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

5.2.2 Kontrol Stabilitas Bangunan Pelimpah

5.2.2.1 Kontrol Stabilitas Saat Muka Air Normal

A. Kontrol Guling Kondisi Gempa

- Jumlah Momen Guling :

$$\begin{aligned}\Sigma M_{\text{Guling}} &= 1.250 + 1.006 + 5.185 + 0.275 + 0.312 + 2.747 \\ &= 10.775 \text{ t.m/m}'\end{aligned}$$

- Jumlah Momen Tahan :

$$\begin{aligned}\Sigma M_{\text{Tahan}} &= 33.387 + 0.061 + 0.124 + 0.047 + 0.000 \\ &= 33.618 \text{ t.m/m}'\end{aligned}$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana (SF) = 1.5

- Perhitungan SF

$$SF = \frac{\sum M_{Tahan}}{\sum M_{Guling}}$$

$$SF = \frac{33.618}{10.775}$$

$$SF = 3.12 > 1.5$$

[OK]

B. Kontrol Guling Kondisi Normal

- Jumlah Momen Guling :

$$\Sigma M_{Guling} = 1.250 + 1.006 + 5.185 + 0.275 + 0.312$$

$$= 8.028 \text{ t.m/m'}$$

- Jumlah Momen Tahan :

$$\Sigma M_{Tahan} = 33.387 + 0.061 + 0.124 + 0.000$$

$$= 33.572 \text{ t.m/m'}$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana (SF) = 1.5

- Perhitungan SF

$$SF = \frac{\sum M_{Tahan}}{\sum M_{Guling}}$$

$$SF = \frac{33.572}{8.028}$$

$$SF = 4.18 > 1.5$$

[OK]

C. Kontrol Geser Kondisi Gempa

- Jumlah Resultan Gaya Horizontal (ΣH)

$$\Sigma H = (0.500 + 3.017 + 2.254 + 2.745) - (1.426 + 3.368)$$

$$= 3.731 \text{ ton/m}$$

- Jumlah Resultan Gaya Vertikal (ΣV)

$$\Sigma V = 16.104 - 2.894$$

$$= 13.210 \text{ ton/m}$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana (SF) = 1.5 dan koefisien gesek (f) = 0.9 untuk pasangan beton.

- Perhitungan SF

$$SF = \frac{\sum V}{\sum H} \times f$$

$$SF = \frac{13.210}{3.731} \times 0.9$$

$$SF = 3.19 > 1.5 \quad [OKE]$$

D. Kontrol Geser Kondisi Normal

- Jumlah Resultan Gaya Horizontal (ΣH)

$$\Sigma H = (0.500 + 3.017 + 2.254) - (1.417 + 3.368) \\ = 0.987 \text{ ton/m}$$

- Jumlah Resultan Gaya Vertikal (ΣV)

$$\Sigma V = 16.104 - 2.894 \\ = 13.210 \text{ ton/m}$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana (SF) = 1.5 dan koefisien gesek (f) = 0.9 untuk pasangan beton.

- Perhitungan SF

$$SF = \frac{\sum V}{\sum H} \times f$$

$$SF = \frac{13.210}{0.987} \times 0.9$$

$$SF = 10.71 > 1.5 \quad [OKE]$$

E. Kontrol Daya Dukung Kondisi Gempa

- Data Tanah :

$$\gamma = 1.7 \text{ t/m}^3$$

$$C = 0$$

$$\phi = 16^\circ$$

Berdasarkan data tanah dengan nilai $\phi = 16^\circ$, maka didapatkan nilai variable sebagai berikut :

$$N_c = 11.76$$

$$N_y = 1.82$$

$$N_q = 4.48$$

- Menghitung Eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M}{\sum V} < \frac{1}{6}B$$

$$e = \frac{3.5}{2} - \frac{33.618 - 10.775}{13.210} < \frac{1}{6} \times 3.5$$

$$e = 0.021 < 0.583 \quad [\text{OKE}]$$

- Menghitung Tegangan Ijin

$$q = (B - 2e) \left[\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (B - 2e) \cdot N_y + C \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \right]$$

$$q = (3.5 - 2 \times 0.021) \left[\frac{1}{2} \times 1.7 \times (3.5 - 2 \times 0.021) \cdot 1.82 + 0 \times 11.76 + 1.7 \times 1.5 \times 4.48 \right]$$

$$q = 58.128 \text{ t/m}^2$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana untuk daya dukung (SF) = 3

$$\sigma_{ijin} = \frac{q}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{58.128}{3}$$

$$\sigma_{ijin} = 19.376 \text{ t/m}^2/\text{m}'$$

- Menghitung Tegangan yang Terjadi

$$\sigma = \frac{\sum V}{B} \times \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right) \leq \sigma_{ijin}$$

$$\sigma = \frac{13.210}{3.5} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 0.021}{3.5} \right) \leq 19.376 \text{ t/m}^2/\text{m}'$$

$$\sigma_{max} = 3.908 \leq 19.376 \text{ t/m}^2/\text{m}' \quad [\text{OKE}]$$

$$\sigma_{max} = 3.640 \leq 19.376 \text{ t/m}^2/\text{m}' \quad [\text{OKE}]$$

5.2.2.2 Kontrol Stabilitas Saat Muka Air Banjir

A. Kontrol Guling Kondisi Gempa

- Jumlah Momen Guling :

$$\Sigma M_{Guling} = 6.453 + 1.006 + 15.760 + 0.712 + 1.996 + 2.747 \\ = 28.674 \text{ t.m/m}'$$

- Jumlah Momen Tahan :

$$\Sigma M_{Tahan} = 33.387 + 1.294 + 0.155 + 5.348 + 0.353 + 0.345 \\ + 0.047 + 0.000$$

$$= 40.930 \text{ t.m/m}^'$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana (SF) = 1.2

- Perhitungan SF

$$SF = \frac{\sum M_{Tahan}}{\sum M_{Guling}}$$

$$SF = \frac{40.930}{28.674}$$

$$SF = 1.43 > 1.2 \quad [\text{OK}]$$

B. Kontrol Guling Kondisi Normal

- Jumlah Momen Guling :

$$\Sigma M_{Guling} = 6.453 + 1.006 + 15.760 + 0.712 + 1.996 \\ = 25.927 \text{ t.m/m}^'$$

- Jumlah Momen Tahan :

$$\Sigma M_{Tahan} = 33.387 + 1.294 + 0.155 + 5.348 + 0.353 + 0.345 \\ + 0.000 \\ = 40.883 \text{ t.m/m}^'$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana (SF) = 1.2

- Perhitungan SF

$$SF = \frac{\sum M_{Tahan}}{\sum M_{Guling}}$$

$$SF = \frac{40.883}{25.927}$$

$$SF = 1.58 > 1.2 \quad [\text{OK}]$$

C. Kontrol Geser Kondisi Gempa

- Jumlah Resultan Gaya Horizontal (ΣH)

$$\Sigma H = (2.368 + 3.368 + 7.114 + 2.745) - (4.551 + 3.368) \\ = 7.675 \text{ ton/m}$$

- Jumlah Resultan Gaya Vertikal (ΣV)

$$\Sigma V = 19.274 - 9.013 \\ = 10.260 \text{ ton/m}$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana (SF) = 1.2 dan koefisien gesek (f) = 0.9 untuk pasangan beton.

- Perhitungan SF

$$SF = \frac{\sum V}{\sum H} \times f$$

$$SF = \frac{10.260}{7.675} \times 0.9$$

$$SF = 1.203 > 1.2 \quad [OKE]$$

D. Kontrol Geser Kondisi Normal

- Jumlah Resultan Gaya Horizontal (ΣH)

$$\begin{aligned}\Sigma H &= (2.368 + 3.368 + 7.114) - (4.551 + 3.368) \\ &= 4.931 \text{ ton/m}\end{aligned}$$

- Jumlah Resultan Gaya Vertikal (ΣV)

$$\begin{aligned}\Sigma V &= 19.274 - 9.013 \\ &= 10.260 \text{ ton/m}\end{aligned}$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana (SF) = 1.2 dan koefisien gesek (f) = 0.9 untuk pasangan beton.

- Perhitungan SF

$$SF = \frac{\sum V}{\sum H} \times f$$

$$SF = \frac{10.260}{4.931} \times 0.9$$

$$SF = 1.66 > 1.5 \quad [OKE]$$

E. Kontrol Daya Dukung Kondisi Gempa

- Data Tanah :

$$\gamma = 1.7 \text{ t/m}^3$$

$$C = 0$$

$$\phi = 16^\circ$$

Berdasarkan data tanah dengan nilai $\phi = 16^\circ$, maka didapatkan nilai variable sebagai berikut :

$$N_C = 11.76$$

$$N_Y = 1.82$$

$$N_q = 4.48$$

- Menghitung Eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M}{\sum V} < \frac{1}{6}B$$

$$e = \frac{3.5}{2} - \frac{40.930 - 28.674}{10.260} < \frac{1}{6} \times 3.5$$

$$e = 0.555 < 0.583 \quad [\text{OKE}]$$

- Menghitung Tegangan Ijin

$$q = (B - 2e) \left[\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (B - 2e) \cdot N_Y + C \cdot N_C + \gamma \cdot D \cdot N_q \right]$$

$$q =$$

$$(3.5 - 2 \times 0.555) \left[\frac{1}{2} \times 1.7 \times (3.5 - 2 \times 0.555) \cdot 1.82 + 0 \times 11.76 + 1.7 \times 1.5 \times 4.48 \right]$$

$$q = 38.175 \text{ t/m}^2$$

Pada perencanaan ini ditentukan Angka Keamanan rencana untuk daya dukung (SF) = 3

$$\sigma_{ijin} = \frac{q}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{38.175}{3}$$

$$\sigma_{ijin} = 12.725 \text{ t/m}^2/\text{m}'$$

- Menghitung Tegangan yang Terjadi

$$\sigma = \frac{\sum V}{B} \times \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right) \leq \sigma_{ijin}$$

$$\sigma = \frac{10.246}{3.5} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 0.555}{3.5} \right) \leq 12.713 \text{ t/m}^2/\text{m}'$$

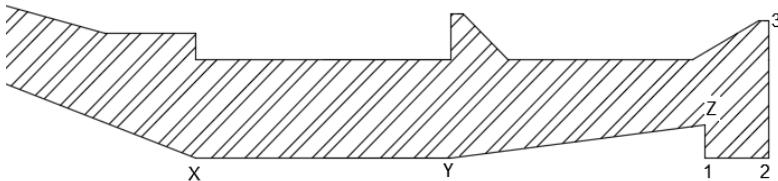
$$\sigma_{max} = 5.723 \leq 12.725 \text{ t/m}^2/\text{m}' \quad [\text{OKE}]$$

$$\sigma_{max} = 0.140 \leq 12.725 \text{ t/m}^2/\text{m}' \quad [\text{OKE}]$$

5.2.3 Kontrol Peredam Energi

Selain Tubuh Pelimpah yang dikontrol, perencanaan kolam olak pun perlu di kontrol terhadap gaya *uplift*. Untuk mengkontrol kolam olak perlu ditinjau dari titik-titik dibawah

kolam olak yang dianggap mewakili jika perencanaan tebal kolam olak tersebut mampu atau tidak menahan gaya *uplift* yang terjadi.



Gambar 5. 12 Titik-titik Tinjau untuk Kontrol Kolam Olak
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Berikut ini adalah perhitungan kontrol kolam olak untuk dua kondisi, yaitu kondisi muka air normal dan muka air banjir :

1. Kondisi Muka Air Normal

Pada Perencanaan ini, ditentukan angka keamanan dianggap pada kondisi normal, sehingga $SF = 1.25$. Nilai γ yang digunakan adalah berat jenis beton $\gamma = 2.4 \text{ t/m}^3$. Pada kondisi ini tinggi air di kolam olak (W_x) = 0

$$dx \geq S \frac{Px - Wx}{\gamma}$$

$$2.0 \geq 1.25 \frac{3.784 - 0.00}{2.4}$$

$$2.0 \geq 1.971 \quad [\text{OKE}]$$

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk setiap titik tinjau :

Tabel 5. 12 Kontrol Kolam Olak pada Kondisi Muka Air Normal

| Titik | P_x | W_x | $S \frac{Px - Wx}{\gamma}$ | dx | Ket |
|-------|-------|-------|----------------------------|------|-----|
| X | 3.784 | 0.00 | 1.971 | 2 | OKE |
| Y | 3.597 | 0.00 | 1.874 | 2 | OKE |
| Z | 2.841 | 0.00 | 1.479 | 1.6 | OKE |
| 1 | 3.271 | 0.00 | 1.703 | 2.1 | OKE |
| 2 | 3.224 | 0.00 | 1.679 | 2.6 | OKE |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

2. Kondisi Muka Air Banjir

Pada Perencanaan ini, ditentukan angka keamanan dianggap pada kondisi normal, sehingga $SF = 1.25$. Nilai γ yang digunakan adalah berat jenis beton $\gamma = 2.4 \text{ t/m}^3$. Pada kondisi ini tinggi air di kolam olak (W_x) = 0

$$dx \geq S \frac{Px - Wx}{\gamma}$$

$$2.0 \geq 1.25 \frac{6.035 - 3.45}{2.4}$$

$$2.0 \geq 1.346 \quad [\text{OKE}]$$

Dibawah ini merupakan perhitungan untuk setiap titik tinjau :

Tabel 5. 13 Kontrol Kolam Olak pada Kondisi Muka Air Banjir

| Titik | Px | Wx | $S \frac{Px - Wx}{\gamma}$ | dx | Ket |
|-------|-------|------|----------------------------|-----|-----|
| X | 6.035 | 3.45 | 1.346 | 2 | OKE |
| Y | 5.896 | 3.45 | 1.273 | 2 | OKE |
| Z | 5.204 | 3.45 | 0.913 | 1.6 | OKE |
| 1 | 5.652 | 3.45 | 1.147 | 2.1 | OKE |
| 2 | 5.617 | 3.45 | 1.129 | 2.6 | OKE |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

5.3 Perencanaan Tubuh Embung

Tubuh embung yang direncanakan pada Tugas Akhir ini adalah Tipe urugan majemuk dengan inti lempung.

5.3.1 Tinggi Tubuh Embung

Tinggi embung ditentukan dari elevasi dasar embung sampai elevasi mercu embung. Elevasi mercu embung ditentukan berdasarkan ketentuan yang ditetapkan. Berdasarkan Tabel 2.17, untuk tipe urugan majemuk menggunakan tinggi jagaan 1 meter. Untuk menambah kamanan, pada perencanaan ini direncanakan dengan tinggi jagaan sebesar 2 meter.

- Elevasi dasar embung = +50.00

- Elevasi mercu pelimpah = + 55.00
- Tinggi Jagaan = 2 meter
- Elevasi puncak embung = + 57.00
- Tinggi embung = 7 meter

5.3.2 Lebar Puncak Embung

Di samping itu, pada penentuan lebar mercu perlu diperhatikan kegunaannya sebagai jalan inspeksi dan pemeliharaan embung.

Untuk mendapatkan lebar puncak embung, dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} b &= 3,6 H^{\frac{1}{3}} - 3 \\ b &= 3,6 (7)^{\frac{1}{3}} - 3 \\ b &= 3.8 \text{ m} \approx 4 \text{ m} \end{aligned}$$

5.3.3 Kemiringan Lereng Embung

Kemiringan lereng urugan harus ditentukan sedemikian rupa agar stabil terhadap longsoran. Hal ini sangat tergantung pada jenis material urugan yang dipakai. Direncanakan kemiringan embung dengan data sebagai berikut :

- Kemiringan Hulu = 1 : 2.50
- Kemiringan Hilir = 1 : 2.00

5.4 Analisa Formasi Garis Depresi

Perhitungan formasi garis depresi memiliki tujuan untuk mendapatkan garis depresi aliran air pada tubuh embung yang berasal dari tampungan embung. Formasi garis depresi dihitung dengan kondisi air yang berbeda-beda.

5.4.1 Kondisi Muka Air Banjir

Di bawah ini merupakan parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan koordinat formasi garis depresi pada kondisi muka air banjir saat melewati zona inti :

- Elevasi Muka Air = +56.18 m

- Elevasi Dasar Bendung = +50.00 m
- Tinggi Muka Air = 6.18 m
- L drainase tumit = 3 m
- Kemiringan hulu (m) = 0.33
- L_1 = $m \times h$
= 0.33×6.18
= 2.04 m
- Lebar Dasar Zona Inti (B) = 7 m
- $L_2 (B - L_1)$ = $7 - 2.04 = 4.96$ m
- $d (L_2 + 0.3L_1)$ = $4.96 + (0.3 \times 2.04)$
= 5.57 m
- Nilai y pada saat, $x = 0$ $y_0 = \sqrt{d^2 + h^2} - d$
 $y_0 = \sqrt{5.57^2 + 6.18^2} - 5.57$
 $y_0 = 2.75$ m

Contoh perhitungan koordinat menggunakan persamaan garis depresi melewati zona inti pada saat $x = 2.00$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}y &= \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2} \\y &= \sqrt{2(2.75) \times 2.00 + (2.75)^2} \\y &= 4.30\text{ m}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan untuk tiap-tiap nilai x agar mendapatkan koordinat yang lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 14 Koordinat Garis Depresi Muka Air Banjir Melewati Zona Inti

| x | 0.00 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | 5.57 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| y | 2.75 | 3.21 | 3.61 | 4.30 | 4.90 | 5.43 | 5.92 | 6.18 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Untuk perhitungan zona random dihitung dengan membandingkan nilai koefisien permeabilitas (K). Diketahui nilai K untuk zona inti adalah 2.72×10^{-7} cm/dt, dan nilai K untuk zona

random adalah 7.25×10^{-4} cm/dt. Asumsi bahwa debit aliran filtrasi konstan. Sehingga,

$$Q = K_1 \times y_0 \times L = K_2 \times h \times L$$

$$h = \frac{K_1}{K_2} \times y_0$$

$$h = \frac{2.72 \times 10^{-7}}{7.25 \times 10^{-4}} \times 2.75$$

$$h = 0.00080 \text{ m}$$

Di mana h yang dihitung merupakan tinggi muka air diujung embung. Sehingga rumus persamaan garis depresi pada zona random menjadi $y = \sqrt{2hx + h^2}$

Contoh perhitungan koordinat menggunakan persamaan garis depresi melewati zona random pada saat $x = 2.00$ adalah sebagai berikut :

$$y = \sqrt{2hx + h^2}$$

$$y = \sqrt{2(0.00080) \times 2.00 + (0.00080)^2}$$

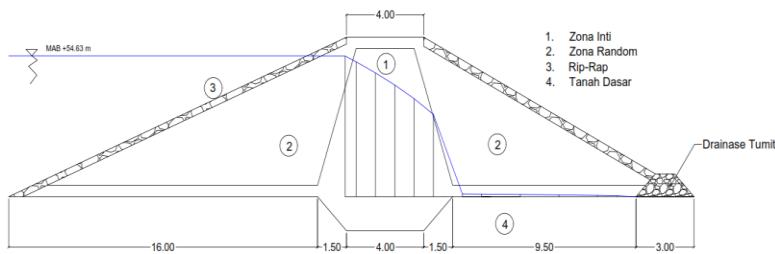
$$y = 0.057 \text{ m}$$

Hasil perhitungan untuk tiap-tiap nilai x agar mendapatkan koordinat yang lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 15 Koordinat Garis Depresi Muka Air Banjir Melewati Zona Random

| | | | | | | | | |
|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 | 9.00 | 9.50 |
| y | 0.00080 | 0.040 | 0.057 | 0.080 | 0.098 | 0.113 | 0.120 | 0.124 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)



Gambar 5. 13 Ilustrasi Formasi Garis Depresi saat Muka Air Banjir

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

5.4.2 Kondisi Muka Air ½ Tinggi Air Banjir

Di bawah ini merupakan parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan koordinat formasi garis depresi pada kondisi muka air ½ tinggi air banjir saat melewati zona inti :

- Elevasi Muka Air = +53.09 m
- Elevasi Dasar Bendung = +50.00 m
- Tinggi Muka Air = 3.09 m
- L drainase tumit = 3 m
- Kemiringan hulu (m) = 0.33
- L_1 = $m \times h$
= 0.33×3.09
= 1.02 m
- Lebar Dasar Zona Inti (B) = 7 m
- $L_2(B - L_1)$ = $7 - 1.02 = 5.98$ m
- $d(L_2 + 0.3L_1)$ = $5.98 + (0.3 \times 1.02)$
= 6.29 m
- Nilai y pada saat, $x = 0$ $y_0 = \sqrt{d^2 + h^2} - d$
 $y_0 = \sqrt{6.29^2 + 3.09^2} - 6.29$
 $y_0 = 0.72$ m

Contoh perhitungan koordinat menggunakan persamaan garis depresi melewati zona inti pada saat $x = 2.00$ adalah sebagai berikut :

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

$$y = \sqrt{2(0.72) \times 2.00 + (0.72)^2}$$

$$y = 1.84 \text{ m}$$

Hasil perhitungan untuk tiap-tiap nilai x agar mendapatkan koordinat yang lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 16 Koordinat Garis Depresi Muka Air ½ Tinggi Banjir Melewati Zona Inti

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| x | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 6.29 |
| y | 0.72 | 1.40 | 1.84 | 2.20 | 2.50 | 2.77 | 3.02 | 3.09 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Untuk perhitungan zona random dihitung dengan membandingkan nilai koefisien permeabilitas (K). Diketahui nilai K untuk zona inti adalah $2.72 \times 10^{-7} \text{ cm/dt}$, dan nilai K untuk zona random adalah $7.25 \times 10^{-4} \text{ cm/dt}$. Asumsi bahwa debit aliran filtrasi konstan. Sehingga,

$$Q = K_1 \times y_0 \times L = K_2 \times h \times L$$

$$h = \frac{K_1}{K_2} \times y_0$$

$$h = \frac{2.72 \times 10^{-7}}{7.25 \times 10^{-4}} \times 0.72$$

$$h = 0.00021 \text{ m}$$

Di mana h yang dihitung merupakan tinggi muka air diujung embung. Sehingga rumus persamaan garis depresi pada zona random menjadi $y = \sqrt{2hx + h^2}$

Contoh perhitungan koordinat menggunakan persamaan garis depresi melewati zona random pada saat x = 2.00 adalah sebagai berikut :

$$y = \sqrt{2hx + h^2}$$

$$y = \sqrt{2(0.00021) \times 2.00 + (0.00021)^2}$$

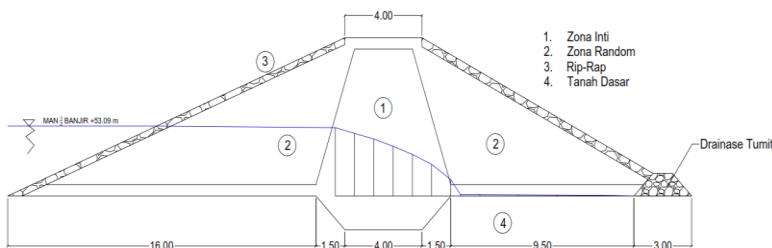
$$y = 0.029 \text{ m}$$

Hasil perhitungan untuk tiap-tiap nilai x agar mendapatkan koordinat yang lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 17 Koordinat Garis Depresi Muka Air $\frac{1}{2}$ Tinggi Banjir
Melewati Zona Random

| | | | | | | | | |
|---|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 | 9.00 | 9.50 |
| y | 0.000210 | 0.020 | 0.029 | 0.041 | 0.050 | 0.058 | 0.061 | 0.063 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)



Gambar 5. 14 Ilustrasi Formasi Garis Depresi saat Muka Air $\frac{1}{2}$ Tinggi Banjir

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

5.4.3 Kondisi Muka Air $\frac{3}{4}$ Tinggi Air Banjir

Di bawah ini merupakan parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan koordinat formasi garis depresi pada kondisi muka air $\frac{3}{4}$ tinggi air banjir saat melewati zona inti :

- Elevasi Muka Air = +54.63 m
- Elevasi Dasar Bendung = +50.00 m
- Tinggi Muka Air = 4.63 m
- L drainase tumit = 3 m
- Kemiringan hulu (m) = 0.33
- L_1 = $m \times h$
= 0.33×4.63
= 1.53 m
- Lebar Dasar Zona Inti (B) = 7 m
- $L_2(B - L_1)$ = $7 - 1.53 = 5.47$ m
- $d(L_2 + 0.3L_1)$ = $5.47 + (0.3 \times 1.53)$

- Nilai y pada saat, $x = 0$

$$= 5.93 \text{ m}$$

$$y_0 = \sqrt{d^2 + h^2} - d$$

$$y_0 = \sqrt{5.93^2 + 4.63^2} - 5.93$$

$$y_0 = 1.59 \text{ m}$$

Contoh perhitungan koordinat menggunakan persamaan garis depresi melewati zona inti pada saat $x = 2.00$ adalah sebagai berikut :

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

$$y = \sqrt{2(1.59) \times 2.00 + (1.59)^2}$$

$$y = 2.99 \text{ m}$$

Hasil perhitungan untuk tiap-tiap nilai x agar mendapatkan koordinat yang lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 18 Koordinat Garis Depresi Muka Air $\frac{3}{4}$ Tinggi Banjir Melewati Zona Inti

| x | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 | 5.00 | 5.93 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| y | 1.59 | 2.39 | 2.99 | 3.48 | 3.91 | 4.30 | 4.63 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

Untuk perhitungan zona random dihitung dengan membandingkan nilai koefisien permeabilitas (K). Diketahui nilai K untuk zona inti adalah 2.72×10^{-7} cm/dt, dan nilai K untuk zona random adalah 7.25×10^{-4} cm/dt. Asumsi bahwa debit aliran filtrasi konstan. Sehingga,

$$Q = K_1 \times y_0 \times L = K_2 \times h \times L$$

$$h = \frac{K_1}{K_2} \times y_0$$

$$h = \frac{2.72 \times 10^{-7}}{7.25 \times 10^{-4}} \times 1.59$$

$$h = 0.00047 \text{ m}$$

Di mana h yang dihitung merupakan tinggi muka air diujung embung. Sehingga rumus persamaan garis depresi pada zona random menjadi $y = \sqrt{2hx + h^2}$

Contoh perhitungan koordinat menggunakan persamaan garis depresi melewati zona random pada saat $x = 2.00$ adalah sebagai berikut :

$$y = \sqrt{2hx + h^2}$$

$$y = \sqrt{2(0.00047) \times 2.00 + (0.00047)^2}$$

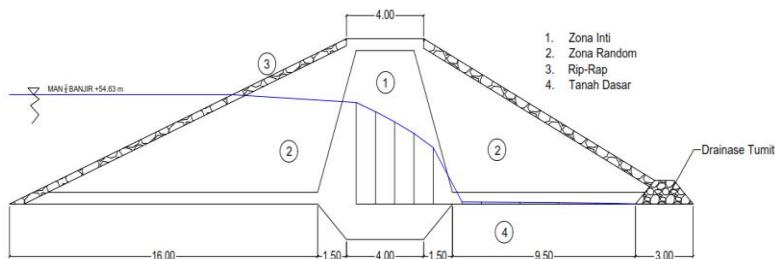
$$y = 0.043 \text{ m}$$

Hasil perhitungan untuk tiap-tiap nilai x agar mendapatkan koordinat yang lengkap dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 19 Koordinat Garis Depresi Muka Air $\frac{3}{4}$ Tinggi Banjir Melewati Zona Random

| x | 0.00 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 | 9.00 | 9.50 |
|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| y | 0.00047 | 0.031 | 0.043 | 0.061 | 0.075 | 0.086 | 0.092 | 0.094 |

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)



Gambar 5. 15 Ilustrasi Formasi Garis Depresi saat Muka Air $\frac{3}{4}$ Tinggi Banjir

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2018)

5.5 Analisa Stabilitas Tubuh Embung

Stabilitas embung dianalisis tanpa memperhitungkan beban gempa dan memperhitungkan beban gempa. Kondisi yang dihitung pada stabilitas tubuh embung antara lain adalah :

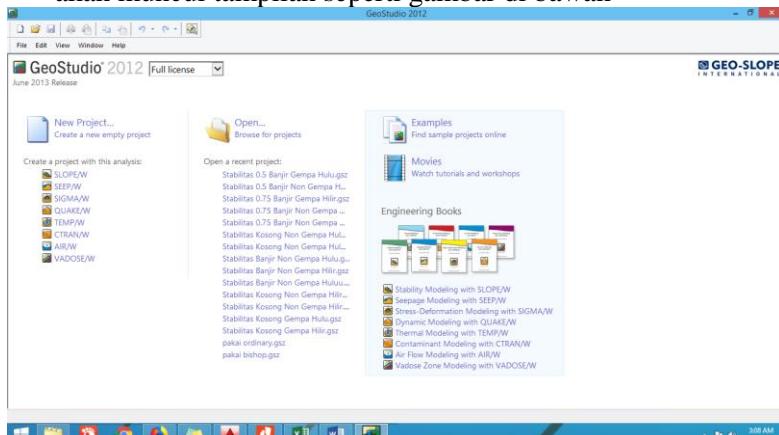
1. Pada saat akhir pelaksanaan saat embung masih kosong pada bagian hulu dan hilir.
2. Pada saat muka air banjir pada bagian hulu dan hilir.

3. Pada saat muka air $\frac{1}{2}$ tinggi banjir pada bagian hulu dan hilir.
 4. Pada saat muka air $\frac{3}{4}$ tinggi banjir pada bagian hulu dan hilir.
 5. Pada saat kondisi penurunan cepat (*Rapid Drawdown*) pada bagian hulu.

5.5.1 Analisa Menggunakan *GeoStudio Slope/W* 2012

Stabilitas lereng tubuh embung dianalisis menggunakan metode Bishop pada program bantu *GeoStudio Slope/W* 2012. Berikut ini adalah langkah-langkah analisa stabilitas dengan menggunakan program bantu *GeoStudio* 2012 :

1. Membuka aplikasi *GeoStudio* 2012, setelah aplikasi dibuka akan muncul tampilan seperti gambar di bawah



Gambar 5. 16 Tampilan awal GeoStudio 2012

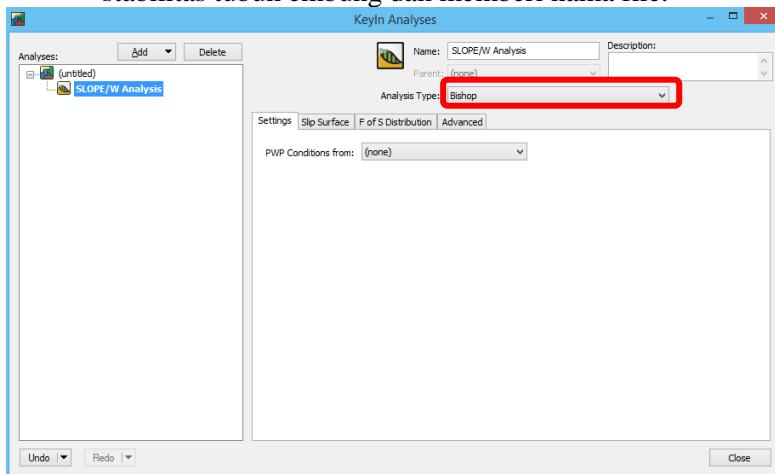
2. Untuk stabilitas tubuh embung pilih analisa tipe “*Slope/W*”

Create a project with this analysis:



Gambar 5. 17 Pemilihan tipe analisa pada *GeoStudio 2012*

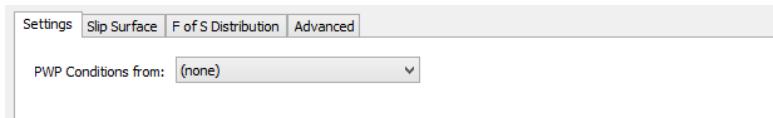
3. Mengatur jenis analisis pada *KeyIn Analyses*
- Memilih metode analisa jenis Bishop untuk analisis stabilitas tubuh embung dan memberi nama file.



Gambar 5. 18 Penentuan Tipe Analisis

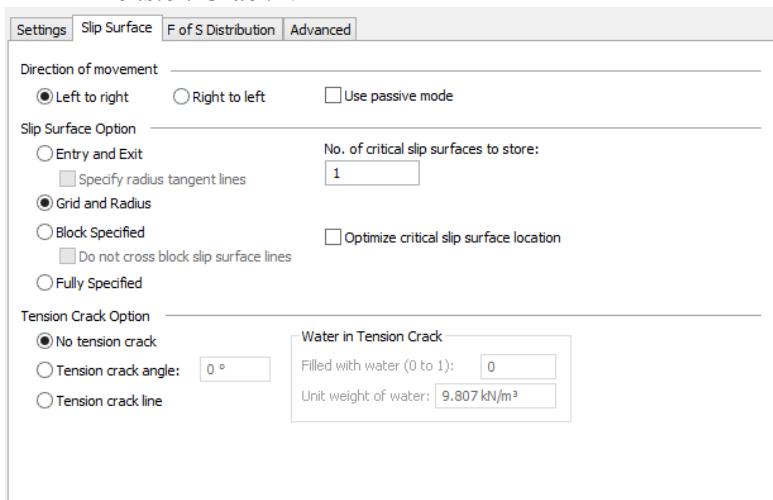
- Memilih kondisi PWP. Untuk analisis pada saat kondisi embung kosong maka PWP *Condition* yang dipilih adalah “*None*”. Sedangkan untuk analisis pada saat kondisi

embung terisi air maka PWP *Condition* yang dipilih adalah “*Piezometric Line*”



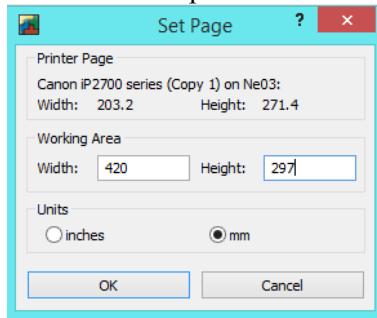
Gambar 5. 19 Penentuan PWP *Condition*

- c. Kemudian mengatur bagian analisa “*Slip Surface*”. Terdapat 3 hal yang perlu diatur yaitu *Direction Movement*, *Slip Surface Option*, dan *Tension Crack Option*. Untuk ”*Direction of Movement*” berfungsi untuk menentukan arah dari longsor pada lereng embung. Jika analisa dilakukan untuk sisi lereng hulu maka pilih “*right to left*”. Sedangkan untuk analisa yang dilakukan untuk sisi lereng hilir dipilih “*left to right*”. Pada *Slip Surface Option* dipilih analisa menggunakan metode *Grid and Radius*. Sedangkan *Tension Crack Option* tetap diatur untuk “*No Tension Crack*”.



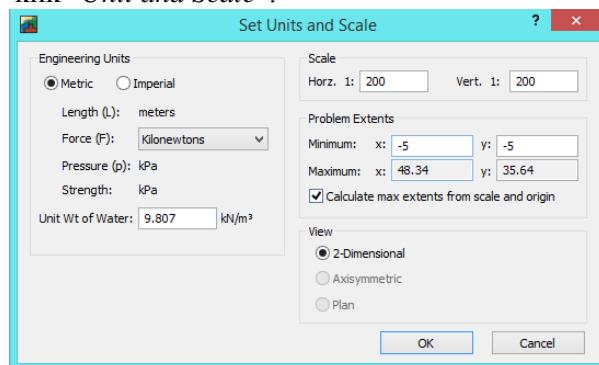
Gambar 5. 20 Pengaturan *Slip Surface* pada GeoStudio 2012

4. Mengatur kertas kerja yang digunakan untuk mengilustrasikan gambar 2D dari embung
- Mengatur ukuran kertas pada menu “Set” lalu klik “Page”.



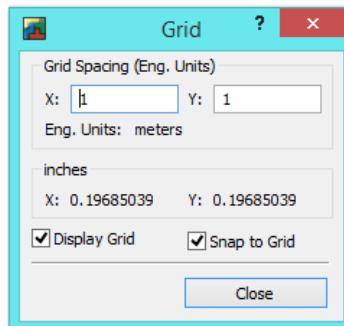
Gambar 5. 21 Pengaturan Set Page

- Mengatur skala pada kertas kerja, pilih menu “Set” lalu klik “Unit and Scale”.



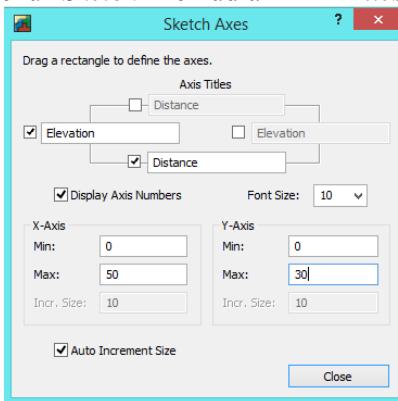
Gambar 5. 22 Pengaturan Set Unit and Scale

- Mengatur grid sesuai dengan kebutuhan, pilih menu “Set” lalu klik “Grid”.



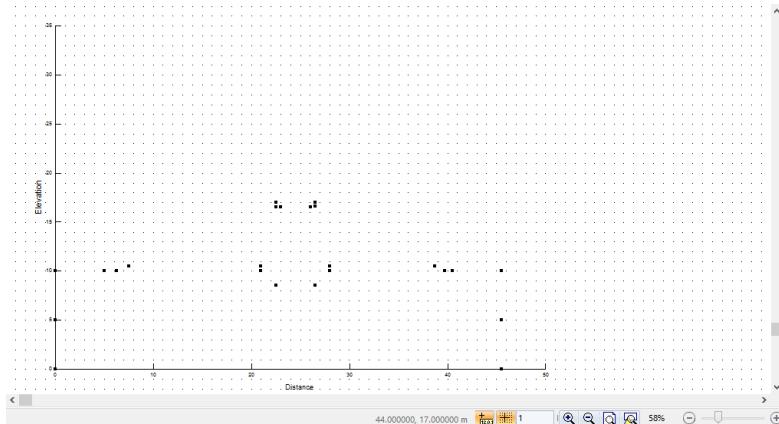
Gambar 5. 23 Pengaturan *Grid*

- d. Untuk memulai menggambar pada kertas kerja perlu untuk mengatur sumbu yang terdiri dari *elevation* dan *distance* yang mempermudah untuk penggambaran di kertas kerja. Pilih menu “*Sketch*” kemudian klik “*Axes*”.



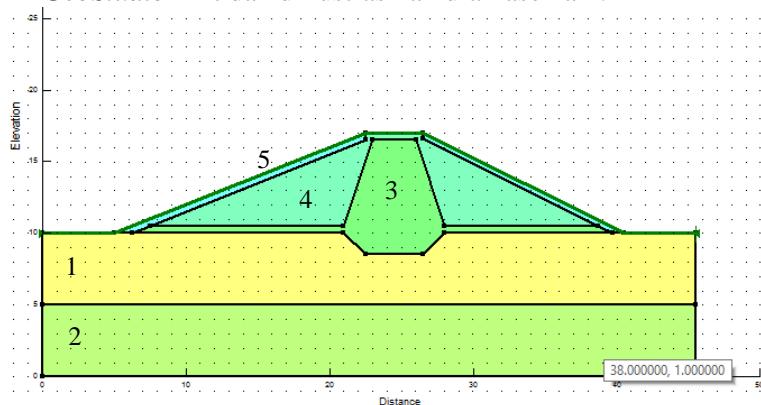
Gambar 5. 24 Pengaturan Sumbu Gambar

5. Menggambar tubuh embung sesuai dengan dimensi rencana. Gambar bisa dimulai dengan menginputkan koordinat gambar melalui menu “*Draw*” kemudian pilih “*Point*”.



Gambar 5. 25 Menggambar Koordinat Tubuh Embung

6. Menggambar region sesuai dengan zona yang sudah direncanakan. Zona 1 adalah tanah dasar kedalaman 0-5 meter, Zona 2 adalah tanah dasar kedalaman 5-10 meter, Zona 3 adalah inti embung, Zona 4 adalah tanah random, dan Zona 5 adalah Rip-Rap. Pada perhitungan stabilitas menggunakan *GeoStudio* ini tidak diilustrasikan drainase kaki.

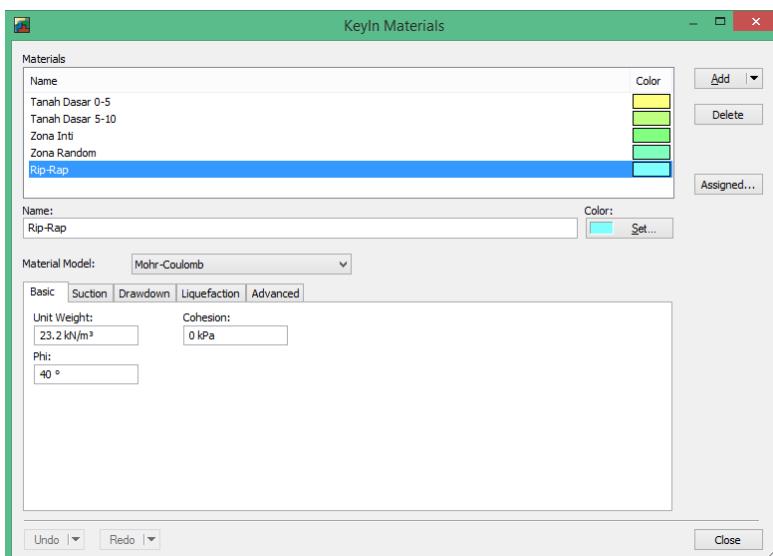


Gambar 5. 26 Gambar Tubuh Embung dan Pembagian Zona

7. Memasukan data material tanah yang akan digunakan. Pilih menu “KeyIn” kemudian pilih “Material”. Untuk *Material Model* yang dipilih adalah “Mohr-Coulomb”. Data tanah yang digunakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

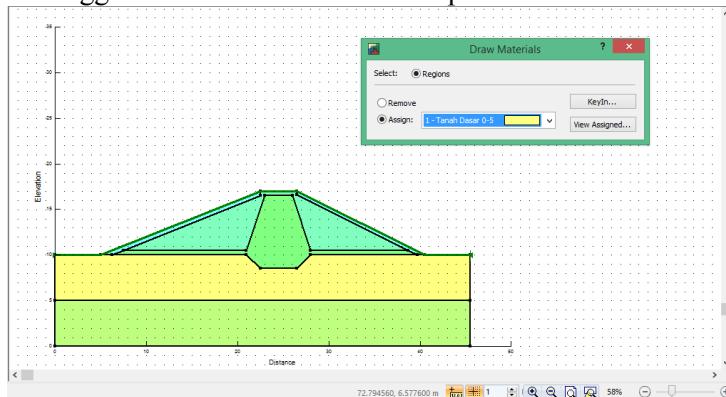
Tabel 5. 20 Data Tanah Timbunan dan Tanah Dasar

| Zona | γ | C | ϕ |
|-------------|-------------------|-------|--------|
| | kN/m ³ | kPa | ° |
| Zona Inti | 18.39 | 33.90 | 17.20 |
| Random | 19.00 | 21.00 | 23.50 |
| Rip Rap | 23.20 | 0.00 | 40.00 |
| Tanah Dasar | | | |
| 0 -5 | 27.7 | 0.007 | 20.86 |
| 5 - 10 | 26.90 | 0.002 | 15.61 |



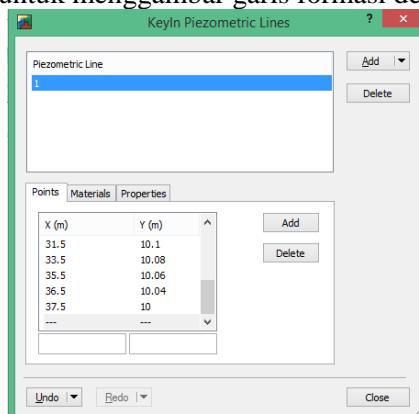
Gambar 5. 27 Kotak Dialog KeyIn-Material

8. Mendefinisikan material pada masing-masing *region* menggunakan menu “Draw” lalu dipilih “Material”

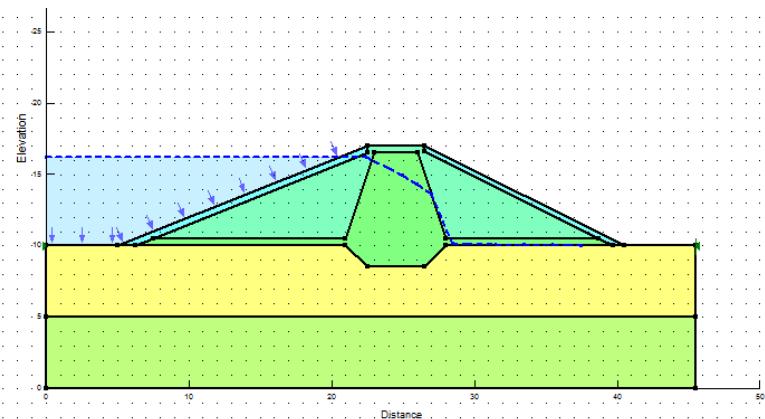


Gambar 5. 28 Tubuh Embung yang Telah Terdefinisi Materialnya

9. Untuk menganalisa kondisi embung pada saat terisi air, maka perlu menggambar *Piezometric Line* sesuai dengan tinggi muka air dan garis depresi yang telah dihitung. Untuk menggambar muka air, pilih menu “KeyIn” kemudian pilih “Pore Water Pressure”. Kemudian masukan koordinat-koordinat untuk menggambar garis formasi depresi.

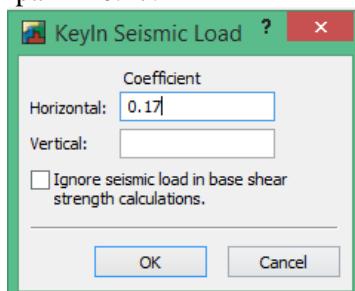


Gambar 5. 29 Input Data Formasi Garis Depresi



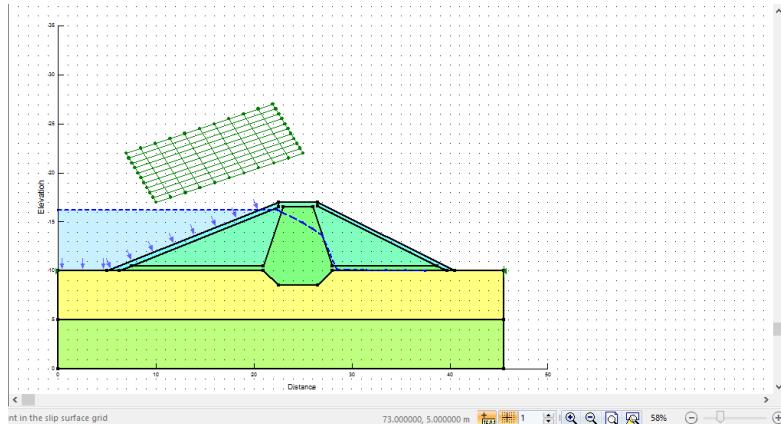
Gambar 5. 30 Contoh Gambar Garis Muka Air dan Garis Formasi Depresi

10. Untuk analisa dengan gempa, beban gempa di input dengan cara memilih menu “KeyIn” kemudian pilih “Seismic Load”. Akan muncul kotak dialog untuk memasukan beban gempa. Koefisien gempa $E = 0.17$.



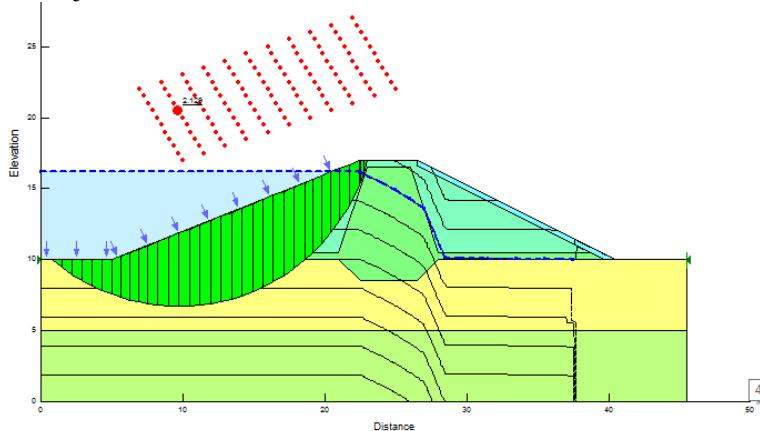
Gambar 5. 31 Kotak Dialog *KeyIn Seismic Load*

11. Menggambar *Radius* dan *Grid* untuk menentukan bagian tubuh embung yang akan dianalisa stabilitasnya.



Gambar 5. 32 Contoh Posisi Grid and Radius

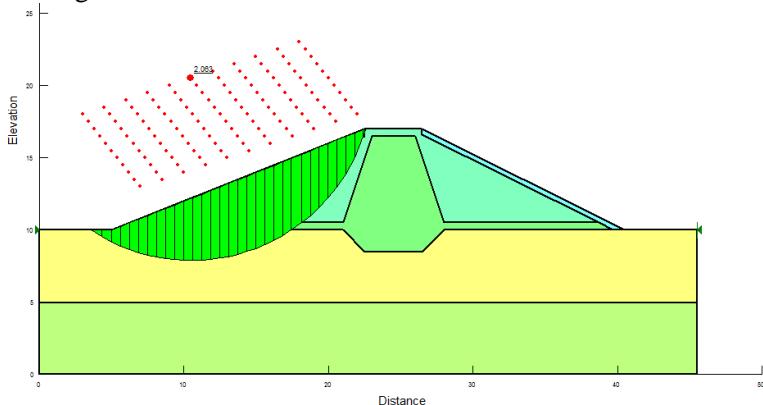
12. Melakukan *running* dengan cara klik pada “*Solve Manager*” kemudian klik tombol “*Start*”. Maka secara otomatis aplikasi *GeoStudio* akan melakukan analisa dan akan memunculkan hasil SF yang paling kritis. Gambar dibawah ini merupakan contoh hasil analisa stabilitas tubuh embung pada kondisi banjir.



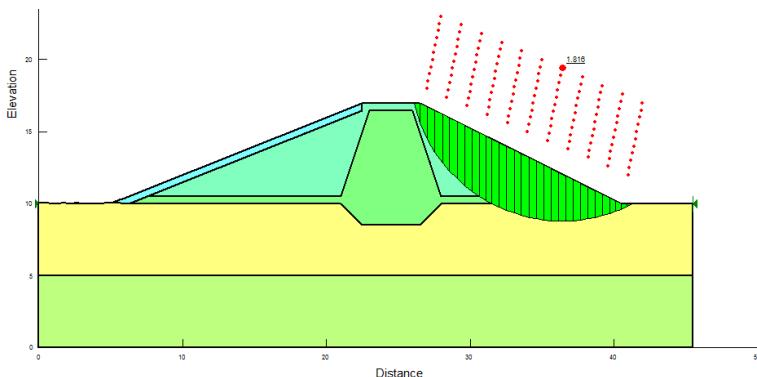
Gambar 5. 33 Hasil Analisi Bidang Longsor Bagian Hulu saat Muka Air Banjir

Dilakukan cara input yang sama, sehingga semua kondisi embung dapat dihitung. Berikut ini adalah hasil dari analisis kelongsoran dari berbagai kondisi dengan menggunakan program bantu *GeoStudio* :

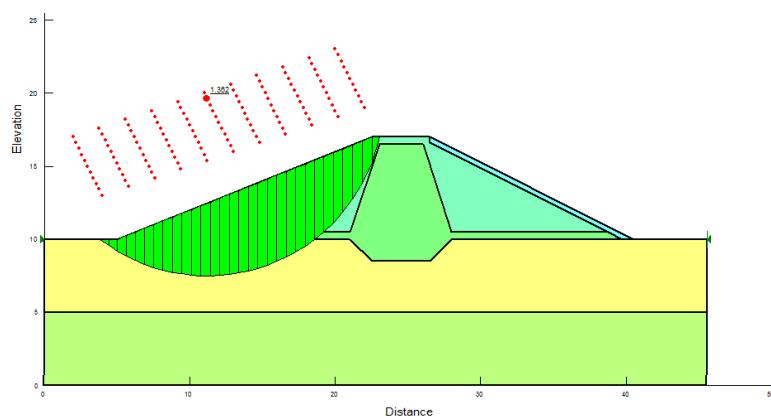
- Pada saat akhir pelaksanaan saat embung masih kosong pada bagian hulu dan hilir.



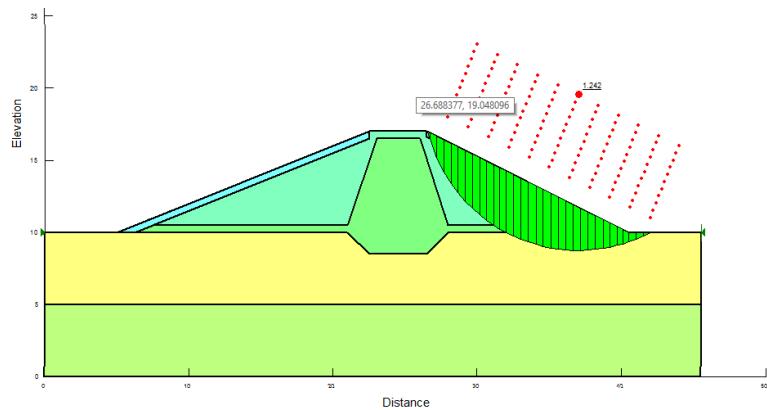
Gambar 5. 34 Stabilitas Embung saat Kosong Bagian Hulu, SF = 2.063



Gambar 5. 35 Stabilitas Embung saat Kosong Bagian Hilir, SF = 1.816

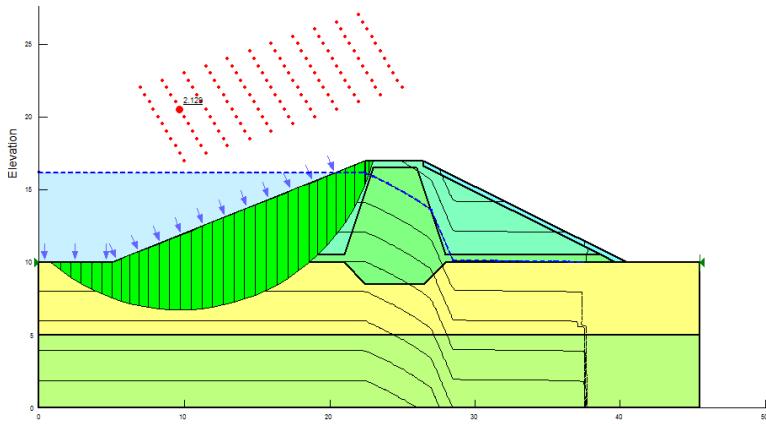


Gambar 5. 36 Stabilitas Embung saat Kondisi Kosong Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.362

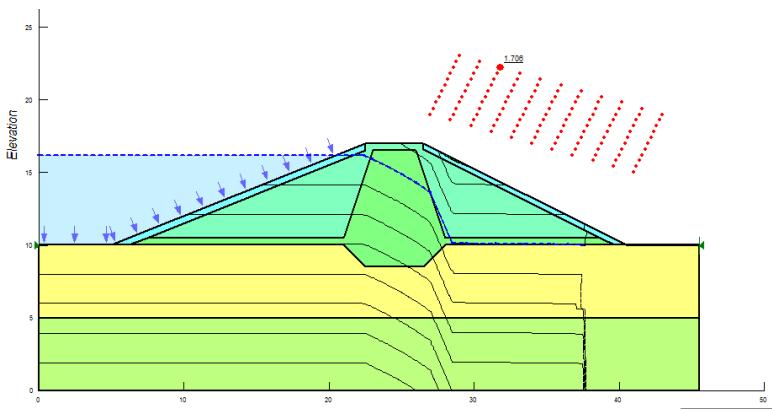


Gambar 5. 37 Stabilitas Embung saat Kondisi Kosong Bagian Hilir dengan Beban Gempa, SF = 1.242

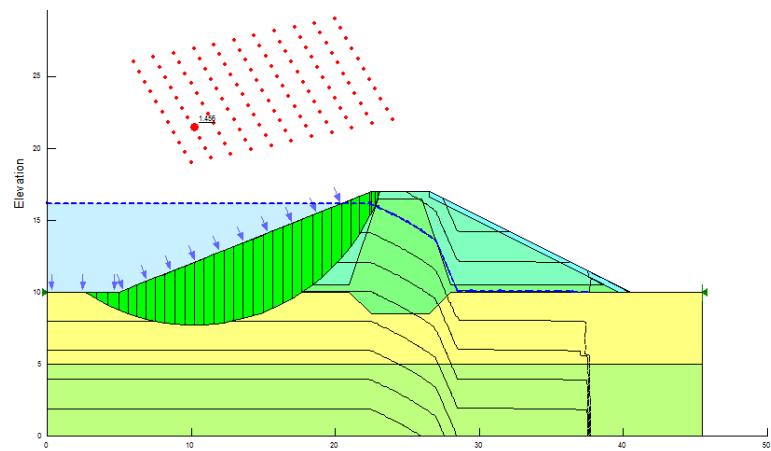
b. Pada saat muka air banjir pada bagian hulu dan hilir.



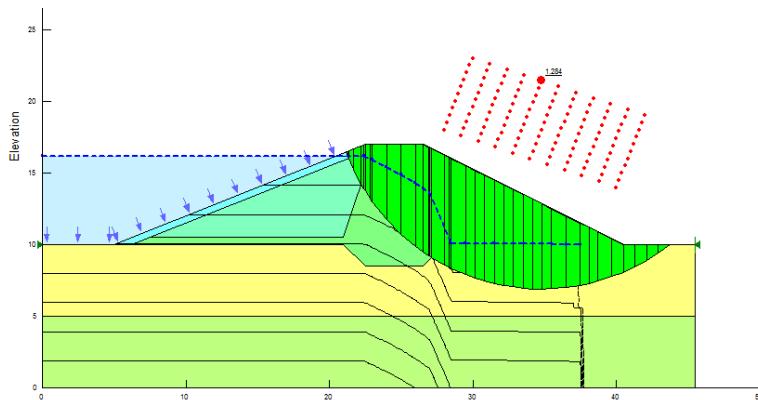
Gambar 5. 38 Stabilitas Embung saat Kondisi Muka Air Banjir Bagian Hulu, SF = 2.129



Gambar 5. 39 Stabilitas Embung saat Kondisi Muka Air Banjir Bagian Hilir, SF = 1.706

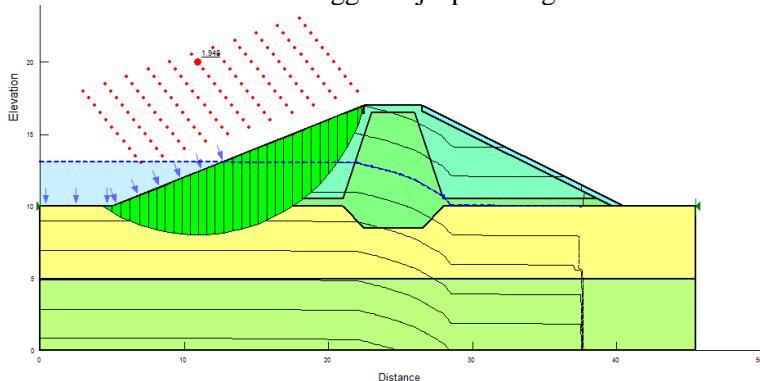


Gambar 5. 40 Stabilitas Embung saat Kondisi Muka Air Banjir Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.456

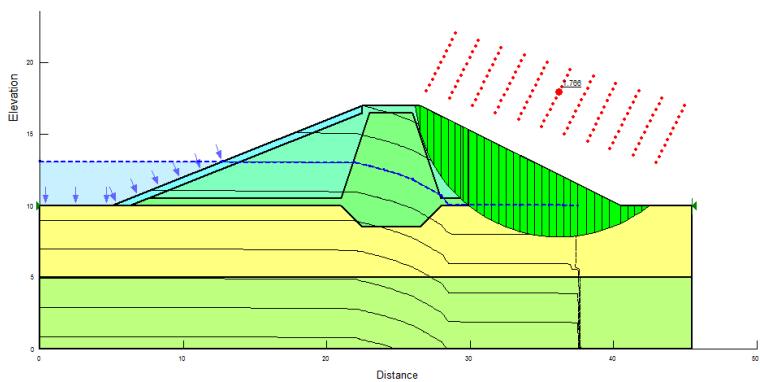


Gambar 5. 41 Stabilitas Embung saat Kondisi Muka Air Banjir Bagian Hilir dengan Beban Gempa, SF = 1.284

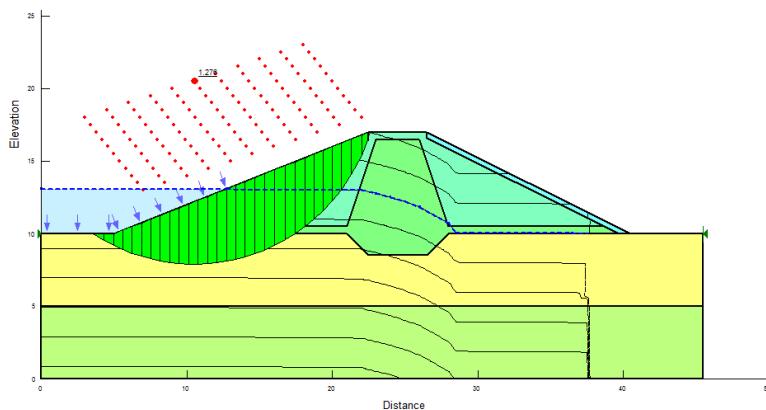
c. Pada saat muka air $\frac{1}{2}$ tinggi banjir pada bagian hulu dan hilir.



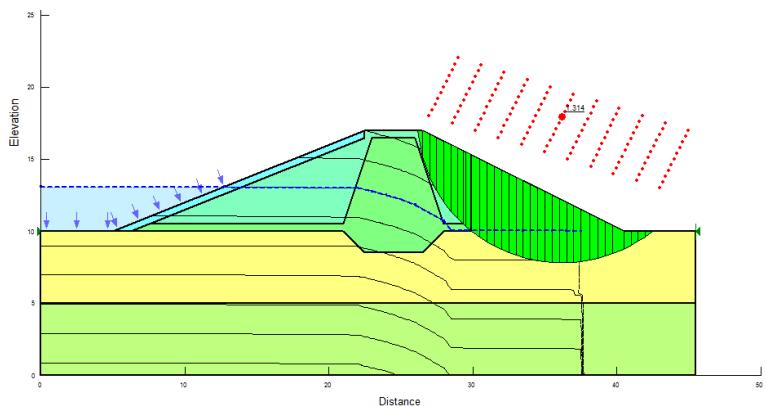
Gambar 5. 42 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir
Bagian Hulu, SF = 1.948



Gambar 5. 43 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir
Bagian Hilir, SF = 1.766

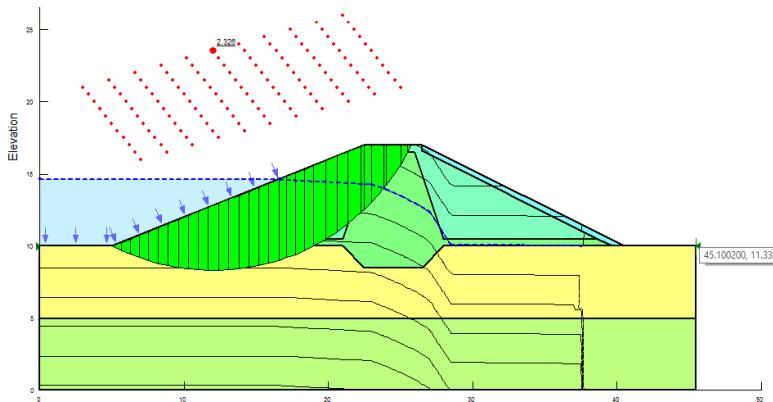


Gambar 5. 44 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.276

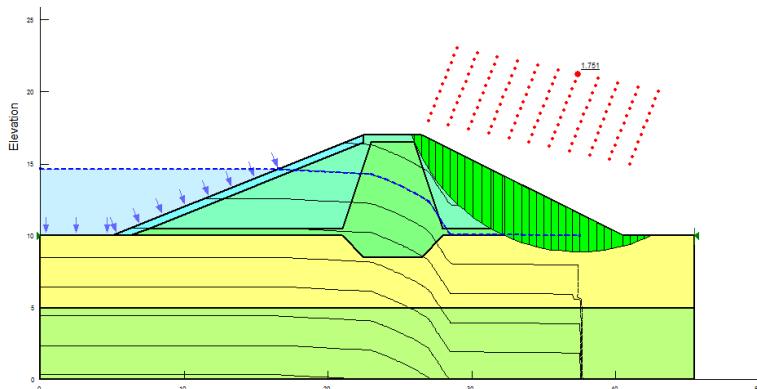


Gambar 5. 45 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir Bagian Hilir dengan Beban Gempa, SF = 1.314

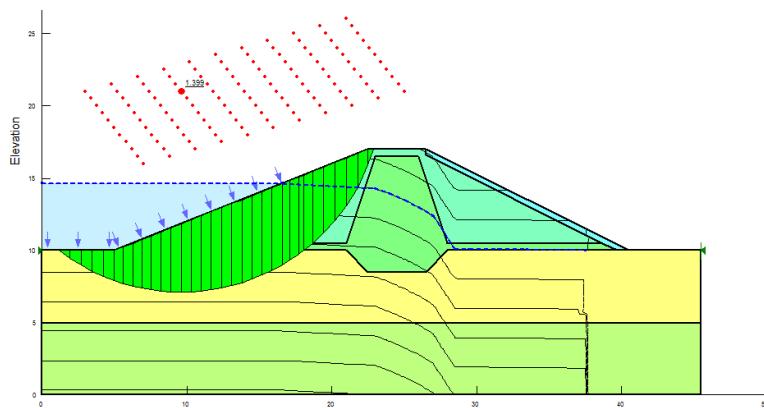
d. Pada saat muka air $\frac{3}{4}$ tinggi banjir pada bagian hulu dan hilir.



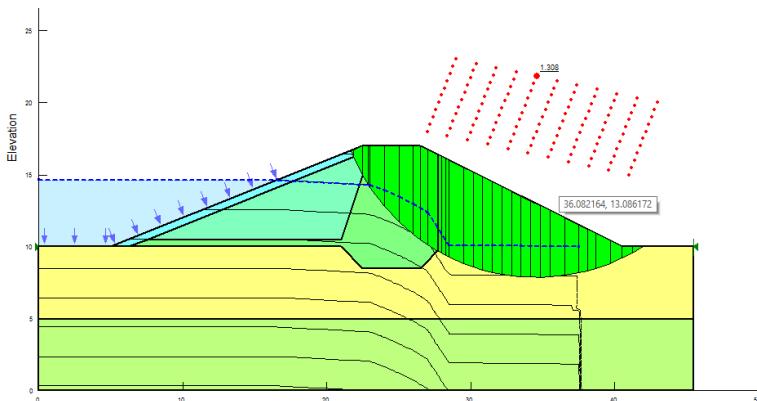
Gambar 5. 46 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{3}{4}$ Muka Air Banjir Bagian Hulu, SF = 2.326



Gambar 5. 47 Stabilitas Embung saat Kondisi $\frac{3}{4}$ Muka Air Banjir Bagian Hilir, SF = 1.751

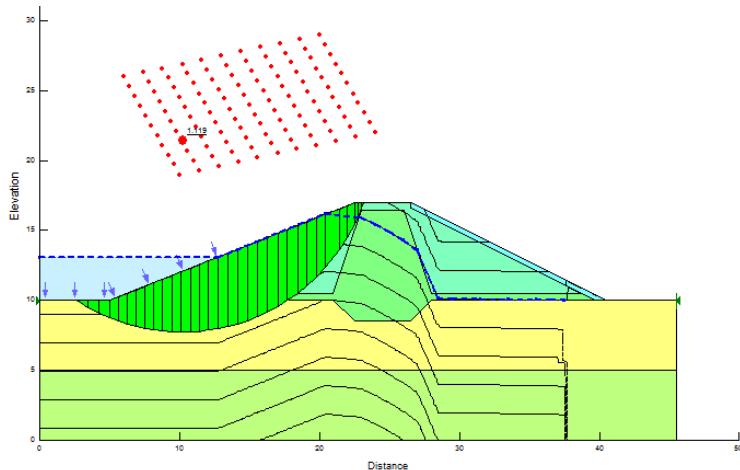


Gambar 5. 48 Stabilitas Embung saat Kondisi ¾ Muka Air Banjir Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.399

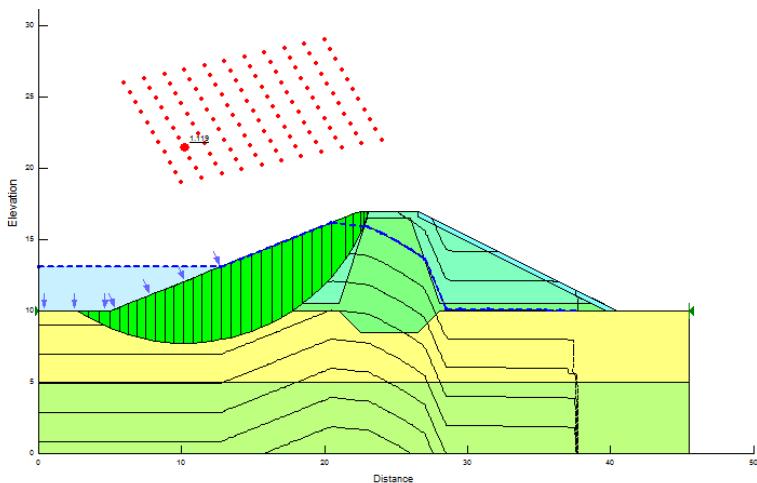


Gambar 5. 49 Stabilitas Embung saat Kondisi ¾ Muka Air Banjir Bagian Hilir dengan Beban Gempa, SF = 1.308

e. Pada saat kondisi *Rapid Drawdown* pada bagian hulu.



Gambar 5. 50 Stabilitas Embung saat Kondisi *Rapid Drawdown*
Bagian Hulu tanpa Beban Gempa, SF = 1.352



Gambar 5. 51 Stabilitas Embung saat Kondisi *Rapid Drawdown*
Bagian Hulu dengan Beban Gempa, SF = 1.119

Hasil dari analisa stabilitas lereng embung dengan menggunakan program bantu *GeoStudio* 2102 dengan beberapa kondisi dapat di rekapitulasi sebagai berikut :

Tabel 5. 21 Rekapitulasi SF untuk Stabilitas Lereng Embung Tanpa Beban Gempa

| No | Kondisi | Hulu | Hilir | SF Standart | CEK |
|----|-------------------------------|-------|-------|-------------|-----|
| 1 | Kosong | 2.063 | 1.816 | 1.5 | OKE |
| 2 | Muka Air Banjir | 2.129 | 1.706 | 1.5 | OKE |
| 3 | $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir | 1.948 | 1.766 | 1.5 | OKE |
| 4 | $\frac{3}{4}$ Muka Air Banjir | 2.326 | 1.751 | 1.5 | OKE |
| 5 | RDD | 1.352 | - | 1.1 | OKE |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

Tabel 5. 22 Rekapitulasi SF untuk Stabilitas Lereng Embung dengan Beban Gempa

| No | Kondisi | Hulu | Hilir | SF Standart | CEK |
|----|-------------------------------|-------|-------|-------------|-----|
| 1 | Kosong | 1.362 | 1.242 | 1.2 | OKE |
| 2 | Muka Air Banjir | 1.456 | 1.284 | 1.2 | OKE |
| 3 | $\frac{1}{2}$ Muka Air Banjir | 1.276 | 1.314 | 1.2 | OKE |
| 4 | $\frac{3}{4}$ Muka Air Banjir | 1.399 | 1.308 | 1.2 | OKE |
| 5 | RDD | 1.119 | - | 1.1 | OKE |

(Sumber : Hasil Perhitungan,2018)

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penggerjaan Tugas Akhir ini, maka dapat dibuat poin-poin kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan berdasarkan data curah hujan yang terjadi dapat diketahui nilai dari debit rencana sebesar $23.45 \text{ m}^3/\text{s}$ berdasarkan perhitungan menggunakan distribusi Log Pearson III, dengan periode ulang banjir untuk 100 tahun.
2. Berdasarkan analisa debit andalan menggunakan metode perhitungan F.J. Mock, maka didapatkan debit andalan rata-rata sebesar $0.103 \text{ m}^3/\text{s}$
3. Berdasarkan analisa dari data pada Desa Bangle maka didapatkan uraian jumlah kebutuhan air untuk Desa Bangle adalah sebagai berikut :
 - Kebutuhan Domestik : 70935 l/hari
 - Kebutuhan Non Domestik : 15030 l/hari
 - Kehilangan Energi : 25789.6 l/hari
 - Kebutuhan irigasi dapat melayani 10 Ha sawah dengan pola tanam Palawija-Palawija-Palawija
4. Dari grafik lengkung kapasitas maka dapat diketahui bahwa Embung Bangle memiliki kapasitas tampungan efektif sebesar 33420.45 m^3 dan kapasitas tampungan matinya sebesar 2612.06 m^3 selama umur rencana 28 tahun
5. Dari hasil perhitungan perencanaan maka didapatkan dimensi dan desain pelimpah sebagai berikut :
 - Tipe mercu = Tipe Ogee
 - Lebar pelimpah = 6 meter
 - Tinggi pelimpah = 1 meter
 - Panjang saluran transisi = 12.09 meter
 - Panjang saluran peluncur = 9.34 meter
 - Lebar saluran peluncur = 6 meter
 - Elevasi mercu pelimpah = $+55.00 \text{ m}$

- Elevasi dasar pelimpah = +54.00 m
6. Dari analisa stabilitas untuk pelimpah didapatkan nilai *safety factor* untuk kondisi muka air banjir lebih dari SF rencana yaitu 1.2. Sedangkan dalam kondisi muka air normal, nilai *safety factor* nya lebih besar dari SF rencana yaitu 1.5. Dengan nilai *safety factor* yang sudah melebihi nilai amannya maka dapat disimpulkan bahwa Embung Bangle ini aman untuk dibangun.
7. Dari hasil perhitungan perencanaan maka didapatkan dimensi dan desain kolam olak sebagai berikut :
- Panjang Kolam Olak = 9 meter
 - Lebar Kolam Olak = 6 meter
 - Elevasi dasar Kolam Olak = + 49.00 m
 - Tipe kolam olak = USBR Tipe III
8. Dari hasil perhitungan perencanaan maka didapatkan dimensi dan desain tubuh embung sebagai berikut :
- Tipe = Urugan Inti Tegak
 - Tinggi = 7 meter
 - Lebar mercu = 4 meter
 - Lebar dasar = 35.5 meter
 - Elevasi mercu = + 57.00 m
 - Elevasi dasar = + 50.00 m
 - Kemiringan hulu = 1 : 2.500
 - Kemiringan hilir = 1 : 2.00
9. Dari analisa stabilitas untuk tubuh embung didapatkan bahwa dalam semua kondisi yaitu kondisi kosong, muka air banjir, $\frac{1}{2}$ tinggi muka air banjir, $\frac{3}{4}$ muka air banjir memiliki dan kondisi *Rapid Drawdown* memiliki *safety factor* lebih besar dari 1.5 untuk beban tanpa gampa, lebih besar dari 1.2 untuk beban gempa dan lebih besar dari 1.1 untuk kondisi *Rapid Drawdown*. Sehingga tubuh embung aman dari kelongsoran lereng.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Nadjadji. 2012. **Rekayasa Sumber Daya Air**. Surabaya : ITS Surabaya
- Arsyad, S. 2000. **Konservasi Tanah dan Air**. Bogor : IPB Press
- Asdak, C. 1995. **Hidrologi dan Pengelolahan Daerah Aliran Sungai**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Barunadri Consultan Engineering. 2014. **Laporan Akhir SID Embung Kabupaten Nganjuk**. Nganjuk
- Das, B. M. 1985. **Mekanika Tanah : Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik**. Diterjemahkan oleh Mochtar, I. B. dan Endah, Noor. Surabaya : Erlangga
- Dep. PU Direktorat Jendral Sumber Daya Air . 2003. **Pedoman Kriteria Umum Desain Bendungan**. Jakarta
- Soedibyo. 2003. **Teknik Bendungan**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Soekibat. 2010. **Perencanaan Bangunan Air**. Surabaya : ITS Press
- Soemarto. 1999. **Hidrologi Teknik**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Soewarno. 1995. **Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data**. Bandung : Penerbit Nova
- Sosrodarsono, Suyono dan Kensaku Takeda. 2002. **Bendungan Tipe Urugan**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Triatmojo, Bambang. 2008. **Hidrologi Terapan**. Yogyakarta : Beta Offset
- U.S Department of the Interior; Bureau of Reclamation*. 1987. **Desain of Small Dams**. New Delhi : Oxford and IBH Publishing CO
- Wahyudi, Herman. 2012. **Daya Dukung Pondasi Dangkal**. Surabaya: ITS Press

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DATA HUJAN TAHUNAN TH.1997

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6
 Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan
 Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|--------|
| 1 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 27 |
| 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | - | 92 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 5 | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | 58 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 8 | - | 12 | - | - | 13 | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 5 | - | - | 5 | 3 | - | - | - | - | - | - | 17 |
| 10 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | - | 3 | 34 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | 53 |
| 12 | - | 5 | - | 50 | 17 | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 3 | 19 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 13 |
| 14 | 16 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 15 | - | 9 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 16 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | - | 4 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | - | - | - | 45 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | - | - | - | 3 | 7 | - | - | - | - | - | - | 8 |
| 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 22 | - | 25 | - | - | 8 | - | - | - | - | - | 16 | 65 |
| 23 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 6 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 35 |
| 25 | 2 | 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | 3 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 24 |
| 29 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 66 | 2 |
| 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 |
| Total | 109 | 290 | 44 | 125 | 48 | - | - | - | - | - | - | 82 330 |
| Hari hujan | 12 | 14 | 2 | 10 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 15 |
| Hujan Max | 29 | 92 | 34 | 50 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66 | 65 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.1998

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | - | 20 | 12 | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | 28 | 2 | - | 20 | - | - | - | - | - | 16 |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 54 | 10 |
| 6 | 20 | 28 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 34 |
| 7 | 10 | 44 | - | 5 | - | - | 31 | - | - | 3 | 33 | 6 |
| 8 | 6 | 30 | - | - | - | - | 6 | - | - | 67 | - | - |
| 9 | - | 4 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 6 | 42 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | - | 35 | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 12 | - | 14 | - | 120 | - | 12 | 2 | - | - | - | - | - |
| 13 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 13 |
| 14 | 14 | - | - | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | - | 33 | 3 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 16 | - | 45 | 45 | 20 | - | 28 | - | - | - | - | 6 | 30 |
| 17 | 2 | - | 15 | - | 6 | 37 | - | - | - | 10 | 10 | 18 |
| 18 | 22 | 16 | - | - | 3 | 12 | - | - | - | 5 | 1 | 5 |
| 19 | 2 | - | 2 | 6 | - | - | - | - | - | 60 | 1 | 48 |
| 20 | 48 | 23 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | 9 | 24 |
| 21 | 25 | 47 | - | - | - | - | - | - | - | 18 | - | 78 |
| 22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | - | 10 |
| 23 | 9 | 47 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | - | - |
| 24 | - | - | 10 | - | - | - | - | - | 45 | - | - | - |
| 25 | 1 | 5 | - | 16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | - | 14 | 2 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - |
| 27 | 36 | 14 | 29 | 6 | - | - | - | - | - | 4 | - | - |
| 28 | - | 19 | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | 27 |
| 29 | - | - | - | - | - | - | 21 | - | - | 6 | - | 24 |
| 30 | - | - | 2 | 6 | - | - | - | - | - | 11 | 40 | 3 |
| 31 | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - | 38 | - | 20 |
| Total | 244 | 487 | 190 | 211 | 13 | 113 | 62 | - | 46 | 252 | 156 | 366 |
| Hari hujan | 15 | 19 | 14 | 11 | 4 | 7 | 5 | 0 | 2 | 12 | 9 | 16 |
| Hujan Max | 48 | 47 | 45 | 120 | 6 | 37 | 31 | 0 | 45 | 67 | 54 | 78 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.1999

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | - | 9 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | - | 2 | - | 27 | - | - | - | - | - | - | 29 | - |
| 4 | - | 20 | - | 23 | - | - | - | - | - | - | 61 | 5 |
| 5 | - | - | - | 30 | 86 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - |
| 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 8 | 12 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 63 |
| 9 | 55 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 5 |
| 10 | 2 | 6 | - | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 11 | 10 | - | - | 11 | - | - | - | 5 | - | 45 | 9 | - |
| 12 | - | - | 5 | 9 | - | - | - | 27 | - | 11 | - | - |
| 13 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 14 | 18 | - | 24 | - | - | - | - | - | - | 11 | - | - |
| 15 | 7 | - | - | 40 | 4 | - | - | - | - | 45 | 12 | - |
| 16 | 49 | - | 66 | 13 | - | - | - | - | - | 2 | 7 | - |
| 17 | 24 | 20 | 21 | 19 | - | - | - | - | - | - | 5 | - |
| 18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| 19 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 | 15 |
| 20 | - | 16 | 41 | - | - | - | - | - | - | - | 40 | 5 |
| 21 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 42 | 19 |
| 22 | 15 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 7 | 8 |
| 23 | 2 | - | 3 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 57 | 4 | 49 | - | - | - | - | - | - | - | 7 | - |
| 25 | - | 22 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 20 |
| 26 | 4 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 8 |
| 27 | 3 | 3 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 22 |
| 28 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 13 | - |
| 29 | 63 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | 23 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 28 |
| 31 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 62 | - | 27 |
| Total | 358 | 112 | 237 | 200 | 96 | - | - | 32 | - | 184 | 330 | 194 |
| Hari hujan | 17 | 11 | 12 | 10 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 9 | 18 | 12 |
| Hujan Max | 63 | 22 | 66 | 40 | 86 | 0 | 0 | 27 | 0 | 62 | 61 | 63 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2000

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 53 | - | - | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 50 | - | - | 9 | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 46 | - | - | 52 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 14 | 5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | 18 | 5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | - | - | 3 | 36 | - | - | - | - | - | - |
| 7 | - | - | - | 30 | - | 24 | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 10 | 32 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 31 | 49 |
| 10 | 15 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | - | - | - | 70 | - | - | - | - | - | - | - | 17 |
| 12 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 32 |
| 13 | 21 | - | 38 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 33 |
| 14 | - | - | 19 | 3 | - | - | 5 | - | - | - | 14 | - |
| 15 | 14 | - | - | 27 | 3 | - | - | - | - | 9 | 7 | - |
| 16 | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 4 |
| 17 | 14 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 49 | - |
| 18 | 37 | - | - | 12 | 5 | - | - | - | - | 85 | - | 36 |
| 19 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 4 | 5 | - | 36 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | - | - | 12 | - | 2 | 13 | - | - | - | - | 3 | - |
| 22 | - | 25 | 30 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | 5 | - |
| 23 | - | - | 11 | - | - | - | - | - | - | - | 20 | - |
| 24 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |
| 26 | 26 | 2 | 72 | - | - | - | - | - | - | 168 | - | - |
| 27 | 6 | 2 | 12 | 95 | - | - | - | - | - | 1 | 2 | - |
| 28 | - | 5 | 17 | - | - | - | 2 | - | - | 65 | 4 | - |
| 29 | - | - | 50 | - | - | - | - | - | - | 50 | 11 | - |
| 30 | 15 | - | 11 | - | - | - | - | - | - | 106 | 22 | - |
| 31 | - | - | 3 | - | 4 | - | - | - | - | 5 | - | - |
| Total | 341 | 75 | 285 | 386 | 32 | 73 | 7 | - | - | 489 | 170 | 171 |
| Hari hujan | 16 | 7 | 13 | 15 | 10 | 3 | 2 | 0 | 0 | 8 | 12 | 6 |
| Hujan Max | 53 | 32 | 72 | 95 | 5 | 36 | 5 | 0 | 0 | 168 | 49 | 49 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2001

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | - | - | 70 | 3 | - | 5 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | 11 | - | 35 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | 30 |
| 3 | 24 | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 | - |
| 4 | 14 | 2 | 26 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 25 | - | 3 | 75 | - | 5 | - | - | - | - | 105 | - |
| 6 | - | 6 | - | 2 | - | 3 | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 57 | 14 | 22 | 43 | - | - | - | - | - | - | - | 18 |
| 8 | 27 | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 34 | 12 | 19 | 50 | - | 8 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 11 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 17 | - |
| 12 | - | 1 | - | 20 | - | 130 | - | - | - | - | - | - |
| 13 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | - | - | - | 5 | - | - | - | - | - | 9 | - | - |
| 15 | - | - | - | 2 | - | 30 | - | - | - | - | 3 | - |
| 16 | - | 2 | - | - | - | 12 | - | - | - | 7 | 6 | 15 |
| 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 42 |
| 18 | - | 5 | - | 15 | - | - | - | - | - | 6 | - | 43 |
| 19 | 9 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | 7 | - | - |
| 20 | 4 | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 21 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 |
| 23 | - | 15 | - | - | - | - | - | - | - | 6 | 43 | - |
| 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 48 | - |
| 25 | - | 3 | - | 7 | - | - | - | - | - | 2 | 9 | - |
| 26 | - | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 27 | - | 18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - |
| 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - |
| 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45 |
| Total | 205 | 176 | 140 | 259 | 2 | 195 | - | - | - | 43 | 294 | 198 |
| Hari hujan | 9 | 20 | 5 | 12 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 10 | 7 |
| Hujan Max | 57 | 21 | 70 | 75 | 2 | 130 | 0 | 0 | 0 | 9 | 105 | 45 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2002

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6
 Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan
 Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 25 | 4 | 65 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 2 | 23 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 67 |
| 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 55 |
| 4 | 83 | 47 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | 39 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 7 | 5 | - | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 7 | 50 | 12 | - | - | 20 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | - | 3 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | 7 | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | 27 |
| 11 | - | 5 | 47 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | - | - | 48 | - | 60 | - | - | - | - | - | - | 10 |
| 13 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 27 |
| 14 | 40 | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 15 | 39 | 3 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | - | 47 | - | 44 | - | - | - | - | - | - | - | 23 |
| 17 | 14 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 18 | 3 | 3 | 75 | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 19 | 2 | - | 12 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 20 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 21 | 17 | - | 37 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 22 | 60 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 23 | 43 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 24 | 75 | 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 25 | - | - | - | 58 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 97 |
| 27 | 75 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 |
| 28 | - | - | 85 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 29 | 30 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 30 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 641 | 169 | 400 | 176 | 99 | - | - | - | - | - | - | 397 |
| Hari hujan | 18 | 12 | 13 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 16 |
| Hujan Max | 83 | 47 | 85 | 58 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 97 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2003

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 14 | 32 | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 | - |
| 2 | 67 | 31 | 5 | - | 35 | - | - | - | - | - | 15 | - |
| 3 | 55 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | 7 | 26 | - | - | - | - | - | - | - | - | 120 |
| 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 6 | - | - | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 7 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | 3 | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | - | 27 | 34 | - | - | - | - | - | - | - | - | 6 |
| 10 | 27 | 5 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | 6 |
| 11 | - | - | 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | - | 2 | - | - | 93 | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | - | - | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | 2 | 30 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | - | 8 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | - | 6 | 15 | - | - | - | - | - | - | - | 20 | - |
| 17 | - | 51 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 19 | - |
| 18 | 5 | 64 | 32 | - | - | - | - | - | - | - | 15 | 3 |
| 19 | 14 | 5 | 35 | - | - | - | - | - | - | - | 45 | 1 |
| 20 | 4 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 51 |
| 21 | 27 | 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 23 | 28 | - | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 |
| 24 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 32 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 30 |
| 27 | 5 | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | - |
| 28 | 6 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 | - |
| 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45 | 15 |
| 30 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 10 |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6 |
| Total | 297 | 339 | 259 | - | 131 | - | - | - | - | - | - | 266 |
| Hari hujan | 14 | 20 | 18 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 12 |
| Hujan Max | 67 | 64 | 35 | 0 | 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 120 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2004

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | - | 9 | 16 | - | - | - | - | - | - | - | - | 26 |
| 2 | - | 6 | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 3 | - | - | 42 | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 |
| 4 | - | 36 | 50 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 5 | - | - | 21 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 8 |
| 6 | 51 | - | 15 | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 3 | 18 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | 36 | - |
| 8 | - | 12 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | - | 10 | 12 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | - | 82 | 2 | - | - | - | - | - | - | 5 | - |
| 11 | 20 | 7 | 3 | - | - | 45 | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 35 | - | 10 | 77 | - | - | - | - | - | - | - | 24 |
| 13 | 30 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | 5 | - | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 2 | - | 84 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | 5 | - | 3 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 17 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | 20 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | - | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 |
| 20 | - | 16 | - | - | - | - | - | - | - | - | 36 | - |
| 21 | 30 | 26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 22 | - | 41 | 34 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 23 | 6 | 7 | 54 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 24 | - | 83 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 25 | 45 | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 22 |
| 26 | 15 | 89 | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 | 86 |
| 27 | 15 | 53 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 28 | 17 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 28 | 83 |
| 29 | 5 | 15 | 18 | - | - | - | - | - | - | - | 50 | - |
| 30 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | 5 |
| 31 | 6 | - | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 350 | 458 | 520 | 122 | - | 45 | - | - | - | - | 215 | 391 |
| Hari hujan | 19 | 18 | 21 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 16 |
| Hujan Max | 51 | 89 | 84 | 77 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 86 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2005

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | - | - | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 2 | - | - | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | 56 |
| 3 | - | - | 1 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | 3 | 21 | 3 | - | 65 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 20 | - | 3 | 90 | - | - | - | - | - | - | - | 12 |
| 6 | 4 | 4 | 27 | - | - | - | 8 | - | - | - | - | - |
| 7 | - | - | 5 | 32 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | 9 | - | 12 | - | 7 | - | - | - | - | - | 1 |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 |
| 12 | - | 4 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | - | 7 | - | 5 | - | - | - | - | - | 25 | - | - |
| 14 | 25 | 25 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 15 | - | - | 6 | 30 | - | 8 | - | - | - | - | - | 11 |
| 16 | - | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | 5 | - | - | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - |
| 18 | 7 | 23 | - | 19 | - | - | - | - | - | - | - | 6 |
| 19 | 55 | 26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 9 |
| 20 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 21 | 1 | 30 | 60 | - | - | 44 | - | - | - | - | 18 | 27 |
| 22 | 16 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 9 |
| 23 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 |
| 24 | 17 | 2 | - | - | - | 10 | - | - | - | - | - | 9 |
| 25 | - | - | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 28 | - | 24 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 |
| 29 | 8 | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | 228 |
| 30 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 31 | 22 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 |
| Total | 190 | 203 | 204 | 212 | 7 | 142 | 8 | - | - | 25 | 27 | 510 |
| Hari hujan | 13 | 15 | 16 | 9 | 1 | 6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 18 |
| Hujan Max | 55 | 30 | 60 | 90 | 7 | 65 | 8 | 0 | 0 | 25 | 18 | 228 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2006

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 6 | 3 | - | 66 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 7 | - | 27 | - | 20 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 10 | - | - | 5 | 90 | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 4 | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 70 |
| 5 | 9 | 12 | - | 8 | 5 | - | - | - | - | - | - | 35 |
| 6 | 6 | 20 | - | - | 11 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | - | - | - | 12 | 13 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | - | - | 10 | - | - | - | - | - | - | 10 | - |
| 9 | 4 | 3 | - | 30 | 3 | - | - | - | - | - | 6 | - |
| 10 | - | - | - | 30 | 23 | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | 26 | - | - | 32 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 5 | 6 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | - | 23 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | 25 | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 23 |
| 15 | 3 | - | 7 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | 42 |
| 16 | 5 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | 18 | 105 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | - | - | 8 | 35 | - | - | - | - | - | - | - | 10 |
| 19 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 50 |
| 20 | 19 | 27 | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | - | 3 | 10 | - | 83 | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | - | 3 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 48 |
| 23 | - | 2 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | 12 |
| 24 | 34 | 4 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 9 | 50 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 |
| 26 | - | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | - | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 109 |
| 28 | 10 | - | 77 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 29 | 5 | - | 35 | - | - | - | - | - | - | - | - | 17 |
| 30 | 3 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 53 |
| 31 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 240 | 316 | 237 | 252 | 251 | - | - | - | - | - | 16 | 507 |
| Hari hujan | 20 | 15 | 12 | 15 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 13 |
| Hujan Max | 34 | 105 | 77 | 66 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 109 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2007

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | - | - | - | - | - | 30 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 96 | - |
| 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 50 |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 48 | 25 |
| 5 | - | - | - | 55 | 10 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 23 |
| 7 | - | 45 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | - | 5 | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - |
| 9 | - | 1 | 7 | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | 25 | 24 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 46 |
| 12 | - | 40 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 47 |
| 13 | - | - | - | 32 | - | - | - | - | - | - | - | 40 |
| 14 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 85 | - |
| 15 | - | 58 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | 3 | 5 |
| 16 | - | 25 | 25 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | - | 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | - | 15 | - | 13 | - | 8 | - | - | - | - | - | - |
| 19 | 46 | - | 20 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 9 | 4 | 57 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | 30 | 135 | 7 | 35 | - | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 22 | 8 | - | 6 | 18 | - | - | - | - | - | - | - | 58 |
| 23 | - | - | 50 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | - | 16 | 10 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | 45 |
| 27 | - | 23 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | - | 7 | 5 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 89 | - |
| 30 | - | - | 17 | - | - | - | - | - | - | 34 | 8 | - |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | - | 25 |
| Total | 93 | 430 | 264 | 230 | 10 | 53 | - | - | - | 39 | 329 | 434 |
| Hari hujan | 4 | 14 | 15 | 13 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 13 |
| Hujan Max | 46 | 135 | 57 | 55 | 10 | 30 | 0 | 0 | 0 | 34 | 96 | 58 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2008

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 10 | - | 28 | - | 3 | - | - | - | - | - | 35 | - |
| 2 | 15 | - | 60 | - | 25 | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | | 18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 10 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 | - |
| 5 | 3 | - | 45 | - | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | 15 | - | 22 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | - | 5 | 3 | 32 | 18 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 7 | 7 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | 20 | - |
| 9 | 2 | | 25 | - | - | - | - | - | - | 15 | - | - |
| 10 | - | - | 20 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 10 |
| 11 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 17 |
| 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 25 |
| 13 | - | 3 | - | - | - | 10 | - | - | - | - | 3 | 26 |
| 14 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - |
| 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | - |
| 16 | - | - | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 17 | - | - | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 |
| 18 | - | - | 35 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 15 |
| 19 | - | - | 50 | 15 | - | - | - | - | - | - | 6 | 24 |
| 20 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - |
| 21 | - | - | 30 | - | - | - | - | - | - | - | 16 | 15 |
| 22 | - | - | 40 | - | - | - | - | - | - | - | 22 | 10 |
| 23 | - | - | 45 | - | - | - | - | - | - | - | 55 | 10 |
| 24 | 3 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 |
| 25 | - | 50 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 | - |
| 26 | - | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | - | 3 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 29 | 50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | 5 | - | 120 | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 |
| 31 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | 3 |
| Total | 115 | 121 | 615 | 50 | 98 | 10 | 0 | 0 | 0 | 25 | 267 | 213 |
| Hari hujan | 10 | 9 | 20 | 3 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 15 | 15 |
| Hujan Max | 50 | 50 | 120 | 32 | 30 | 10 | 0 | 0 | 0 | 15 | 55 | 26 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2009

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 40 | 10 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 4 | 25 | 5 | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | | 14 | - | 5 | - | 210 | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 5 | 12 | 78 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | - | - | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | - | - | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 25 | 12 | 7 | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 10 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | 15 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 20 | 14 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 30 | - | - | - | 16 | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | - | - | - | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | - | 35 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | 10 | - | - | 57 | 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | - | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | - | - | - | 53 | 34 | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | - | 12 | - | 19 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | 40 | - | - | 106 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | - | 35 | 20 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - |
| 23 | 3 | 15 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | - | 76 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 30 | - | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | 10 | 75 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | - | 65 | - | - | 15 | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | - | 23 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 29 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31 | 100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 382 | 436 | 206 | 297 | 91 | 218 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hari hujan | 16 | 16 | 10 | 10 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hujan Max | 100 | 76 | 78 | 106 | 34 | 210 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2010

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6
 Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan
 Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | - | - | 7 | 1 | - | - | - | - | - | 10 | 26 | - |
| 2 | - | 12 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 55 |
| 3 | - | 2 | 30 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | 28 |
| 4 | - | 7 | - | - | - | 5 | - | - | - | - | - | 39 |
| 5 | - | 42 | 95 | 31 | 7 | - | - | 17 | - | - | - | 21 |
| 6 | 2 | 27 | - | - | 19 | 2 | 1 | - | 55 | - | 73 | 11 |
| 7 | 7 | 17 | 8 | 39 | 6 | - | - | - | 15 | 10 | 2 | 10 |
| 8 | 12 | 12 | 73 | - | - | 6 | - | - | - | - | 44 | 1 |
| 9 | 11 | 11 | 26 | 29 | 2 | - | 7 | - | - | - | - | - |
| 10 | 37 | 7 | 20 | - | 8 | - | - | - | - | - | 5 | 36 |
| 11 | 7 | 5 | 7 | - | 2 | - | - | - | 76 | - | - | - |
| 12 | 9 | 1 | - | 23 | - | 5 | - | - | 45 | - | - | 6 |
| 13 | - | 27 | - | 2 | - | 33 | - | - | - | - | - | 26 |
| 14 | - | - | 4 | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - |
| 15 | - | 26 | - | 1 | 2 | 15 | - | - | - | 12 | - | 1 |
| 16 | - | 2 | - | - | 10 | - | - | - | 19 | - | - | 4 |
| 17 | - | 6 | - | 2 | 2 | - | - | - | 7 | - | - | - |
| 18 | - | 14 | 34 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | - | 4 | 6 | 22 | - | - | - | - | - | 2 | - | - |
| 20 | - | 31 | - | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 21 | 7 | 44 | - | - | 2 | - | - | - | 14 | - | - | - |
| 22 | - | - | - | 6 | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 23 | - | - | 62 | 5 | 5 | - | - | 11 | - | - | - | 6 |
| 24 | 23 | 20 | 23 | 46 | 7 | - | - | 2 | - | - | - | 7 |
| 25 | 62 | 1 | 11 | - | 32 | - | - | 2 | - | - | - | 3 |
| 26 | 9 | 58 | 5 | 1 | 7 | 8 | - | - | - | - | - | - |
| 27 | 26 | 1 | 14 | 9 | - | - | - | - | - | - | 17 | - |
| 28 | 3 | - | - | 3 | - | 9 | - | - | - | - | 10 | - |
| 29 | 20 | - | - | 31 | 14 | - | - | - | 20 | - | 44 | - |
| 30 | 32 | - | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31 | 2 | - | 73 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 269 | 377 | 529 | 257 | 143 | 87 | 8 | 32 | 251 | 34 | 257 | 221 |
| Hari hujan | 16 | 23 | 19 | 18 | 18 | 9 | 2 | 4 | 8 | 4 | 11 | 13 |
| Hujan Max | 62 | 58 | 95 | 46 | 32 | 33 | 7 | 17 | 76 | 12 | 73 | 55 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2011

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 41 | 15 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 2 | 2 | 58 | 10 | 40 | 88 | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 3 | 7 | 6 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | 3 | - | |
| 4 | 1 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | 25 | 46 | |
| 5 | - | - | 10 | - | 30 | - | - | - | - | - | 30 | - | |
| 6 | 3 | - | 5 | - | 12 | - | - | - | - | - | 6 | 19 | |
| 7 | 3 | - | 16 | - | 15 | - | - | - | - | - | 5 | - | |
| 8 | 15 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 9 | 5 | - | 26 | - | 20 | - | - | - | - | - | 6 | - | |
| 10 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | - | |
| 11 | 2 | - | - | 30 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | |
| 12 | - | - | 38 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 13 | - | 95 | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | 70 | |
| 14 | - | - | - | 1 | 65 | - | - | - | - | - | - | 39 | |
| 15 | - | 2 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | 20 | - | |
| 16 | 5 | - | - | 9 | 18 | - | - | - | - | - | 3 | 63 | |
| 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | |
| 18 | 4 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | |
| 19 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 20 | 14 | - | 50 | - | 13 | - | - | - | - | - | 30 | 16 | |
| 21 | 10 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | 18 | 38 | 75 | |
| 22 | 5 | - | 8 | 46 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 23 | 24 | 3 | 10 | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 24 | - | 2 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 25 | 16 | - | 27 | - | - | - | - | - | - | - | 31 | - | |
| 26 | 10 | 3 | 27 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | |
| 27 | 5 | 8 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | |
| 28 | - | 24 | 54 | - | - | - | - | - | - | - | - | 13 | |
| 29 | 3 | - | 9 | - | - | - | - | - | - | - | 5 | - | |
| 30 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 | - | - | |
| Total | 166 | 261 | 371 | 156 | 266 | - | - | - | - | - | 53 | 263 | 371 |
| Hari hujan | 21 | 12 | 19 | 10 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 17 | 12 | |
| Hujan Max | 24 | 95 | 54 | 46 | 88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 38 | 75 | |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2012

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 20 | 7 | 14 | 5 | 51 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | - | 5 | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 13 | 2 | 35 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 2 | 30 | - | 8 | 20 | - | - | - | - | - | 72 | - |
| 5 | 3 | 25 | - | 37 | 16 | - | - | - | - | - | - | 20 |
| 6 | - | 15 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 7 | 89 | 5 | 75 | - | 13 | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 23 | - | 10 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 6 |
| 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 22 | - | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | - | - | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 |
| 12 | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 28 | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 66 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 16 | 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | 2 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 49 | - | 13 |
| 19 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 | 2 |
| 20 | - | - | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | - | 27 | - | - | - | 9 | - | - | - | - | - | 20 |
| 22 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 |
| 23 | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 38 | - |
| 24 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 |
| 25 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 26 | - | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 27 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 59 |
| 28 | - | 137 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 |
| 29 | - | - | - | 34 | - | - | - | - | - | - | 6 | 51 |
| 30 | 7 | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 22 |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 27 |
| Total | 349 | 293 | 181 | 102 | 102 | 9 | - | - | - | 49 | 169 | 281 |
| Hari hujan | 18 | 14 | 8 | 7 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 14 |
| Hujan Max | 89 | 137 | 75 | 37 | 51 | 9 | 0 | 0 | 0 | 49 | 72 | 59 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2013

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 11 | 8 | 17 | 0 | 0 | 11 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 60 | 23 | 9 | 19 | - | 60 | - | 60 | 60 | - | - | - |
| 3 | 63 | 7 | 4 | 12 | 20 | 63 | - | 63 | 63 | - | - | - |
| 4 | - | - | 15 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 20 | 26 | 58 | - | 1 | 20 | - | 20 | 20 | - | - | 5 |
| 6 | - | 9 | - | 12 | 29 | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 6 | - | - | 11 | 11 | 6 | - | 6 | 6 | - | - | - |
| 8 | - | - | 39 | 26 | - | - | - | - | - | - | 18 | 39 |
| 9 | - | - | 6 | 2 | 7 | - | 5 | - | - | - | - | 17 |
| 10 | - | - | 13 | 12 | 3 | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 11 | - | - | 3 | - | 6 | - | 36 | - | - | - | - | 9 |
| 12 | - | 4 | 11 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 13 | - | 20 | 6 | - | 5 | - | - | - | - | - | 4 | 5 |
| 14 | - | 37 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 6 | 52 |
| 15 | 43 | 16 | 37 | 16 | - | 43 | - | 43 | 43 | - | 12 | 30 |
| 16 | 18 | 13 | 22 | 6 | 16 | 18 | - | 18 | 18 | - | 14 | 8 |
| 17 | 5 | 29 | 4 | 58 | 12 | 5 | - | 5 | 5 | - | 19 | 5 |
| 18 | 4 | 5 | 11 | - | 2 | 4 | - | 4 | 4 | - | 45 | 4 |
| 19 | - | - | 69 | 39 | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 20 | 14 | - | - | 7 | - | 14 | - | 14 | 14 | - | 12 | 5 |
| 21 | 10 | - | - | - | - | 10 | - | 10 | 10 | - | 4 | - |
| 22 | 24 | - | 34 | - | - | 24 | - | 24 | 24 | - | - | - |
| 23 | 17 | - | - | - | - | 17 | - | 17 | 17 | - | - | 12 |
| 24 | - | - | 12 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 25 | 5 | - | 5 | - | - | 5 | - | 5 | 5 | - | - | 4 |
| 26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40 | - |
| 27 | 10 | 5 | - | - | - | 10 | - | 10 | 10 | - | - | - |
| 28 | 55 | 25 | - | - | - | 55 | - | 55 | 55 | - | 5 | - |
| 29 | 39 | - | 3 | - | - | 39 | - | 39 | 39 | - | - | - |
| 30 | 6 | - | 6 | - | - | 6 | - | 6 | 6 | - | - | - |
| 31 | 65 | - | - | - | - | 65 | - | 65 | 65 | - | - | 5 |
| Total | 475 | 227 | 386 | 227 | 114 | 475 | 41 | 475 | 475 | - | 179 | 244 |
| Hari hujan | 19 | 14 | 22 | 14 | 12 | 19 | 2 | 19 | 19 | 0 | 11 | 18 |
| Hujan Max | 65 | 37 | 69 | 58 | 29 | 65 | 36 | 65 | 65 | 0 | 45 | 52 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2014

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6
 Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan
 Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | - | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 6 | - | 40 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 |
| 4 | 60 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 50 | - | 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 16 | - | 87 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 63 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | 30 |
| 8 | - | 17 | 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | 65 |
| 9 | - | - | - | 26 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | - | 23 | 40 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | 8 |
| 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - |
| 12 | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 17 |
| 13 | 9 | - | - | 68 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | - | - | 9 | 8 | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 16 |
| 16 | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 40 |
| 18 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 |
| 19 | - | 11 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 17 | 45 |
| 20 | - | 6 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 21 | - | - | - | 3 | 46 | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 23 | 5 | 46 | 14 | 21 | - | - | - | - | - | - | - | 39 |
| 24 | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 |
| 26 | - | - | - | 39 | - | - | - | - | - | - | 38 | - |
| 27 | 7 | - | - | 13 | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| 28 | - | 8 | 38 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 226 | 149 | 288 | 184 | 49 | 1 | - | - | - | - | 99 | 311 |
| Hari hujan | 9 | 12 | 10 | 8 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 12 |
| Hujan Max | 63 | 46 | 87 | 68 | 46 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 | 65 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2015

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6
 Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan
 Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 6 | 16 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | - | 60 | 49 | 26 | 7 | - | - | - | - | - | - | 30 |
| 3 | - | - | 41 | 6 | 26 | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | - | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 8 | 32 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 | - |
| 6 | - | 25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 |
| 7 | - | 7 | 16 | - | - | - | - | - | - | - | 23 | 4 |
| 8 | - | 50 | 12 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | - | 19 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 31 |
| 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | - | 36 | - | - | - | - | - | - | - | - | 18 | 14 |
| 12 | - | 20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 |
| 13 | 4 | 16 | - | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 14 | 6 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 9 |
| 15 | - | 48 | 7 | 48 | 26 | - | - | - | - | - | - | 24 |
| 16 | - | 12 | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 18 | 4 | 20 | 16 | 26 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | 10 | 16 | 8 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 26 | 25 | - | 30 | - | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 21 | - | - | 8 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 30 | - | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 |
| 23 | 38 | - | 26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 39 | - | - | 43 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 40 | - | 40 | 16 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | 37 | 13 | 40 | 29 | - | - | - | - | - | - | 70 | - |
| 27 | - | 38 | - | 36 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | 16 | - | - | 98 | - | - | - | - | - | - | - | 6 |
| 29 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 31 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 24 |
| Total | 300 | 459 | 320 | 413 | 59 | - | - | - | - | - | - | 118 |
| Hari hujan | 15 | 18 | 15 | 15 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 12 |
| Hujan Max | 40 | 60 | 49 | 98 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 | 31 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)

DATA HUJAN TAHUNAN TH.2016

Nama Stasiun : Sumber Kepuh / No.6

Kecamatan : Lengkong , Desa Ketandan

Cabang Dinas : Nganjuk

| Tanggal | JAN | PEB | MAR | APR | MEI | JUNI | JULI | AGTS | SEP | OKT | NOP | DES |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 2 | - | - | 13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 2 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | 27 | - | - |
| 4 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | 24 | - | - | - |
| 5 | 5 | 13 | 2 | 65 | - | - | - | - | 7 | 16 | - | - |
| 6 | 9 | 65 | 19 | - | - | 4 | - | - | - | - | 4 | 20 |
| 7 | - | - | 48 | - | 7 | - | - | - | - | - | - | 7 |
| 8 | - | 16 | - | - | 4 | - | - | - | - | 5 | 1 | - |
| 9 | 12 | 11 | - | - | - | - | - | - | - | 33 | 6 | 6 |
| 10 | - | 62 | - | - | 8 | 26 | - | - | - | 68 | 10 | - |
| 11 | 2 | 24 | 30 | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - |
| 12 | 3 | 41 | 70 | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - |
| 13 | 2 | - | - | 34 | - | - | - | 6 | - | - | - | - |
| 14 | - | - | 16 | 19 | - | - | 19 | 4 | - | 10 | 4 | 46 |
| 15 | - | - | 3 | 5 | - | - | - | - | - | 6 | 29 | - |
| 16 | 2 | 32 | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - |
| 17 | 1 | 2 | - | - | 10 | - | - | - | - | - | 39 | 21 |
| 18 | - | 17 | 40 | 7 | - | - | - | - | - | - | 4 | 16 |
| 19 | - | - | 23 | - | - | 4 | 4 | - | - | - | - | 7 |
| 20 | - | 16 | - | - | 30 | - | 12 | - | - | - | - | 32 |
| 21 | 15 | 38 | - | 55 | 23 | - | - | - | - | - | - | 26 |
| 22 | 78 | - | 7 | 65 | 10 | - | - | - | - | - | 4 | - |
| 23 | - | 8 | 4 | - | 5 | - | - | - | - | - | 1 | - |
| 24 | 25 | 74 | - | - | - | - | 25 | - | 14 | - | 22 | - |
| 25 | - | 17 | - | - | 14 | - | 8 | - | - | - | 5 | - |
| 26 | 28 | 9 | 65 | - | - | - | - | - | 4 | - | 95 | - |
| 27 | - | 6 | - | 12 | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| 28 | 30 | 10 | - | - | 14 | 10 | - | - | 65 | 29 | - | - |
| 29 | - | - | 25 | - | - | 41 | - | - | - | 17 | - | - |
| 30 | 25 | - | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 29 |
| 31 | - | - | - | - | 38 | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 280 | 461 | 378 | 262 | 165 | 85 | 72 | 10 | 116 | 211 | 238 | 285 |
| Hari hujan | 16 | 18 | 17 | 8 | 12 | 5 | 6 | 2 | 6 | 9 | 15 | 11 |
| Hujan Max | 78 | 74 | 70 | 65 | 38 | 41 | 25 | 6 | 65 | 68 | 95 | 75 |

(Sumber : Dinas Pengairan Kab. Nganjuk)



0 15 30 45 60 75 m
SKALA DATAR

9171900 +
616100

9171800 +
616100

9171700 +
616100

BM . 01
X = 616351.889 m
Y = 9171805.023 m
Z = 55.921 m

9171700 +
616200

9171700 +
616300
9171700 +
616400

9171900 +
616500

9171800 +
616500

9171700 +
616500

Rencana AS Embung Bangle

BM . 02
X = 616427.032 m
Y = 9171856.705 m
Z = 57.337 m

AS
X = 616385.754 m
Y = 9171828.315 m
Z = 52.074 m

SITUASI EMBUNG SUNGAI BANGLE



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Embung Bangle
Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk

DOSEN PEMBIMBING

Dr. tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.
Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA.

NAMA MAHASISWA

ARDELIA ARLIMASITA
03111440000098

JUDUL GAMBAR

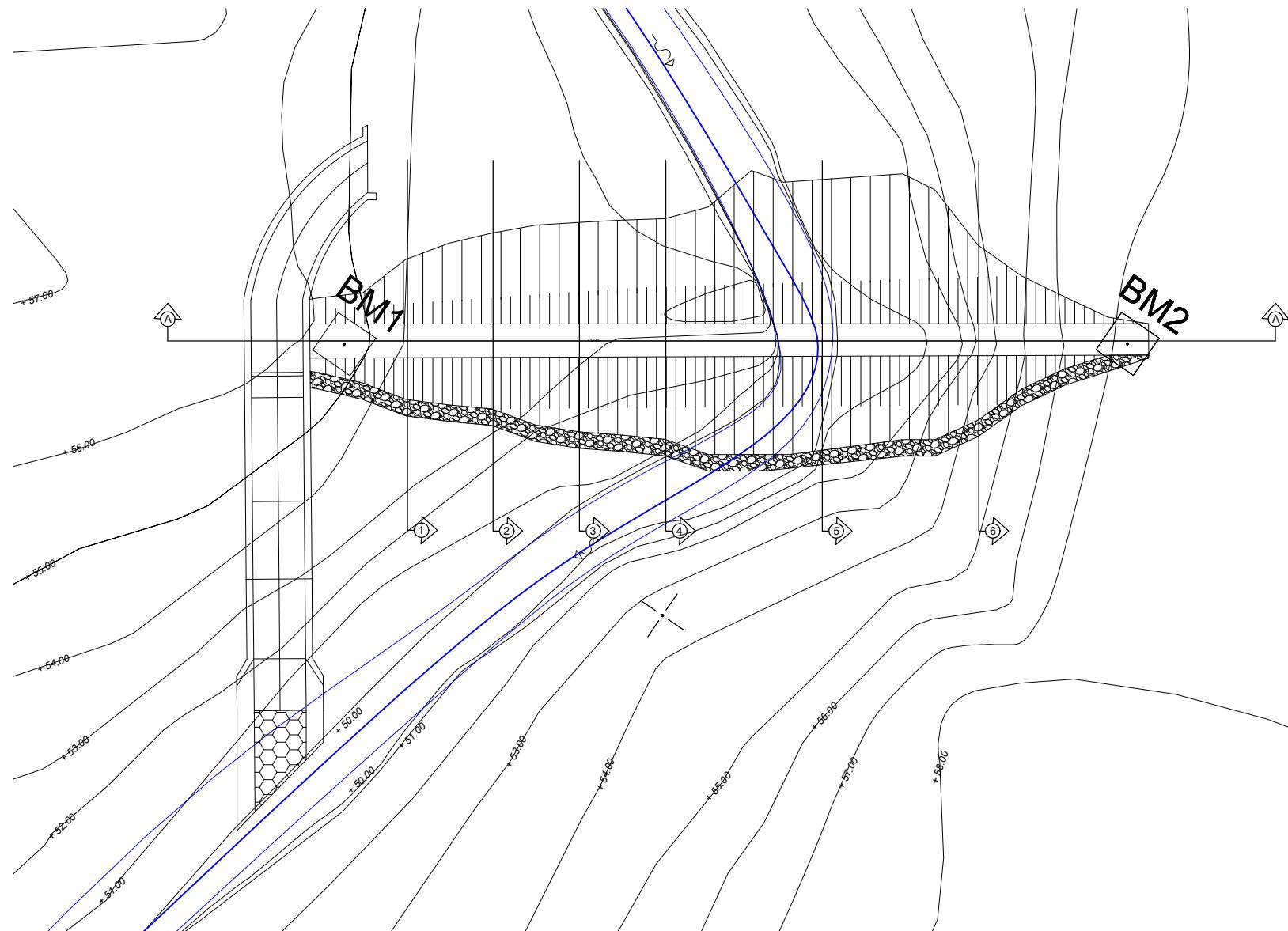
LAYOUT
EMBUG BANGLE

NO. LEMBAR

239

TAHUN

2018



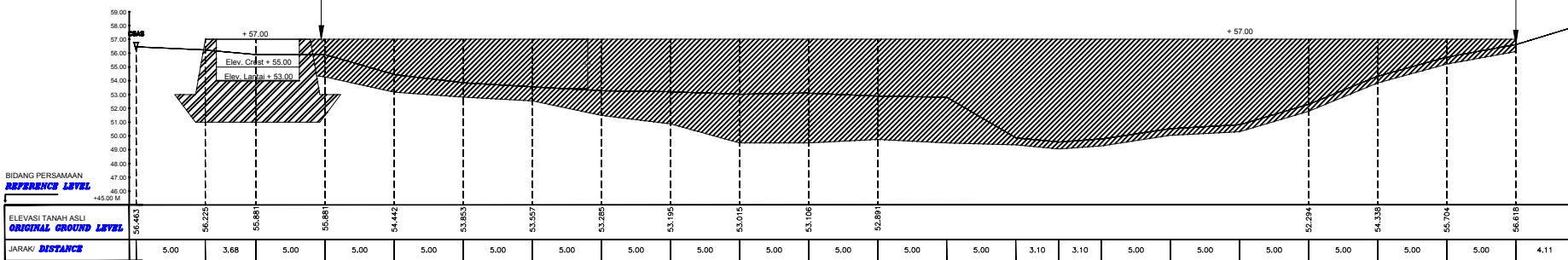
0 5 10 15 20 25 m
SKALA DATAR

BM 1

X = 616351.889 m
Y = 9171805.023 m
Z = 55.921 m

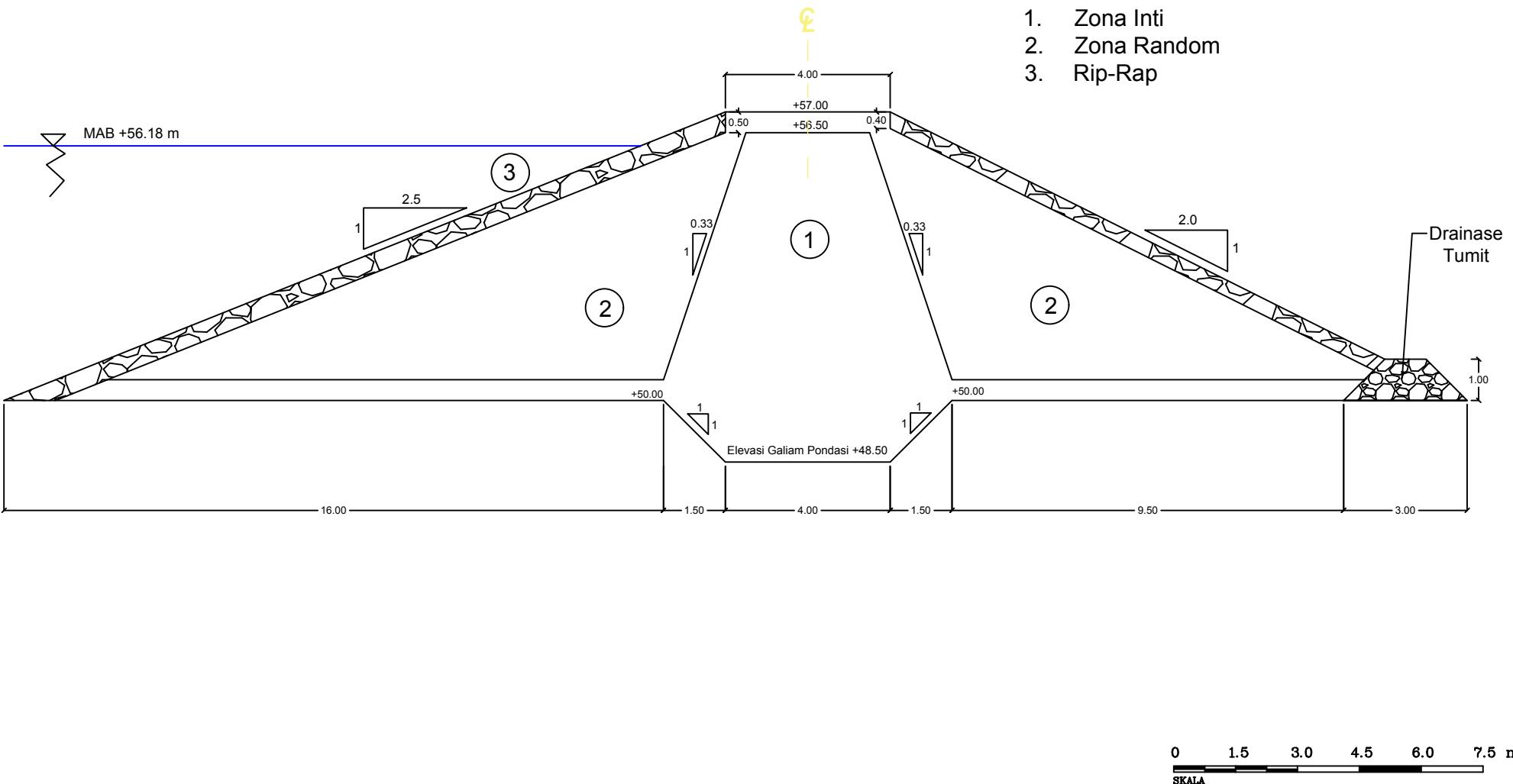
BM 2

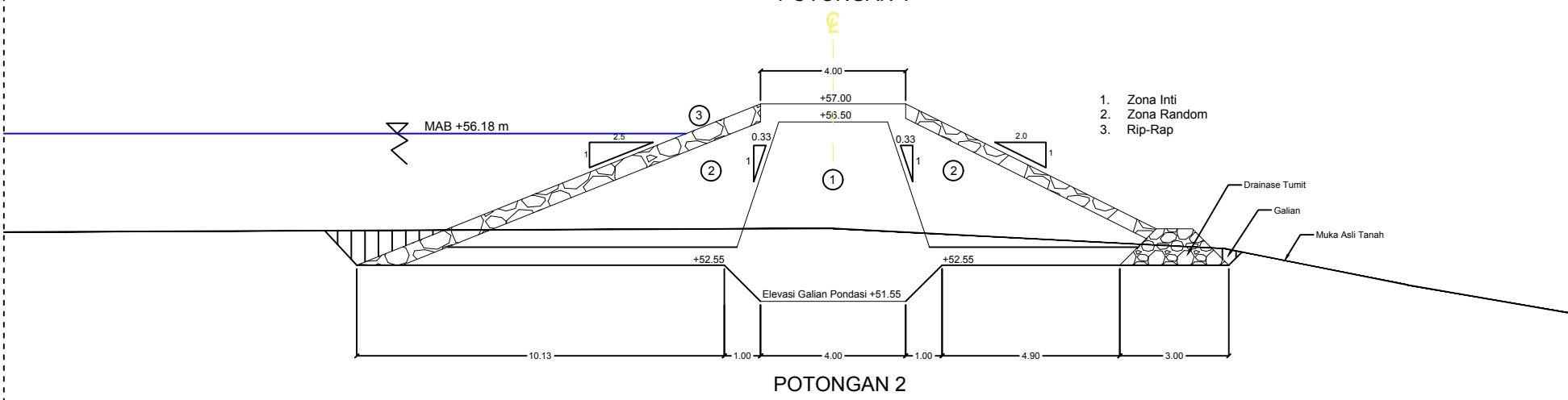
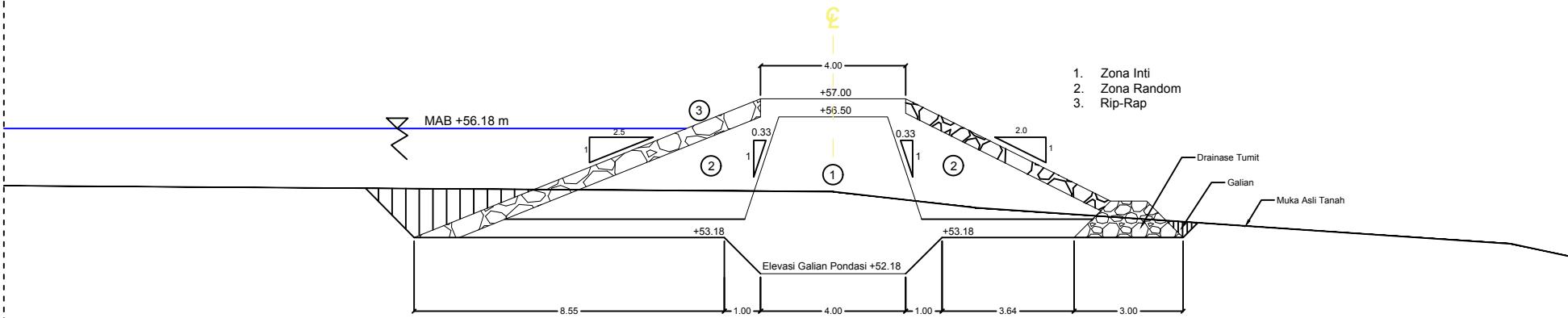
X = 616427.032 m
Y = 9171856.705 m
Z = 57.337 m



LONG SECTION EMBUNG SUNGAI BANGLE

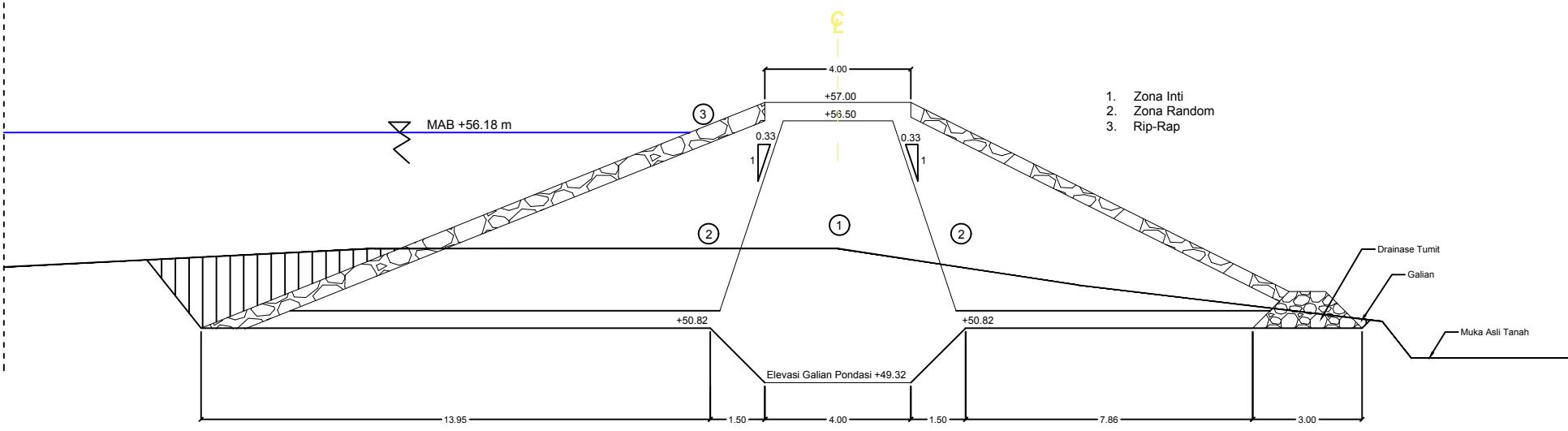
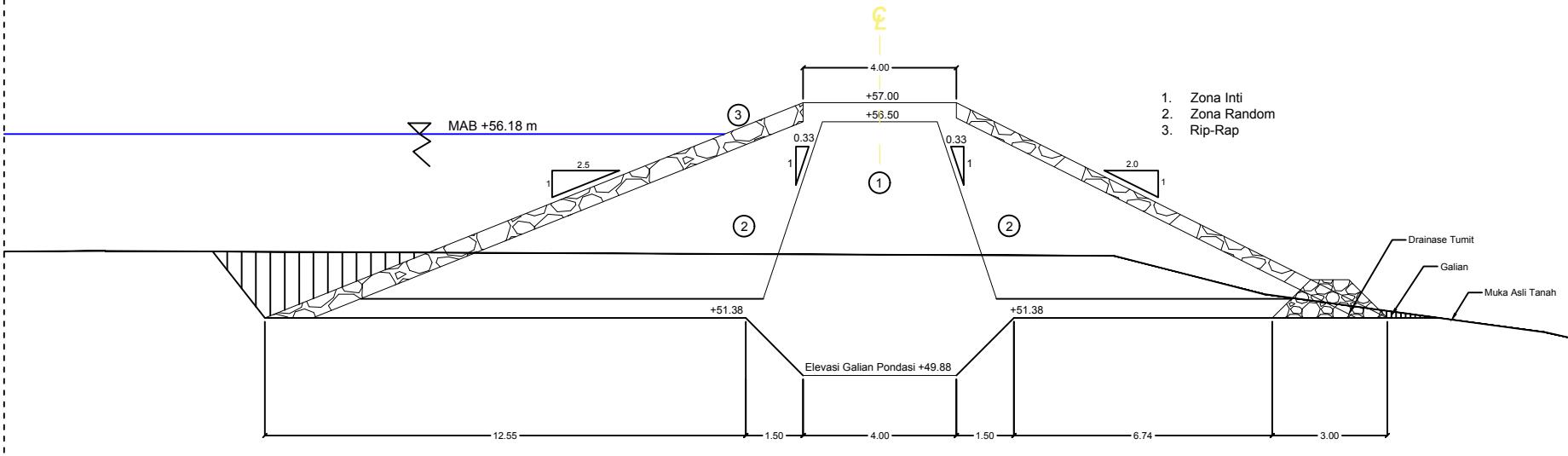
0 5 10 15 20 25 m
SKALA TEGAK





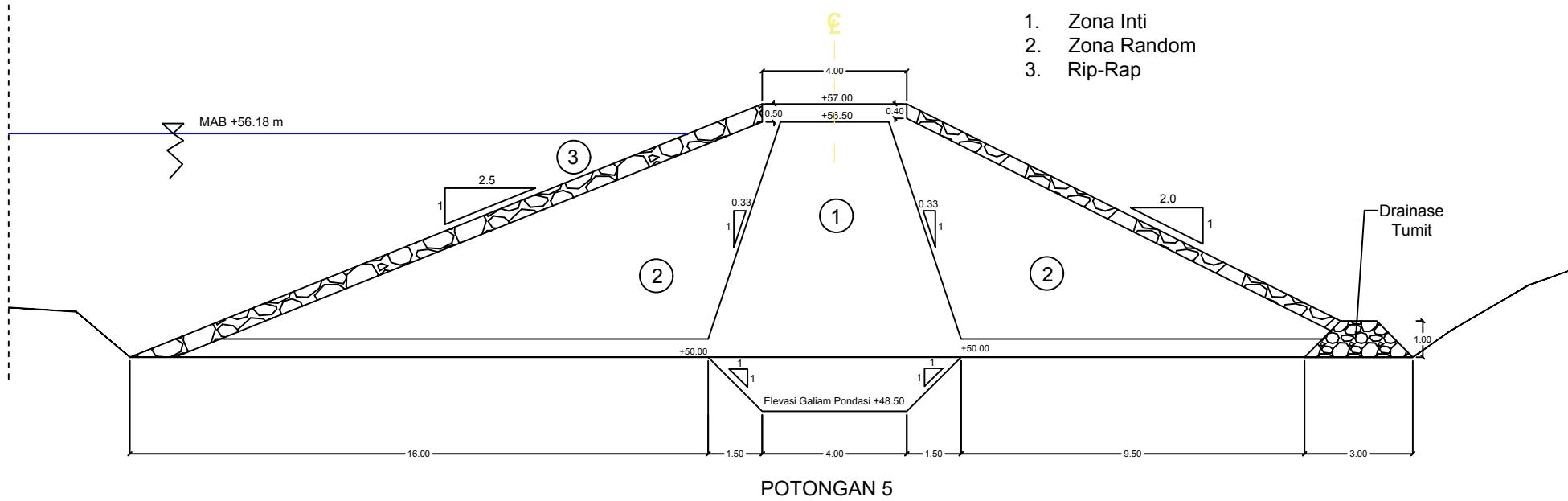
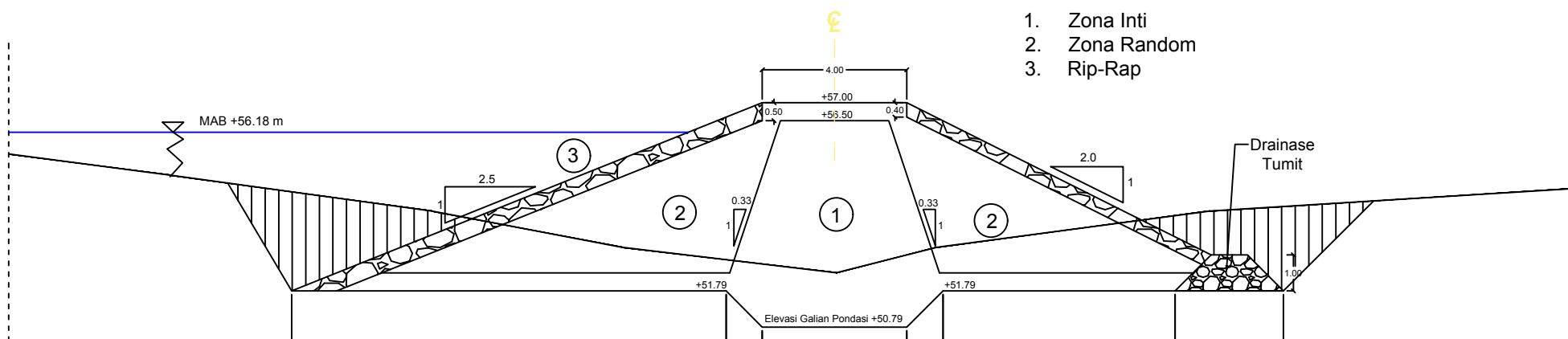
0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 m
SKALA



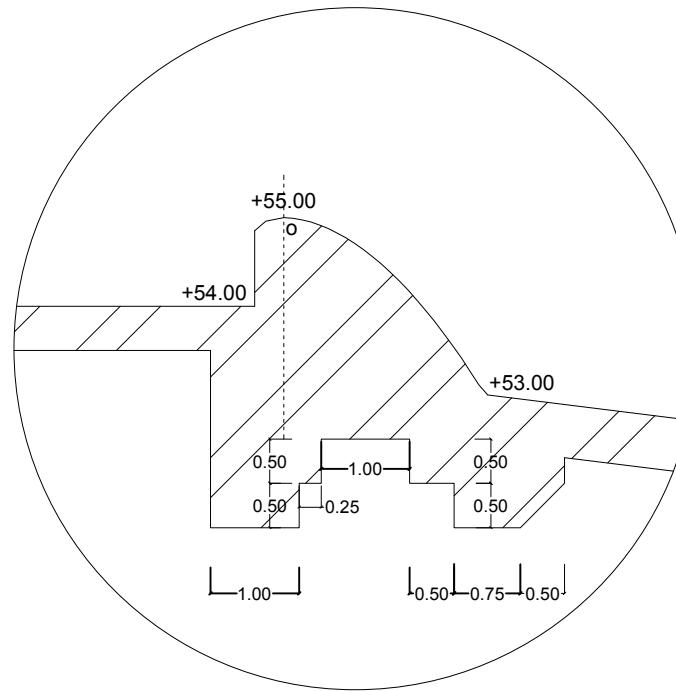
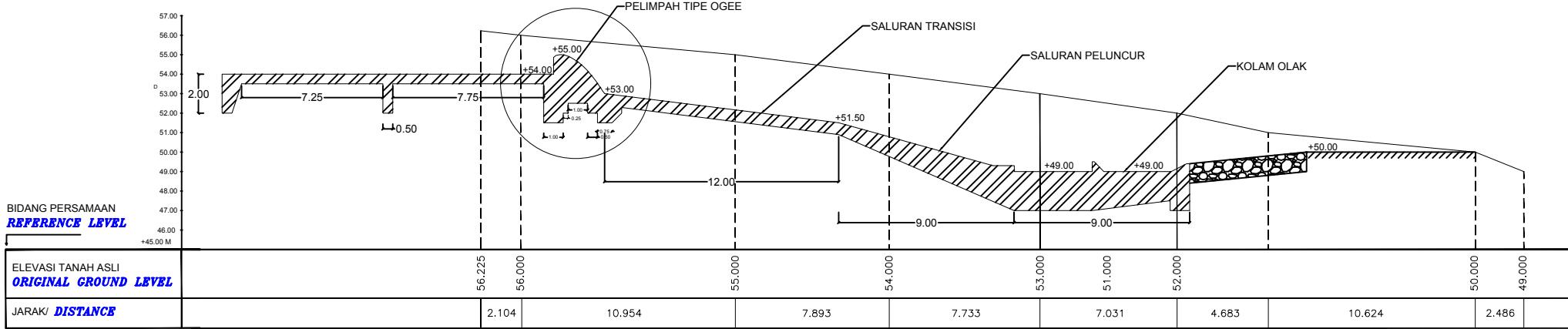


0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 m
SKALA

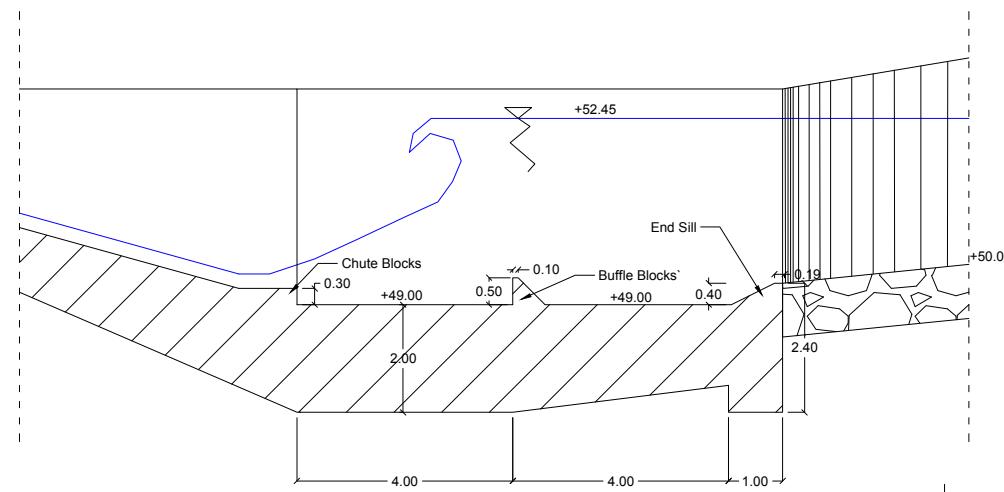
| INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN JURUSAN TEKNIK SIPIL | JUDUL TUGAS AKHIR Perencanaan Embung Bangle Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk | DOSEN PEMBIMBING Dr. tech. Umboro Lasminto, ST., M.Sc. Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA. | NAMA MAHASISWA ARDELIA ARLIMASITA 0311144000098 | JUDUL GAMBAR Potongan Melintang Tubuh Embung | NO. LEMBAR 244 | TAHUN 2018 |
|--|--|---|---|--|-----------------------|-------------------|
|--|--|---|---|--|-----------------------|-------------------|



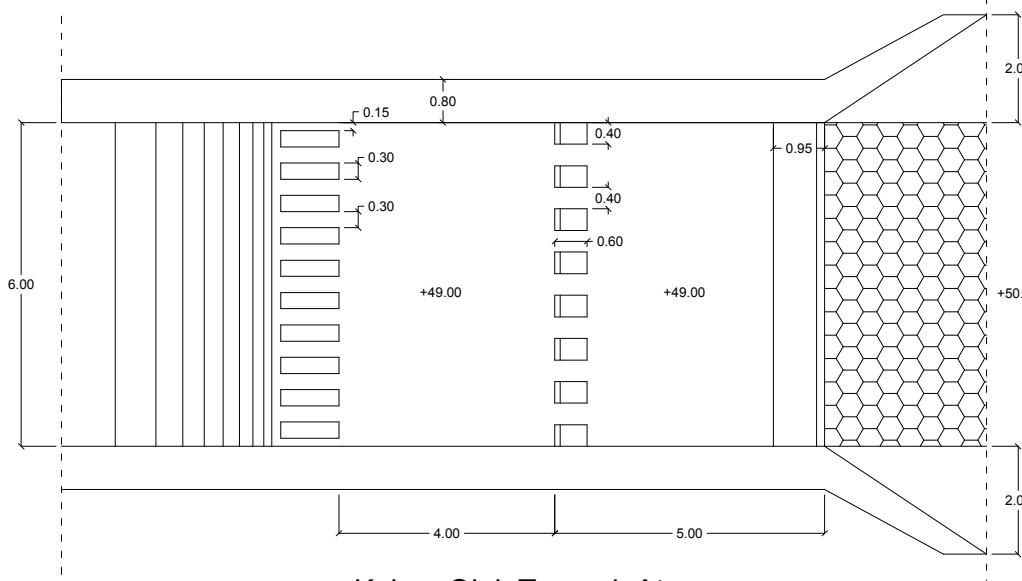
0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 m
SKALA



DETAIL MERCU PELIMPAH

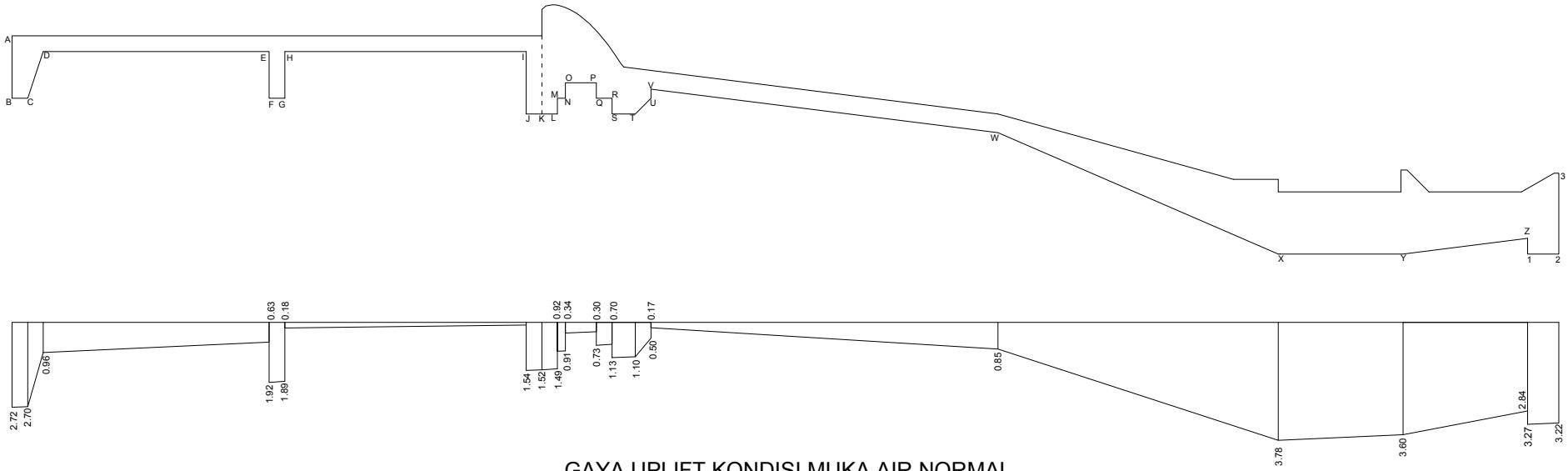


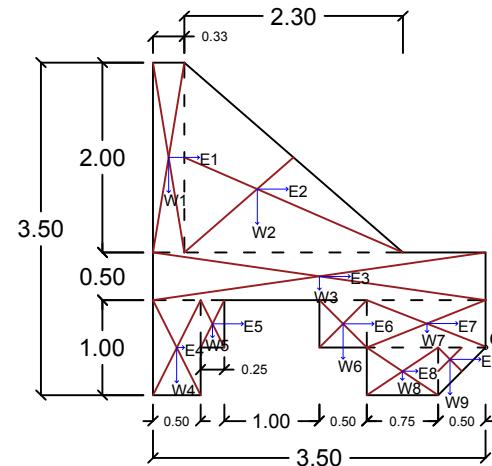
Kolam Olak Tampak Samping



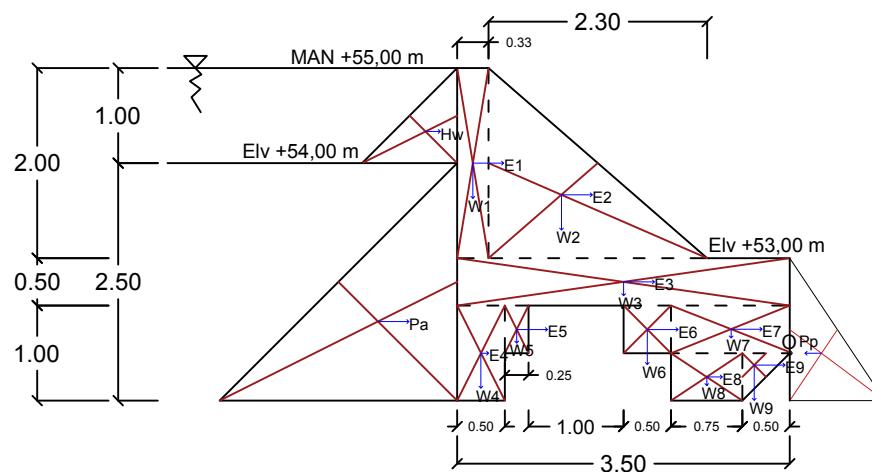
Kolam Olak Tampak Atas

0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 m
SKALA

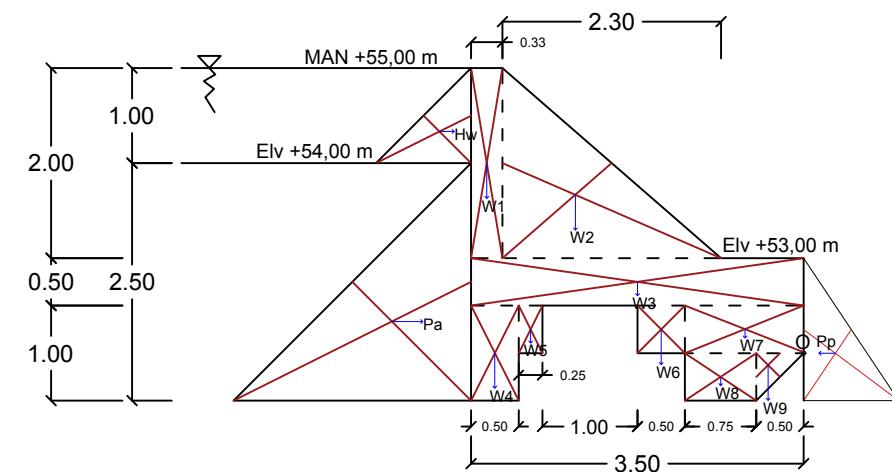




Berat Sendiri dan Beban Gempa

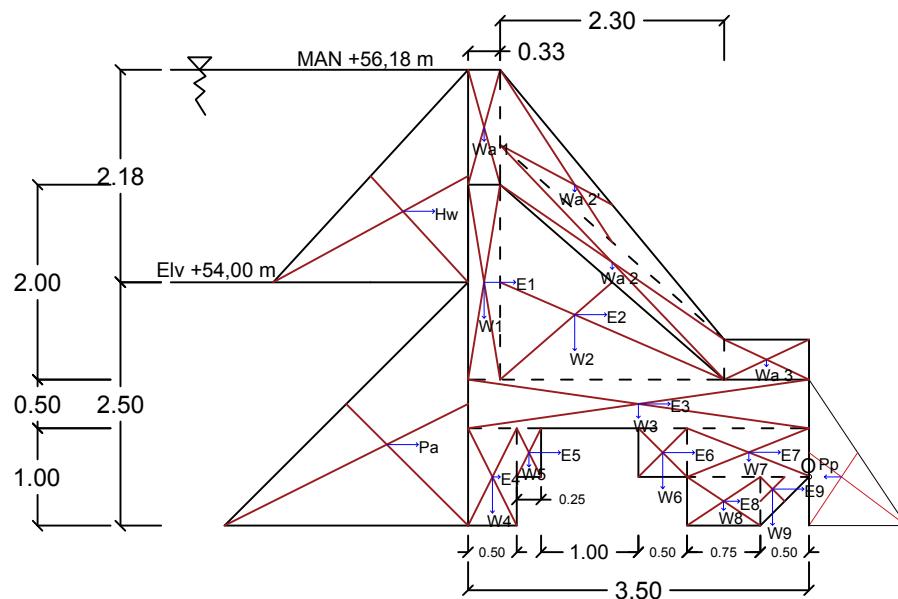


Gaya saat Muka Air Normal
dengan Gaya Gempa

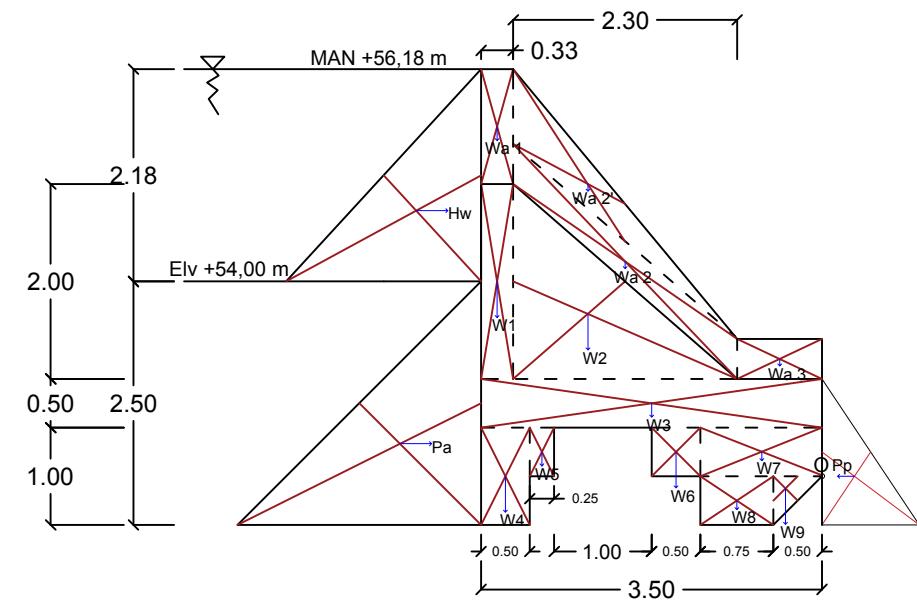


Gaya saat Muka Air Normal
Tanpa Gaya Gempa



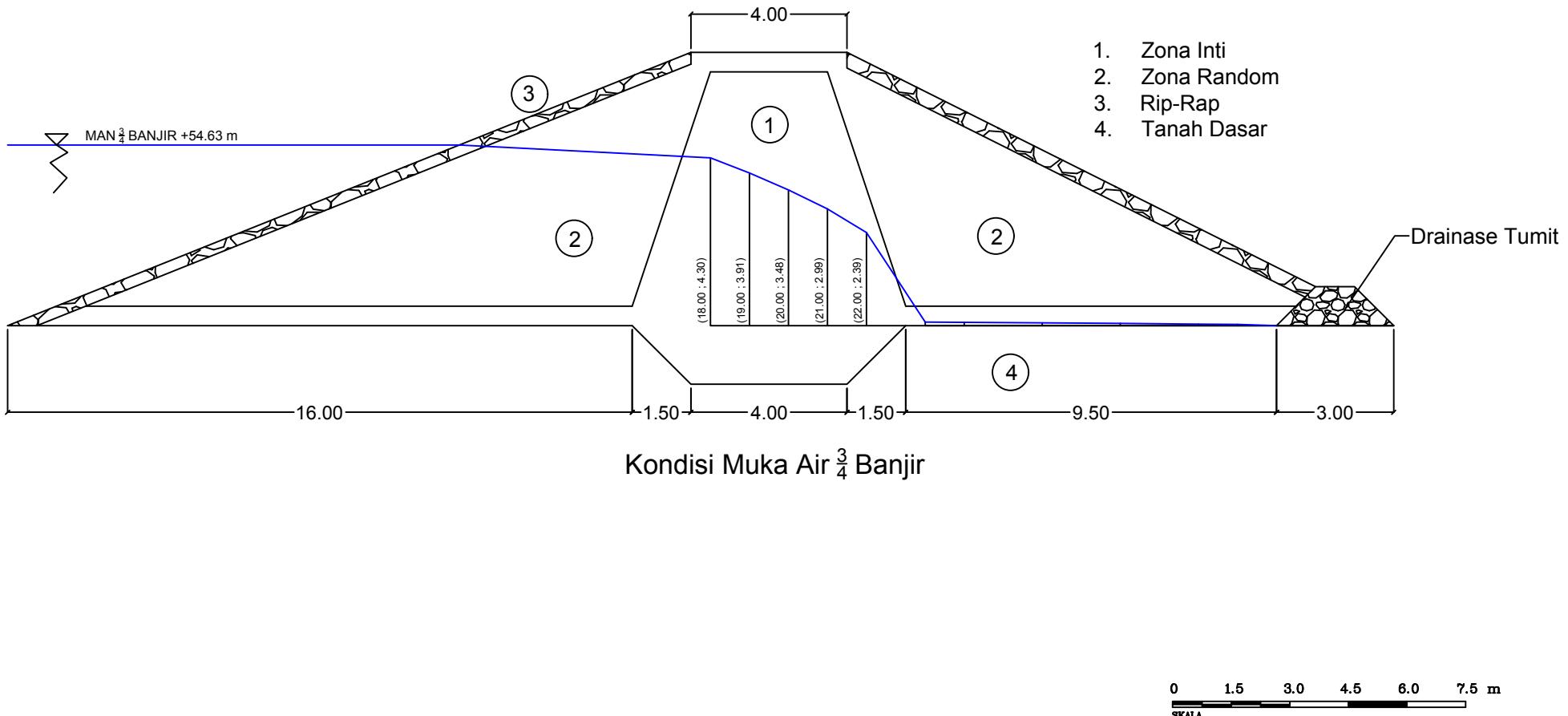


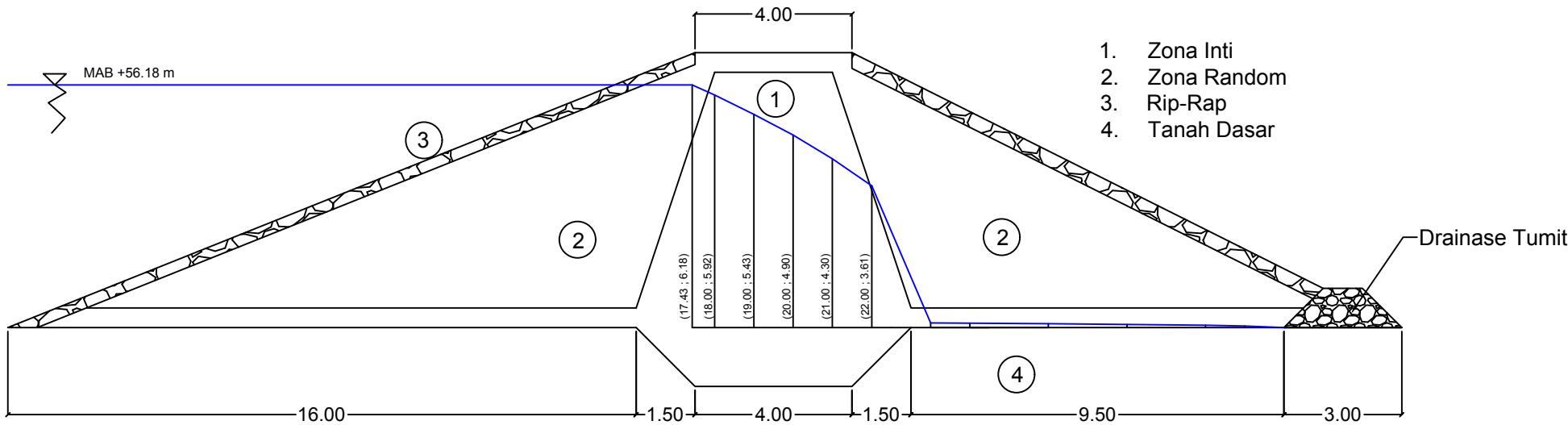
Gaya saat Muka Air Banjir
dengan Gaya Gempa

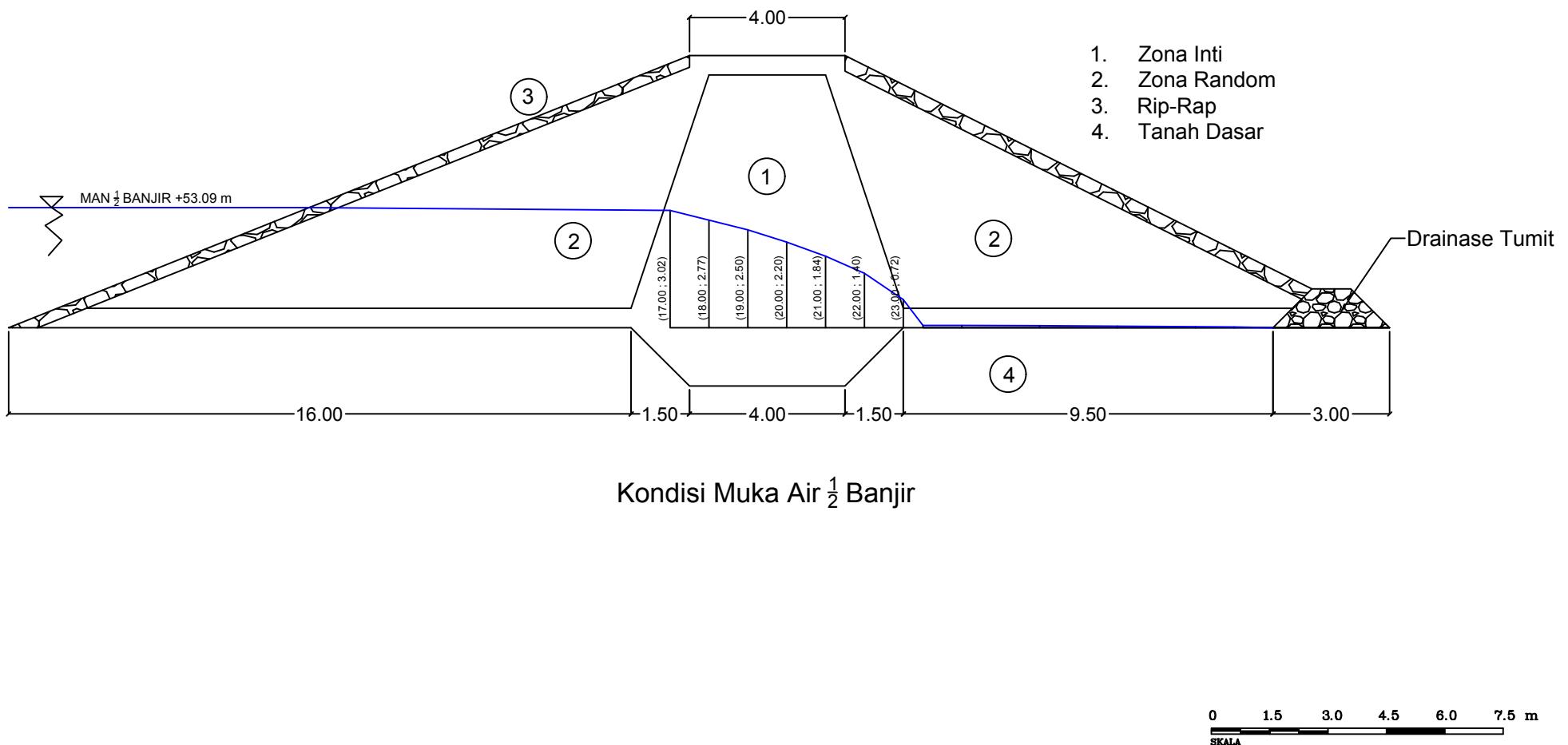


Gaya saat Muka Air Banjir
tanpa Gaya Gempa











PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



| | |
|-------------------|---|
| NAMA PEMBIMBING I | : Dr. techn. Umboro Lasminto , S.T., M.Sc |
| NAMA MAHASISWA | : ARDELIA ARLIMASITA |
| NRP | : 03111440000098 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Perencanaan Embung Bangle Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk |
| TANGGAL PROPOSAL | : 27 Oktober 2017 |
| NO. SP-MMTA | : 078230 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|------------|---|--|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 1 | 6-12-2017 | -Perhitungan Curah Hujan -Pembuatan Peta Topografi; | -Untuk data hujan jangan hanya pada 1 stasiun coba pakai bbrp stasiun & buat Thiessen untuk stasiun tsb sekitar -Buat konfur lewat Global Mapper | (S) |
| 2) | 22-12-2017 | - Membuat Peta Topografi dari Global Mapper | - Cek elevasi antara yang di Global Mapper dgn di SID - Buat DAS menggunakan "Watershed" di Global Mapper | (S) |
| 3) | 18-1-2018 | - Gambar DAS beserta peta Topografi yg dibuat melalui Global Mapper | - Cari data peta Topografi di BWS | (S) |
| | 19-1-2018 | - Hasil antara SID dan Global Mapper sangat beda jauh. | - Kalau tidak ada, coba tetap pakai dari Global Mapper | (S) |
| 4) | 31-1-2018 | - Thiessen untuk DAS sungai, pembuktian bahwa hanya menggunakan 1stasiun - Peta DAS belum dapat. | - Pakai peta topografi & DAS Menggunakan Global Mapper jika tidak dapat, - Untuk perhitungan kebutuhan air tidak selalu harus 100% terlayani | (S) |
| 5) | 26-02-2018 | - Asisten perhitungan Curah Hujan Efektif - Perhitungan HSS Nakayasu - Perhitungan Lengkung Kapasitas - Perhitungan Kebutuhan Air Baku - Perhitungan Evapotranspirasi | - Periode Ulang untuk Desain Spillway pakai Q100 tahun. Dan desain embung dicek pakai Q1000 thn - HSS Nakayasu ditambah Aliran Dasar - Lengkung kapasitas bisa pakai yg ada. Dicek lagi saat desain spillway. - Evapotranspirasi menggunakan data 2/ bulanan. - Kebutuhan air baku disesuaikan dgk ketersediaan - Hitung laju sedimentasi menggunakan usle. | (S) |

I



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



| | |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING | : Dr. techn. Umboro Hasminto, S.T., M.Sc |
| NAMA MAHASISWA | : ARDELIA ARLIMASITA |
| NRP | : 03111440000098 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Perencanaan Embung Bangle Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk |
| TANGGAL PROPOSAL | : 27 Oktober 2017 |
| NO. SP-MMTA | : 078230 / IT2 . VI . 4.1 / PP. 09.02.00 / 2017 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|------------|--|---|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 6. | 9-04-2018 | - Asistensi hasil perhitungan sedimen dgn Metode USLE | <ul style="list-style-type: none"> - Coba cek hasil perhitungannya. Laju sedimentasi terlalu kecil. - Lanjut perhitungan analisa hidro lika beserta gambar preliminary spillway | |
| 7. | 17-04-2018 | - Asistensi gambar preliminary spillway | <ul style="list-style-type: none"> - Gambar potongan spillway dan saluran sampai ke kolam olak di sesuaikan dgn tanah asli - Data tanah untuk timbunan embung dicek, apakah bisa digunakan untuk timbunan homogen atau tidak - Kalau tidak dibuat timbunan zonal dgn inti, cari data tanah berupa tanah random | |
| 8 | 24-04-2018 | <ul style="list-style-type: none"> - Asistensi gambar spillway dan potongan muka tanah asli, tidak bisa jika pondasi si tanah si atas muka asli tanah - Data tanah quarry diusahakan cari si daerah dekat lokasi | <ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan stabilitas - Perhitungan formasi depresi pada tubuh embung - Uplift dihitung sampai kolam olak. | |

- Asistensi analisa hidrolik pelimpahan



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

| | | |
|-------------------|---|--|
| NAMA PEMBIMBING | : | Dr. techn. Umbro Lasminto, S.T., M.Sc |
| NAMA MAHASISWA | : | ARDELIA ARLIMASITA |
| NRP | : | 03111440000098 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : | Perencanaan Embung Bangle Kecamatan Langkong Kabupaten Nganjuk |
| TANGGAL PROPOSAL | : | 27 Oktober 2017 |
| NO. SP-MMTA | : | 078230 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|-----|------------|--|--|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 9. | 22-05-2018 | <ul style="list-style-type: none">- Analisa perhitungan uplift pada pelimpah- Analisa stabilitas pelimpah | <ul style="list-style-type: none">- Membuat diagram gaya untuk mempermudah perhitungan- Perhitungan uplift direk ulang. | |
| 10. | 30-05-2018 | <ul style="list-style-type: none">- Hasil perhitungan ulang uplift- Analisa stabilitas pelimpah sudah OK | <ul style="list-style-type: none">- Analisa stabilitas tubuh embung- Analisa garis formasi depresi- Gambar desain embung | |
| 11 | 4-06-2018 | <ul style="list-style-type: none">- Analisa formasi depresi- Analisa stabilitas tubuh embung | | |



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



| | |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING | : Dr. Ir. Edijatno, PEA |
| NAMA MAHASISWA | : ARDELIA ARLIMASITA |
| NRP | : 0311440000098 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Perencanaan Embung Bangle Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk |
| TANGGAL PROPOSAL | : 27 Oktober 2017 |
| NO. SP-MMTA | : 078230 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|------------|--|--|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 1 | 23-02-2018 | <ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan Curah hujan efektif - Perhitungan Curah hujan jaman-jaman - Perhitungan HSS Nakayasu - Perhitungan Lengkung Kapasitas - Perhitungan proyeksi penduduk untuk kebutuhan air baku | <ul style="list-style-type: none"> - Asisten selanjutnya dibuat laporan yg sudah berisi narasi nomor tabel & contoh perhitungan - Periode ulang digunakan untuk perencanaan banjir, coba baca diperaturan // untuk bendungan. Kalau tidak ada embung, gunakan resiko dari bendung yg paling kecil. - Tinjakan Ristala, masukan data teknis perencanaan awal di SIP. Dan masukan asumsi // yg ada di SIP yg digunakan lagi pada perhitungan. - Hidrograf di detailkan lagi grafiknya, desimal batasi sampai tiga angka dibelakang koma. | |
| 2 | 2-03-2018 | <ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan Neraca Air - Asisten ttg perhitungan sedimen untuk menghitung umur bendung | <ul style="list-style-type: none"> - Tentukan potongan memanjang dari sungai, tentukan elevasi' tampungan sedimen - Hitung jumlah total sedimen yg akan ditampung - Hitung laju sedimen - Sesuaikan / hitung umur bendung dari jumlah sedimen yg dapat ditampung | / / |



| | |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING | : Dr. Ir. Edijatno , DEA |
| NAMA MAHASISWA | : ARDELIA ARLIMASITA |
| NRP | : 03111440000098 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Perencanaan Embung Bangle Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk |
| TANGGAL PROPOSAL | : 27 Oktober 2017 |
| NO. SP-MMTA | : 078230/IT2.VI.4.1 /PP.05.02.00/2017 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|------------|---|---|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 3 | 1-05-2018 | <ul style="list-style-type: none"> - Analisa Sedimentasi → umur rencana embung - Analisa flood routing - Preliminary design spillway - Analisa hidrologis pelimpah & kolam olak | <ul style="list-style-type: none"> - Cek jika umur bendung mencapai 30 tahun, memungkinkan tidak jika elevasi kapasitas efektifnya naik. - Cek grafik inflow-outflow, lihat ada eng waktu antara Q inflow & Q outflow - Tulis penurunan debit yg terjadi - Desain kolam olak cari ketentuan - Perhitungan stabilitas pakai dan terfukur yg paling kritis | |
| 4 | 18-05-2018 | - Analisa stabilitas belum oke. | <ul style="list-style-type: none"> - Cek perhitungan uplift - Cek tinggi air diatas mercu - Coba simirangkan bentuk mercu pelimpah untuk menambah beban sendiri dan mengubah tinggi air diatas mercu | / / / / |



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



| | |
|-------------------|--|
| NAMA PEMBIMBING | : Dr. Ir. Edijatno, DEA |
| NAMA MAHASISWA | : ARDELIA ARLIMASITA |
| NRP | : 03111440000098 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Perencanaan Embung Bangle Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk |
| TANGGAL PROPOSAL | : 27 Oktober 2017 |
| NO. SP-MMTA | : 078230/IT2.VI.4.1 / pp.05.02.00 / 2017 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|------------|---|--|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 5 | 31-05-2015 | <ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan stabilitas pelimpah sudah oke - Cek perhitungan flood routing - Cek perhitungan hidrolik pelimpah | <ul style="list-style-type: none"> - Analisa formasi garis depresi - Analisa stabilitas tubuh embung | / |
| 6 | 07-06-2015 | | | |

BIODATA PENULIS



Ardelia Arlimasita,

Penulis dilahirkan di Cimahi, 8 Januari 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Muslimat NU 2 (Tuban), SDN Latsari Unggulan (Tuban), SMP Negeri 1 (Tuban), SMA Negeri 1 (Tuban). Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Tuban tahun 2014, Penulis mengikuti tes SBMPTN dan diterima pada program S1 Reguler Departemen Teknik Sipil,

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian (FTSLK) ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3114100098. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Hidroteknik. Penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa di ITS. Pada masa perkuliahan tahun kedua dan ketiga penulis sempat aktif di HMS ITS dan LDJ Al Hadiid Teknik Sipil. Selain aktif pada kegiatan kemahasiswaan, penulis juga pernah mengikuti beberapa lomba bersama tim Darpa S57 Karya. Dengan tim tersebut, penulis mendapatkan Juara 1 Tender Cup pada acara D'Village 6th Edition Tahun 2016 dan Juara 1 The First Construction Management Competition pada acara Civil Days Tahun 2016. Bagi penulis merupakan suatu kebanggan dapat menyelesaikan pendidikan S1-nya di ITS. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan saran dan kritik dapat berkorespondensi melalui email arlimasita@gmail.com