

TUGAS AKHIR - CS234801

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN, KABUPATEN DEMAK

AARON FUNG ANTASENA

NRP 5012211102

Dosen Pembimbing

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.

NIP 1989201811023

Dosen Ko-Pembimbing

Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.

NIP 198404092009121005

Program Studi Sarjana

Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2025

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR - CS234801

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN, KABUPATEN DEMAK

AARON FUNG ANTASENA

NRP 5012211102

Dosen Pembimbing

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.

NIP 1989201811023

Dosen Ko-Pembimbing

Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.

NIP 198404092009121005

Program Studi Sarjana

Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2025

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - CS234801

FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK REGENCY

AARON FUNG ANTASENA

NRP 5012211102

Advisor

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.

NIP 1989201811023

Co-Advisor

Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.

NIP 19840409200912100

Undergraduate Program

Department of Civil Engineering

Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2025

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN, KABUPATEN DEMAK

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

memperoleh gelar Sarjana Teknik pada

Program Studi Sarjana

Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : AARON FUNG ANTASENA

NRP. 5012211102

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T. Pembimbing
2. Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., Ko-Pembimbing M.T.
3. I.D. Bagus JBS, S.T., M.T. Penguji
4. Dr. A. A. Ng. Satria Damar Negara, S.T., M.T. Penguji



Juli, 2025

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

APPROVAL SHEET

FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK REGENCY

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a Bachelor Degree at
Undergraduate Program
Department of Civil Engineering
Faculty of Civil, Planning, And Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : AARON FUNG ANTASENA

NRP. 5012211102

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T. Advisor
2. Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., Co-Advisor
M.T.
3. ID Bagus JBS, S.T., M.T. Examiner
4. Dr. A. A. Ng. Satria Damar Negara, Examiner
S.T., M.T.



SURABAYA

July, 2025

[Handwritten signatures of the four examiners: Dr. Mohamad Bagus Ansori, Dr. Mahendra Andiek Maulana, ID Bagus JBS, and Dr. A. A. Ng. Satria Damar Negara.]

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Aaron Fung Antasena / 5012211102
Departemen : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing/NIP : I. Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T. /
1989201811023
II. Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T. /
198404092009121005

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Penanggulangan Banjir Sungai Wulan, Kabupaten Demak” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 23 Juli 2025

Mengetahui
Dosen Pembimbing



Dr. Mohamad Bagus Ansori,
S.T., M.T.
NIP.1989201811023

Dosen Ko-Pembimbing



Dr. Mahendra Andiek
Maulana, S.T., M.T.
NIP.198404092009121005

Mahasiswa



Aaron Fung Antasena
NRP.5012211102

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Aaron Fung Antasena / 5012211102
Department : Civil Engineering
Advisor / NIP : I. Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T. /
1989201811023
II. Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T. /
198404092009121005

hereby declare that the Final Project with the title of "Flood Mitigation In The Wulan River, Demak Regency" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 23, 2015

Acknowledged
Advisor



Dr. Mohamad Bagus Ansori,
S.T., M.T.
NIP.1989201811023

Co-Advisor



Dr. Mahendra Andiek
Maulana, S.T., M.T.
NIP.198404092009121005

Student



Aaron Fung Antasena
NRP.5012211102

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN, KABUPATEN DEMAK

Nama Mahasiswa/NRP : Aaron Fung Antasena / 5012211102
Departemen : Teknik Sipil FT-SPK ITS
Dosen Pembimbing : I. Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.
II. Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.

Abstrak

Frekuensi dan intensitas bencana banjir di seluruh dunia, termasuk Indonesia, semakin meningkat akibat terjadinya perubahan iklim dan urbanisasi yang pesat. Kondisi ini mengancam kehidupan umat manusia, merusak infrastruktur, dan menghambat pembangunan berkelanjutan. Studi ini berfokus pada permasalahan banjir di Kabupaten Demak, Jawa Tengah, yang secara rutin dilanda banjir akibat curah hujan tinggi dan kapasitas sungai yang kurang mencukupi, sehingga menyebabkan kehancuran tanggul di beberapa titik di sepanjang Sungai Wulan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi hidrologi Sungai Wulan di Kabupaten Demak dan mengevaluasi potensi banjir di wilayah tersebut melalui analisis hidrolika. Berbagai data yang meliputi curah hujan harian, elevasi digital (DEM), tutupan lahan, pasang laut maksimal, dan *cross – section* dan *long – section* Sungai Wulan menjadi pondasi dalam analisis lanjutan. Metode yang digunakan meliputi analisis hidrologi, mulai dari pengolahan karakteristik sungai, data curah hujan harian, dan hidrograf satuan sistesis, dan analisis hidrolika menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 6.6. Analisis hidrologi pada Sungai Wulan menghasilkan karakteristik sungai dengan luas DAS Wulan sebesar 4047 km² dengan panjang sungai utama sebesar 189,47 kilometer. Curah hujan kala ulang 50 tahun yang digunakan untuk perencanaan didapatkan melalui beberapa analisis frekuensi dan diuji kecocokan distribusi frekuensi Chi-Square dan Smirnov – Kolmogorov sehingga dipilih R₅₀ sebesar 112,92 mm. Debit banjir rencana kala ulang 50 tahun dilahirkan dari Hidrograf Satuan Sistesis Nakayasu sebesar 1422,67 m³/s. Analisis hidrolika dengan HEC-RAS memberikan gambaran mengenai kondisi kapasitas sungai, tinggi genangan, dan peta area terdampak banjir. Dengan demikian, penelitian ini dapat merekomendasikan perbaikan penampang sungai (*channel modification*) dengan memperdalam dasar sungai sehingga Sungai Wulan mampu mengalirkan debit banjir rencana. Upaya penanggulangan menjadi solusi yang berkelanjutan dan selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ke-11 (Kota dan permukiman yang berkelanjutan) dan tujuan ke-13 (Tindakan untuk mengatasi perubahan iklim).

Kata kunci: Aksi iklim, HEC-RAS, Pembangunan berkelanjutan, Penanggulangan banjir, Sungai Wulan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK REGENCY

Student Name/NRP : Aaron Fung Antasena / 5012211102
Department : Civil Engineering F-CIVPLAN ITS
Advisor : I. Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.
II. Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.

Abstract

The frequency and intensity of flood disasters worldwide, including in Indonesia, are increasing due to climate change and rapid urbanization. This condition threatens human lives, damages infrastructure, and hinders sustainable development. This study focuses on the flood problems in Demak Regency, Central Java, which is routinely affected by floods due to high rainfall and insufficient river capacity, leading to embankment failures at several points along the Wulan River. This research aims to analyze the hydrological conditions of the Wulan River in Demak Regency and evaluate the flood potential in the area through hydraulic analysis. Various data including daily rainfall, digital elevation model (DEM), land use, maximum tidal levels, and cross-section and long-section of the Wulan River form the foundation for further analysis. The methods used include hydrological analysis, starting from processing river characteristics, daily rainfall data, and synthetic unit hydrograph, and hydraulic analysis using HEC-RAS 6.6 software. Hydrological analysis of the Wulan River yielded river characteristics with a Wulan watershed area of 4047 km² and a main river length of 189.47 kilometers. The 50-year return period rainfall used for planning was obtained through several frequency analyses and tested for goodness-of-fit using Chi-Square and Smirnov-Kolmogorov distributions, resulting in a selected R50 of 112.92 mm. The 50-year return period design flood discharge was derived from the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph, amounting to 1422.67 m³/s. Hydraulic analysis with HEC-RAS provides an overview of the river's capacity conditions, inundation depth, and the extent of the flood-affected area. Thus, this research can recommend river cross-section improvement (channel modification) by deepening the riverbed so that the Wulan River is capable of conveying the design flood discharge. These mitigation efforts become a sustainable solution and align with the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goal 11 (Sustainable Cities and Communities) and Goal 13 (Climate Action).

Keywords: Climate action, Flood control, HEC-RAS, Sustainable development, Wulan River

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Gloria in excelsis Deo! Atas kemurahan Allah Tritunggal Mahakudus, penulis berkesempatan menuntaskan Tugas Akhir dengan judul “Penanggulangan Banjir Sungai Wulan, Kabupaten Demak” sebagai prasyarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Sipil, FT-SPK ITS.

Penyelesaian tugas akhir ini bukanlah semata-mata hasil kerja keras pribadi, melainkan buah dari doa, dukungan, dan bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati dan ucapan syukur mendalam, penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Toeng Fat Ming dan Ratih Wahyuningtyas, yang senantiasa mencintai dan mendukung setiap langkah hidup penulis, tidak terkecuali ketika penulisan Tugas Akhir ini berjalan;
2. Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing, serta Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T., selaku Dosen Ko-pembimbing, yang dengan sabar dan rendah hati membimbing dan mendukung penulisan Tugas Akhir ini hingga selesai;
3. Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana beserta jajarannya, yang telah memberikan izin atas penggunaan data dalam penelitian ini;
4. Seluruh dosen, *tendik*, dan karyawan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Pantai FT-SPK ITS atas kesempatan dan ilmu yang diberikan bagi penulis selama berkuliah di Departemen Teknik Sipil FT-SPK ITS;
5. Saudara – saudara penulis, yang senantiasa mendukung dan menjadi tempat berdiskusi selama penulisan Tugas Akhir ini berlangsung;
6. Teman – teman Teknik Sipil FT-STPK ITS, yang dengan kerendahan hati rela membantu dan memberikan saran kepada penulis;
7. Teman – Teman Keluarga Mahasiswa Katolik St. Ignatius Loyola ITS, yang memberikan motivasi dan semangat bagi penulis untuk menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, serta menjadi ‘rumah’ bagi penulis selama menempuh perkuliahan;
8. Badan Informasi Geospasial (BIG), Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Blue Marble Geographics (BMG), European Space Agency (ESA), National Aeronautics and Space Administration (NASA), dan U.S. Army Corps of Engineers (USACE), serta pihak – pihak pengembang yang belum disebut, yang karyanya digunakan dalam penelitian ini, yang telah berdedikasi dalam menyediakan data maupun perangkat lunak yang terpercaya;
9. Mendiang Bapa Suci Paus Fransiskus, yang telah menjadi teladan iman bagi penulis untuk berserah kepada Tuhan dalam setiap langkah hidup penulis, termasuk selama penulisan Tugas Akhir ini berlangsung;
10. Mendiang eyang tercinta, Maria Natalia Artiningsih Soetatmodjo, yang cinta kasihnya selalu penulis kenang selama penulisan Tugas Akhir ini berlangsung; dan
11. Pihak – pihak yang belum sempat disebut, yang secara langsung maupun tidak langsung ikut berperan dalam keberhasilan penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari penyusunan Tugas Akhir ini tidak terhindar dari kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran pembaca sangat diharapkan oleh penulis agar menjadi bahan pembelajaran dan pengembangan diri di kemudian hari.

Surabaya, 19 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
STATEMENT OF ORIGINALITY	vii
Abstrak	ix
Abstract	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hasil Studi Terdahulu	5
2.2 Daerah Aliran Sungai	6
2.3 Pola Aliran Sungai	6
2.4 Tutupan Lahan	7
2.5 Hidrologi	8
2.6 Presipitasi	9
2.7 Curah Hujan	9
2.7.1 Curah Hujan Kawasan	10
2.7.2 Intensitas Curah Hujan	10
2.7.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana	11
2.7.3.1. Distribusi Normal	12
2.7.3.2. Distribusi Gumbel	12
2.7.3.3. Distribusi Log Pearson Tipe III	14
2.7.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi	15
2.7.4.1. Uji Chi – Square	15
2.7.4.2. Uji Smirnov Kolmogorov	16
2.8 Hidrograf	17

2.8.1	Hidrograf Limpasan Langsung (DRH).....	18
2.8.2	Hidrograf Hujan Efektif (ERH).....	18
2.8.3	Hidrograf Hujan Efektif (ERH).....	20
2.8.4	Hidrograf Hujan Efektif (ERH).....	21
2.8.4.1.	Hidrograf Satuan Sintesis Metode Nakayasu	21
2.9	Hidrolika Sungai.....	23
2.10	Saluran Terbuka.....	23
2.11	Aliran Melalui Penampang.....	24
2.12	Penanggulangan Banjir Sungai.....	24
2.13	Analisis Hidrolika dengan HEC-RAS	25
BAB III METODOLOGI.....		27
3.1	Lokasi Penelitian	27
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	27
3.3	Tahapan Penelitian	29
3.2.1	Tahap Persiapan.....	29
3.2.2	Pengumpulan Data.....	29
3.2.3	Analisis Hidrologi	30
3.2.4	Analisis Hidrolika dengan Program HEC-RAS 6.6	30
3.2.4.1.	HEC-RAS 1D.....	33
3.2.4.2.	HEC-RAS 2D.....	37
3.2.4.3.	Channel Modification	42
BAB IV PEMBAHASAN.....		45
4.1	Peninjauan Topografi Kabupaten Demak dan Sekitarnya.....	45
4.2	Evaluasi Kondisi Aktual Sungai Wulan	45
4.3	Analisis Hidrologi dalam Penentuan Debit Banjir Rencana	54
4.3.1	Pemetaan Daerah Aliran Sungai.....	54
4.3.2	Curah Hujan Rencana Periode Ulang 50 Tahun.....	54
4.3.3	Debit Banjir Rencana Periode Ulang 50 Tahun Metode Nakayasu	60
4.4	Analisis Hidrolika dan Perencanaan Penanggulangan Banjir Rencana.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		73
LAMPIRAN I Perijinan Penggunaan Data Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana..		77

LAMPIRAN II Pencatatan Debit Sungai Pada Pos Duga Air Wulan Karanganyar Tahun 2023 ...	79
LAMPIRAN III <i>Detailed Engineering Design : Normalization and River Bank Protection of Serang – Wulan River, February 2022</i>	81
LAMPIRAN IV Lembar Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	93
LAMPIRAN V Lembar Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	113
LAMPIRAN VI Peta DAS di WS Jrontaseluna dan Perencanaan Perbaikan Sungai Wulan	125
BIODATA PENULIS	145

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Infografis Banjir Demak, BPBD Provinsi Jawa Tengah 2024.....	2
Gambar 2. 1 Pola Aliran Sungai	6
Gambar 2. 2 Siklus Hidrologi	9
Gambar 2. 3 Elemen Hidrograf.....	18
Gambar 2. 4 Pengaruh Bentuk DAS Terhadap Hidrograf	18
Gambar 2. 5 Hidrograf Hujan Efektif	19
Gambar 2. 6 DRH Akibat ERH	19
Gambar 2. 7 Contoh Unit Hidrograf 6 Jam – an.....	20
Gambar 2. 8 Pengaruh DRH Terhadap Unit Hidrograf	20
Gambar 2. 9 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu.....	21
Gambar 2. 10 Skema Pengendalian Banjir Sungai	25
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3. 3 Membuat Berkas Baru pada HEC-RAS.....	31
Gambar 3. 4 Menambahkan Proyeksi Data Raster pada HEC-RAS	31
Gambar 3. 5 Membuat <i>Terrain</i> pada HEC-RAS	31
Gambar 3. 6 Hasil Penambahan <i>Terrain</i> pada HEC-RAS	32
Gambar 3. 7 Menambahkan Peta Tutupan Lahan.....	32
Gambar 3. 8 Mengklasifikasikan Sungai pada Tutupan Lahan	32
Gambar 3. 10 Membuat Geometri 1D	33
Gambar 3. 11 Menggambar Geometri 1D	34
Gambar 3. 12 Menambahkan <i>Cross – Section</i> pada Geometri 1D	34
Gambar 3. 13 Memasukkan Koordinat Elevasi <i>Cross – Section</i> pada Geometri 1D	35
Gambar 3. 14 Menambahkan Nilai Manning's <i>n</i> pada Geometri 1D.....	35
Gambar 3. 15 Menambahkan <i>Bank Lines</i> dan <i>Flow Paths</i> pada Geometri 1D	35
Gambar 3. 16 Membuat Data Aliran Tunak Baru untuk Geometri 1D	36
Gambar 3. 17 Menambahkan <i>Boundary Conditions</i> pada Data Aliran Tunak untuk Geometri 1D	36
Gambar 3. 18 Menambahkan <i>Plan</i> Baru untuk HEC-RAS 1D	37
Gambar 3. 19 Melakukan Proses Analisis Aliran Tunak pada Geometri 1D beserta Hasilnya	37
Gambar 3. 20 Membuat Geometri 2D	38
Gambar 3. 21 Menggambar Geometri 2D	38
Gambar 3. 22 Menambahkan Boundary Condition Lines	39
Gambar 3. 23 Membuat Data Aliran Tunak Baru untuk Geometri 2D	39
Gambar 3. 24 Mengatur <i>Boundary Conditions</i> pada Aliran Tak-Tunak Geometri 2D	40
Gambar 3. 25 Menambahkan Data Aliran Tak-Tunak pada Geometri 2D.....	40
Gambar 3. 26 Menambahkan Plan Baru untuk HEC-RAS 2D.....	41
Gambar 3. 27 Melakukan Proses Analisis Aliran Tak-Tunak pada Geometri 2D beserta Hasilnya.....	41
Gambar 3. 28 Mengatur Boundary Conditions pada Aliran Tak-Tunak Geometri 1D/2D.....	42
Gambar 3. 29 Membuka fitur <i>Channel Design/Modification</i>	42
Gambar 3. 30 Mengatur Bentuk <i>Template</i> Perbaikan Penampang Sungai	42

Gambar 3. 31 Mengatur Perbaikan Sungai yang Digunakan.....	43
Gambar 4. 1 Digital Elevation Model Sungai Wulan, Kabupaten Demak, dan Sekitarnya	45
Gambar 4. 2 Tutupan Lahan Sungai Wulan, Kabupaten Demak, dan Sekitarnya.....	45
Gambar 4. 3 Simulasi Kondisi <i>Long - Section</i> Sungai Wulan Akibat Debit <i>Steady Flow</i> Menggunakan HEC-RAS	49
Gambar 4. 4 Cross - Section Sungai Wulan B.56+00.....	49
Gambar 4. 5 Cross - Section Sungai Wulan B.55+50.....	49
Gambar 4. 6 Cross - Section Sungai Wulan B.55+00.....	50
Gambar 4. 7 Cross - Section Sungai Wulan B.54+50.....	50
Gambar 4. 8 Cross - Section Sungai Wulan B.54 +00.....	50
Gambar 4. 9 Cross - Section Sungai Wulan B.53+50.....	50
Gambar 4. 10 Cross - Section Sungai Wulan B.53+00.....	50
Gambar 4. 11 Cross - Section Sungai Wulan B.52+50.....	50
Gambar 4. 12 Cross - Section Sungai Wulan B.52+00.....	50
Gambar 4. 13 Cross - Section Sungai Wulan B.51+50.....	50
Gambar 4. 14 Cross - Section Sungai Wulan B.51+00.....	51
Gambar 4. 15 Cross - Section Sungai Wulan B.50+50.....	51
Gambar 4. 16 Cross - Section Sungai Wulan B.50+00.....	51
Gambar 4. 17 Cross - Section Sungai Wulan B.49+50.....	51
Gambar 4. 18 Cross - Section Sungai Wulan B.49+00.....	51
Gambar 4. 19 Cross - Section Sungai Wulan B.48+50.....	51
Gambar 4. 20 Cross - Section Sungai Wulan B.48+00.....	51
Gambar 4. 21 Cross - Section Sungai Wulan B.47+50.....	51
Gambar 4. 22 Cross - Section Sungai Wulan B.47+00.....	52
Gambar 4. 23 Cross - Section Sungai Wulan B.46+50.....	52
Gambar 4. 24 Cross - Section Sungai Wulan B.46+00.....	52
Gambar 4. 25 Cross - Section Sungai Wulan B.45+50.....	52
Gambar 4. 26 Cross - Section Sungai Wulan B.45+00.....	52
Gambar 4. 27 Cross - Section Sungai Wulan B.44+50.....	52
Gambar 4. 28 Cross - Section Sungai Wulan B.44+00.....	52
Gambar 4. 29 Cross - Section Sungai Wulan B.43+50.....	52
Gambar 4. 30 Cross - Section Sungai Wulan B.43+00.....	53
Gambar 4. 31 Cross - Section Sungai Wulan B.42+50.....	53
Gambar 4. 32 Cross - Section Sungai Wulan B.42+00.....	53
Gambar 4. 33 Cross - Section Sungai Wulan B.41+50.....	53
Gambar 4. 34 Cross - Section Sungai Wulan B.41+00.....	53
Gambar 4. 35 Kondisi Sebaran Banjir Akibat Luapan Sungai Wulan	53
Gambar 4. 36 Peta Daerah Aliran Sungai Wulan	54
Gambar 4. 37 Grafik Perbandingan Hasil Nilai Curah Hujan Periode Ulang dengan Metode Log Pearson Tipe III antara Satelit Hujan dengan Stasiun Hujan.....	59
Gambar 4. 38 Grafik Perbandingan Hasil Nilai Curah Hujan Periode Ulang dengan Metode Gumbel antara Satelit Hujan dengan Stasiun Hujan	59
Gambar 4. 39 Tutupan Lahan DAS Wulan.....	60
Gambar 4. 40 Grafik Hidrograf Satuan DAS.....	62

Gambar 4. 41 Ilustrasi Ketercapaian Debit Puncak	62
Gambar 4. 42 Grafik Pola Distribusi Hujan.....	64
Gambar 4. 43 Grafik Hidrograf Banjir DAS Wulan Kala Ulang 50 Tahun	65
Gambar 4. 44 Model Penampang Rencana	66
Gambar 4. 47 Kondisi Rencana Perbaikan <i>Long – Section</i> Sungai Wulan Akibat <i>Unsteady Data</i> (Hidrograf Banjir - Nakayasu).....	68
Gambar 4. 50 Kondisi Rencana Perbaikan <i>Long – Section</i> Sungai Wulan Akibat <i>Unsteady Data</i> (Hidrograf Banjir - Nakayasu) Ketika Terjadi Pasang	69

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Studi Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Angka Manning's n pada Berbagai Tipe Tutupan Lahan	7
Tabel 2. 3 Nilai Koefisien Limpasan (C) dan Bilangan Kurva (CN)	8
Tabel 2. 4 Ketentuan Pemilihan Jenis Sebaran	11
Tabel 2. 5 Nilai Koefisien Z untuk Distribusi Normal	12
Tabel 2. 6 Nilai <i>Reduced Mean</i>	13
Tabel 2. 7 Nilai <i>Reduced Standard Deviation</i>	13
Tabel 2. 8 Nilai Koefisien K untuk Log Pearson Tipe III	14
Tabel 2. 9 Nilai Kritis Uji Distribusi Chi – Square	16
Tabel 2. 10 Harga Kritis Kolmogorov – Smirnov	17
Tabel 2. 11 Nilai Koefisien Manning untuk Berbagai Macam Lapisan Saluran	24
Tabel 4. 1 Debit Harian Maksimal pada Pencatatan Pos Duga Air Wulan Karanganyar Periode Tahun 2023	46
Tabel 4. 2 Tinggi Pasang pada Bulan Januari 2023	48
Tabel 4. 3 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota	55
Tabel 4. 4 Nilai Curah Hujan Maksimum Tahunan Periode Tahun 2000 – 2024	55
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Persyaratan Jenis Sebaran	56
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Nilai dan Hasil Uji Curah Hujan Rencana	58
Tabel 4. 7 Perbandingan Pengolahan Data Hujan Satelit dan Stasiun	59
Tabel 4. 8 Kategori Debit Rencana Infrastruktur Pengendalian Banjir	60
Tabel 4. 9 Nilai Koefisien Limpasan Gabungan DAS Wulan	61
Tabel 4. 10 Distribusi Hujan Jam - Jam-an dan Nilai Nisbah	63
Tabel 4. 11 Nilai Debit Puncak Terhadap Variasi Nilai Distribusi Jam yang Digunakan	65
Tabel 4. 12 Tipe dan Kriteria Detail Desain Infrastruktur Pengendali Banjir	66
Tabel 5. 1 Dimensi Perbaikan Penampang Sungai Wulan	71

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan pemanasan global dan percepatan urbanisasi, banjir semakin sering terjadi di seluruh dunia, sehingga menimbulkan ancaman besar terhadap pembangunan. Selama kurun waktu 1989 hingga 2019, data menunjukkan terdapat kurang lebih 320 bencana alam besar di dunia setiap tahunnya, di mana banjir merupakan bencana yang paling sering terjadi dengan persentase mencapai lebih dari 60% (Xu dkk., 2024). Tentunya, fenomena ini memprihatinkan negara – negara yang memiliki curah hujan tinggi akibat kondisi topografi alaminya.

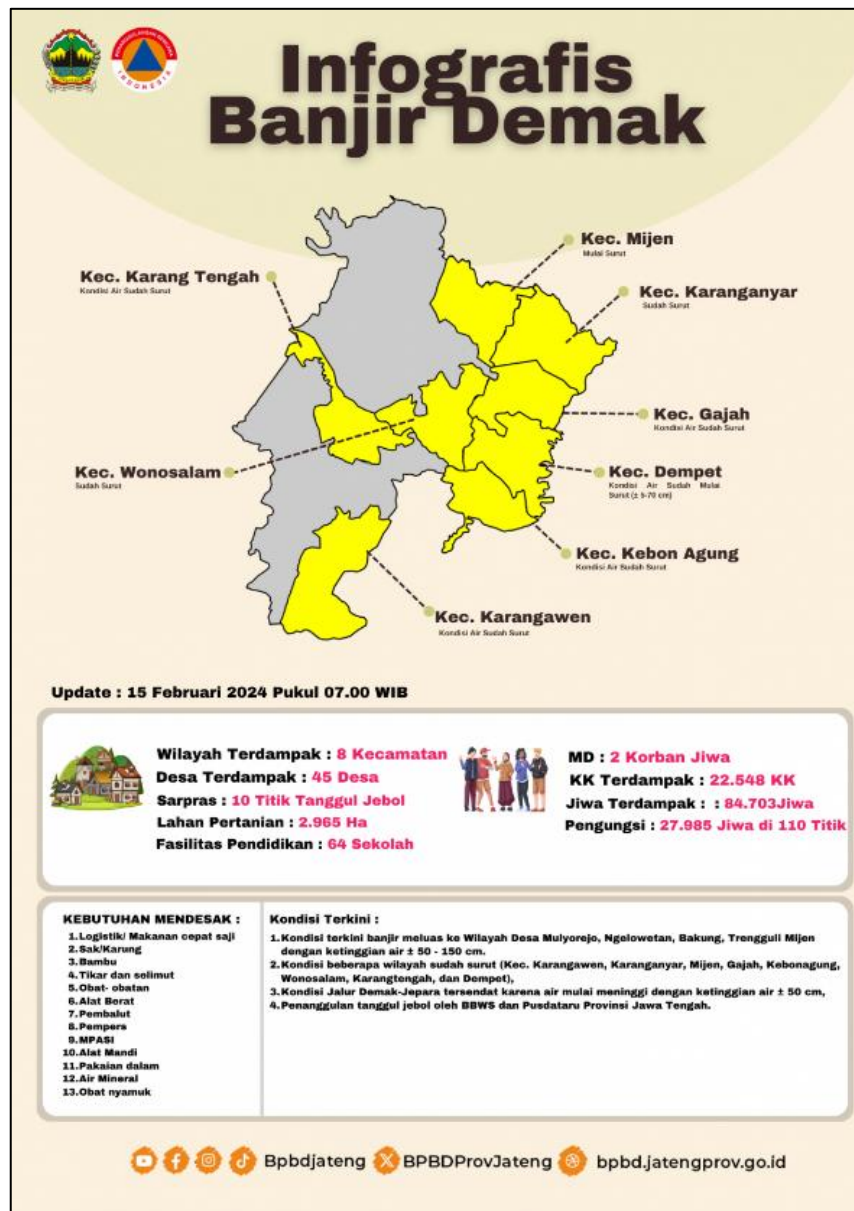
Kondisi topografi Indonesia berupa bentang alam yang sangat beragam dan terdapat banyak sungai mengakibatkan banjir kerap terjadi di Indonesia ketika memasuki musim penghujan. Banjir cenderung terjadi di wilayah Indonesia bagian barat, yang tingkat presipitasinya lebih tinggi dibandingkan wilayah Indonesia bagian timur. Kabar mengenai bencana banjir di kawasan Indonesia bagian barat kerap muncul, menyebabkan kekawatiran yang tidak terselesaikan hingga terganggunya kehidupan manusia.

Bencana banjir di Indonesia yang terjadi setiap tahun terbukti berimbas pada kehidupan manusia beserta lingkungannya terutama dalam hal korban jiwa dan kerugian materi. Oleh karena itu, melakukan kesiapan dan pencegahan terhadap bencana banjir merupakan hal yang vital untuk kita lakukan. Perlu ada upaya dalam mengenal bencana banjir, fenomenanya serta bagaimana strategi dalam menghadapi bencana banjir (Rahayu dkk., 2019). Terjadinya bencana banjir dapat disebabkan oleh berbagai faktor penyebab. Risiko banjir di wilayah perkotaan meningkat karena kombinasi beberapa faktor, termasuk perubahan iklim, pertumbuhan populasi, dan urbanisasi yang cepat (Xu dkk., 2024). Oleh karena itulah, langkah mitigasi melalui perbaikan sistem drainase kian dikembangkan di berbagai negara, contohnya antara lain Australia mengusulkan *water-sensitive urban design* (WSUD), dan Inggris mengusulkan *sustainable drainage system* (SUDS) (Xu dkk., 2023). Kabupaten Demak, di mana kabupaten tersebut dilalui oleh Sungai Wulan, merupakan salah satu contoh kabupaten yang merasakan kondisi tersebut dan perlu mendapatkan penanganan segera.

Sistem sungai Seluna terdiri dari Sungai Serang dan Sungai Lusi yang berkonfluensi dengan Sungai Wulan dan Sungai Juana. Sungai Wulan, yang merupakan anak sungai dari Sungai Serang dan Lusi, mengalir melalui Kabupaten Kudus dan Demak sebelum bermuara di laut. Sebelum berkonfluensi, debit air dari Sungai Serang dan Lusi dikendalikan melalui Bendung Klambu di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah.

Sungai Wulan di Demak, Jawa Tengah, memang sering kali menjadi sorotan karena masalah banjir yang terjadi secara berulang. Curah hujan yang tinggi menyebabkan ketidakmampuan kapasitas Sungai Wulan dalam mengalirkan debit banjir saat ini sehingga menenggelamkan pemukiman warga dan sarana prasarana umum di beberapa desa. Kondisi ini diperparah dengan sering terjadinya kerusakan tanggul di sepanjang Sungai Wulan (Kanza dkk., 2017). Berdasarkan Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Tengah pada Februari 2024, tercatat delapan kecamatan di Kabupaten Demak terdampak banjir, meliputi Kecamatan Karang Tengah, Mijen, Karanganyar, Gajah, Dempet, Kebon Agung, Karangawen, dan Wonosalam, dengan ketinggian mencapai kurang lebih 5 - 150 cm, sepuluh titik tanggul

jebol (empat di antaranya berlokasi di sepanjang Sungai Wulan), dan 84.703 jiwa terdampak, di mana dua di antaranya meninggal dunia (Armanto, 2024) seperti dapat dilihat dalam infografis banjir pada Gambar 1. 1 yang menyajikan informasi terkait banjir di Kabupaten Demak pada tanggal 15 Februari 2024. Selain curah hujan yang tinggi, pasang surut air laut kian memperparah kondisi banjir yang dialami oleh Kabupaten Demak, dengan angka pasang maksimum mencapai 165 cm (Kompas.com, 2024)



Gambar 1. 1 Infografis Banjir Demak, BPBD Provinsi Jawa Tengah 2024
Sumber: (Armanto, 2024)

Pemerintah Indonesia perlu melakukan tindakan segera dalam mengatasi permasalahan banjir yang terjadi pada Kabupaten Demak akibat luapan Sungai Wulan. Hal ini dikarenakan Pengurangan Risiko Bencana (PRB) atau *Disaster Risk Reduction (DRR)* merupakan bagian integral dari pembangunan sosial dan ekonomi guna mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan untuk masa depan (sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan ke-11 :

Kota dan permukiman yang berkelanjutan). Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi yang bersinergi dengan krisis iklim yang sedang melanda dunia (sesuai dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan ke-13: Aksi Iklim). Terlebih suhu global telah meningkat sebesar 1,1°C dan diprediksi melampaui ambang batas kritis 1,5°C pada tahun 2035, menyebabkan tingkat kematian manusia akibat banjir meningkat sebanyak 15 kali selama periode 2010 hingga 2020 (PBB, 2023). Salah satu langkah yang dapat diambil untuk membantu pemerintah dalam mencari solusi permasalahan banjir di Kabupaten Demak adalah dengan melakukan prediksi debit banjir dan simulasi penanggulangan permasalahan banjir yang diakibatkan oleh luapan Sungai Wulan.

Metodologi penelitian ini diawali dengan mengkaji daya tampung aktual Sungai Wulan. Untuk itu, penelitian ini memanfaatkan data debit harian tahun 2023 yang disediakan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana yang dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Data ini diolah menggunakan model 1D HEC-RAS 6.6 untuk mengetahui elevasi muka air pada penampang melintang yang ada akibat debit maksimum tahunan. Selanjutnya, model 2D HEC-RAS 6.6 digunakan untuk membuat peta genangan banjir dengan memasukkan data hujan selama 25 tahun, yakni dari tahun 2000 – 2024. Hasil simulasi ini kemudian dibandingkan dengan kondisi banjir aktual di Sungai Wulan Kabupaten Demak berdasarkan berita tahun 2024 untuk memvalidasi model. Selanjutnya, dilakukan analisis hidrologi dengan menggabungkan data curah hujan, Digital Elevation Model (DEM), dan koefisien kekasaran Manning. Analisis ini bertujuan untuk menentukan debit puncak rancangan periode ulang 50 tahun dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu. Debit puncak yang dihasilkan dari HSS Nakayasu kemudian disimulasikan menggunakan model 1D HEC-RAS 6.6. Hasil simulasi ini akan menjadi dasar yang kuat untuk perencanaan mitigasi banjir di Kabupaten Demak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dan latar belakang permasalahan yang ada, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Bagaimanakah kesesuaian tinggi genangan hasil simulasi yang terjadi akibat data hidrologi historis pada Daerah Aliran Sungai Wulan, Kabupaten Demak;
2. Berapakah nilai debit maksimum yang dihasilkan dari pengolahan data hujan pada Daerah Aliran Sungai Wulan, Kabupaten Demak?; dan
3. Bagaimanakah kelayakan rencana penanggulangan banjir di Sungai Wulan, Kabupaten Demak yang ditinjau dari tinggi muka air pada penampang rencana?

1.3 Batasan Masalah

Dalam upaya menggiring penelitian yang akan dilakukan menjadi lebih terarah, delimitasi studi yang diterapkan ialah sebagai berikut,

1. Tidak memperhitungkan sedimentasi yang terjadi di sepanjang aliran Sungai Wulan, Kabupaten Demak dan sekitarnya;
2. Tidak memperhitungkan analisis ekonomi dan Rancangan Anggaran Biaya pada perbaikan yang direncanakan;
3. Tidak melakukan penyusunan AMDAL;

4. Tidak memperhitungkan stabilitas tanah; dan
5. Apabila diperlukan penanggulangan, tidak memperhitungkan tata guna lahan ataupun bangunan *existing* di sekitar lokasi perbaikan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut,

1. Menguji data hidrologi historis pada Daerah Aliran Sungai Wulan, Kabupaten Demak untuk mendapatkan perbandingan tinggi genangan antara hasil simulasi dan kondisi aktual;
2. Menghitung dan merencanakan debit banjir maksimum dengan pengolahan data hujan pada Daerah Aliran Sungai Wulan, Kabupaten Demak; dan
3. Merencanakan penanggulangan banjir di Sungai Wulan, Kabupaten Demak yang berkelanjutan dengan evaluasi tinggi muka air pada penampang rencana sebagai indikator penilaian utama.

1.5 Manfaat

Penulis mengamini berbagai kebermanfaatan yang meliputi,

1. **Manfaat terhadap pengembangan khazanah keilmuan**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan khazanah keilmuan, khususnya dalam bidang hidrologi, teknik sipil, dan manajemen bencana, serta memperkaya literatur yang ada terhadap penanggulangan banjir, khususnya di wilayah dengan karakteristik serupa dengan Sungai Wulan, Kabupaten Demak.

2. **Manfaat terhadap khalayak umum**

Penelitian ini diharapkan dapat mengedukasi khalayak umum terhadap bahaya banjir bagi kehidupan sosial, ekonomi, dan budaya.

3. **Manfaat terhadap para pemangku kebijakan**

Penelitian ini diharapkan menjadi bahan kajian para pemangku kebijakan dalam upaya penanggulangan bencana banjir, khususnya di wilayah Sungai Wulan, Kabupaten Demak

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Studi Terdahulu

Dalam menyusun penelitian ini, hasil studi terdahulu digunakan sebagai sarana referensi penulisan. Tabel 2. 1 menyajikan informasi terkait hasil studi terdahulu yang digunakan, meliputi penulis, tahun penerbitan, dan rangkuman dari hasil studi yang dilakukan.

Tabel 2. 1 Hasil Studi Terdahulu

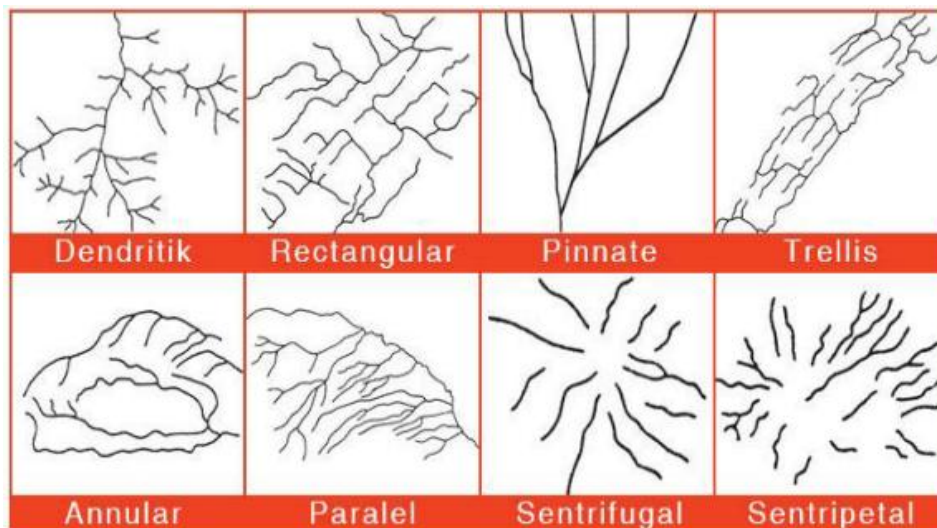
No	Penulis, tahun	Hasil Penelitian
1.	(Hendrawan & Setyo Wibowo, 2024)	Penelitian ini menyimulasikan penanggulangan banjir di Kecamatan Karanganyar akibat luapan Sungai Wulan. Debit banjir rencana yang digunakan adalah debit Q_{10} , dihitung dengan metode HSS Nakayasu dan didapatkan nilai sebesar 3.829,424 m ³ /dt. Kapasitas sungai dihitung dengan persamaan saluran terbuka dan diperoleh nilai sebesar 10.173,47 m ³ /dt. Meskipun saat ini aman, peningkatan debit akibat curah hujan ekstrem dapat melampaui kapasitas sungai. Oleh karena itu, disarankan peninggian tanggul sekitar 1 meter untuk meningkatkan kapasitas tampung sungai menjadi 13.882,51 m ³ /dt.
2.	(Abdillah, 2021)	Penelitian ini menyimulasikan penanggulangan banjir di Kecamatan Bangil, Pasuruan dengan menggunakan HEC-RAS 1D dengan debit rencana Q_{25} yang dihitung dengan metode HSS Nakayasu dan Snyder - Alexeyev. Luaran yang dihasilkan berupa analisis elevasi muka air banjir setelah dilakukan perbaikan penampang sungai serta analisis stabilitas tanah.
3.	(Kanza dkk., 2017)	Dalam upaya meningkatkan kapasitas aliran Sungai Wulan, akan dilakukan pengerukan dasar sungai dan stabilisasi tanggul. Analisis hidrologi menggunakan model HEC – HMS menunjukkan bahwa debit banjir rencana Q_{50} adalah 1754,9 m ³ /detik. Desain penampang melintang sungai yang disimulasi dengan HEC-RAS 1D dengan aliran <i>steady</i> akan berbentuk trapesium dengan dimensi tertentu. Penelitian ini juga melakukan estimasi biaya sebesar Rp 1.533.642.964.000 untuk penanggulangan banjir.
4.	(Kurniawan & Wijaya, 2008)	Sungai Wulan mengalami sejumlah kerusakan pada tahun 2008 akibat harus menanggung debit air yang melebihi kapasitas sungai. Analisis dilakukan menggunakan HEC-RAS 1D menunjukkan kapasitas penampang tertinggi berada pada stasiun sungai 1091 sebesar 1.014,618 m ³ /detik untuk Q_{25} dan pada stasiun sungai 1178 sebesar 1.127,357 m ³ /detik untuk Q_{50} . Solusi permasalahan banjir ini adalah dengan meningkatkan kapasitas penampang sungai melalui pemasangan tanggul setinggi 2 – 3 meter (sudah termasuk tinggi jagaan setinggi 0,8 m).

2.2 Daerah Aliran Sungai

Pasal 1 Angka 12 Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air menyatakan bahwa “Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.” (Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, 2019)

2.3 Pola Aliran Sungai

Pola aliran sungai yang beragam merupakan hasil interaksi antara morfologi, struktur geologi, jenis batuan, dan proses erosi. Faktor-faktor tersebut secara bersama-sama membentuk karakteristik aliran sungai yang unik. Gambar 2. 1 menunjukkan beberapa macam pola aliran sungai dengan penjelasan sebagai berikut,



Gambar 2. 1 Pola Aliran Sungai
Sumber: (Salsabila & Nugraheni, 2020)

1. Pola dendritik sering disebut sebagai pola aliran pohon karena bentuknya yang mirip percabangan pohon. Anak-anak sungai membelah diri menjadi cabang-cabang yang lebih kecil, membentuk jaringan sungai yang rumit. Pola ini umumnya ditemukan di daerah dataran rendah dengan batuan yang relatif seragam;
2. Pola rectangular membentuk sudut-sudut siku-siku yang mengikuti retakan atau patahan batuan. Aliran sungai mengikuti garis patahan ini, menciptakan pola yang kaku dan teratur. Pola ini sering ditemukan di daerah dengan struktur geologi yang kompleks;
3. Pola pinnate memiliki anak-anak sungai yang bermuara ke sungai utama dengan sudut yang sangat lancip. Pola ini sering ditemukan pada lereng yang sangat curam;
4. Pola trellis menyerupai teralis jendela, dengan anak sungai yang hampir sejajar dan bermuara ke sungai utama. Pola ini terbentuk di daerah dengan struktur lipatan batuan;
5. Pola annular membentuk lingkaran-lingkaran konsentris, mirip dengan cincin. Pola ini khas ditemukan di daerah dengan bentuk lahan seperti kubah atau dome;

6. Pola paralel memiliki anak-anak sungai yang mengalir sejajar satu sama lain, biasanya pada lereng yang curam. Aliran air mengikuti kemiringan lereng dengan arah yang sama;
 7. Pola radial sentrifugal menyerupai roda yang berputar keluar dari pusat. Aliran air menyebar dari titik tertinggi, seperti puncak gunung, ke segala arah. Pola ini khas di daerah pegunungan dengan kemiringan lereng yang curam; dan
 8. Pola radial sentripetal adalah kebalikan dari radial sentrifugal. Aliran air dari berbagai arah menuju ke satu titik pusat yang lebih rendah, seperti danau atau cekungan.
- (Salsabila & Nugraheni, 2020).

2.4 Tutupan Lahan

Tutupan lahan (*landcover*) merujuk pada kondisi fisik dan material yang secara langsung menutupi permukaan bumi. Ini mencakup pola dan karakteristik bentang alam yang spesifik, seperti jenis vegetasi (hutan, padang rumput), keberadaan air (sungai, danau), atau struktur buatan manusia (bangunan, jalan). Singkatnya, tutupan lahan adalah apa yang secara objektif terlihat ada di permukaan tanah (Nedd dkk., 2021). Angka Manning's *n* (koefisien kekasaran) umumnya dikaitkan dengan tipe tutupan lahan dan digunakan untuk memperhitungkan kehilangan energi akibat gesekan pada aliran permukaan dan/atau aliran saluran (Krest Engineers, 2021). Tabel 2. 2 dan mengandung nilai yang dapat digunakan pada perencanaan yang memerlukan angka Manning sebagai data penunjang.

Tabel 2. 2 Angka Manning's *n* pada Berbagai Tipe Tutupan Lahan
Sumber: (Krest Engineers, 2021; US Army Corps of Engineers, 2016)

Kelas C-CAP	Nilai C-CAP	Tipe Tutupan Lahan C-CAP	Kisaran nilai <i>n</i>	Nilai <i>n</i> disaran kan	% ke - kedap -an air
No Data	0	N/A	N/A	N/A	N/A
Unclassified	1	N/A	N/A	N/A	N/A
Developed Land	2	Developed, High Intensity	0,12 – 0,20	0,15	90
	3	Developed, Medium Intensity	0,08 – 0,16	0,12	65
	4	Developed, Low Intensity	0,06 – 0,12	0,08	35
	5	Developed, Open Space	0,03 – 0,05	0,035	10
Agricultural Land	6	Cultivated Crops	0,02 – 0,05	0,05	0
	7	Pasture/Hay	0,025 – 0,05	0,045	0
Grassland	8	Grassland/Herbaceous	0,025 – 0,05	0,04	0
Forest Land	9	Deciduous Forest	0,10 – 0,20	0,10	0
	10	Evergreen Forest	0,08 – 0,16	0,15	0
	11	Mixed Forest	0,08 – 0,20	0,12	0
Scrub Land	12	Shrub/Scrub	0,07 – 0,16	0,08	0
Palustrine Forested Wetlands	13	Palustrine Forested Wetland	0,045 – 0,15	0,08	50
	14	Palustrine Scrub/Shrub Wetland	0,045 – 0,15	0,08	50
	15	Palustrine Emergent Wetland (Persistent)	0,05 – 0,085	0,06	75
Estuarine Wetlands	16	Estuarine Forested Wetland	0,045 – 0,15	0,08	50
	17	Estuarine Scrub/Shrub Wetland	0,045 – 0,15	0,08	50

Kelas C-CAP	Nilai C-CAP	Tipe Tutupan Lahan C-CAP	Kisaran nilai n	Nilai n disaran kan	% ke - kedap -an air
	18	Estuarine Emergent Wetland	0,05 – 0,085	0,06	75
Barren Land	19	Unconsolidated Shore	0,023 – 0,03	0,03	0
	20	Barren Land (Rock/Sand/Clay)	0,023 – 0,03	0,03	0
	24	Tundra	0,023 – 0,03	0,03	0
	25	Perennial Ice/Snow	0,023 – 0,03	0,03	50
Water and Submerged Lands	21	Open Water	0,025 – 0,05	0,035	100
	22	Palustrine Aquatic Bed	0,025 – 0,05	0,035	100
	23	Estuarine Aquatic Bed	0,025 – 0,05	0,035	100

Tutupan lahan juga umum dikaitkan dengan koefisien aliran limpasan (C) maupun bilangan kurva / *curve number* (CN). Sama halnya dengan angka Manning's n, kedua koefisien ini juga mempengaruhi besaran energi pada aliran air di suatu DAS. Tabel 2. 3 menunjukkan kategori dan nilai C serta CN yang dapat dijadikan acuan penilaian.

Tabel 2. 3 Nilai Koefisien Limpasan (C) dan Bilangan Kurva (CN)

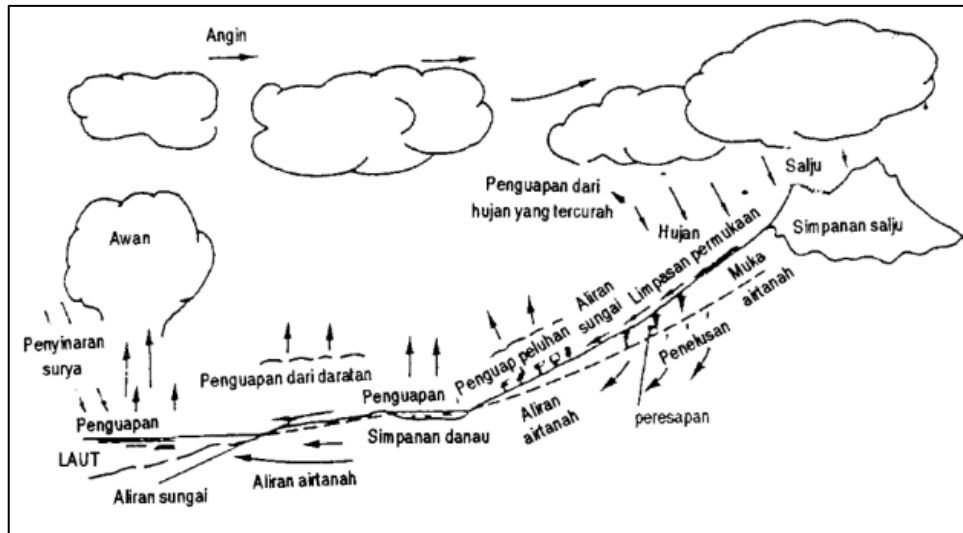
Sumber: (Teka dkk., 2013)

Tutupan Lahan	C	CN
Cropland	N/A	79,50
Cropped land	0,20	79,90
Range land	0,10	89,50
Homestead; Built	0,30	82,00
Miscellaneous	0,35	77,00
Forest land	0,35	66,60

2.5 Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang memperdalam seluk – beluk perjalanan air di bumi yakni meliputi kejadian, sifat, pergerakan, serta keterkaitannya dengan lingkungan. Penerapan ilmu hidrologi kerap kali dipergunakan untuk bermacam – macam perencanaan sumber daya air (Amalia, 2022). Siklus Hidrologi merupakan siklus air yang tiada hentinya, dimulai dari atmosfer menuju bumi dan bergerak lagi ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi (Salsabila & Nugraheni, 2020). Untuk membantu dalam visualisasi siklus hidrologi ini, urutan siklus dimulai dari evaporasi air laut hingga presipitasi di wilayah daratan dan kembali menuju laut dapat dilihat pada Gambar 2. 2.

Dalam paradigma pembangunan berkelanjutan, analisis hidrologi menempatkan penekanan yang kuat pada upaya mitigasi terhadap dampak negatif perubahan lingkungan. Perubahan tata guna lahan, khususnya konversi lahan terbuka hijau menjadi area kedap air, telah mengganggu keseimbangan siklus hidrologi. Meningkatnya luas area kedap air menyebabkan berkurangnya infiltrasi air ke dalam tanah dan peningkatan limpasan permukaan, yang berpotensi memicu bencana banjir.



Gambar 2. 2 Siklus Hidrologi
Sumber: (Wilson, 1993)

Untuk mengatasi berbagai permasalahan terkait siklus hidrologi, diperlukan penerapan teknologi konservasi air seperti sistem pemanenan air hujan, sumur resapan, bioretensi, dan biopori. Konsep pembangunan berkelanjutan tidak menghalangi pertumbuhan wilayah, namun menuntut adanya perencanaan yang cermat untuk memastikan keberlangsungan fungsi hidrologis dan menjaga keseimbangan ekosistem (PBB, 2023).

2.6 Presipitasi

Istilah presipitasi merujuk pada semua bentuk air yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi. Bentuk-bentuk presipitasi yang umum adalah hujan, salju, hujan es, embun beku, dan embun. Di antara semuanya, hanya hujan dan salju yang memberikan kontribusi signifikan terhadap jumlah air yang mencapai permukaan, tergantung dengan di mana lokasi jatuhnya air tersebut. Di wilayah tropis, presipitasi yang terjadi berwujud sebagai hujan. Sedangkan jika terjadi di wilayah beriklim sedang, presipitasi dapat berwujud hujan dan/atau salju. Dikarenakan lokasi Indonesia berada di wilayah tropis, maka presipitasi yang terjadi adalah berupa hujan (Salsabila & Nugraheni, 2020). Besarnya presipitasi bervariasi baik dalam ruang maupun waktu. Perbedaan presipitasi di berbagai wilayah suatu negara pada waktu tertentu dan variasi curah hujan di suatu tempat pada musim-musim yang berbeda dalam satu tahun sangat jelas. Variasi inilah yang menyebabkan banyak masalah hidrologi, seperti banjir dan kekeringan. Studi tentang presipitasi merupakan bagian utama dari hidrometeorologi (Subramanya, 2008).

2.7 Curah Hujan

Istilah hujan digunakan untuk menggambarkan presipitasi dalam bentuk tetesan air dengan ukuran lebih dari 0,5 mm. Ukuran maksimum tetesan hujan adalah sekitar 6 mm. Tetesan yang lebih besar dari ukuran ini cenderung pecah menjadi tetesan yang lebih kecil saat jatuh dari awan (Subramanya, 2008). Curah hujan digambarkan melalui satuan milimeter (mm). Angka tersebut menunjukkan ketinggian air hujan yang terukur dalam sebuah alat pengukur hujan yang diletakkan di permukaan landai, tidak menyerap, tidak meresap dan tidak mengalir. Misalnya,

jika curah hujan tercatat 1 mm, artinya setiap area seluas 1 meter persegi akan terisi air hujan setinggi 1 mm, atau setara dengan 1 liter air (BMKG Wilayah III, 2023).

2.7.1 Curah Hujan Kawasan

Variabilitas curah hujan di dalam suatu daerah aliran sungai, terutama yang luas dan bergunung-gunung, sangat tinggi. Penggunaan data dari satu stasiun hujan tunggal tidak dapat mewakili keragaman spasial curah hujan di seluruh wilayah. Oleh karena itu, dalam analisis hidrologi diperlukan metode interpolasi untuk memperkirakan curah hujan di titik-titik yang tidak terdapat stasiun hujan (Amalia, 2022). Perhitungan curah hujan kawasan dapat dilakukan dengan berbagai metode, di mana salah satunya adalah metode aritmatika sederhana.

Ketika curah hujan yang diukur di berbagai stasiun dalam suatu daerah aliran sungai menunjukkan sedikit variasi, rata-rata curah hujan di seluruh daerah aliran sungai tersebut diambil sebagai rata-rata aritmatika dari nilai-nilai stasiun. Dengan demikian, jika $P_1, P_2, \dots, P_n$ adalah nilai-nilai curah hujan dalam periode tertentu di N stasiun dalam suatu daerah aliran sungai, maka nilai rata-rata curah hujan ($\bar{P}$) di seluruh daerah aliran sungai dengan metode rata-rata aritmatika adalah seperti pada persamaan 2.1 (Subramanya, 2008).

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i \quad 2.1$$

National Aeronautics and Space Administration (NASA) mengembangkan sebuah website yang menyajikan data curah hujan kawasan bernama Giovanni, atau Geospatial Interactive Online Visualization And Analysis Infrastructure. Data hujan yang disajikan merupakan hasil dari perjalanan misi satelit, yang salah satu produknya berupa *time-averaged map*. Peta tersebut menunjukkan nilai data untuk setiap sel grid dalam area yang ditentukan pengguna, dirata-ratakan (aritmatika sederhana) selama rentang waktu yang ditentukan pengguna sebagai lapisan peta (NASA, 2024).

2.7.2 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan (I) adalah jumlah curah hujan yang jatuh dalam suatu periode waktu tertentu. Ketika kita ingin menganalisis kejadian khusus seperti banjir, data curah hujan harian saja tidak cukup. Kita juga perlu data curah hujan maksimum, yaitu intensitas hujan tertinggi dalam satu hari. Selain mengetahui jumlah curah hujan total, kita juga perlu tahu berapa lama hujan dengan intensitas tinggi tersebut berlangsung (Salsabila & Nugraheni, 2020). Besarnya nilai intensitas curah hujan dapat dihitung salah satunya dengan menggunakan rumus Mononobe dalam persamaan 2.2.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad 2.2$$

Keterangan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Durasi hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum harian (mm)

Dalam praktik untuk mengevaluasi debit puncak yang berkaitan dengan struktur hidrolis, durasi hujan yang terjadi dapat disubstitusikan dengan waktu konsentrasi DAS yang diamati. Waktu konsentrasi (t_c) itu sendiri berarti total durasi yang dibutuhkan air hujan untuk mengalir

dari *upstream* hingga *downstream* (Subramanya, 2008; Sutapa, 2005; Tallar, 2023), di mana nilainya dapat dihitung dengan beberapa formula. Untuk daerah tangkapan yang belum berkembang dengan panjang saluran utama melebihi 1000m, waktu konsentrasi dapat dihitung menggunakan persamaan empiris Ramser, Kirpich, dan Bransby Williams yang dijabarkan secara berturut – turut dalam persamaan 2.3 dan persamaan 2.4 (Lockyer, 2019).

$$t_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad 2.3$$

Keterangan :

t_c = Waktu konsentrasi (menit)

L = Panjang *upstream* hingga *downstream* (m)

S = Rerata kemiringan penampang sungai (m/m)

$$t_c = \frac{FL}{A^{0,1} S^{0,2}} \quad 2.4$$

Keterangan :

F adalah faktor pengali dengan nilai 92,7

L dalam satuan (km)

S dalam satuan (m/km)

A = Luas DAS (ha)

2.7.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana

Analisis frekuensi curah hujan adalah studi mengenai pola berulang curah hujan, baik dalam hal jumlah maupun seberapa sering kejadian tersebut terjadi dalam periode waktu tertentu, di mana perhitungannya memanfaatkan tahapan analisis statistik. Analisis frekuensi ini dipergunakan untuk memutuskan jenis distribusi yang cocok guna mendapatkan nilai curah hujan, di mana perhitungannya didasarkan pada nilai-nilai koefisien asimetris, koefisien variasi, dan koefisien kurtosis yang diperoleh dari parameter-parameter statistik dan persyaratannya seperti pada Tabel 2. 4.

Tabel 2. 4 Ketentuan Pemilihan Jenis Sebaran
Sumber: (Tallar, 2023)

No.	Jenis Sebaran	Syarat	
1.	Normal	$C_s \approx 0$	$C_k \approx 3$
3.	Gumbel	$C_s \leq 1,1396$	$C_k \leq 5,4002$
4.	Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$	

Untuk memperoleh nilai dalam ketentuan pemilihan jenis sebaran tersebut, terdapat parameter statistik yang diperlukan, antara lain :

1. Mean $\bar{X}$, yaitu nilai rata – rata dari sejumlah data yang dipakai dalam perhitungan, dengan rumus seperti pada persamaan 2.5.

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \text{ dengan } n = \text{banyaknya data} \quad 2.5$$

2. Standar Deviasi (S_d), yaitu ukuran dispersi dari sebaran data terhadap nilai rata – rata, dengan rumus seperti pada persamaan 2.6.

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad 2.6$$

3. Koefisien Kemencengan/Skewness (C_s), yaitu derajat yang menunjukkan tingkat keasimetrisan sebaran data, dengan rumus seperti pada persamaan 2.7.

$$C_s = \left(\frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3} \right) \quad 2.7$$

4. Koefisien Kurtosis (C_k), yaitu nilai keruncingan bentuk kurva distribusi yang kemudian dibandingkan terhadap distribusi normal kurtosis, dengan rumus seperti pada persamaan 2.8.

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4}{S_d^4} \quad 2.8$$

Adapun beberapa contoh metode analisis distribusi frekuensi untuk mendapatkan besaran curah hujan rencana yang dapat dipergunakan antara lain distribusi normal, distribusi Gumbel, dan distribusi Log Pearson Tipe III (Tallar, 2023).

2.7.3.1. Distribusi Normal

Jenis sebaran pada distribusi normal adalah sebaran normal atau kurva normal, yang juga dikenal dengan sebutan sebaran Gauss. Besarnya curah hujan rencana dihitung dengan persamaan 2.9.

$$X_T = \bar{X} + z \cdot S_d \quad 2.9$$

Keterangan :

X_T = Curah hujan rencana yang mungkin terjadi pada periode t tahun (mm/hari)

$\bar{X}$ = Curah hujan maksimum harian (mm/hari)

S_d = Standar deviasi = $\sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$ dengan n = jumlah data

z = Koefisien Distribusi Normal, lihat Tabel 2. 5

Tabel 2. 5 Nilai Koefisien Z untuk Distribusi Normal

Sumber: (Tallar, 2023)

Periode Ulang (Tahun)					
2	5	10	25	50	100
0,00	0,84	1,28	1,71	2,05	2,33

2.7.3.2. Distribusi Gumbel

Besarnya curah hujan rencana pada distribusi Gumbel dihitung pada persamaan 2.12. Untuk mendapatkan nilai Y_T dan K_T secara berturut – turut dapat dilihat pada persamaan 2.10 dan persamaan 2.11.

$$Y_T = - \left[\ln. \ln \frac{T}{T-1} \right] \quad 2.10$$

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad 2.11$$

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S_d \quad 2.12$$

Keterangan :

X_T = Curah hujan rencana yang mungkin terjadi pada periode t tahun (mm/hari)

$\bar{x}$ = Curah hujan maksimum harian (mm/hari)

S_d = Standar deviasi = $\sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$ dengan n = jumlah data

K_T = Standar variabel untuk Distribusi Gumbel

Y_T = *Reduced Variate*

Y_n = Reduced Mean, lihat Tabel 2. 6

S_n = Reduced Standar Deviation, lihat Tabel 2. 7

Tabel 2. 6 Nilai *Reduced Mean*

Sumber: (Subramanya, 2008)

N = Ukuran sampel

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	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
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									

Tabel 2. 7 Nilai *Reduced Standard Deviation*

Sumber: (Subramanya, 2008)

N = Ukuran sampel

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9673	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1086
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	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1873	1,1906	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	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

2.7.3.3. Distribusi Log Pearson Tipe III

Besarnya curah hujan rencana dalam bentuk logaritmik pada distribusi Log Pearson Tipe III dihitung dengan persamaan 2.13, kemudian diubah dengan persamaan 2.14 menjadi curah hujan rencana.

$$\text{Log } (Y) = \text{Log}(\bar{X}) + k.S_d \quad 2.13$$

$$X_T = 10^{\text{Log } (Y)} \quad 2.14$$

Keterangan :

X_t = Curah hujan rencana yang mungkin terjadi pada periode t tahun (mm/hari)

$\bar{x}$ = Curah hujan maksimum harian (mm/hari)

$S_d \log(x)$ = Standar deviasi = $\sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (\log(x_i) - \log(\bar{X}))^2}$ dengan n = jumlah data

k = Nilai koefisien untuk Log Pearson Tipe III, lihat Tabel 2. 8

Tabel 2. 8 Nilai Koefisien K untuk Log Pearson Tipe III

Sumber: (Tallar, 2023)

Koefisien Kemencengan (C_s)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,321	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675

Koefisien Kemenceng an (C_s)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

2.7.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Uji kesesuaian distribusi frekuensi (*Goodness of Fit*) ini digunakan untuk membandingkan data hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan. Tujuannya adalah untuk menentukan apakah model distribusi yang kita pilih sudah benar atau tidak. Dengan kata lain, kita ingin mengetahui apakah data kita mendukung teori yang kita usulkan (Tallar, 2023).

2.7.4.1. Uji Chi – Square

Langkah analisis pada metode Chi – Square adalah sebagai berikut.

1. Hitung jumlah kelas (K) dengan persamaan 2.15;

$$K = 1 + 3,322 \log n \quad 2.15$$

2. Hitung derajat kebebasan (DK) dengan persamaan 2.16;

$$DK = K - (P - 1) \quad 2.16$$

3. Hitung nilai yang diharapkan (E_j) dengan persamaan 2.17;

$$E_j = \frac{n}{K} \quad 2.17$$

4. Hitung nilai X^2 Cr dengan persamaan 2.18 (O_j = nilai yang diamati); dan

$$X^2 Cr = \sum \frac{(E_j - O_j)^2}{E_j} \quad 2.18$$

5. Bandingkan hasil antara nilai X^2 Cr hasil tabel dengan X^2 Cr hasil hitungan, dengan ketentuan X^2 Cr hitungan < X^2 Cr tabel Tabel 2. 9.

Tabel 2. 9 Nilai Kritis Uji Distribusi Chi – Square
Sumber: (Soewarno, 1995)

dk	Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000	0,00	0,001	0,004	3,841	5,02	6,635	7,879
2	0,01	0,02	0,051	0,103	5,99	7,38	9,21	10,597
3	0,07	0,12	0,216	0,352	7,82	9,35	11,345	12,838
4	0,21	0,30	0,484	0,711	9,49	11,14	13,277	14,86
5	0,41	0,55	0,831	1,145	11,07	12,83	16,086	16,75
6	0,68	0,87	1,237	1,635	12,59	14,45	16,842	18,548
7	0,99	1,24	1,69	2,167	14,07	16,01	18,475	20,278
8	1,34	1,65	2,18	2,733	15,51	17,54	20,09	21,955
9	1,74	2,09	2,7	3,325	16,92	19,02	21,666	23,589
10	2,16	2,558	3,247	3,94	18,31	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,05	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,07	3,57	4,404	5,226	21,03	23,34	26,217	28,3
13	3,57	4,11	5,009	5,892	22,36	24,74	27,688	29,819
14	4,08	4,66	5,629	6,571	23,69	24,12	29,141	31,319
15	4,60	5,23	6,262	7,261	25,00	27,49	30,578	32,801
16	5,14	5,81	6,908	7,962	26,30	28,85	32	34,267
17	5,70	6,41	7,564	8,672	27,59	30,19	33,409	35,718
18	6,27	7,02	8,231	9,39	28,87	31,53	34,805	37,156
19	6,84	7,63	8,907	10,117	30,14	32,85	36,191	38,582
20	7,43	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,90	10,283	11,591	32,671	35,48	38,932	41,401
22	8,64	9,54	10,982	12,338	33,92	36,78	40,289	42,796
23	9,26	10,20	11,689	13,091	36,17	38,08	41,638	44,181
24	9,89	10,86	12,401	13,848	36,42	39,36	42,98	45,558
25	10,52	11,52	13,12	14,611	37,65	40,65	44,314	46,298
26	11,16	12,20	13,844	15,379	38,89	41,92	45,642	48,29
27	11,81	12,88	14,573	16,151	40,11	43,19	46,963	49,645
28	12,46	13,57	15,308	16,928	41,34	44,46	48,278	50,993
29	13,12	14,26	16,047	17,708	42,56	45,72	49,588	52,336
30	13,79	14,953	16,791	18,493	43,77	46,979	50,892	53,672

2.7.4.2. Uji Smirnov Kolmogorov

Langkah analisis pada metode Smirnov – Kolmogorov adalah sebagai berikut.

1. Urutkan data dari terbesar ke terkecil atau sebaliknya;
2. Hitung probabilitas kumulatif empiris $Pe[R]$ dengan formula Weibull pada persamaan 2.19;

$$Pe[R] = \frac{n}{N + 1} \quad 2.19$$

3. Hitung nilai K dengan persamaan 2.20;

$$K = \frac{X_i - \bar{x}}{S_d} \quad 2.20$$

4. Hitung probabilitas kumulatif teoritis $P_t[R]$ dengan memperhatikan nilai transformasi statistik pada masing – masing jenis distribusi yang dipilih;
5. Dari kedua nilai peluang, cari selisih probabilitas kumulatif empiris dengan probabilitas kumulatif teoritis, seperti pada persamaan 2.21; dan

$$\Delta = \text{maksimum} (P(X_n) - P'(X_n)) \quad 2.21$$

6. Bandingkan hasil antara nilai Δ dari tabel dengan Δ hasil hitungan, dengan ketentuan Δ hitung $< \Delta$ tabel, lihat Tabel 2. 10.

Tabel 2. 10 Harga Kritis Kolmogorov – Smirnov
Sumber: (Badan Standardisasi Nasional, 2016)

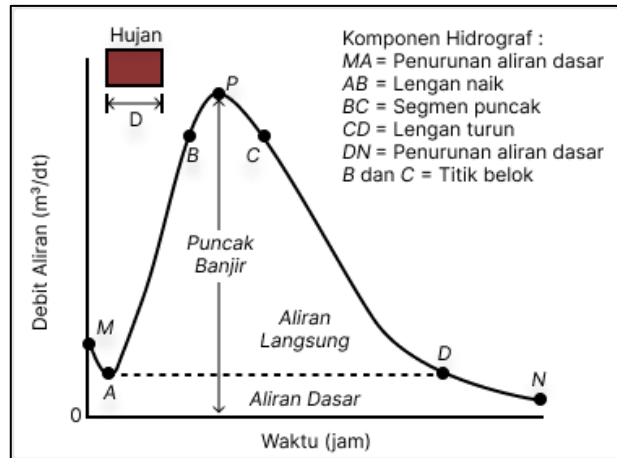
N	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
> 50	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$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

2.8 Hidrograf

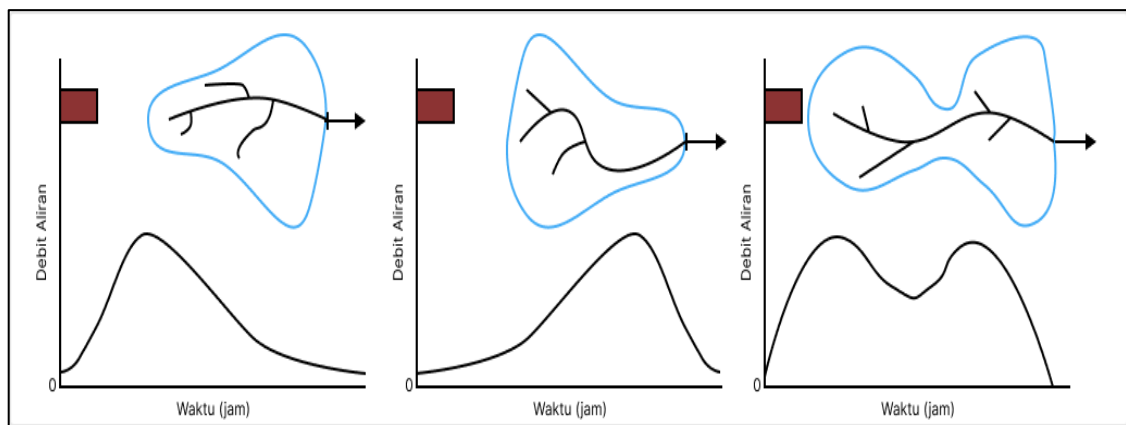
Hidrograf merupakan respons hidrologis suatu daerah aliran sungai terhadap peristiwa hujan. Bentuk hidrograf sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisik daerah aliran sungai dan sifat hujan yang memicunya. Setiap sungai memiliki hidrograf yang unik, bahkan jika hujan yang turun sama.

Pertimbangkan badai terkonsentrasi yang menghasilkan curah hujan seragam dengan durasi D di atas suatu daerah aliran sungai (DAS). Setelah kehilangan awal dan kehilangan infiltrasi terpenuhi, kelebihan hujan mencapai sungai melalui aliran permukaan dan saluran. Dalam proses translasi, sejumlah penyimpanan terbentuk pada fase aliran permukaan dan saluran. Penyimpanan ini secara bertahap berkurang setelah hujan berhenti. Dengan demikian, ada selisih waktu antara terjadinya hujan di DAS dan waktu ketika air melewati stasiun pengukur di outlet DAS.

Aliran yang diukur di stasiun pengukur sungai akan memberikan hidrograf khas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. 3. Durasi hujan juga ditandai pada gambar ini untuk menunjukkan selisih waktu antara hujan dan aliran. Gambar 2. 4 secara skematis menunjukkan hidrograf dari tiga daerah aliran sungai yang memiliki karakteristik infiltrasi yang identik akibat curah hujan yang sama di seluruh daerah aliran sungai.



Gambar 2. 3 Elemen Hidrograf
Sumber: (Subramanya, 2008)



Gambar 2. 4 Pengaruh Bentuk DAS Terhadap Hidrograf
Sumber: (Subramanya, 2008)

Pada daerah aliran sungai A, hidrograf miring ke kiri, yaitu puncaknya terjadi relatif cepat. Pada daerah aliran sungai B, hidrograf miring ke kanan, puncaknya terjadi dengan jeda yang relatif lebih lama. Daerah aliran sungai C menunjukkan hidrograf kompleks yang dihasilkan oleh bentuk yang gabungan (Subramanya, 2008).

2.8.1 Hidrograf Limpasan Langsung (DRH)

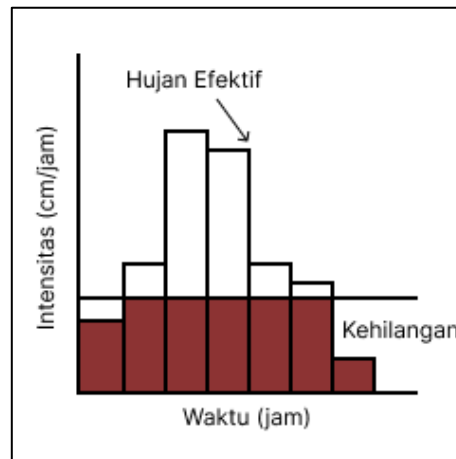
Hidrograf Limpasan Langsung, atau dalam bahasa Inggris disebut Direct Runoff Hydrograph, adalah sebuah grafik yang menggambarkan hubungan antara waktu dan debit aliran permukaan yang dihasilkan secara langsung oleh hujan efektif.

Ketika mengamati sebuah sungai setelah hujan, debit air sungai akan meningkat secara signifikan sebelum kemudian perlahan-lahan menurun. Grafik yang menunjukkan perubahan debit air sungai dari waktu ke waktu disebut hidrograf. Hidrograf limpasan langsung merupakan komponen dari hidrograf keseluruhan yang secara khusus memvisualisasikan aliran permukaan yang dihasilkan langsung oleh curah hujan. Dengan kata lain, aliran ini adalah respons paling utama terhadap peristiwa hujan (Subramanya, 2008).

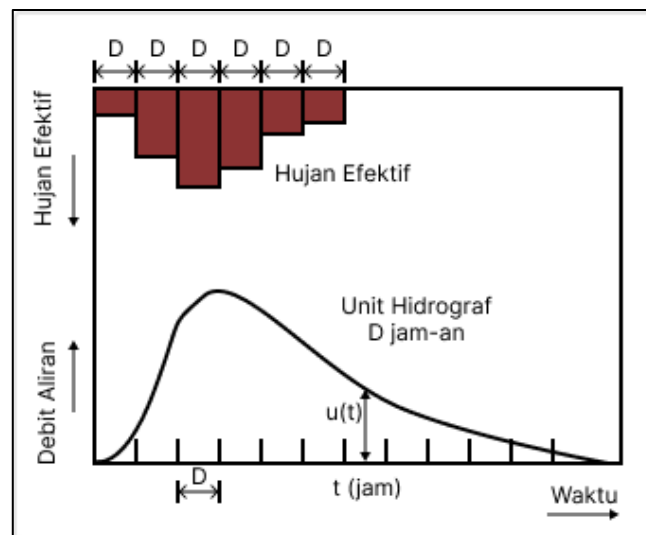
2.8.2 Hidrograf Hujan Efektif (ERH)

Hujan efektif / effective rainfall (ER) adalah bagian dari curah hujan yang langsung menjadi aliran permukaan di outlet suatu daerah aliran sungai (DAS). Dengan kata lain, ini adalah total

curah hujan dalam durasi tertentu setelah dikurangi kehilangan-kehilangan seperti infiltrasi dan kehilangan awal. Jadi, hujan efektif dapat didefinisikan sebagai curah hujan yang tidak tertahan di permukaan tanah maupun meresap ke dalam tanah.



Gambar 2. 5 Hidrograf Hujan Efektif
Sumber: (Subramanya, 2008)



Gambar 2. 6 DRH Akibat ERH
Sumber: (Subramanya, 2008)

Untuk menghubungkan hidrograf aliran langsung (DRH) dengan curah hujan yang menyebabkan aliran tersebut, hidrograf curah hujan juga perlu disesuaikan dengan cara mengurangi kehilangan-kehilangan. Gambar 2. 6 menunjukkan hidrograf suatu hujan badai. Kehilangan awal dan kehilangan infiltrasi dikurangkan dari hidrograf tersebut. Hasilnya disebut hidrograf hujan efektif (ERH) atau hidrograf hujan berlebih.

Baik DRH maupun ERH mewakili total volume yang sama tetapi dalam satuan yang berbeda. Karena ERH biasanya dinyatakan dalam cm/jam terhadap waktu, maka luas di bawah kurva ERH jika dikalikan dengan luas DAS akan memberikan total volume aliran langsung, yang sama dengan luas di bawah kurva DRH. Gambar 2. 6 memvisualisasikan hubungan DRH sebagai akibat dari ERH. Kehilangan awal dan kehilangan infiltrasi diestimasi berdasarkan data

yang tersedia dari DAS tersebut (Subramanya, 2008). Adapun nilai tinggi hujan efektif dapat dihitung dengan persamaan 2.22.

$$dc = \frac{V(m^3)}{A(km^2)} = \frac{V}{1000A} (mm) = \frac{3600 \int Q_s \cdot dt}{1000A} = \frac{3,6}{A} \int_0^{TB} Q_s \cdot dt \quad 2.22$$

Volume DRH yang dihasilkan dapat dihitung melalui persamaan 2.23.

$$V_{DRH} = 3600 \times \int_0^{TB} Q_s \cdot dt = 3600 \times \Delta t \sum_i^N Q_s (m^3) \quad 2.23$$

Keterangan :

dc = Tinggi ER (mm)

V_{DRH} = Volume DRH (m^3)

V = Volume aliran permukaan akibat curah hujan periode waktu tertentu (m^3)

A = Luas DAS (km^2)

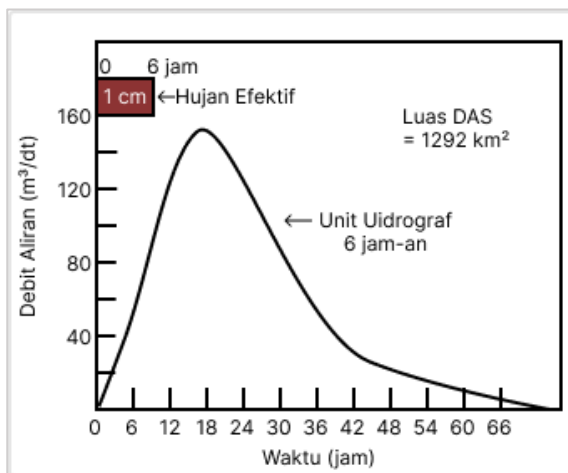
Q_s = Debit sungai (m^3/s)

TB = *Time base* / waktu dasar (jam)

dt = (jam)

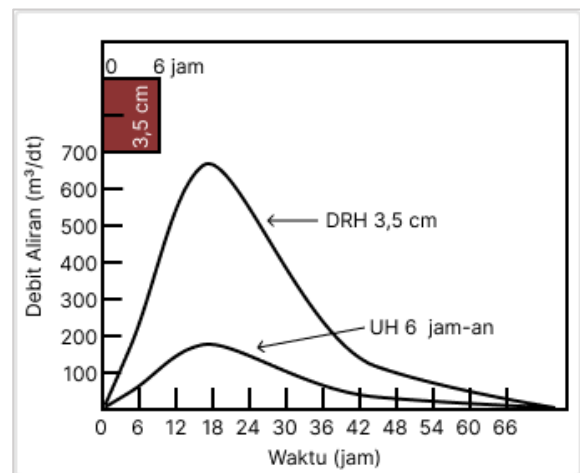
2.8.3 Hidrograf Hujan Efektif (ERH)

Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan dari satu satuan kedalaman (1 cm) hujan efektif yang terjadi secara merata di seluruh daerah aliran sungai dan dengan laju yang seragam selama durasi tertentu (D jam). Istilah satuan di sini mengacu pada satu satuan kedalaman hujan efektif yang biasanya diambil sebesar 1 cm. Durasi, sebagai karakteristik yang sangat penting, digunakan sebagai awalan untuk hidrograf satuan tertentu. Dengan demikian, kita memiliki hidrograf satuan 6 jam, hidrograf satuan 12 jam, dan secara umum hidrograf satuan D jam yang berlaku untuk daerah aliran sungai tertentu (Subramanya, 2008). Gambar 2. 7 menunjukkan contoh unit hidrograf dari suatu sungai dengan interval waktu 6 jam (UH – 6 jam). Kemudian, Gambar 2. 8 memvisualisasikan pengaruh apabila terdapat DRH 3,5 cm terhadap UH – 6 jam pada Gambar 2. 7.



Gambar 2. 7 Contoh Unit Hidrograf 6 Jam – an

Sumber: (Subramanya, 2008)



Gambar 2. 8 Pengaruh DRH Terhadap Unit Hidrograf

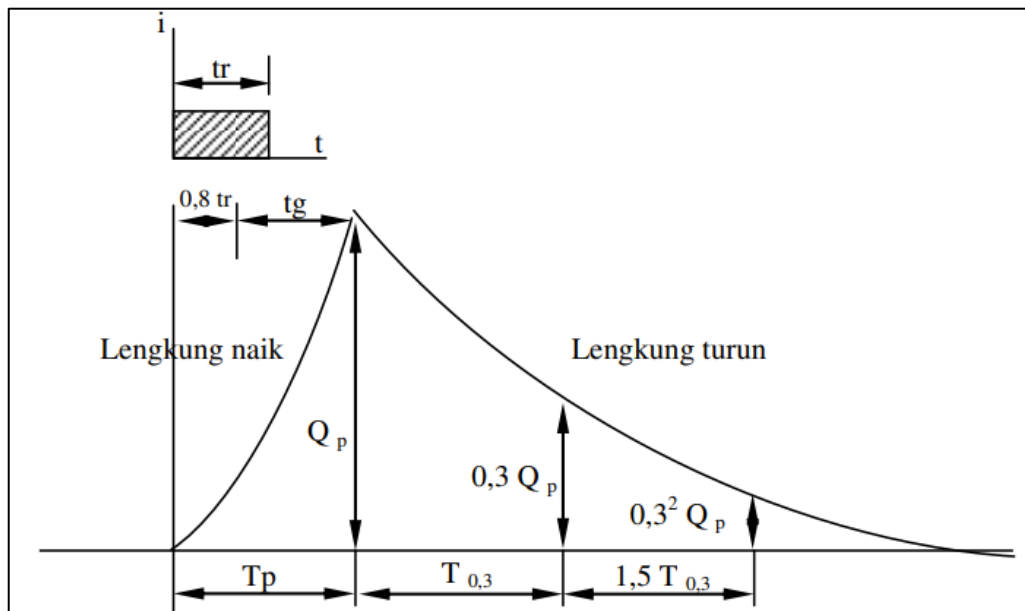
Sumber: (Subramanya, 2008)

2.8.4 Hidrograf Hujan Efektif (ERH)

Untuk mengembangkan hidrograf satuan pada suatu daerah aliran sungai (DAS), diperlukan informasi detail tentang curah hujan dan hidrograf banjir yang dihasilkan. Namun, informasi seperti itu biasanya hanya tersedia di beberapa lokasi dan di sebagian besar DAS, terutama yang terletak di daerah terpencil, data yang ada biasanya sangat sedikit. Untuk membangun hidrograf satuan di daerah-daerah tersebut, persamaan empiris yang berlaku secara regional digunakan. Persamaan ini menghubungkan karakteristik hidrograf yang penting dengan karakteristik DAS. Hidrograf satuan yang diperoleh dari hubungan semacam itu dikenal sebagai hidrograf satuan sintetis (Subramanya, 2008).

2.8.4.1. Hidrograf Satuan Sintesis Metode Nakayasu

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu adalah teknik yang umum dipakai dalam ilmu air untuk memperkirakan bentuk kurva banjir di suatu sungai. Metode ini, yang dikembangkan berdasarkan data sungai-sungai di Jepang, sangat berguna dalam perencanaan struktur pengendali banjir (Sutapa, 2005). Gambar 2. 9 menunjukkan HSS metode Nakayasu beserta dengan komponennya.



Gambar 2. 9 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu
Sumber: (Sutapa, 2005)

Persamaan 2.24 digunakan untuk menentukan nilai debit pada HSS Nakayasu.

$$Q_p = \frac{A \times R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \quad 2.24$$

Keterangan :

Q_p = Debit puncak (m^3/s)

R_o = Hujan satuan (mm)

T_p = Waktu puncak / *time to peak* (jam), dihitung dengan persamaan 2.25

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam), dihitung dengan persamaan 2.26

$$T_p = t_g + 0,8t_r \quad 2.25$$

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g \quad 2.26$$

dengan,

$$t_g = 0,21L^{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km} \quad 2.27$$

$$t_g = 0,40 + 0,058L \text{ untuk } L > 15 \text{ km} \quad 2.28$$

$$t_r = 0,75 \times t_g \quad 2.29$$

Sedangkan, persamaan untuk bagian kurva HSS dapat dilihat pada persamaan 2.30, 2.31, 2.32, dan 2.33.

A. Lengkung Naik Pada Rentang $0 \leq t \leq T_p$

$$Q_a = Q_p \left[\frac{t}{T_p} \right]^{2,4} \quad 2.30$$

B. Lengkung Turun

1. Untuk $Q_d > 0,3 Q_p$ pada $T_p \leq t < T_{0,3}$

$$Q_d = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right) \quad 2.31$$

2. Untuk $0,3 Q_p > Q_d > 0,3^2 Q_p$ untuk $T_{0,3} \leq t < 1,5T_p$

$$Q_d = Q_p \times 0,3 \left[\frac{(t-T_p)+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right] \quad 2.32$$

3. Untuk $0,3^2 Q_p > Q_d$ untuk $t \geq 1,5T_{0,3}$

$$Q_d = Q_p \times 0,3 \left[\frac{(t-t_p)+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right] \quad 2.33$$

Hubungan antara bentuk pengaliran terhadap $T_{0,3}$ dihitung dengan persamaan 2.34.

$$T_{0,3} = 0,47(A.L)^{0,25} \quad 2.34$$

Dengan mengingat persamaan 2.26 terhadap persamaan 2.34, maka α dapat dihitung dengan persamaan 2.35.

$$\alpha = \frac{T_{0,3}}{t_g} = \frac{0,47(A.L)^{0,25}}{t_g} \quad 2.35$$

Keterangan :

Q_a = *Runoff* sebelum mencapai debit puncak (m^3/s)

Q_d = *Runoff* sesudah mencapai debit puncak (m^3/s)

t = Waktu (jam)

L = Panjang aliran sungai (m)

t_g = Waktu tunda (jam)

α = Konstanta

- Daerah pengaliran biasa $\alpha = 2$
- Bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat $\alpha = 1,5$
- Bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat $\alpha = 3$

Aliran dasar (baseflow) adalah komponen aliran sungai yang berasal dari pelepasan air tanah (groundwater) secara perlahan ke dalam saluran sungai. Berbeda dengan aliran permukaan langsung (*direct runoff*) yang merespons cepat terhadap curah hujan, baseflow merupakan aliran tertunda (*delayed flow*) yang menopang debit sungai selama periode tanpa hujan atau musim kemarau. Besarnya aliran dasar dapat dihitung dengan persamaan 2.36 (Pratomo dkk., 2014; Putra, 2016)

$$Q_B = 0,4715 \times A^{0,644} \times D^{0,943} \quad 2.36$$

Keterangan :

Q_B = Aliran dasar (m^3/s)

A = Luasan DAS (km^2)

D = Kerapatan sungai ($\frac{L}{A}$)

L = Panjang aliran sungai (m)

2.9 Hidrolika Sungai

Berasal dari kata Yunani "hydor" yang berarti air, hidrolika adalah ilmu yang mengkaji sifat-sifat dan perilaku air dalam keadaan diam ataupun bergerak. Hidrolika terbagi menjadi dua bidang utama: hidrostatika dan hidrodinamika. Hidrostatika mempelajari sifat-sifat zat cair dalam keadaan diam, sedangkan hidrodinamika mempelajari perilaku zat cair yang bergerak. Dalam hidrodinamika, seringkali digunakan konsep zat cair ideal, yang dianggap tidak memiliki kekentalan dan tidak dapat dimampatkan. Meskipun zat cair ideal tidak ada dalam kenyataan, konsep ini sering digunakan untuk memudahkan analisis aliran fluida. Penerapan prinsip hidrolika dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur air, khususnya di wilayah sungai, membantu dalam merumuskan solusi pengendalian banjir, erosi, dan sedimentasi (Triatmodjo, 1993).

2.10 Saluran Terbuka

Saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas, seperti sungai, disebut saluran terbuka. Berbeda dengan saluran tertutup, aliran pada saluran terbuka memiliki sifat yaitu: 1) aliran air pada saluran terbuka mempunyai *surface* yang bebas (*free surface* / permukaan bebas), 2) tekanan air yang dialami permukaan bebas, setara dengan tekanan atmosfer, dan 3) adanya ketergantungan antara jari-jari tampang basah, kekentalan zat cair, kemiringan dasar saluran, kekasaran dasar, serta bervariasi geometrik saluran. Batasan aliran pada saluran terbuka hanya terjadi pada dinding dan dasar saluran (Ishak & Herman, 2020).

Parameter-parameter yang digunakan untuk menganalisis aliran pada saluran terbuka umumnya didasarkan pada variasi kedalaman aliran dalam dimensi waktu dan ruang. Dalam dimensi ruang, karakteristik aliran air dalam saluran terbuka dipengaruhi oleh berbagai variabel,

termasuk kemiringan dasar sungai, kekasaran permukaan, debit, bentuk penampang, dan keberadaan belokan. Jika semua variabel ini konstan sepanjang saluran, maka aliran disebut seragam. Sebaliknya, jika variabel-variabel tersebut berubah-ubah, maka aliran disebut tidak seragam. Sedangkan dalam dimensi waktu, aliran dapat digolongkan menjadi aliran tunak, di mana kedalaman aliran tidak berubah terhadap waktu, dan aliran tak tunak, di mana kedalaman aliran mengalami perubahan seiring waktu (Amalia, 2022; Ishak & Herman, 2020).

2.11 Aliran Melalui Penampang

Analisis hidraulika digunakan untuk menentukan ukuran penampang saluran yang paling efisien. Tujuannya adalah mendapatkan dimensi saluran yang tidak terlalu besar sehingga menyebabkan erosi, namun juga tidak terlalu kecil sehingga menyebabkan pengendapan sedimen (Ishak & Herman, 2020). Salah satu cara untuk menghitung dimensi penampang adalah menggunakan rumus Robert Manning. Besarnya debit pada saluran menurut Manning dapat dilihat pada persamaan 2.37.

$$Q = v \times A = \left(\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}\right) \times A \quad 2.37$$

Dengan,

$$R = \frac{P}{A} \quad 2.38$$

Keterangan :

Q = Debit pada saluran (m³/s)

A = Luas penampang basah saluran (m²)

n = Koefisien Manning, dapat dilihat pada

R = Jari – jari hidrolik (m)

P = Keliling basah (m)

S = Kemiringan saluran

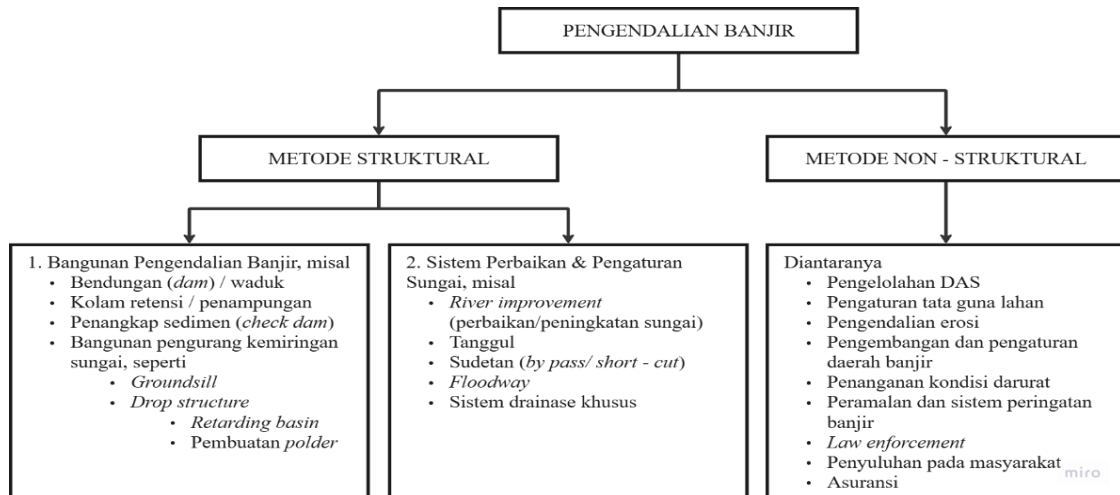
Tabel 2. 11 Nilai Koefisien Manning untuk Berbagai Macam Lapisan Saluran

Sumber: (Ishak & Herman, 2020)

Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,40

2.12 Penanggulangan Banjir Sungai

Hujan yang berlebih dapat menginisiasi kenaikan permukaan air melampaui tepian sungai (riverbanks), menyebabkan fenomena hidrologi yang dikenal sebagai banjir sungai (*river flood*).



Gambar 2. 10 Skema Pengendalian Banjir Sungai
Sumber: (Ishak & Herman, 2020)

Ketika terjadi banjir sungai, debit aliran sungai melampaui kapasitas salurannya sehingga menyebabkan luapan air ke area daratan. Banjir sungai dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, termasuk kerusakan infrastruktur dan kerugian ekonomi (Salsabila & Nugraheni, 2020).

Terdapat berbagai macam cara yang dapat dilakukan dalam upaya penanggulangan banjir sungai. Gambar 2. 10 menunjukkan penanganan banjir secara struktural maupun non – struktural. Penanggulangan banjir merupakan upaya yang dapat dilakukan sebagai pemenuhan indikator ketercapaian SDGs tujuan 13 (yakni dalam rangka mengambil tindakan cepat untuk mengatasi perubahan iklim dan dampaknya) (PBB, 2023).

2.13 Analisis Hidrolika dengan HEC-RAS

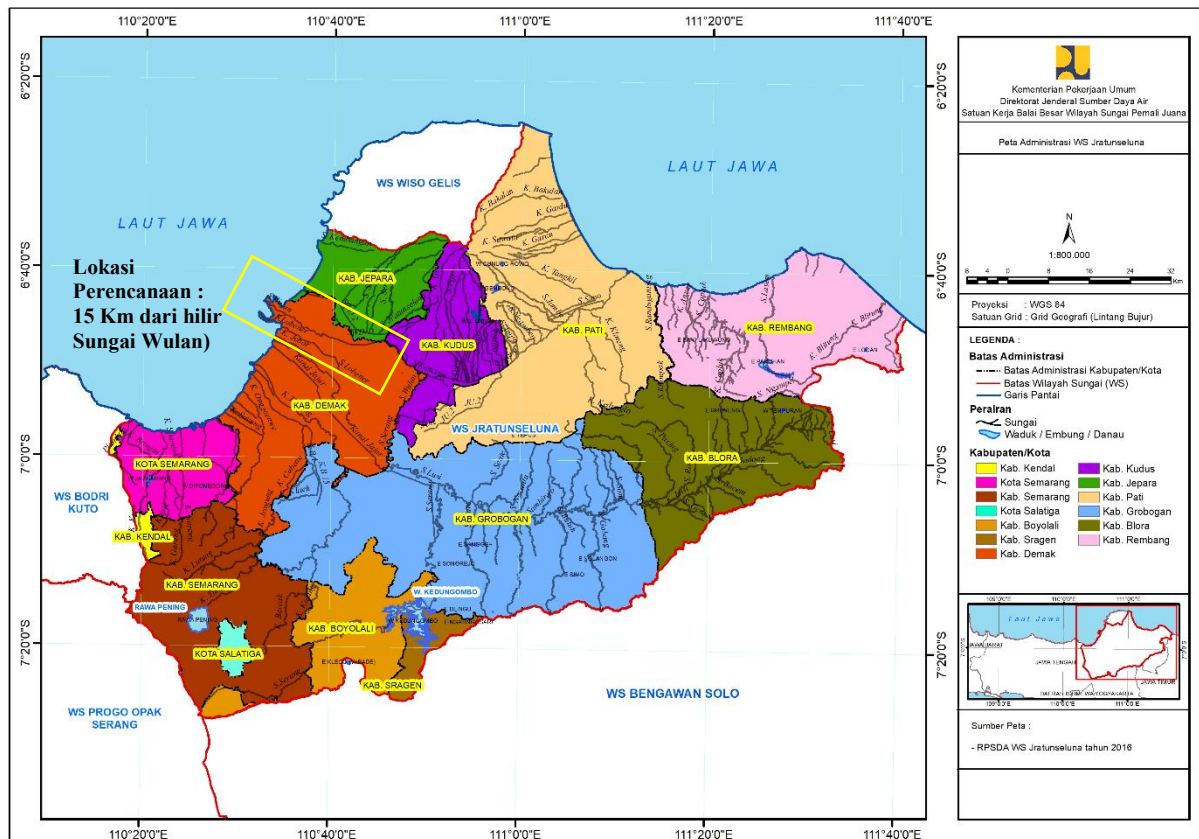
River Analysis System (RAS) merupakan suatu perangkat lunak terintegrasi yang didesain untuk analisis hidrolik sungai secara komprehensif dalam lingkungan interaktif. Sistem ini dilengkapi dengan *graphical user interface* (GUI), modul analisis yang terstruktur, serta kapabilitas pengelolaan data spasial yang canggih. HEC-RAS mampu melakukan berbagai jenis simulasi hidrolik, termasuk perhitungan profil muka air aliran tunak dan tak tunak satu serta dua dimensi, analisis transportasi sedimen, dan evaluasi kualitas air. Konsistensi dalam representasi data geometrik dan penggunaan rutinitas komputasi yang sama pada seluruh modul analisis menjadi keunggulan utama HEC-RAS. Selain itu, sistem ini juga menyediakan berbagai alat bantu desain hidraulik untuk mendukung perencanaan dan pengelolaan sumber daya air (US Army Corps of Engineers, 2016).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Sungai Wulan yang melintasi Kabupaten Demak dan sekaligus memisahkan Kabupaten Demak dengan Kabupaten Kudus seperti pada Gambar 3. 1. Sungai Wulan membentang mulai dari Pintu Air Wilalung Dukuh Babalan, Desa Kalirejo, Kecamatan Undaan, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah sampai bermuara di Laut Jawa di sebelah utara.

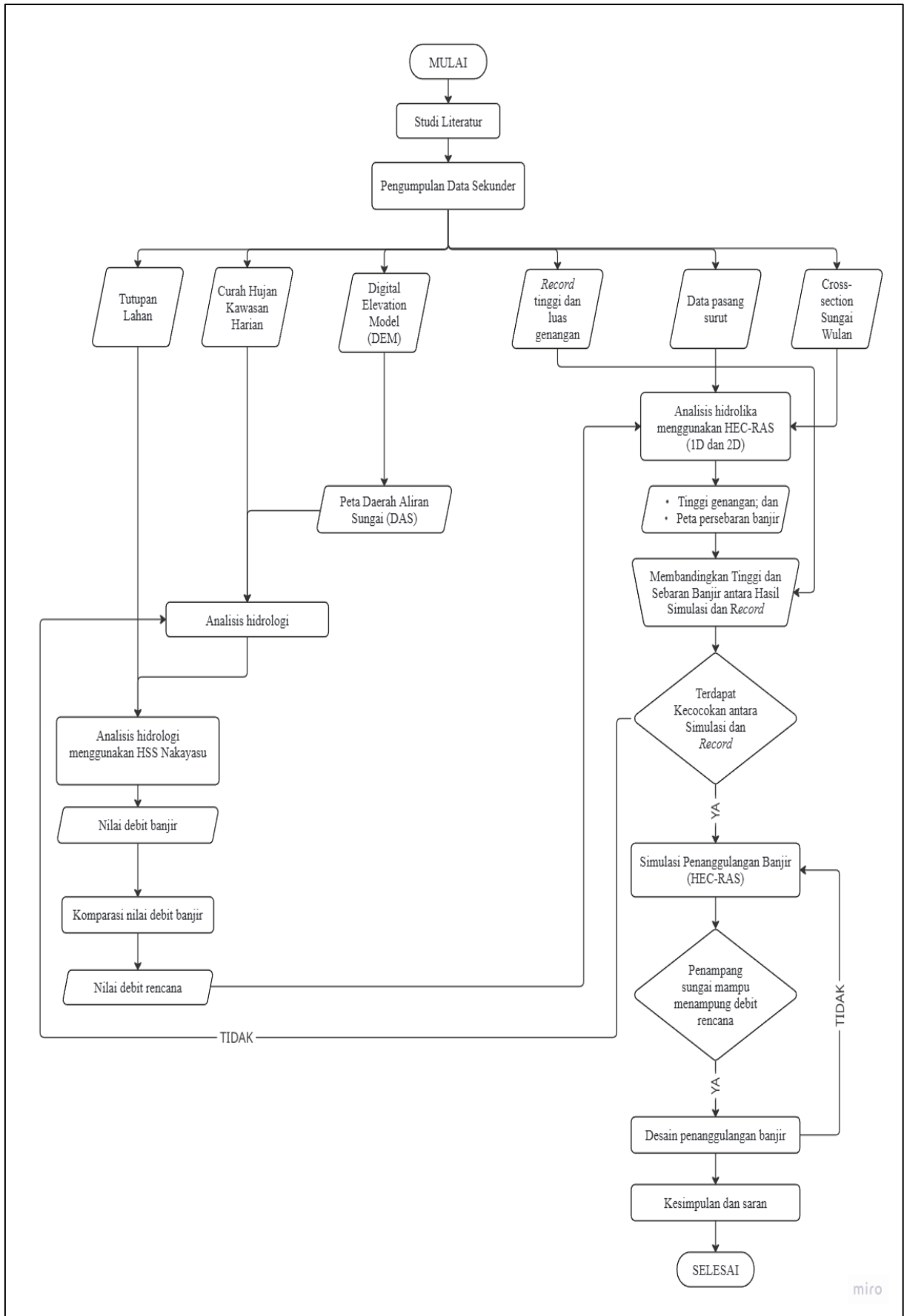


Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian
Sumber: (RPSDA WS Jratunseluna, 2016a)

Perencanaan penanggulangan banjir diambil sepanjang 15 kilometer dari muara sungai. Penelitian dilakukan untuk secara khusus meninjau dampak luapan Sungai Wulan terhadap Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini disajikan pada Gambar 3. 2.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

3.2.1 Tahap Persiapan

Tahap awal penelitian ini meliputi pengumpulan literatur dan referensi sebagai dasar teori yang nantinya akan memandu seluruh proses penelitian. Hal ini termasuk juga meninjau berbagai kasus bencana yang terjadi di Kabupaten Demak akibat luapan Sungai Wulan yang bersumber dari media masa dan dinas – dinas terkait. Dari tahap ini, peneliti memperoleh batasan lokasi yang akan ditinjau dan direncanakan untuk dilakukannya penanggulangan banjir.

3.2.2 Pengumpulan Data

Keseluruhan data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber yang telah ada sebelumnya, bukan data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti untuk penelitian yang sedang dilakukan. Adapun data yang diperlukan guna terlaksananya penelitian ini adalah sebagai berikut.

A. Data Banjir dan Debit Aliran Ekstrem Sungai Wulan

Data aliran ekstrem pada Sungai Wulan diperoleh dari Pos Duga Air Wulan Karanganyar yang diterbitkan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana dengan rentang waktu pencatatan mulai dari 1 Januari 2023 sampai dengan 31 Desember 2023. Selanjutnya, data tinggi dan persebaran banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Wulan, Kabupaten Demak yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BWS) Pemali Juana berupa infografis banjir dan/atau dari artikel berita. Data ini nantinya dipakai sebagai validasi hasil simulasi dengan kondisi aktual banjir yang pernah terjadi di periode sebelumnya.

B. Data Curah Hujan

Curah hujan, dinyatakan dalam milimeter (mm), adalah ukuran volume air hujan yang jatuh pada suatu area dalam periode waktu tertentu. Nilai curah hujan maksimum tahunan, yang diperoleh dari nilai bulanan tertinggi dalam satu tahun, umumnya digunakan sebagai dasar perencanaan hidrologi. Angka ini mengasumsikan kondisi tanpa adanya kehilangan air akibat evaporasi, infiltrasi, atau aliran permukaan, sehingga memberikan estimasi yang konservatif terhadap potensi curah hujan ekstrem. Data curah hujan didapatkan melalui situs web yang dikelola dan dikembangkan oleh NASA, yakni Giovanni, dengan tautan <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>. Data tersebut berasal dari misi satelit luar angkasa, Global Precipitation Measurement (GPM) dan disajikan dalam rupa curah hujan kawasan. Adapun data yang diambil berupa estimasi curah hujan harian dengan rentang waktu 25 tahun pada koordinat 110.3491,-7.254,111.5906,-6.7706.

C. Data Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model (DEM) adalah representasi numerik dari bentuk permukaan bumi dalam bentuk matriks. Data ini memberikan gambaran detail tentang ketinggian setiap titik di permukaan bumi, sehingga sangat berguna untuk berbagai analisis spasial seperti pengukuran kemiringan lereng, pemodelan aliran air, dan perencanaan tata ruang. Data DEM akan diambil melalui situs web DEMNAS yang dikelola Badan Informasi Geospasial (BIG), Indonesia, melalui tautan <https://tanahair.indonesia.go.id>. Adapun data DEM yang diambil adalah data wilayah Kabupaten Demak dan sekitarnya.

D. Tutupan Lahan

Tutupan lahan merujuk pada kondisi fisik dan material yang secara langsung menutupi permukaan bumi. Ini mencakup pola dan karakteristik bentang alam yang spesifik, seperti jenis vegetasi (hutan, padang rumput), keberadaan air (sungai, danau), atau struktur buatan

manusia (bangunan, jalan). Data ini diperlukan untuk menentukan angka Manning. Peta tutupan lahan diambil sekurang – kurangnya seluas Kabupaten Demak dan sekitarnya dari situs web yang dikelola oleh The European Space Agency (ESA) melalui tautan <https://esa-worldcover.org>.

E. Data Pasang Surut Hilir Sungai Wulan

Informasi mengenai perubahan ketinggian air laut secara berkala, yang dikenal sebagai data pasang surut, dikumpulkan oleh alat pengukur khusus di stasiun pemantauan. Pergerakan air laut ini terjadi akibat gaya tarik gravitasi yang dihasilkan oleh bulan dan matahari. Data pasang surut yang digunakan diperoleh publikasi Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas, Semarang yang diterbitkan oleh Direktorat Meteorologi Maritim Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika melalui tautan <https://maritim.bmkg.go.id> maupun <https://www.instagram.com/maritimsemarang>.

F. *Cross – Section* dan *Long – Section* Sungai Wulan

Cross-section, atau potongan melintang, serta *long – section*, atau potongan memanjang, penampang Sungai Wulan didapatkan dari pengukuran lapangan yang tercantum pada *Detailed Engineering Design : Normalization and River Bank Protection of Serang – Wulan River, February 2022*, milik Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) bekerja sama dengan PT. Indra Karya (Persero) – KSO, sebagai *input* pada pengerjaan analisis hidrolika menggunakan *software* HEC-RAS 6.6 .

3.2.3 Analisis Hidrologi

Proses analisis hidrologi dilakukan melalui tahapan sebagai berikut.

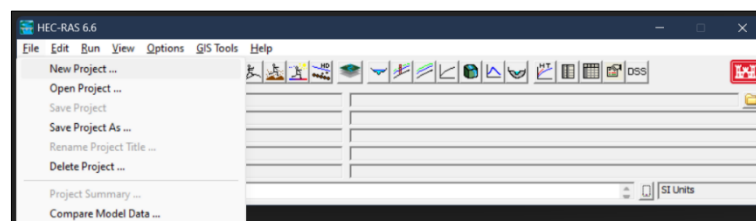
1. Pemetaan Daerah Aliran Sungai
2. Perhitungan dan analisis frekuensi curah hujan;
3. Perhitungan dan analisis distribusi frekuensi;
 - a. Metode Normal;
 - b. Metode Gumbel; dan
 - c. Metode Log Pearson III;
4. Perhitungan curah hujan rencana periode ulang 50 tahun;
5. Perhitungan distribusi hujan; dan
6. Perhitungan debit banjir rencana periode ulang 50 tahun dengan HSS Nakayasu.

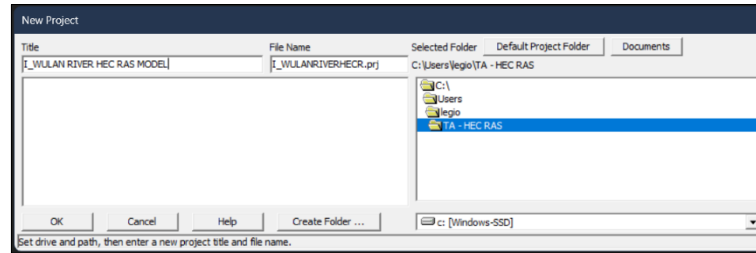
Maka luaran dari analisis hidrologi adalah debit banjir rencana yang nantinya akan digunakan sebagai data pada proses analisis hidrolika.

3.2.4 Analisis Hidrolika dengan Program HEC-RAS 6.6

Proses analisis hidrolika yang dilakukan dengan program bantu HEC-RAS 6.6 dijabarkan melalui tahapan sebagai berikut.

1. Membuat berkas baru

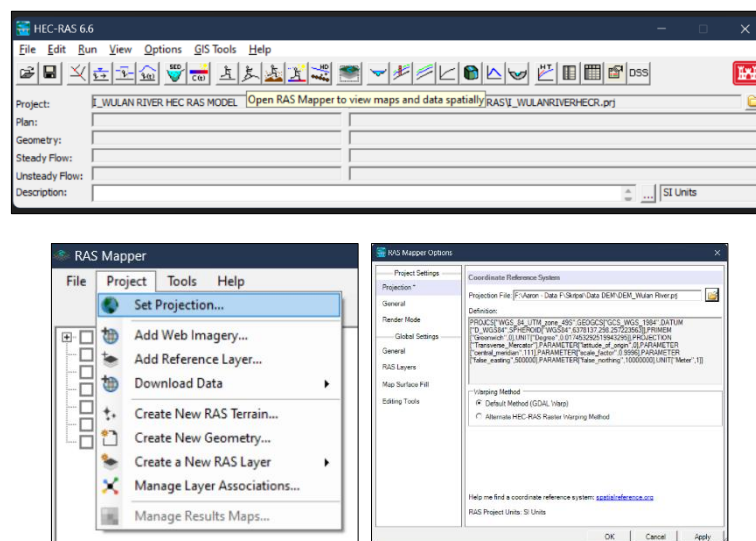




Gambar 3. 3 Membuat Berkas Baru pada HEC-RAS

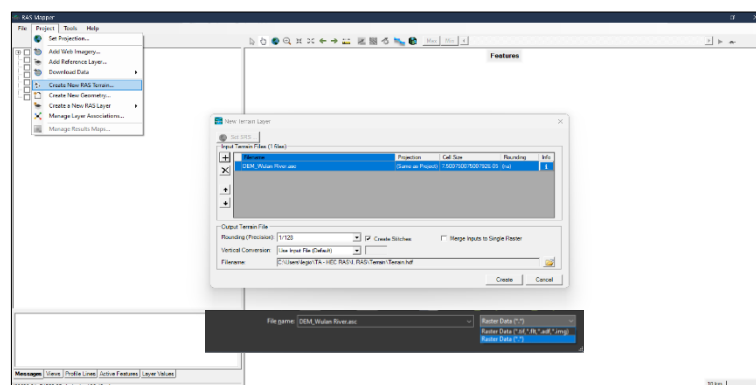
Buka program HEC-RAS, kemudian klik *File* dan *New Project*. Tentukan lokasi penyimpanan berkas dan beri penamaan, dan klik OK. Gambar 3. 3 adalah referensi membuat berkas baru pada HEC-RAS.

2. Mempersiapkan raster

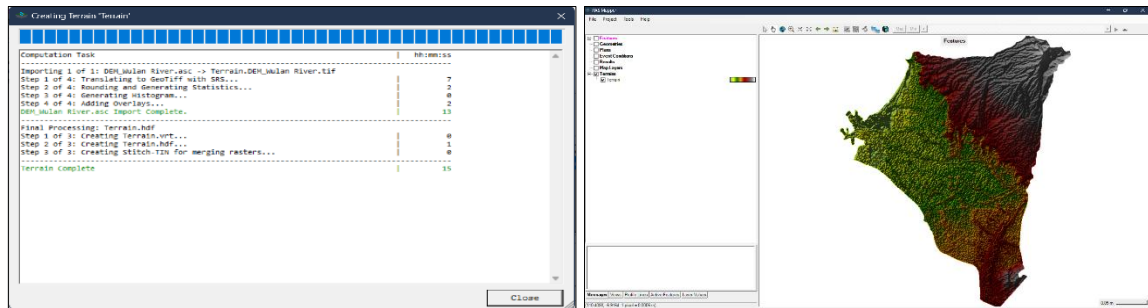


Gambar 3. 4 Menambahkan Proyeksi Data Raster pada HEC-RAS

Buka RAS Mapper kemudian klik *Project* dilanjutkan dengan *Set Projection*. Pada *Projection File*, masukkan data DEM yang telah dipersiapkan sebelumnya dengan format .prj, dan klik OK. Gambar 3. 4 adalah referensi menambahkan proyeksi data raster pada HEC-RAS.



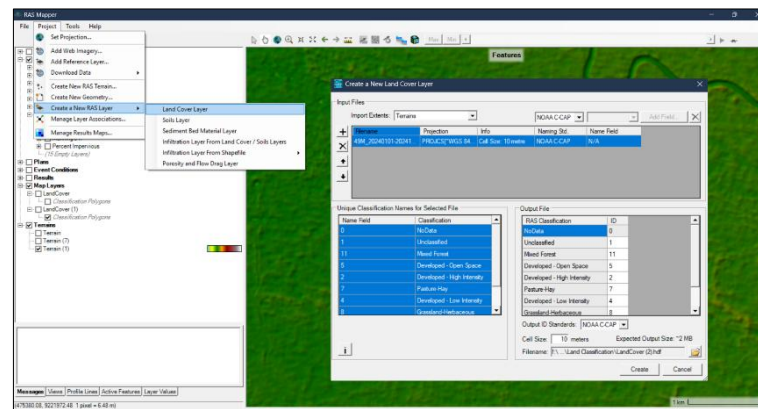
Gambar 3. 5 Membuat *Terrain* pada HEC-RAS



Gambar 3. 6 Hasil Penambahan Terrain pada HEC-RAS

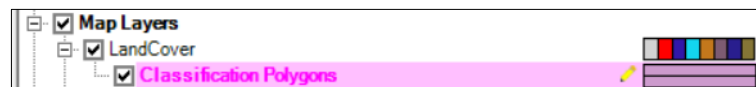
Selanjutnya, klik kembali *Project* dan *Create New RAS Terrain*. Klik tombol ‘+’ dan pilih data DEM dengan format .asc (disarankan) maupun .tiff, lalu klik *create*. Gambar 3. 5 adalah referensi membuat *terrain* pada HEC-RAS. Langkah ini dapat dikatakan berhasil apabila muncul notifikasi dan hasil seperti pada Gambar 3. 6.

3. Menambahkan peta tutupan lahan



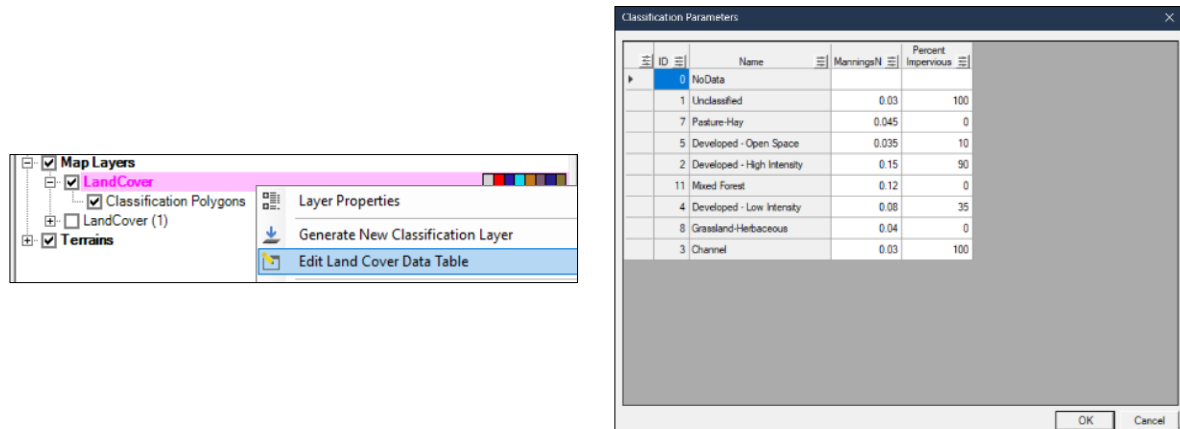
Gambar 3. 7 Menambahkan Peta Tutupan Lahan

Pada RAS Mapper, klik *Project* dan *Create New RAS Layer : Land Cover*. Klik tombol ‘+’ dan pilih berkas tutupan lahan dengan format .tif. Pastikan muncul *Unique Classification Names for Selected File* seperti pada Gambar 3. 7, lalu klik *create*.



Gambar 3. 8 Mengklasifikasikan Sungai pada Tutupan Lahan

Pada beberapa kasus, sungai yang ditinjau tidak terbaca secara benar pada peta tutupan lahan, maka perlu diklasifikasikan sendiri. Untuk melakukan hal tersebut, lihat *Map Layers*, lalu sunting pada bagian *Classification Polygon* seperti pada Gambar 3. 8, kemudian buat poligon di sepanjang bagian yang merupakan sungai.



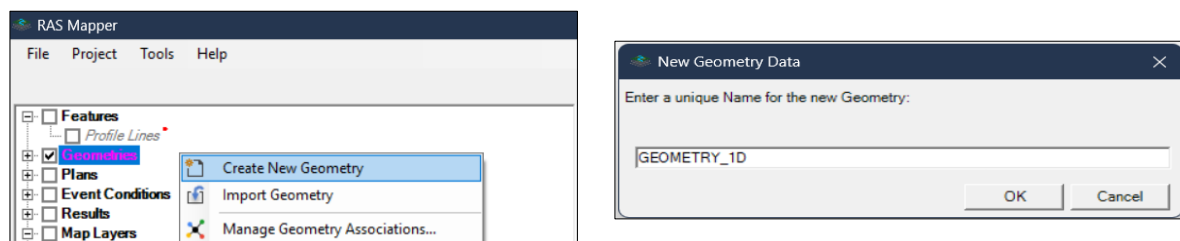
Gambar 3. 9 Menambahkan Nilai Manning pada peta Tutupan Lahan

Selanjutnya, berbagai kategori yang dibedakan oleh peta tutupan lahan perlu diberi nilai Manning. Klik kanan pada bagian *layer* tutupan lahan yang telah dibuat sebelumnya, kemudian klik *Edit Land Cover Data Table*. Masukkan nilai Manning sekaligus persentase kekedapan air (jika diperlukan), kemudian klik OK. Gambar 3. 9 adalah contoh proses menambahkan nilai Manning dan Tabel 2. 2 merupakan referensi nilainya.

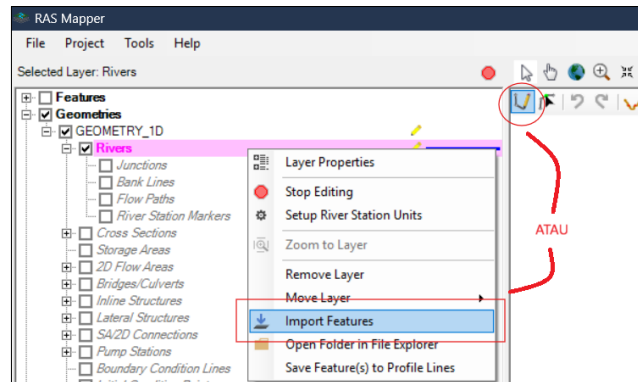
3.2.4.1. HEC-RAS 1D

HEC-RAS 1D secara spesifik dirancang untuk memodelkan aliran air di sungai dan saluran terbuka, khususnya dalam kondisi aliran tak-tunak (*unsteady flow*) dan aliran tunak (*steady flow*). Model ini mengasumsikan aliran hanya terjadi dalam satu arah longitudinal (sepanjang saluran), tanpa mempertimbangkan variasi aliran yang signifikan di arah lateral (melintasi lebar saluran) atau vertikal (kedalaman). Saluran dimodelkan sebagai serangkaian penampang melintang (*cross-sections*) yang ditempatkan di sepanjang alur aliran. Perangkat lunak ini menghitung ketinggian muka air (*water surface elevation*) dan kecepatan aliran pada setiap penampang berdasarkan input data seperti geometri saluran (bentuk dan ukuran penampang), kekasaran saluran (koefisien Manning's n), dan kondisi batas (misalnya, debit aliran masuk atau ketinggian muka air di ujung hilir). Adapun langkah pengerjaan HEC-RAS 1D dijabarkan dalam sub – bab ini. Hasil yang diharapkan adalah evaluasi penampang *existing* terhadap data aliran tunak, yang meliputi data debit maksimum tahunan dari Pos Duga Air, berupa nilai tinggi muka air pada penampang melintang Sungai Wulan.

1. Membuat geometri 1D



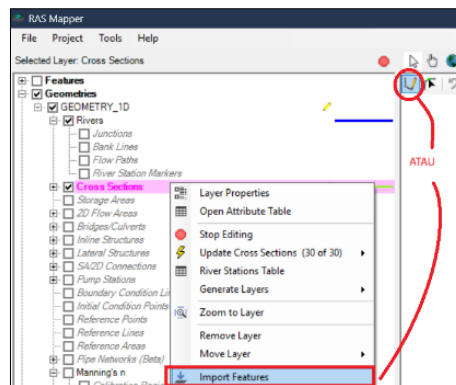
Gambar 3. 10 Membuat Geometri 1D



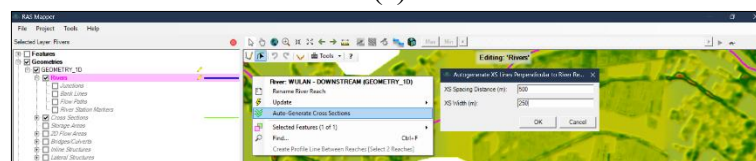
Gambar 3. 11 Menggambar Geometri 1D

Pada RAS Mapper, klik kanan di bagian *Geometries*. Kemudian klik *Create New Geometry* dan beri penamaan. Gambar 3. 10 merupakan referensi penambahan geometri baru. Selanjutnya, edit geometri dan gambar aliran sungai dengan memberi centang pada bagian *Rivers*. Apabila memiliki data aliran sungai yang diperoleh dari *long – section* sungai dalam bentuk .shp (*shapefile*), gunakan *import feature* seperti pada Gambar 3. 11.

2. Menambahkan *cross – section*



(a)

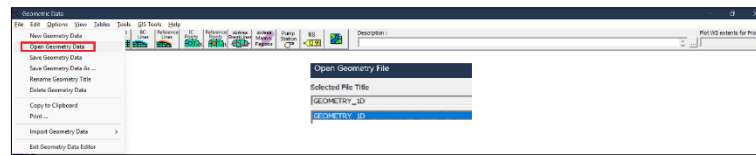


(b)

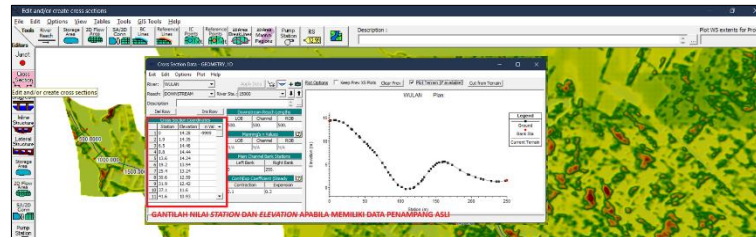
Gambar 3. 12 Menambahkan *Cross – Section* pada Geometri 1D

Pada metode 1D, *cross – section* merupakan aspek krusial. Menambahkan *cross – section* dapat dilakukan beberapa cara, pertama dengan menggambar secara manual, kedua menambahkan dengan membagi interval sungai, dan ketiga dengan *import feature* apabila memiliki data berformat .shp. Gambar 3. 12 (a) menunjukkan cara menambahkan *cross – section* dengan cara pertama dan kedua, sedangkan Gambar 3. 12 (b) untuk cara ketiga. Selanjutnya, buka *Geometric Data* pada panel HEC-RAS dan klik *file*, *Open Geometry Data*, dan pilih geometri 1D yang telah dibuat pada RAS Mapper seperti pada Gambar 3. 13 (a). Klik *Cross – Section* dan masukkan koordinat, apabila memiliki data *cross – section*, dari penampang sungai sehingga membentuk suatu bentuk penampang, atau gunakan data *terrain* sebagai bentuk penampang sungai, seperti pada Gambar 3. 13 (b). Lokasikan *Main*

Channel Bank Station, baik *Left Bank* maupun *Right Bank* pada *station* dengan nilai *elevation* tertinggi.

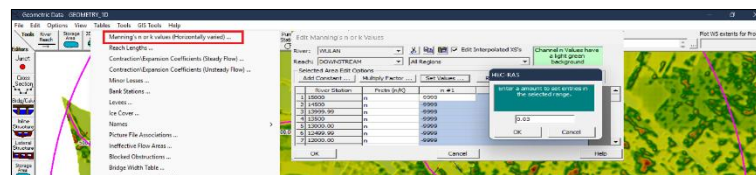


(a)



(b)

Gambar 3. 13 Memasukkan Koordinat Elevasi *Cross – Section* pada Geometri 1D

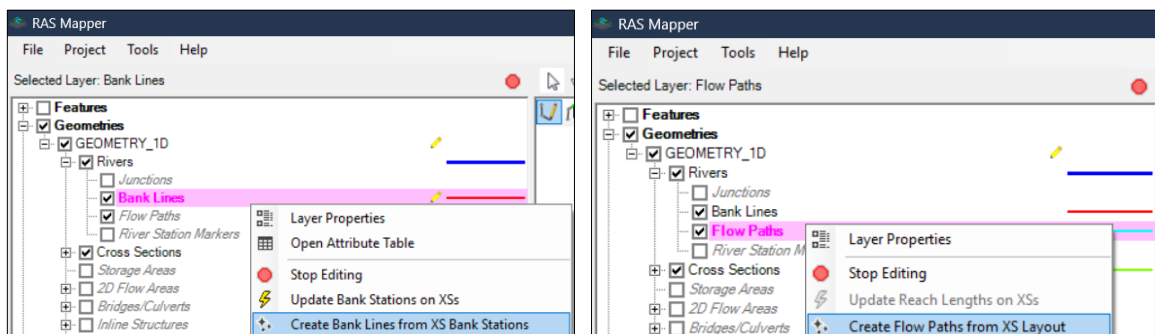


Gambar 3. 14 Menambahkan Nilai Manning's n pada Geometri 1D

Selanjutnya, klik pada bagian *Tools* kemudian *Manning's n or K values*. Masukkan nilai Manning yang digunakan dan klik OK. Gambar 3. 14 merupakan referensi untuk penambahan angka Manning pada geometri 1D.

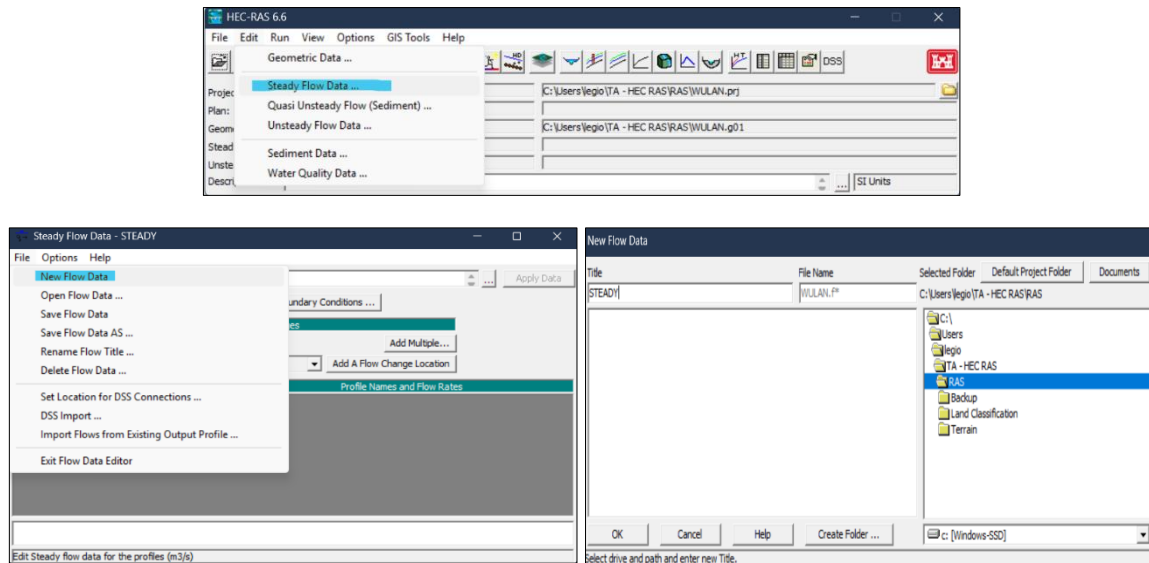
3. Menambahkan *bank lines* dan *lowpath*

Buka kembali RAS Mapper dan sunting geometri 1D. Beri centang pada *Bank Lines* dan klik kanan, kemudian klik *Create Bank Lines from XS Bank Stations*. Lakukan hal yang sama untuk *Flow Paths* dengan *Create Flow Paths from XS Layout* seperti pada Gambar 3. 15.



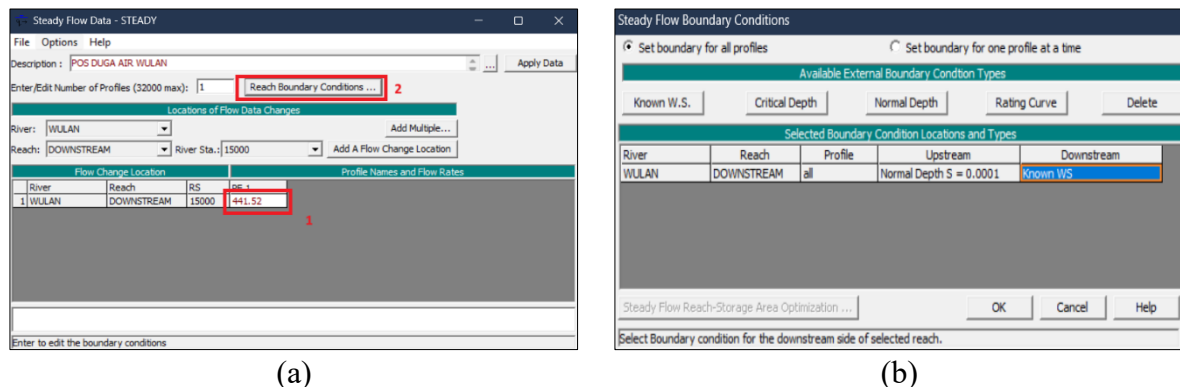
Gambar 3. 15 Menambahkan *Bank Lines* dan *Flow Paths* pada Geometri 1D

4. Mengatur data aliran tunak



Gambar 3. 16 Membuat Data Aliran Tunak Baru untuk Geometri 1D

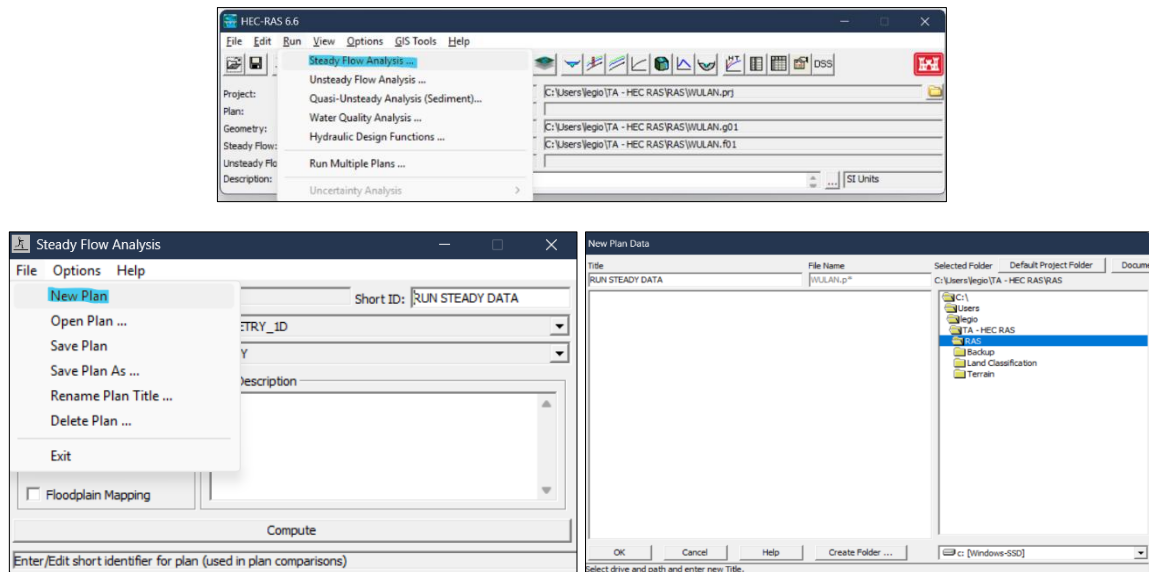
Pada penelitian ini, HEC-RAS 1D digunakan untuk melakukan pengecekan terhadap debit Pos Duga Air, sehingga digunakanlah aliran tunak. Pada HEC-RAS, klik *Edit* lalu *Steady Flow Data*. Klik *Option*, kemudian *New Flow Data*, masukkan nama data, lalu klik OK seperti Gambar 3. 16.



(a) (b)
Gambar 3. 17 Menambahkan *Boundary Conditions* pada Data Aliran Tunak untuk Geometri 1D

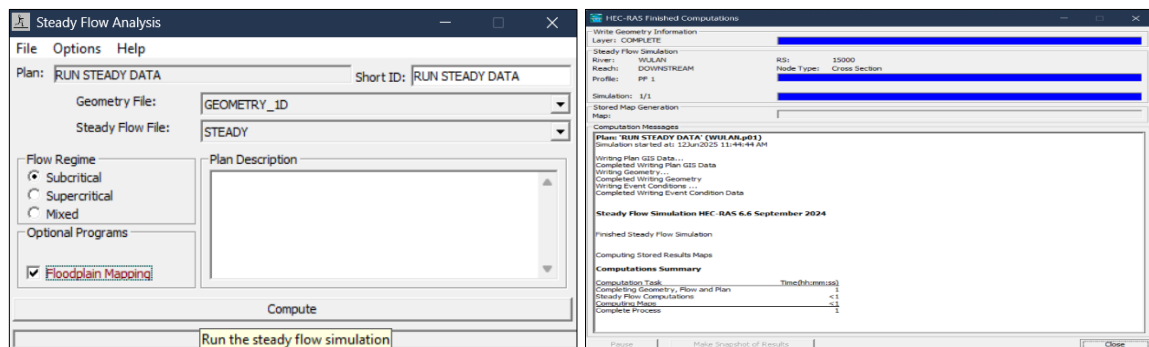
Selanjutnya, isi nilai PF 1 (1) dengan besarnya debit kemudian klik *Reach Boundary Conditions* (2) seperti terlihat pada Gambar 3. 17 (a). Gambar 3. 17 (b) menunjukkan tampilan *Steady Flow Boundary Conditions* (kondisi batas untuk data aliran tunak). Untuk *upstream* (hulu) dapat diisi dengan *Normal Depth* dengan memasukkan nilai kemiringan sungai, sedangkan pada bagian *downstream* (hilir) dapat diisi dengan nilai pasang tertinggi.

5. Menjalankan analisis aliran tunak untuk HEC-RAS 1D



Gambar 3. 18 Menambahkan *Plan* Baru untuk HEC-RAS 1D

Pada Tampilan HEC-RAS, klik *Run* kemudian *Steady Flow Analysis*. Klik *New Plan* dan beri penamaan, lalu klik OK layaknya Gambar 3. 18. Klik *Compute* dan tunggu program melakukan analisis. Pastikan proses berjalan tanpa ada peringatan error ditandai dengan kotak proses berwarna biru penuh. Gambar 3. 19 merupakan referensi langkah analisis aliran tunak beserta hasil yang menunjukkan analisis sukses dilakukan tanpa adanya peringatan error.



Gambar 3. 19 Melakukan Proses Analisis Aliran Tunak pada Geometri 1D beserta Hasilnya

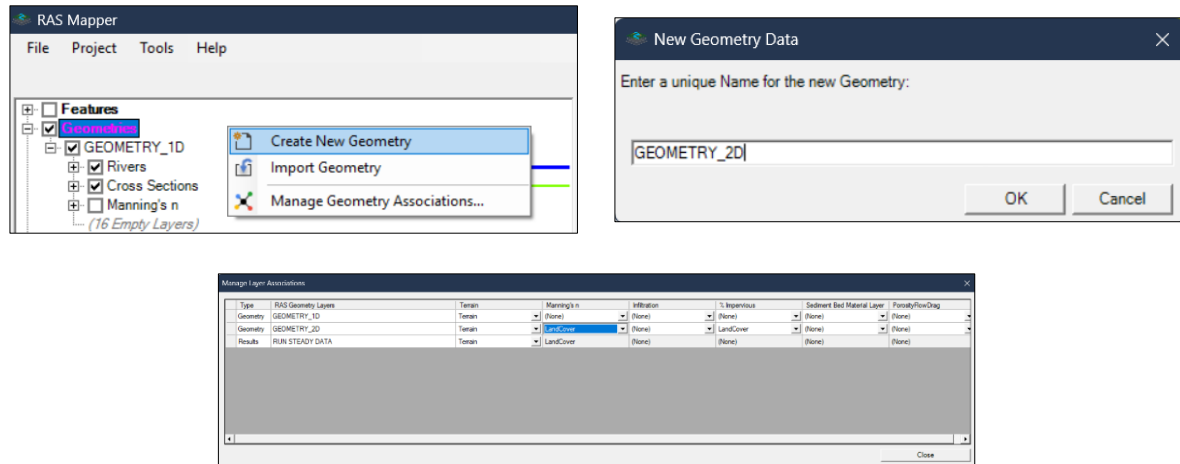
Dengan demikian, proses analisis hidrolika dengan HEC-RAS 1D telah selesai dilakukan. Hasil dapat dilihat melalui *Geometric Data*, tepatnya pada bagian *Cross – Section*, seperti pada langkah dalam Gambar 3. 13 (b).

3.2.4.2. HEC-RAS 2D

Berbeda dengan HEC-RAS 1D yang hanya memodelkan aliran dalam satu arah longitudinal, HEC-RAS 2D secara spesifik dirancang untuk memodelkan aliran air yang bervariasi secara signifikan dalam dua arah horizontal, yaitu longitudinal (sepanjang aliran) dan lateral (melintasi lebar aliran). HEC-RAS 2D memodelkan area aliran sebagai jaring-jaring (grid) atau mesh elemen-elemen komputasi (seringkali berbentuk segitiga atau segiempat).

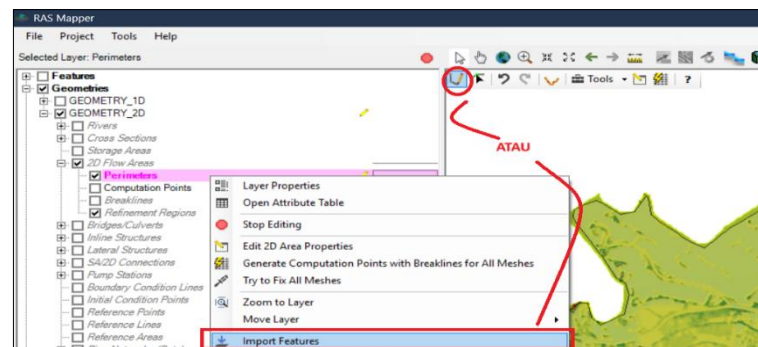
Setiap elemen ini memiliki karakteristik topografi dan kekasaran sendiri. Adapun langkah pengerjaan HEC-RAS 2D dijabarkan dalam sub – bab ini. Hasil yang diharapkan adalah peta sebaran banjir (*floodmap*) akibat data aliran tak-tunak, yang meliputi data debit maksimum tahunan dari Pos Duga Air dan data curah hujan, pada Kabupaten Demak dan DAS Wulan.

1. Membuat geometri 2D

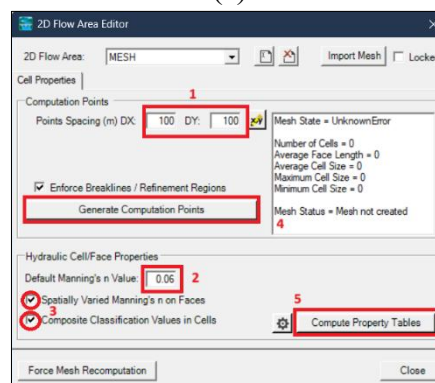


Gambar 3. 20 Membuat Geometri 2D

Pada RAS Mapper, lakukan penambahan geometri baru seperti sebelumnya, beri penamaan, dan klik OK. Setelah itu, akan terbuka *Manage Layer Associations*. Ubah kolom Manning's n dan %*Impervious* dengan *layer* LandCover yang telah dibuat sebelumnya, lalu *close*. Gambar 3. 20 adalah referensi penambahan geometri 2D.



(a)

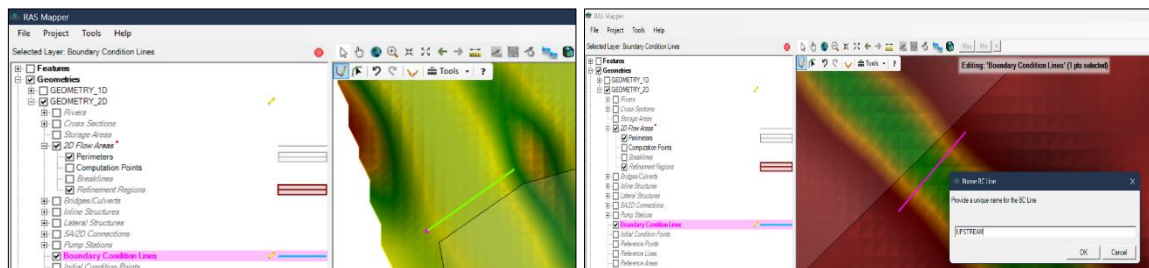


(b)

Gambar 3. 21 Menggambar Geometri 2D

Setelah itu, sunting geometri 2D tersebut dan centang pada 2D Flow Areas dan Perimeters. Perimeter digunakan untuk menggambar *Mesh*. *Mesh* ini dapat digambar secara manual atau menggunakan *import feature* (dalam penulisan ini, digunakan batas administrasi wilayah Kabupaten Demak yang digabung dengan DAS Wulan) seperti pada Gambar 3. 21 (a). Setelah menggambar geometri, dan memberi penamaan, akan muncul *2D Flow Area Editor* seperti pada Gambar 3. 21 (b). Isi *Point Spacing* (1) yang dikehendaki, di mana semakin kecil nilainya maka semakin rapat jaring – jaring yang terbentuk, *Default Manning's n Value* (2), beri centang (3), lalu klik *Generate Computation Points* (4). Setelah itu, klik juga *Compute Property Tables* (5) dan *Close*. Untuk hasil yang semakin detail, dapat digunakan *Refinement Region* dan menggambar di sepanjang aliran sungai yang ditinjau, kemudian masukkan *Point Spacing* yang lebih kecil dari *Point Spacing* milik *Perimeter* yang telah diberikan sebelumnya. Namun, hal ini opsional untuk dilakukan.

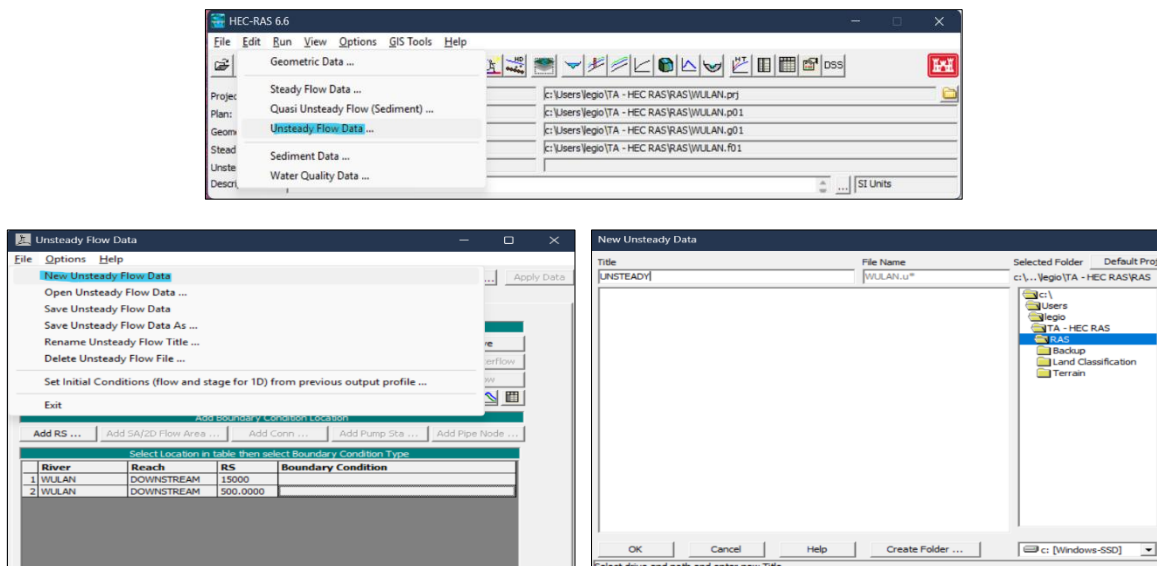
2. Menambahkan *Boundary Condition Lines*



Gambar 3. 22 Menambahkan *Boundary Condition Lines*

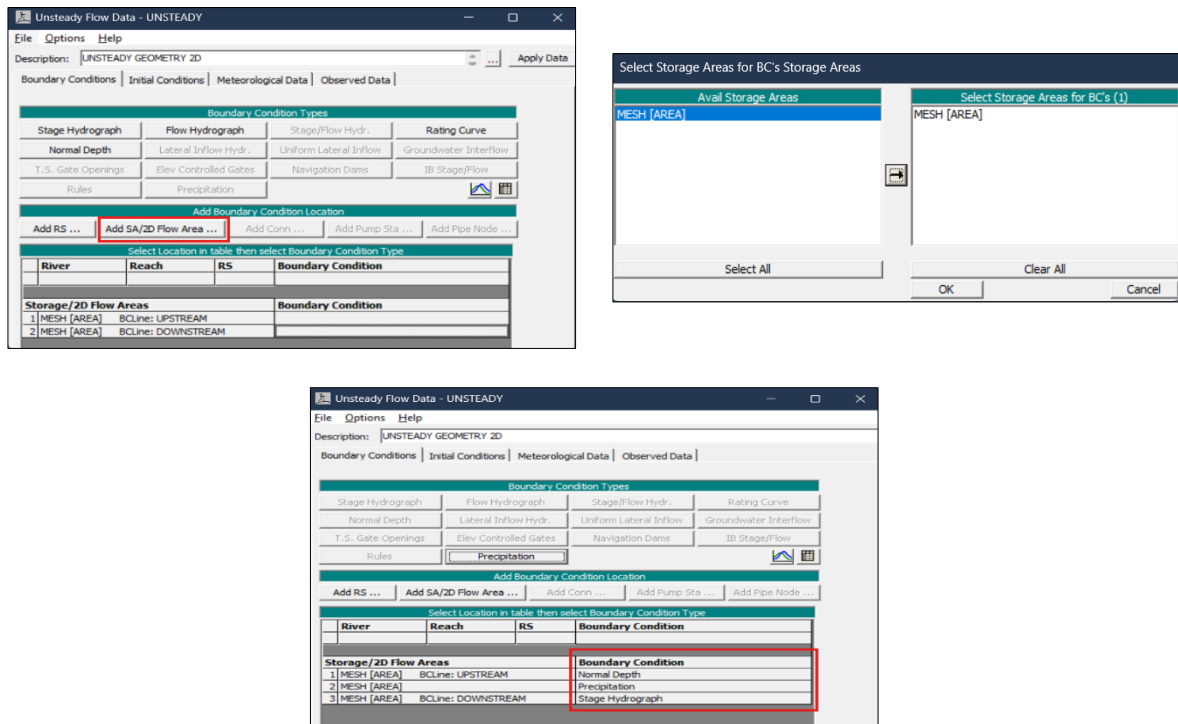
Pada RAS Mapper, sunting geometri 2D dan centang pada *Boundary Condition Lines*. Gambar garis sejajar dengan penampang sungai pada bagian hulu dan hilir *Mesh*. Gambar 3. 22 merupakan referensi penambahan *Boundary Condition Lines*.

3. Menambahkan data aliran tak-tunak



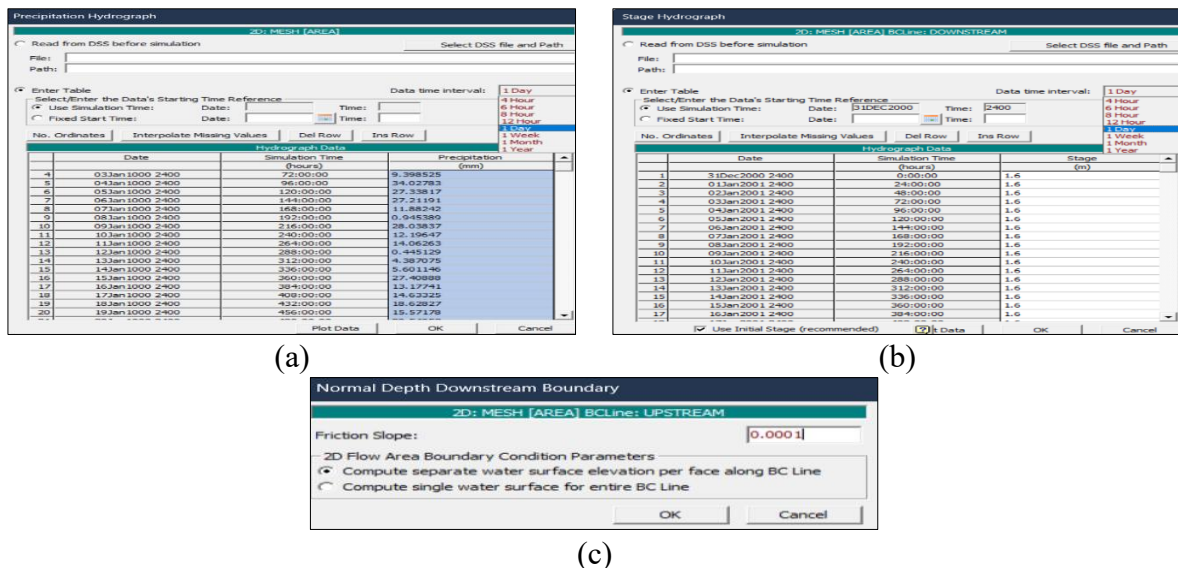
Gambar 3. 23 Membuat Data Aliran Tunak Baru untuk Geometri 2D

Pada HEC – RAS, klik *Edit* kemudian *Unsteady Flow Data*. Klik *Option*, kemudian *New Flow Data*, masukkan nama data, lalu klik OK seperti Gambar 3. 23.



Gambar 3. 24 Mengatur *Boundary Conditions* pada Aliran Tak-Tunak Geometri 2D

Selanjutnya, atur kondisi batas untuk data aliran tak-tunak pada geometri 2D. Terdapat tiga kondisi batas yang perlu dimasukkan, dua diantaranya merupakan *Boundary Lines* yang telah ditambahkan sebelumnya dan satu lainnya merupakan geometri 2D (*Mesh*). Apabila *Mesh* belum muncul, klik *Add SA/2D Flow Area* dan pilih *Mesh* kemudian OK seperti Gambar 3. 24. Adapun kondisi batas pada daerah hulu merupakan *Normal Depth*, yaitu nilai kemiringan medan rata – rata sungai, pada daerah hilir merupakan *Stage Hydrograph*, yang dapat diisi dengan data tinggi pasang surut, dan pada *Mesh* merupakan *Precipitation*, yaitu data curah hujan (harian).



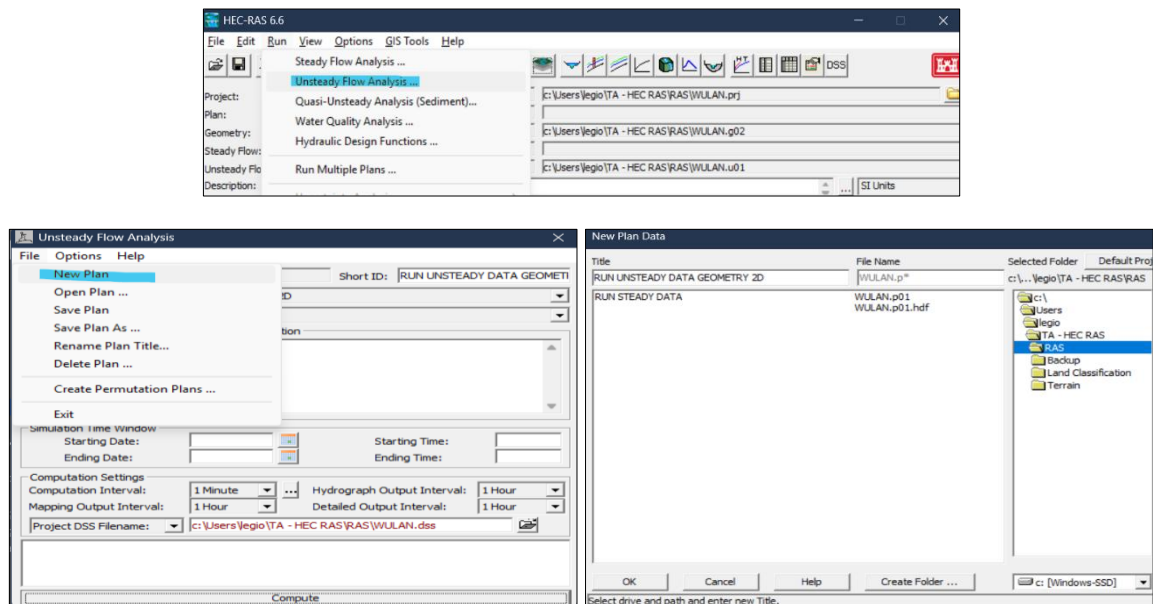
(a)

(b)

(c)

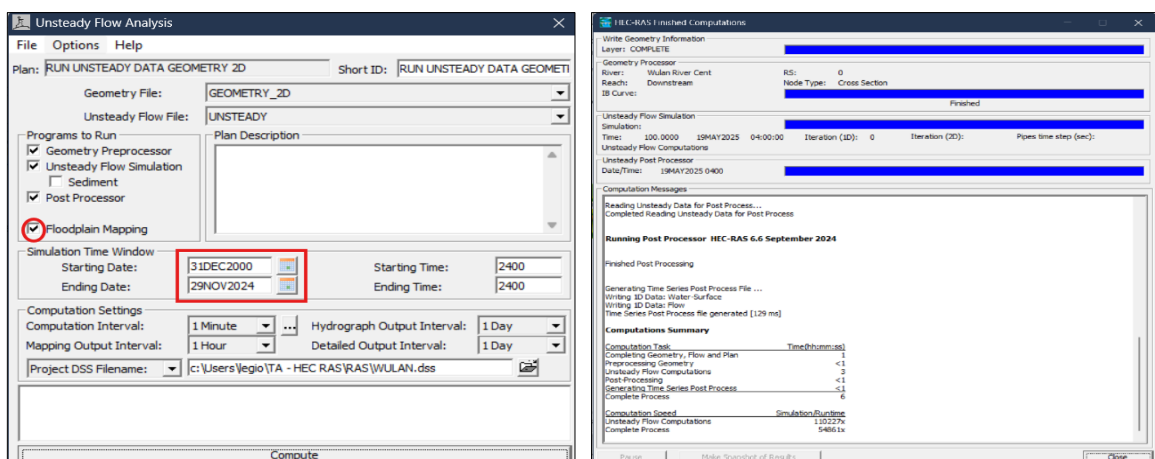
Gambar 3. 25 Menambahkan Data Aliran Tak-Tunak pada Geometri 2D

- Gambar 3. 25 adalah contoh penambahan kondisi batas: (a) *Mesh*; (b) hilir; dan (c) hulu.
4. Menjalankan analisis aliran tak-tunak untuk HEC-RAS 2D



Gambar 3. 26 Menambahkan Plan Baru untuk HEC-RAS 2D

Pada Tampilan HEC-RAS, klik *Run* kemudian *Unsteady Flow Analysis*. Klik *New Plan* dan beri penamaan, lalu klik OK layaknya Gambar 3. 26. Centang *Floodplain Mapping* dan ubah *Starting Date* hingga *Ending Date* menyesuaikan lama dari data yang digunakan, kemudian klik *Compute* dan tunggu program melakukan analisis. Pastikan proses berjalan tanpa ada peringatan error ditandai dengan kotak proses berwarna biru penuh. Gambar 3. 27 merupakan referensi langkah analisis aliran tunak beserta hasil yang menunjukkan analisis sukses dilakukan tanpa adanya peringatan error.



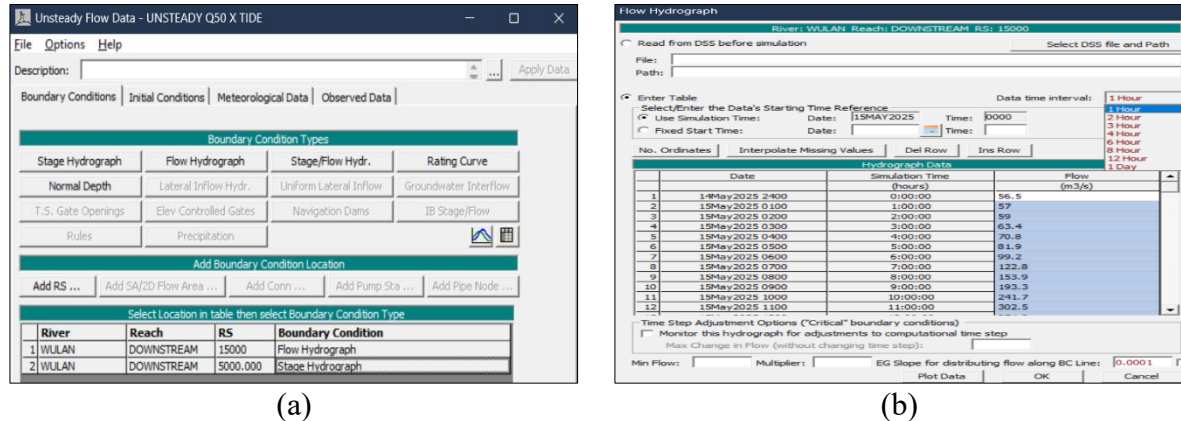
Gambar 3. 27 Melakukan Proses Analisis Aliran Tak-Tunak pada Geometri 2D beserta Hasilnya

Dengan demikian, proses analisis hidrolika dengan HEC-RAS 2D telah selesai dilakukan.

3.2.4.3. Channel Modification

HEC-RAS 1D pada penelitian ini digunakan untuk penanggulangan banjir dengan metode perbaikan penampang, atau *channel modification*. Adapun langkah pemanfaatan fitur *channel modification* dijabarkan dalam sub – bab ini.

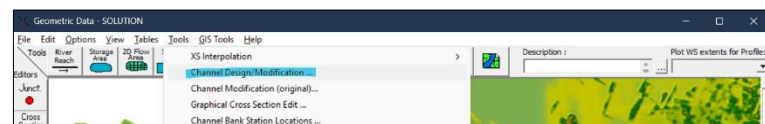
1. Menambahkan data aliran tak-tunak



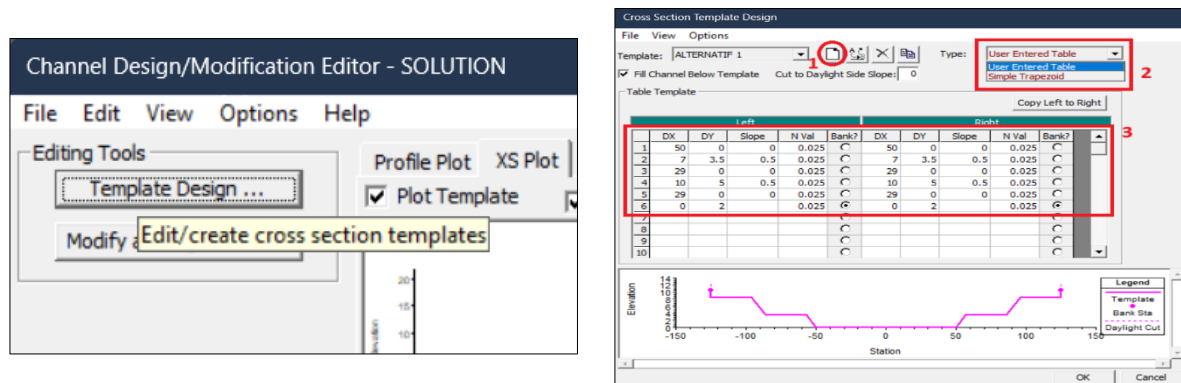
Gambar 3. 28 Mengatur Boundary Conditions pada Aliran Tak-Tunak Geometri 1D/2D

Langkah ini dapat dilakukan dengan mengikuti tahap yang sudah dijelaskan sebelumnya pada sub – bab 3.2.4.2 poin – 3. Perbedaan terletak pada *Boundary Condition Lines* yang digunakan diganti dengan *cross – section* paling hulu dan hilir, serta kondisi batas di hulu diganti dengan data debit rencana periode ulang seperti pada Gambar 3. 28 (b). Selain itu, kondisi batas *Mesh* berupa data curah hujan tidak perlu dimasukkan karena tidak memiliki *Mesh*. Referensi hasil akhir untuk data aliran tak-tunak untuk geometri 1D akan tampak seperti pada Gambar 3. 28 (a).

2. Menjalankan fitur *channel modification*

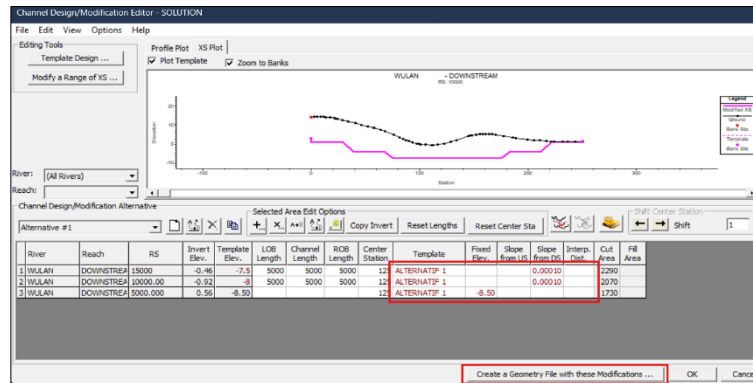


Gambar 3. 29 Membuka fitur *Channel Design/Modification*



Gambar 3. 30 Mengatur Bentuk *Template* Perbaikan Penampang Sungai

Pada *Geometric Data*, klik *Tools* kemudian *Channel Design/Modification* seperti Gambar 3. 29. Selanjutnya, klik *Template Design*. Buat *template* perbaikan yang baru (1), kemudian pilih *Type* untuk penampang yang ingin digunakan (2), dalam hal ini digunakan trapesium ganda sehingga dipilih *User Entered Table*. Gambar bentuk penampang dengan memasukkan koordinat DX dan DY (3), kemudian klik OK. Gambar 3. 30 merupakan referensi pembuatan *template* perbaikan penampang sungai.



Gambar 3. 31 Mengatur Perbaikan Sungai yang Digunakan

Kembali pada tampilan *Channel Design/Modification Editor*, ubah kolom *Template* dengan bentuk yang telah didesain sebelumnya. Kemudian, masukkan nilai elevasi pada kolom *Fixed Elev.* Gunakan kolom *Sloope (from US* maupun *from DS)* apabila memiliki perencanaan elevasi dasar sungai rencana. Setelah itu, klik *Create a geometry File with these Modification* seperti Gambar 3. 31.

5. Menjalankan analisis aliran tak-tunak untuk HEC-RAS 1D dengan geometri baru setelah dilakukan *channel modification*

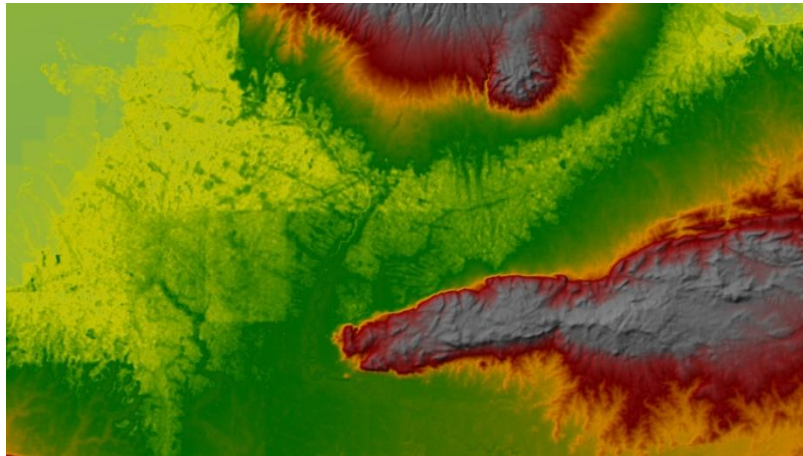
Langkah ini telah dijabarkan sebelumnya pada sub – bab 3.2.4.2 poin – 5. Dengan demikian, analisis hidrolika dengan data aliran tak-tunak menggunakan HEC-RAS 1D telah selesai dilakukan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

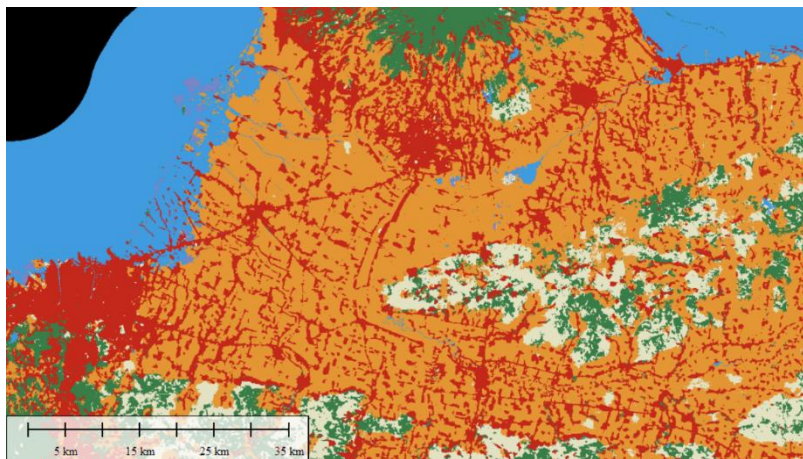
BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Peninjauan Topografi Kabupaten Demak dan Sekitarnya

Peninjauan dilakukan dengan mengumpulkan peta DEM dan tutupan lahan. Peta DEM diperoleh melalui situs web DEMNAS milik BIG yang terpecah menjadi kisi – kisi, kemudian digabungkan sehingga menjadi seperti yang tampak pada Gambar 4. 1. Hal ini juga dilakukan untuk data tutupan lahan yang diperoleh melalui ESA World Cover, sehingga tampak seperti yang telah disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Digital Elevation Model Sungai Wulan, Kabupaten Demak, dan Sekitarnya
Sumber: diolah Penulis dari (DEMNAS, 2025)



Gambar 4. 2 Tutupan Lahan Sungai Wulan, Kabupaten Demak, dan Sekitarnya
Sumber: diolah Penulis dari (ESA, 2025)

4.2 Evaluasi Kondisi Aktual Sungai Wulan

Evaluasi kondisi aktual Sungai Wulan diambil 15 kilometer dari daerah hilir sungai. Evaluasi ini menggunakan data debit aliran ekstrem Pos Duga Air Wulan Karanganyar periode 1 Januari 2023 sampai dengan 31 Desember 2023. Tabel 4. 1 menyajikan data debit harian maksimal merujuk pada Lampiran II halaman 79.

Tabel 4. 1 Debit Harian Maksimal pada Pencatatan Pos Duga Air Wulan Karanganyar Periode Tahun 2023

Sumber: Diolah dari (PSDA - Unit Hidrologi dan Kualitas Air BBWS Pemali Juana, 2023)

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	411,93	96,05	160,98	136,90	145,16	6,81	1,07	-	-	-	-	60,16
2	434,57	201,27	311,77	185,77	100,76	6,81	8,29	-	-	-	61,45	138,22
3	439,97	214,46	408,26	334,12	41,75	6,81	1,07	1,07	-	-	32,02	159,76
4	437,55	163,68	426,21	341,37	27,38	6,81	1,07	-	-	-	32,02	149,79
5	425,21	183,60	414,57	223,82	109,79	6,81	1,07	8,29	-	-	32,98	159,76
6	409,82	142,20	382,67	150,24	101,39	11,63	-	-	-	-	27,38	131,67
7	428,20	198,10	401,26	142,44	118,18	6,81	1,07	1,07	-	-	24,75	140,12
8	439,77	165,66	286,12	132,72	177,04	21,45	1,07	-	-	-	8,29	101,97
9	440,79	130,77	201,84	144,34	170,97	52,67	-	-	-	-	-	198,10
10	441,55	99,19	213,08	121,79	109,89	60,16	-	-	-	-	17,63	270,64
11	403,70	146,81	205,88	104,38	98,85	27,38	1,07	-	-	-	18,22	132,23
12	257,62	199,19	229,85	108,66	139,05	68,12	8,29	-	-	-	11,04	43,39
13	156,47	170,27	213,52	98,48	163,83	32,98	-	-	-	-	17,63	18,36
14	148,23	175,86	227,48	76,52	129,21	18,36	-	-	-	-	21,45	9,89
15	136,03	217,55	183,58	92,31	109,87	9,89	-	-	-	-	23,91	8,29
16	133,20	257,50	136,76	64,08	50,27	9,89	-	-	-	12,24	11,04	8,81
17	172,09	282,01	108,09	39,07	26,49	8,29	-	-	-	1,07	11,04	8,29
18	201,67	310,17	92,17	28,28	11,04	7,29	1,07	-	-	-	25,61	6,81
19	229,34	324,68	76,52	17,63	7,78	6,81	-	-	-	-	23,91	7,29
20	156,19	216,53	90,43	17,63	8,29	7,29	1,07	-	-	-	1,07	8,29
21	116,05	164,35	263,45	17,63	6,81	7,29	-	-	-	-	14,16	7,29
22	101,31	247,15	371,71	9,89	7,78	24,75	1,07	-	-	-	14,16	7,29
23	129,16	240,99	284,76	9,89	6,81	8,81	-	-	-	-	23,91	7,29
24	133,55	174,14	112,16	9,89	6,81	8,81	-	-	-	-	30,12	7,29
25	135,94	143,24	72,26	9,89	7,78	8,29	-	-	-	-	27,38	8,29
26	113,41	130,06	60,16	29,19	7,78	8,81	1,07	-	-	-	42,29	8,29

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
27	188,36	137,96	139,17	38,02	6,81	8,81	-	-	-	-	23,91	8,29
28	160,45	132,83	139,34	72,26	6,81	-	-	-	-	-	12,24	8,29
29	106,60	-	241,20	34,46	6,81	-	-	-	-	-	55,11	17,63
30	77,97	-	192,55	178,46	6,81	1,07	-	-	-	-	64,08	30,12
31	67,44	-	128,24	-	6,81	-	-	-	-	-	-	17,63
Avg	246,26	188,08	218,58	99,00	62,09	15,32	0,91	0,34	0,00	0,43	23,63	60,95
Max	441,55	324,68	426,21	341,37	177,04	68,12	8,29	8,29	0,00	12,24	64,08	270,64
Min	67,44	96,05	60,16	9,89	6,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,81

Berdasarkan Tabel 4. 1, aliran ekstrem pada Sungai Wulan terjadi pada 10 Januari 2023 sebesar 441,55 meter kubik per detik. Besaran ini diasumsikan sebagai data aliran tunak (*steady flow*) yang mengalir di Sungai Wulan.

Selain menelusuri data debit sebagai kondisi batas pada hulu potongan sungai yang ditinjau, diperlukan data pasang maksimal sebagai batasan pada bagian hilir. Tabel 4. 2 merupakan tabulasi pasang di wilayah pantai Semarang pada bulan Januari tahun 2023.

Tabel 4. 2 Tinggi Pasang pada Bulan Januari 2023

Sumber: (BMKG STAMAR, 2023)

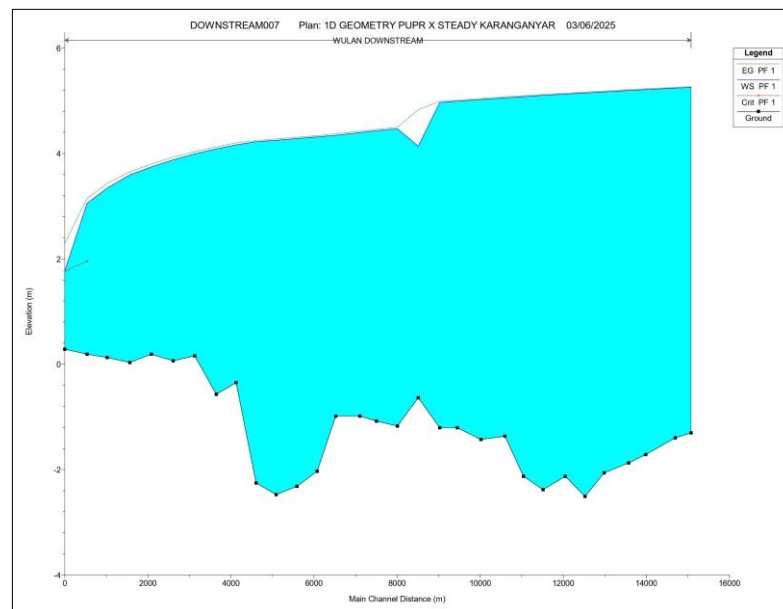
Mean Sea Level (MSL) = 60 cm

Tanggal	Mulai Pasang		Pasang Maksimum	
	Jam (WIB)	Tinggi (cm)	Jam (WIB)	Tinggi (cm)
1 Januari 2023	16:00	60	03:00	100
2 Januari 2023	16:00	60	04:00	100
3 Januari 2023	17:00	70	05:00	90
4 Januari 2023	17:00	60	21:00	90
5 Januari 2023	17:00	60	21:00	90
6 Januari 2023	17:00	60	22:00	100
7 Januari 2023	17:00	60	23:00	100
8 Januari 2023	17:00	60	23:00	100
9 Januari 2023	17:00	60	00:00	100
10 Januari 2023	17:00	60	01:00	100
11 Januari 2023	17:00	60	02:00	100
12 Januari 2023	16:00	60	02:00	100
13 Januari 2023	16:00	60	02:00	100
14 Januari 2023	16:00	60	02:00	100
15 Januari 2023	16:00	60	03:00	90
16 Januari 2023	16:00	60	03:00	90
17 Januari 2023	15:00	60	03:00	90
18 Januari 2023	16:00	70	19:00	90
19 Januari 2023	16:00	70	20:00	90
20 Januari 2023	16:00	60	21:00	90
21 Januari 2023	16:00	60	21:00	100
22 Januari 2023	17:00	60	22:00	100
23 Januari 2023	17:00	60	23:00	100
24 Januari 2023	18:00	60	00:00	100
25 Januari 2023	18:00	60	01:00	100
26 Januari 2023	15:00	60	02:00	100
27 Januari 2023	15:00	60	02:00	100
28 Januari 2023	15:00	60	03:00	100
29 Januari 2023	15:00	60	03:00	100
30 Januari 2023	15:00	60	04:00	90
31 Januari 2023	15:00	60	04:00	90

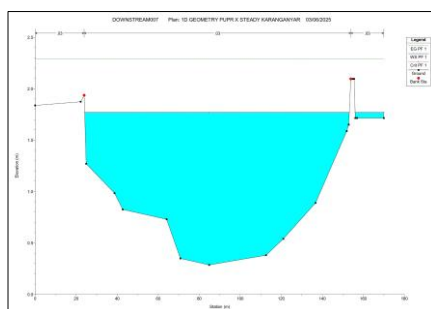
Di saat aliran ekstrem terjadi, pasang bernilai 100 cm dari MSL. Maka, muka air pada hilir penampang sungai berada pada elevasi +160 cm. Nilai ini akan digunakan sebagai kondisi batas.

Detailed Engineering Design : Normalization and River Bank Protection of Serang – Wulan River, February 2022 pada Lampiran III halaman 81 menyajikan data penampang aktual Sungai Wulan, B.41+00 (sebagai hulu) sampai dengan B.56+00 (sebagai hilir) dengan interval 500 meter. Data tersebut diimpor menjadi geometri sungai pada HEC-RAS.

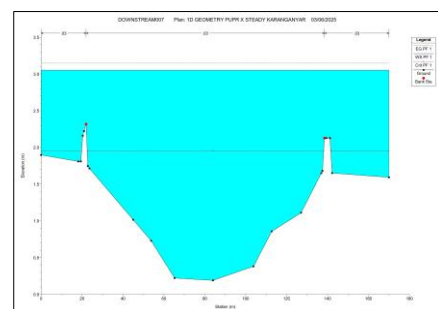
Setelah memiliki geometri sungai dan data *steady flow*, HEC-RAS 1D dijalankan untuk mengevaluasi tinggi muka air pada penampang sungai tanpa dilakukannya penanggulangan banjir. Gambar 4. 3 menunjukkan potongan memanjang Sungai Wulan, dengan tinggi muka air mencapai elevasi tertinggi berada pada +5,16 meter. Kondisi penampang Sungai Wulan dibandingkan dengan kondisi topografi alam yang diperoleh dari data DEM serta tinggi elevasi muka air dapat dilihat pada Gambar 4. 4 sampai dengan Gambar 4. 34. Hasil ini menunjukkan bahwa penampang Sungai Wulan yang ada saat ini, jauh dari kata mampu dalam menampung debit maksimum yang pernah terjadi pada 2023 sebesar 441,55 m³/dt.



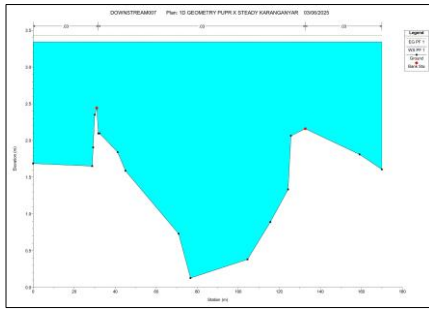
Gambar 4. 3 Simulasi Kondisi *Long - Section* Sungai Wulan Akibat Debit *Steady Flow* Menggunakan HEC-RAS
Sumber: Penulis



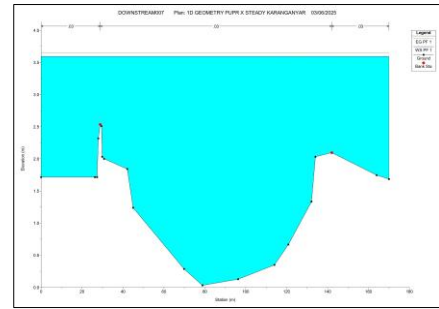
Gambar 4. 4 Cross - Section Sungai Wulan B.56+00



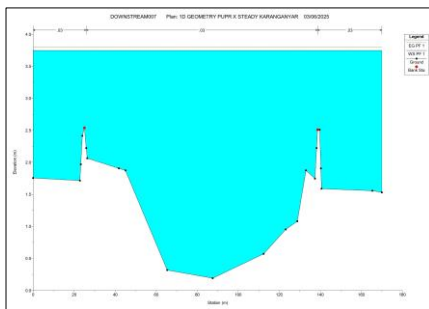
Gambar 4. 5 Cross - Section Sungai Wulan B.55+50



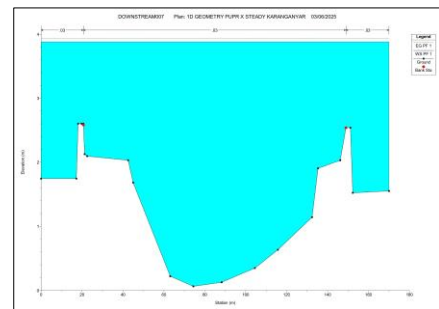
Gambar 4. 6 Cross - Section Sungai Wulan B.55+00



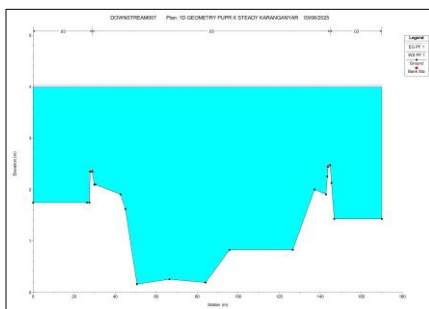
Gambar 4. 7 Cross - Section Sungai Wulan B.54+50



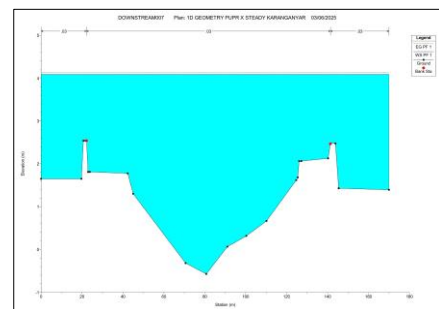
Gambar 4. 8 Cross - Section Sungai Wulan B.54+00



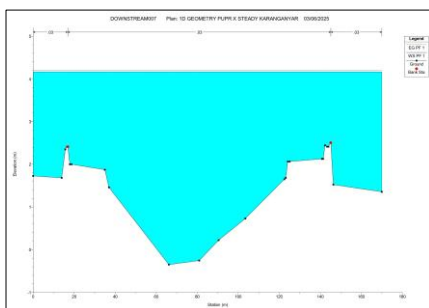
Gambar 4. 9 Cross - Section Sungai Wulan B.53+50



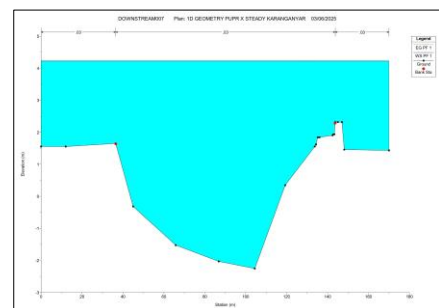
Gambar 4. 10 Cross - Section Sungai Wulan B.53+00



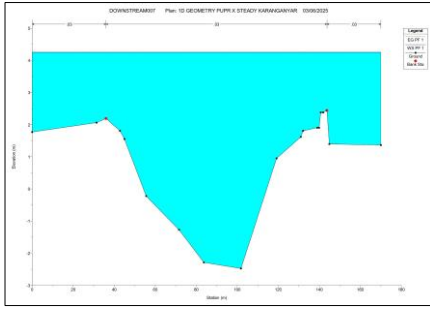
Gambar 4. 11 Cross - Section Sungai Wulan B.52+50



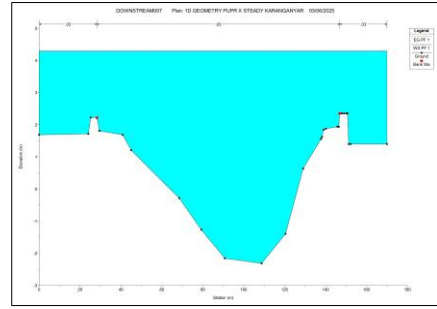
Gambar 4. 12 Cross - Section Sungai Wulan B.52+00



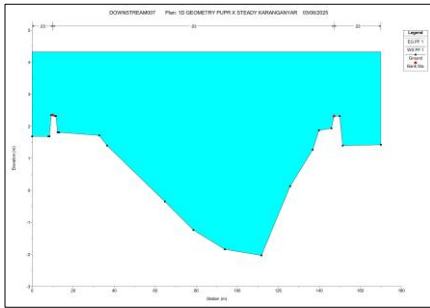
Gambar 4. 13 Cross - Section Sungai Wulan B.51+50



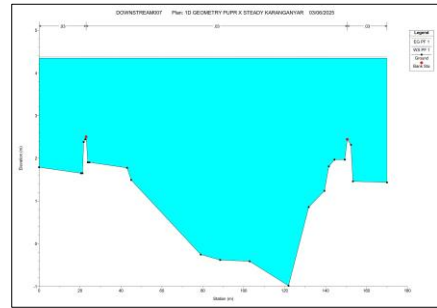
Gambar 4. 14 Cross - Section Sungai Wulan B.51+00



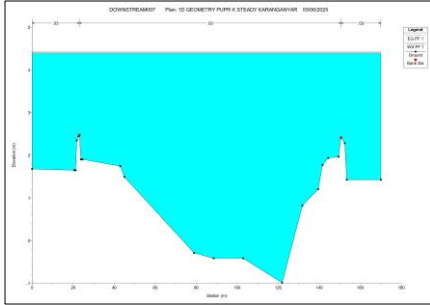
Gambar 4. 15 Cross - Section Sungai Wulan B.50+50



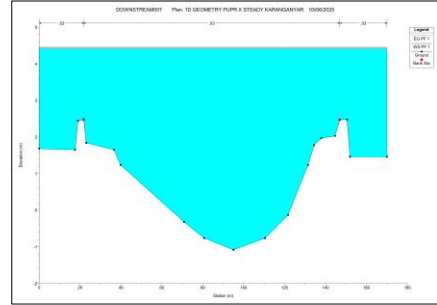
Gambar 4. 16 Cross - Section Sungai Wulan B.50+00



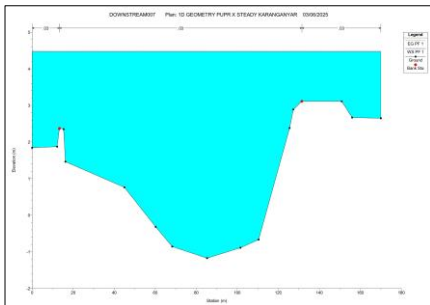
Gambar 4. 17 Cross - Section Sungai Wulan B.49+50



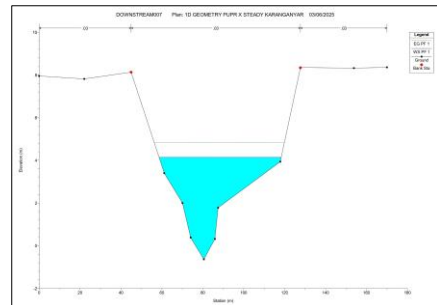
Gambar 4. 18 Cross - Section Sungai Wulan B.49+00



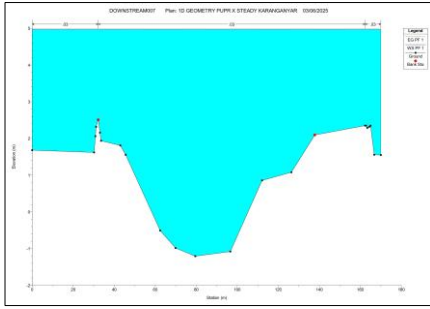
Gambar 4. 19 Cross - Section Sungai Wulan B.48+50



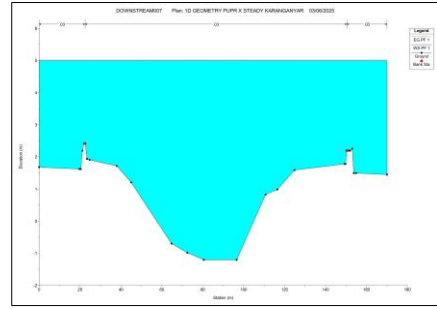
Gambar 4. 20 Cross - Section Sungai Wulan B.48+00



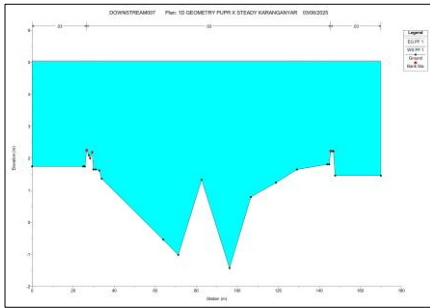
Gambar 4. 21 Cross - Section Sungai Wulan B.47+50



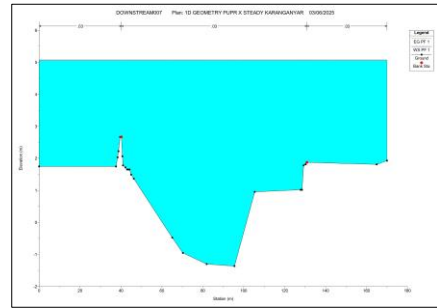
Gambar 4. 22 Cross - Section Sungai Wulan B.47+00



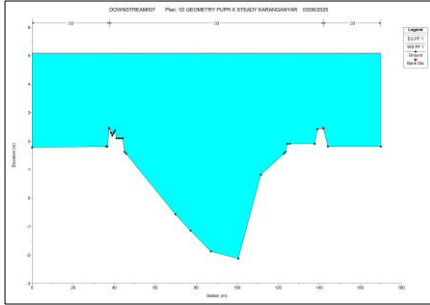
Gambar 4. 23 Cross - Section Sungai Wulan B.46+50



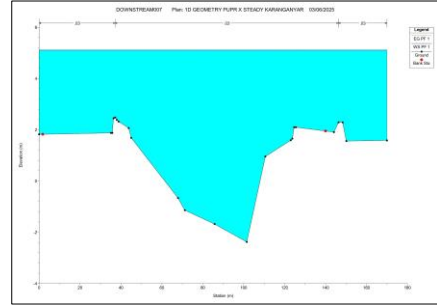
Gambar 4. 24 Cross - Section Sungai Wulan B.46+00



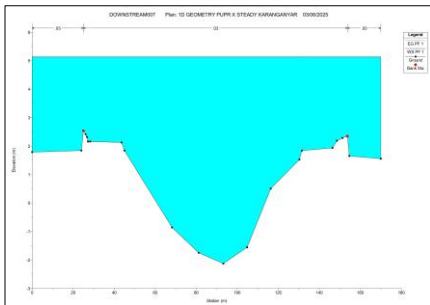
Gambar 4. 25 Cross - Section Sungai Wulan B.45+50



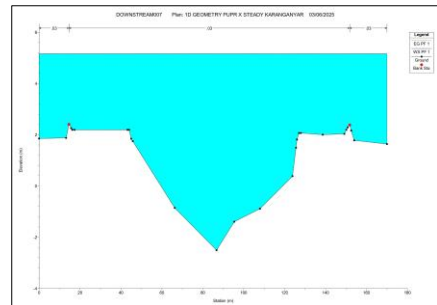
Gambar 4. 26 Cross - Section Sungai Wulan B.45+00



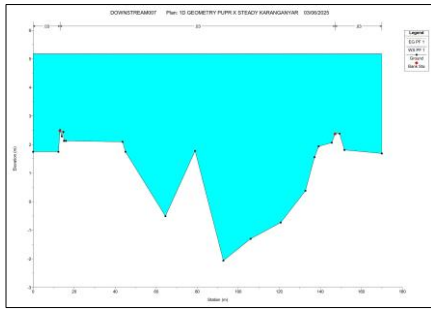
Gambar 4. 27 Cross - Section Sungai Wulan B.44+50



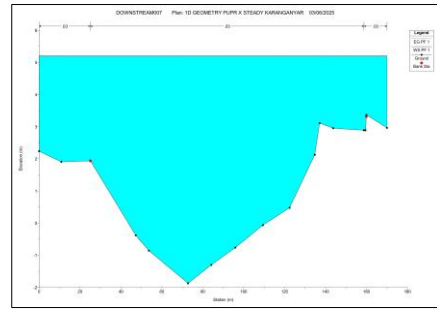
Gambar 4. 28 Cross - Section Sungai Wulan B.44+00



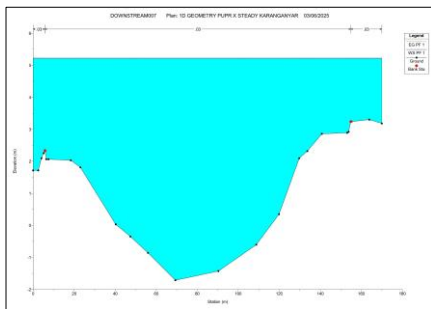
Gambar 4. 29 Cross - Section Sungai Wulan B.43+50



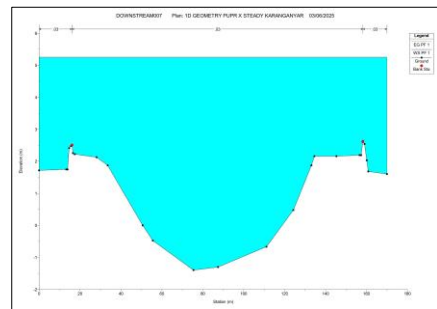
Gambar 4. 30 Cross - Section Sungai Wulan B.43+00



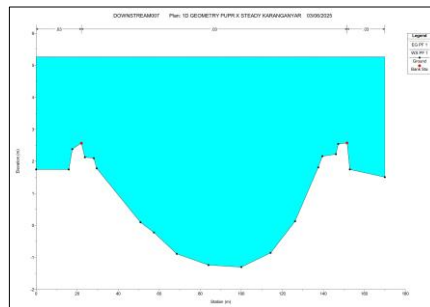
Gambar 4. 31 Cross - Section Sungai Wulan B.42+50



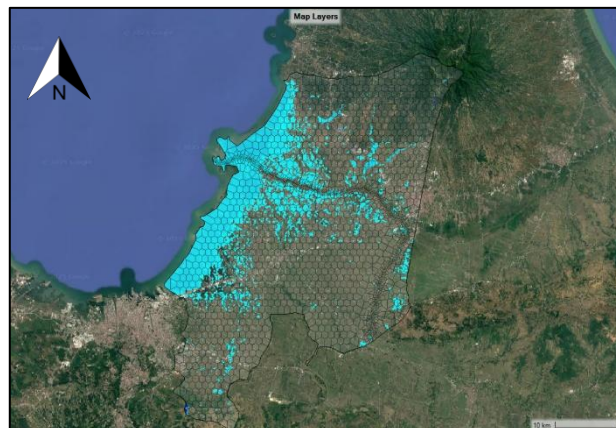
Gambar 4. 32 Cross - Section Sungai Wulan B.42+00



Gambar 4. 33 Cross - Section Sungai Wulan B.41+50



Gambar 4. 34 Cross - Section Sungai Wulan B.41+00
Sumber: Penulis



Gambar 4. 35 Kondisi Sebaran Banjir Akibat Luapan Sungai Wulan
Sumber: Penulis

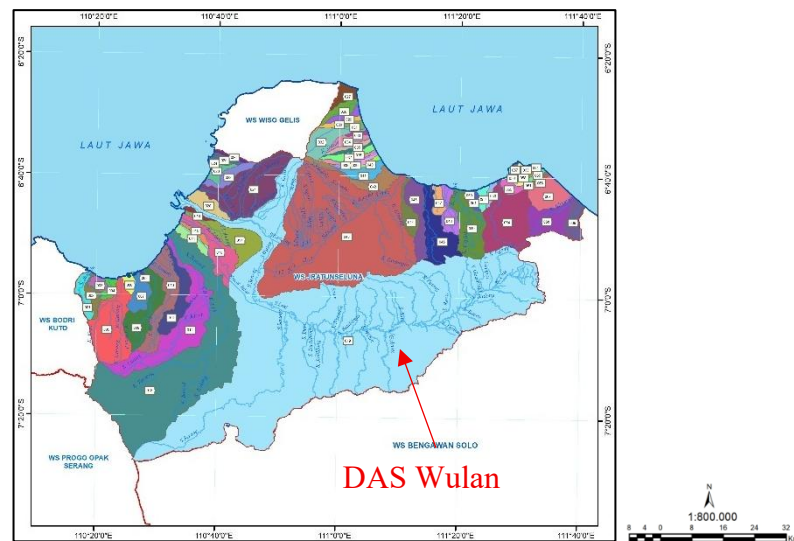
Melangkah lebih jauh, apabila mengacu pada data hujan selama periode 2000 – 2024 (25 tahun) yang disajikan Tabel 4. 4, sebaran banjir dapat disimulasikan menggunakan HEC-RAS 2D sehingga terlihat seperti pada Gambar 4. 35. Hasil simulasi menunjukkan terjadinya genangan air setinggi hingga 2,58 meter yang menggenang menuju arah Kabupaten Demak yang berada di sisi Selatan dan Utara Sungai Wulan, terutama pada daerah pesisir. Angka ini menegaskan bahwa Sungai Wulan tidak mampu mengalirkan debit ekstrem tahunan.

Dari evaluasi kondisi aktual Sungai Wulan yang dimulai dari peninjauan topografi sampai dengan simulasi debit ekstrem tahun 2023, upaya penanggulangan banjir menjadi sangat perlu untuk dilakukan supaya Kabupaten Demak terbebas dari musibah banjir yang merugikan.

4.3 Analisis Hidrologi dalam Penentuan Debit Banjir Rencana

4.3.1 Pemetaan Daerah Aliran Sungai

Pemetaan DAS merupakan salah satu poin dari karakteristik sungai yang perlu untuk diketahui. Proses ini memerlukan data DEM sebagai data utama, dengan titik tinjau diletakkan pada hilir Sungai Wulan. DAS Wulan pada Gambar 4. 36 yang merupakan publikasi RPSDA WS Jratunaseluna tahun 2016 adalah DAS Serang Lusi dan memiliki luas 4047,00 kilometer persegi dengan panjang aliran utama sebesar 189,47 kilometer.



Gambar 4. 36 Peta Daerah Aliran Sungai Wulan
Sumber: (RPSDA WS Jratunaseluna, 2016b)

4.3.2 Curah Hujan Rencana Periode Ulang 50 Tahun

Data hujan diambil melalui hasil perjalanan misi satelit GPM dan diakses melalui situs web Giovanni. Adapun perhitungan curah hujan diambil sekurang - kurangnya 10 tahun terakhir (Badan Standardisasi Nasional, 2015), sehingga diambil data curah hujan selama 25 tahun, dimulai dari 1 Januari 2000 sampai dengan 30 November 2024 (Lampiran IV halaman 93). Tabel 4. 4 menunjukkan rekapitulasi data curah hujan maksimal tahunan. Data curah hujan tersebut perlu melalui proses analisis frekuensi.

Sungai Wulan memiliki luas DAS 4047 kilometer persegi, setara 4047.000 hektar, dan nilai ini melebihi (>) 500 hektar. Mengacu pada yang Tabel 4. 3 yang bersumber pada Lampiran II Permen PU No.12/PRT/M/2014, nilai periode ulang yang disarankan untuk digunakan adalah

10 – 25 tahun dikarenakan Kabupaten Demak terintegrasi dalam Kedungsepur, yakni Wilayah Metropolitan Semarang. Dalam perencanaan ini, periode ulang yang akan digunakan adalah 50 tahun. Dengan demikian, diharapkan perencanaan yang dilakukan memberikan keamanan lebih.

Tabel 4. 3 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

Sumber: (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, 2014)

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	<10	10 – 100	101 – 500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th	10 – 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 – 5 Th

Tabel 4. 4 Nilai Curah Hujan Maksimum Tahunan Periode Tahun 2000 – 2024

Sumber: Diolah dari (Precipitation Processing System (PPS) At NASA GSFC, 2023)

Urutan Berdasarkan Tahun		Urutan Berdasarkan Nilai R Terbesar		
Tahun	Rmaks	Tahun	Rmaks	Log R
2000	65,60	2006	103,75	2,016
2001	73,98	2007	99,92	2,000
2002	67,60	2008	92,60	1,967
2003	50,57	2016	76,61	1,884
2004	75,80	2004	75,80	1,880
2005	60,64	2001	73,98	1,869
2006	103,75	2024	67,90	1,832
2007	99,92	2002	67,60	1,830
2008	92,60	2013	66,72	1,824
2009	51,76	2020	65,69	1,817
2010	64,33	2000	65,60	1,817
2011	62,83	2010	64,33	1,808
2012	53,22	2011	62,83	1,798
2013	66,72	2022	61,66	1,790
2014	51,26	2005	60,64	1,783
2015	59,07	2017	60,42	1,781
2016	76,61	2015	59,07	1,771
2017	60,42	2021	56,46	1,752
2018	51,95	2012	53,22	1,726
2019	41,13	2018	51,95	1,716
2020	65,69	2009	51,76	1,714
2021	56,46	2014	51,26	1,710
2022	61,66	2003	50,57	1,704
2023	48,12	2023	48,12	1,682
2024	67,90	2019	41,13	1,614

A. Analisis Frekuensi Curah Hujan

1. Perhitungan Parameter Statistik

i. Mean, $\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$ dengan $n = 25$... (persamaan 2.5)

$$= \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_{25}}{25}$$

$$= \frac{1629,61}{25}$$

$$\bar{X} = 65,18 \text{ mm}$$

ii. Standar Deviasi, $S_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$... (persamaan 2.6)

$$= \sqrt{\frac{1}{n-1} \times [(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_{25} - \bar{X})^2]}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{25-1} \times 5733,53}$$

$$S_d = 15,46 \text{ mm}$$

iii. Koefisien Skewness, $C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$... (persamaan 2.7)

$$= \frac{25[(x_1 - \bar{X})^3 + (x_2 - \bar{X})^3 + \dots + (x_{25} - \bar{X})^3]}{(25-1)(25-2)S_d^3}$$

$$= \frac{25 \times 91108,15}{(24)(23) \times 15,46^3}$$

$$C_s = 1,12$$

iv. Koefisien Kurtosis, $C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4}{S_d^4}$... (persamaan 2.8)

$$= \frac{\frac{1}{25} \times [(x_1 - \bar{X})^4 + (x_2 - \bar{X})^4 + \dots + (x_{25} - \bar{X})^4]}{S_d^4}$$

$$= \frac{\frac{1}{25} \times 4864582,92}{15,46^4}$$

$$C_k = 3,41$$

2. Persyaratan Jenis Sebaran

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Persyaratan Jenis Sebaran

No.	Jenis Sebaran	Syarat
1.	Normal	$C_s \approx 0$ [Tidak Memenuhi] $C_k \approx 3$ [Menuhi]
2.	Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ [Memenuhi] $C_k \leq 5,4002$ [Memenuhi]
3.	Log Pearson Tipe III	$C_s \neq 0$ [Memenuhi]

3. Persyaratan Jenis Sebaran

Tabel 4. 5, jenis sebaran yang dapat digunakan adalah Metode Gumbel dan Metode Log Pearson Tipe III.

B. Analisis Distribusi Frekuensi

Data curah hujan yang diperoleh sebelumnya akan digunakan sebagai prediksi curah hujan dengan periode ulang 50 tahun.

1. Metode Gumbel

- | | | |
|----------------------------------|--|---------------------------------|
| i. Periode ulang, | $T_r = 50$ tahun | |
| ii. Reduced mean, | $Y_n = 0,531$ | lihat Tabel 2. 6 untuk $N = 25$ |
| iii. Reduced standard deviation, | $S_n = 1,092$ | lihat Tabel 2. 7 untuk $N = 25$ |
| iv. Reduced variate, | $Y_T = - \left[\ln. \ln \frac{T}{T-1} \right]$
$= - \left[\ln. \ln \frac{50}{50-1} \right]$
$= 3,90$ | ...(persamaan 2.10) |
| v. Standar variabel, | $K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$
$= \frac{3,90 - 0,531}{1,092}$
$K_T = 3,08$ | ...(persamaan 2.11) |
| vi. Curah hujan rencana, | $X_{50} = \bar{x} + K_T \cdot S_d$
$= 65,18 + 3,0815,46$
$X_{50} = 112,92$ mm | ...(persamaan 2.12) |

2. Metode Log Pearson Tipe III

- | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| i. Periode ulang, | $T_r = 50$ tahun | |
| ii. Log rata – rata curah hujan, | $\text{Log } \bar{x} = 1,803$ mm | |
| iii. Log standar deviasi, | $S_{d \log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log (x_i) - \log (\bar{X}))^2}$
$= \sqrt{\frac{1}{25-1} \sum_{i=1}^{25} (\log (x_i) - 1,803)^2}$
$S_{d \log} = 0,097$ mm | |
| iv. Koefisien Log Pearson, | $K_{Tr} = 2,32$ | lihat Tabel 2. 8 untuk $C_s=0,52$ |
| v. Log curah hujan rencana, | $\text{Log } (Y) = \text{Log}(\bar{X}) + k \cdot S_{d \log}$... (persamaan 2.13)
$= 1,803 + 2,32 \times 0,097$
$\text{Log } (Y) = 2,02$ | |
| vi. Curah hujan, | $X_{50} = 10^{\text{Log}(Y)}$... (persamaan 2.14)
$= 10^{2,02}$
$X_{50} = 106,69$ mm | |

C. Pengujian Kesesuaian Distribusi Frekuensi

1. Uji Chi – Square, untuk Metode Gumbel sebagai contoh perhitungan

- | | | |
|------------------------|--|---|
| i. Jumlah data, | $N = 25$ | |
| ii. Jumlah kelas, | $K = 1 + 3,322 \log n$
$= 1 + 3,322 \log (25)$
$K = 5,5 \approx 5$ | |
| iii. Parameter uji, | $P = 2$ | (nilai rata – rata dan standar deviasi) |
| iv. Derajat kebebasan, | $DK = K - (P - 1)$ | |

		$= 5 - (2 - 1)$				
	DK	$= 2$				
v. Nilai yang diharapkan,	E_j	$= \frac{n}{K}$				
		$= \frac{25}{5}$				
	E_j	$= 5$				
vi. Nilai yang diamati,	$O_{j1},$	$= 3$	0,00	–	50,93	mm
	$O_{j2},$	$= 5$	50,93	–	67,18	mm
	$O_{j3},$	$= 9$	67,18	–	70,00	mm
	$O_{j4},$	$= 3$	70,00	mm	$\leq$	
vii. Nilai kritis hitung,	$X^2 Cr$	$= \sum \frac{(E_j - O_j)^2}{E_j}$				
		$= \frac{(5 - O_{j1})^2 + (5 - O_{j2})^2 + \dots + (5 - O_{j5})^2}{5}$				
	$X^2 Cr$	$= 4,20$				
viii. Nilai kritis tabel,	$X^2 Cr'$	$= 5,99$			tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$	
	$X^2 Cr'$	$= 9,21$			tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$	

2. Uji Smirnov – Kolmogorov, untuk Metode Gumbel sebagai contoh perhitungan

i. Jumlah data,	N	$= 25$				
ii. Probabilitas kumulatif empiris, $Pe[R]$	$= \frac{n}{N+1}$				...(persamaan 2.19)	
– diambil contoh hasil maks., $Pe[R_7]$	$= \frac{7}{25+1}$					
	$Pe[R_7]$	$= 0,269$				
iii. Jumlah kelas,	K	$= \frac{X_i - \bar{x}}{S_d}$			...(persamaan 2.20)	
		$= \frac{67,90 - 65,18}{15,46}$				
		$= 0,18$				
iv. Distribusi normal,	Z	$= 0,570$				
v. Probabilitas kumulatif teoritis, $Pt[R]$	$= 1 - Z$					
	$Pt[R_7]$	$= 1 - 0,570$				
	$Pt[R_7]$	$= 0,430$				
vi. Nilai kritis hitung,	Δ	$= Pe[R] - Pt[R] $			...(persamaan 2.21)	
		$= 0,269 - 0,430 $				
	Δ	$= 1,61$				
vii. Nilai kritis tabel,	Δ	$= 0,24$			tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$	
	Δ	$= 0,29$			tingkat signifikansi $\alpha = 1\%$	

3. Rekapitulasi dan penentuan curah hujan rencana periode ulang 50 tahun yang digunakan

Dalam proses perencanaan, digunakan nilai ekstrem dari antara metode yang digunakan. Hal ini diharap menghasilkan perencanaan yang mampu mengalirkan debit paling ekstrem juga.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Nilai dan Hasil Uji Curah Hujan Rencana

Metode	Nilai	Uji Chi – Square	Uji Smirnov - Kolmogorov
Gumbel	112,92 mm	Lolos	Lolos

Metode	Nilai	Uji Chi – Square	Uji Smirnov - Kolmogorov
Log Pearson Tipe III	106,69 mm	Lolos	Lolos

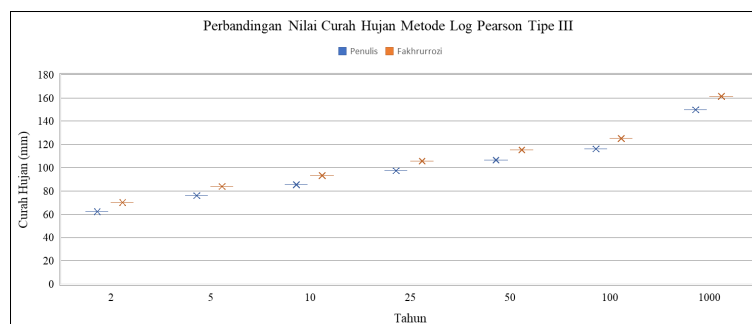
Oleh sebab itu, berdasarkan rekapitulasi perhitungan curah hujan rencana periode ulang 50 dengan Metode Gumbel dan Metode Log Pearson Tipe III tahun yang disajikan pada Tabel 4. 6, digunakan hasil dari Metode Gumbel sebesar $R_{50} = 112,92$ mm.

D. Kalibrasi Data

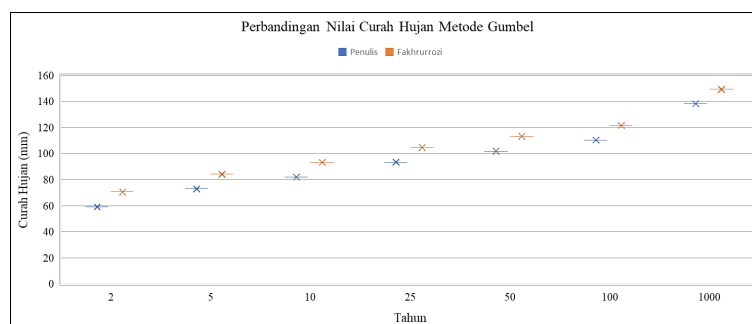
Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan data curah hujan kawasan dikalibrasi dengan hasil perhitungan curah hujan rencana dengan data curah hujan dari stasiun hujan yang dilakukan pada jurnal lain. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah data curah hujan kawasan dari Giovanni memiliki hasil yang kredibel. Untuk itu, dilakukan perhitungan pada poin B dengan variasi periode ulang (T) yang berbeda. Hasil perbandingan disajikan pada Tabel 4. 7.

Tabel 4. 7 Perbandingan Pengolahan Data Hujan Satelit dan Stasiun

Periode Ulang	Penulis (Fakhrurrozi dkk., 2025)			
	Log Pearson III	Gumbel	Log Pearson III	Gumbel
2	62.38	59.14	70.09	70.52
5	76.12	72.84	83.82	84.17
10	85.44	81.91	93.30	93.21
25	97.49	93.38	105.71	104.63
50	112.92	106.69	115.30	113.10
100	116.10	110.32	125.20	121.51
1000	149.70	138.21	161.27	149.29



Gambar 4. 37 Grafik Perbandingan Hasil Nilai Curah Hujan Periode Ulang dengan Metode Log Pearson Tipe III antara Satelit Hujan dengan Stasiun Hujan



Gambar 4. 38 Grafik Perbandingan Hasil Nilai Curah Hujan Periode Ulang dengan Metode Gumbel antara Satelit Hujan dengan Stasiun Hujan

Perbandingan tersebut kemudian disajikan secara grafis seperti terlihat pada Gambar 4. 37 untuk metode Log Pearson Tipe III dan Gambar 4. 38 untuk metode Gumbel.

E. Lembar Perhitungan

Terlampir pada halaman 93.

4.3.3 Debit Banjir Rencana Periode Ulang 50 Tahun Metode Nakayasu

Debit rencana menggunakan periode ulang 50 tahun. Berdasarkan Tabel 4. 8 yang bersumber pada Permen PUPR No.28/PRT/M/2015, Kabupaten Demak yang merupakan Ibukota Kabupaten/Kota mengharuskan penggunaan debit rencana dengan periode ulang 10 – 20 tahun. Namun, dengan alasan seperti yang telah disebutkan pada sub – bab 4.3.2, maka digunakan periode ulang 50 tahun.

Tabel 4. 8 Kategori Debit Rencana Infrastruktur Pengendalian Banjir
Sumber: (Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015)

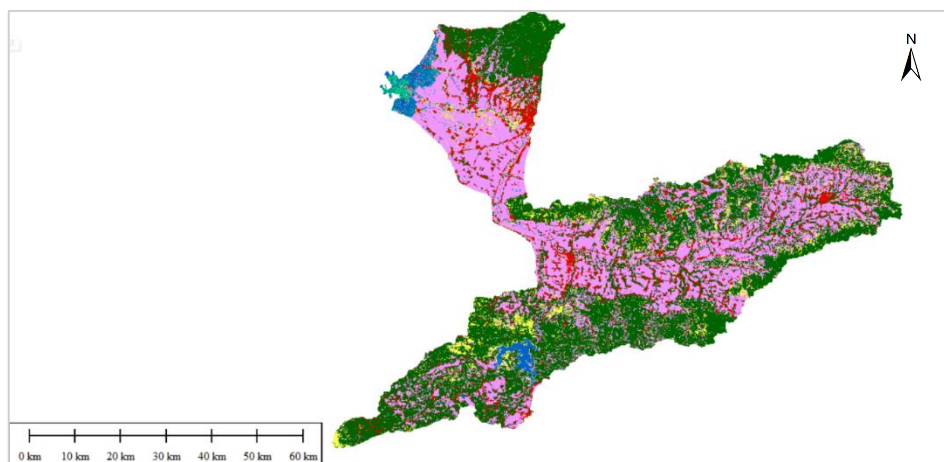
Kategori	Debit Rencana
Ibukota Kabupaten/Kota	$Q_{10} - Q_{20}$
Ibukota Provinsi	$Q_{20} - Q_{50}$
Ibukota Negara/Metropolitan	$Q_{50} - Q_{100}$

A. Analisis Parameter DAS

Beberapa parameter sungai yang diketahui antara lain,

1. Panjang sungai, $L = 189,47 \text{ km}$
2. Luas DAS, $A = 4047,00 \text{ km}^2$
3. Curah hujan, $R_{50} = 112,92 \text{ mm}$
4. Kemiringan sungai, $S = \frac{3000 \text{ m}}{189,47 \text{ km}} = 15,83 \frac{\text{m}}{\text{km}}$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan koefisien aliran permukaan (C) dengan menghubungkan peta DAS pada Gambar 4. 36 dengan peta tutupan lahan pada Gambar 4. 2. Hasil yang diharapkan melalui langkah ini adalah ditemukannya persentase dari tiap jenis tutupan lahan, sehingga dapat dikalikan dengan nilai koefisiennya dan didapatkan nilai koefisien gabungan / rata – rata pada DAS Wulan.



Gambar 4. 39 Tutupan Lahan DAS Wulan
Sumber: Penulis

1. Perhitungan Nilai Koefisien Limpasan (C)

Tabel 4. 9 menunjukkan persentase tutupan lahan berdasarkan kategorinya, yang ditinjau melalui Gambar 4. 39, yang kemudian dikalikan dengan nilai koefisien seperti pada Tabel 2. 3, sehingga dapat diperoleh nilai koefisien gabungan.

Tabel 4. 9 Nilai Koefisien Limpasan Gabungan DAS Wulan

Kategori	C	Proporsi	% C
Cropped land	0,40	53%	0,106
Range land	0,10	13%	0,013
Homestead; Built	0,30	18%	0,054
Forest land	0,35	16%	0,056
C Pakai			0,20

Maka, nilai koefisien limpasan yang digunakan untuk proses perencanaan adalah sebesar 0,20

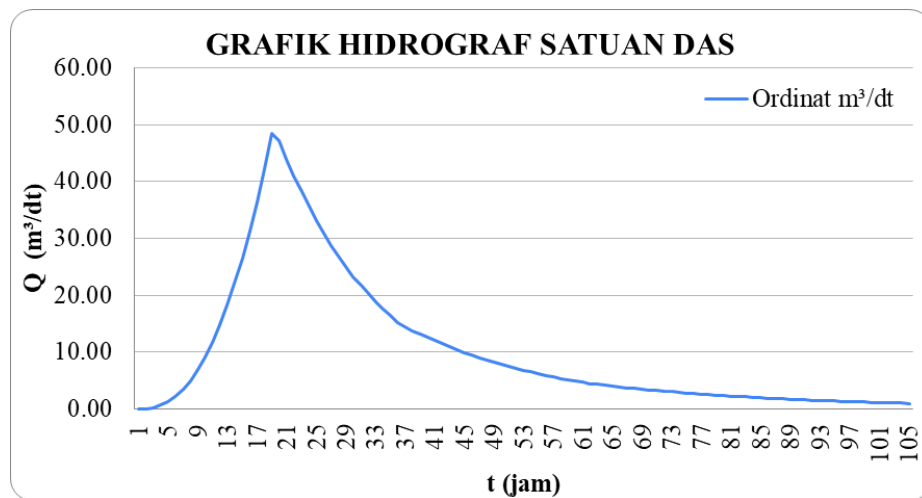
2. Perhitungan Parameter Waktu

$$\begin{aligned}
 i. \quad \text{Durasi hujan,} \quad t_c &= 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,365} \quad \dots(\text{persamaan 2.3}) \\
 &= 0,0195 \times 189,47^{0,77} \times 15,83^{-0,365} \\
 t_c &\approx 19 \text{ jam} \\
 ii. \quad \text{Waktu tunda,} \quad t_g &= 0,40 + 0,058L \quad \dots(\text{persamaan 2.28}) \\
 &= 0,40 + 0,058(189,47) \\
 t_g &= 11,39 \text{ jam} \\
 iii. \quad \text{Durasi hujan efektif,} \quad t_r &= 0,75 \times t_g \quad \dots(\text{persamaan 2.36}) \\
 &= 0,75 \times 11,39 \\
 t_r &= 8,54 \text{ jam} \\
 iv. \quad \text{Waktu puncak,} \quad T_p &= t_g + 0,8t_r \quad \dots(\text{persamaan 2.25}) \\
 &= 11,39 + 0,8 \times 8,54 \\
 &= 18,22 \text{ jam} \\
 v. \quad \text{Konstanta pengaliran,} \quad \alpha &= \frac{0,47(A.L)^{0,25}}{t_g} \quad \dots(\text{persamaan 2.35}) \\
 &= \frac{0,47(4047 \times 189,47)^{0,25}}{11,39} \\
 \alpha &= 1,22 \\
 \alpha &\approx 1,5 \\
 vi. \quad \text{Waktu resesi,} \quad T_{0,3} &= \alpha \times t_g \quad \dots(\text{persamaan 2.26}) \\
 &= 1,5 \times 11,39 \\
 T_{0,3} &= 17,08 \text{ jam} \\
 vii. \quad T_p + T_{0,3} &= 18,22 + 17,08 = 35,31 \text{ jam} \\
 T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} &= 18,22 + 2,5(17,08) = 60,93 \text{ jam} \\
 viii. \quad \text{Debit puncak,} \quad Q_p &= \frac{A \times R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \\
 &= \frac{4047 \times 112,92}{3,6(0,3 \times 18,22 + 17,08)} \\
 Q_p &= 49,85 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

B. Analisis Ordinat Hidrograf (U)

- i. $Q_a = Q_P \left[\frac{t}{T_P} \right]^{2,4}$ pada, $0 \leq t < 18,22$
- ii. $Q_d = Q_P \times 0,3 \left(\frac{t-T_P}{T_{0,3}} \right)$ pada, $18,22 \leq t < 35,31$
- iii. $Q_d = Q_P \times 0,3 \left[\frac{(t-T_P)+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right]$ pada, $35,31 \leq t < 60,93$
- iv. $Q_d = Q_P \times 0,3 \left[\frac{(t-t_p)+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right]$ pada, $t \geq 60,93$

Dari perhitungan ordinat hidrograf dengan ketentuan yang telah dijabarkan , didapatkan grafik hidrograf satuan DAS Wulan seperti pada Gambar 4. 40.

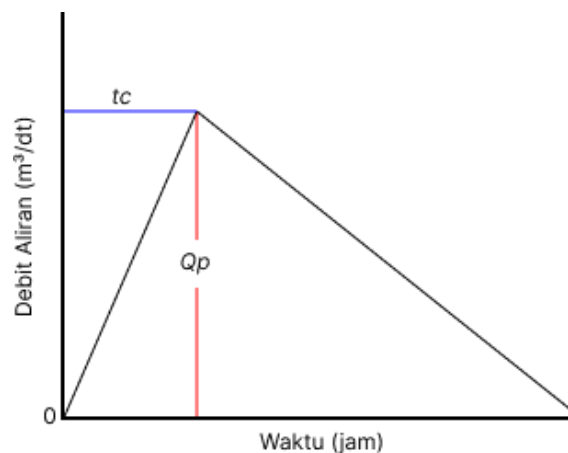


Gambar 4. 40 Grafik Hidrograf Satuan DAS
Sumber: Penulis

C. Analisis Debit Banjir Kala Ulang

1. Perhitungan Distribusi Hujan Jam – Jam-an

Sub-bab 2.7.2 pada halaman 10 menjelaskan bahwasanya dalam perhitungan debit banjir rencana, kita dapat menggunakan nilai t_c sebagai t pada perumusan intensitas hujan. Perhatikan Gambar 4. 41 sebagai ilustrasi sederhana suatu hidrograf banjir.



Gambar 4. 41 Ilustrasi Ketercapaian Debit Puncak

Penggunaan t_c memproyeksikan bahwa setelah jam ke – t_c tercapai, nilai debit yang mengalir akan berada pada nilai puncak. Namun, berapa pengaruh hujan pada setiap jamnya perlu diketahui. Alhasil, didapatkan besarnya pengaruh hujan pada jam pertama sampai dengan jam selama nilai t_c tercapai melalui distribusi hujan jam – jam-an.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots(\text{persamaan 2.2})$$

$$R_T = \frac{R_{24}}{t_c} \left(\frac{t_c}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \dots(\text{substitusi dengan } t_c)$$

$$\text{Jam ke -1,} \quad R_1 = \frac{R_{24}}{19} \left(\frac{19}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,375 R_{24}$$

...

$$\text{Jam ke-19,} \quad R_{19} = \frac{R_{24}}{19} \left(\frac{19}{19} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,053 R_{24}$$

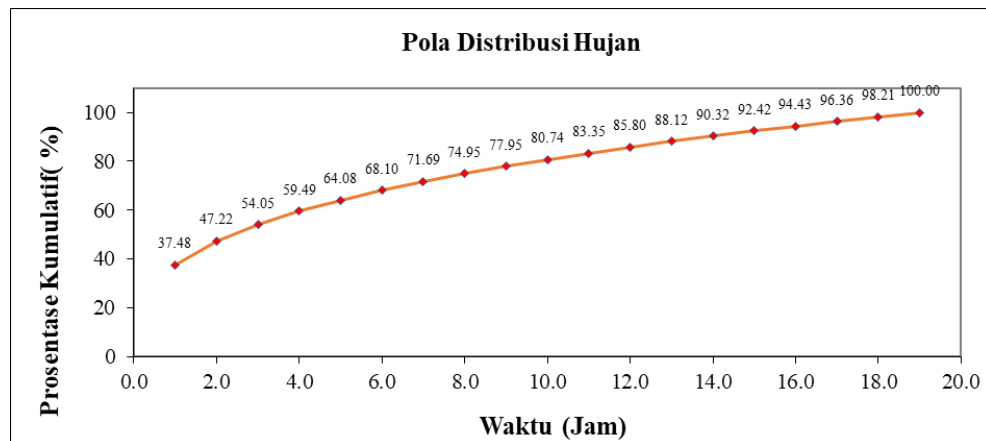
2. Perhitungan Nilai Nisbah

$$\begin{aligned} \text{i. Curah hujan } \textit{netto}, \quad R_n &= R_{50} \times C \\ &= 112,92 \times 0,2 \\ R_n &= 22,58 \text{ mm} \\ \text{ii. Rasio,} \quad \%R_i &= R_T \times 100\% \\ \%R_1 &= 0,375 \times 100\% \\ \%R_1 &= 37,5\% \\ &\dots \\ \%R_{19} &= 0,053 \times 100\% \\ \%R_{19} &= 5,3\% \quad \dots(\text{lihat Gambar 4. 42}) \\ \text{iii. Nisbah,} \quad \%N_i &= \%R \times R_n \\ \%N_2 &= 37,5\% \times 22,58 \\ \%N_2 &= 8,46\% \\ &\dots \\ \%N_{19} &= 5,3\% \times 22,58 \\ \%N_{19} &= 0,40\% \quad \dots(\text{lihat Tabel 4. 10}) \end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Distribusi Hujan Jam - Jam-an dan Nilai Nisbah

Jam ke-	Curah Hujan	Rasio (%)	Kumulatif (%)	Nisbah (%)
1,000	0,375 R ₂₄	37,48	37,48	8,464
2,000	0,097 R ₂₄	9,74	47,22	2,200
3,000	0,068 R ₂₄	6,83	54,05	1,543
4,000	0,054 R ₂₄	5,44	59,49	1,228
5,000	0,046 R ₂₄	4,59	64,08	1,037
6,000	0,040 R ₂₄	4,02	68,10	0,907
7,000	0,036 R ₂₄	3,59	71,69	0,811
8,000	0,033 R ₂₄	3,26	74,95	0,737
9,000	0,030 R ₂₄	3,00	77,95	0,678
10,000	0,028 R ₂₄	2,79	80,74	0,629
11,000	0,026 R ₂₄	2,61	83,35	0,589
12,000	0,025 R ₂₄	2,45	85,80	0,554
13,000	0,023 R ₂₄	2,32	88,12	0,524

Jam ke-	Curah Hujan	Rasio (%)	Kumulatif (%)	Nisbah (%)
14,000	0,022 R24	2,20	90,32	0,498
15,000	0,021 R24	2,10	92,42	0,475
16,000	0,020 R24	2,01	94,43	0,454
17,000	0,019 R24	1,93	96,36	0,435
18,000	0,019 R24	1,85	98,21	0,419
19,000	0,018 R24	1,79	100,00	0,403



Gambar 4. 42 Grafik Pola Distribusi Hujan
Sumber: Penulis

Distribusi hujan di Indonesia menggunakan angka pada kisaran 3 – 6 jam, contohnya sebuah penelitian pada Sungai Babon di Semarang yang menggunakan 6 jam (Fakhrurrozi dkk., 2025). Penggunaan t_c sebagai lamanya distribusi hujan pernah dilakukan pada sebuah penelitian di Sungai Bogel. Dengan sungai utama sepanjang 15,42 km, didapatkan nilai t_c pada Sungai Bogel sebesar 4,11 jam (Putra, 2016).

Angka 19 jam yang didapat pada penelitian ini dirasa tidak umum, terlebih lagi apabila kita membayangkan terjadi hujan selama 19 jam pada suatu daerah tertentu. Hujan selama itu jarang terjadi di Indonesia. Namun, apabila kita melihat pada Tabel 4. 10, setelah jam ke – 4, proporsi hujan terbilang kecil, yakni di bawah 5% dan menandakan bahwa hujan yang terjadi setelah jam tersebut tidak memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap aliran permukaan yang terjadi. Selain itu, jika kita lihat persamaan 2.3 yang menyebutkan bahwa $t_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$, variabel L (panjang sungai utama) menjadi variabel yang berbanding lurus dengan nilai t_c . Artinya, menjadi sebuah kewajaran apabila terdapat perbedaan hasil yang signifikan pada penelitian ini (19 jam) dengan penelitian yang dilakukan pada Sungai Bogel (4 jam). Panjang sungai utama Sungai Wulan yang digunakan adalah 189,47 km, 12 kali lebih besar dari panjang sungai utama Sungai Bogel yang digunakan pada penelitian tersebut.

3. Perhitungan Debit Banjir

- Aliran dasar,

$$Q_B = 0,4715 \times A^{0,644} \times D^{0,943} \dots (\text{persamaan 2.36})$$

$$= 0,4715 \times 4047^{0,644} \times \left(\frac{189,47}{4047}\right)^{0,943}$$

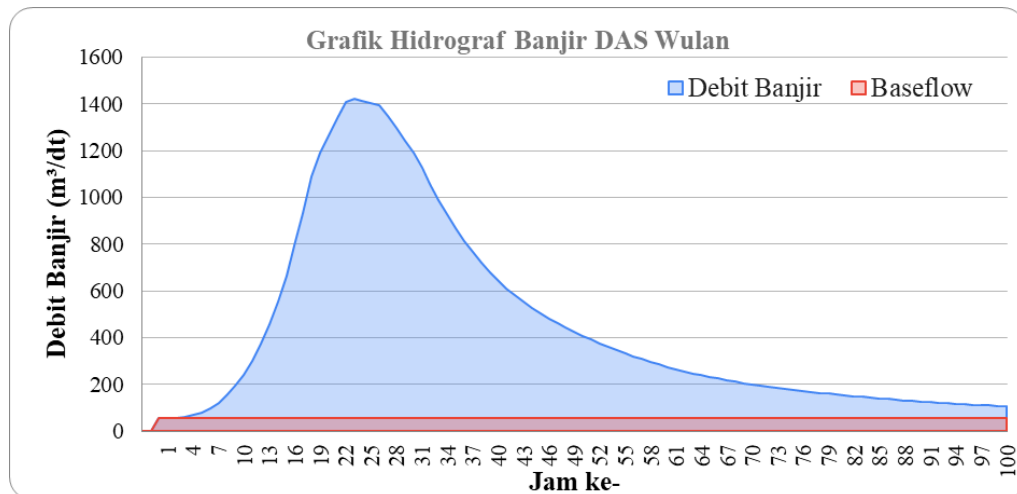
$$Q_B = 56,52 \text{ m}^3/\text{dt}$$
- Debit akibat hujan netto,

$$Q_n = \%N \times U$$

(dihitung tiap U terhadap tiap $\%N$)

iii. Debit banjir kala ulang, $Q_{50} = Q_n + \sum \%N \times U$

Maka grafik hidrograf banjir untuk DAS Wulan dengan kala ulang 50 tahun didapatkan seperti pada Gambar 4. 43. Debit banjir maksimum berada pada nilai 1422,67 m³/dt. Selanjutnya, hidrograf tersebut akan dijadikan sebagai *input* pada simulasi HEC-RAS. Selain itu, angka debit puncak tersebut dijadikan acuan dalam menentukan *preliminary – design*.



Gambar 4. 43 Grafik Hidrograf Banjir DAS Wulan Kala Ulang 50 Tahun

Sumber: (Penulis)

Penelusuran lebih lanjut telah dilakukan dengan mengganti lama distribusi hujan yang terjadi dengan beberapa angka yang konvensional, kemudian dengan angka yang melebihi nilai t_c , dan disajikan pada Tabel 4. 11. Dari tabel tersebut, ternyata benar bahwa nilai debit puncak akan bernilai paling ekstrem apabila mengacu pada nilai t_c .

Tabel 4. 11 Nilai Debit Puncak Terhadap Variasi Nilai Distribusi Jam yang Digunakan

Distribusi Jam yang Digunakan	Debit Puncak (m ³ /dt)
1	104,92
2	972,50
3	1039,71
4	1063,58
5	1064,71
6	1055,65
19	1422,67
20	1383,28
21	1349,84

D. Lembar Perhitungan

Terlampir pada halaman 113.

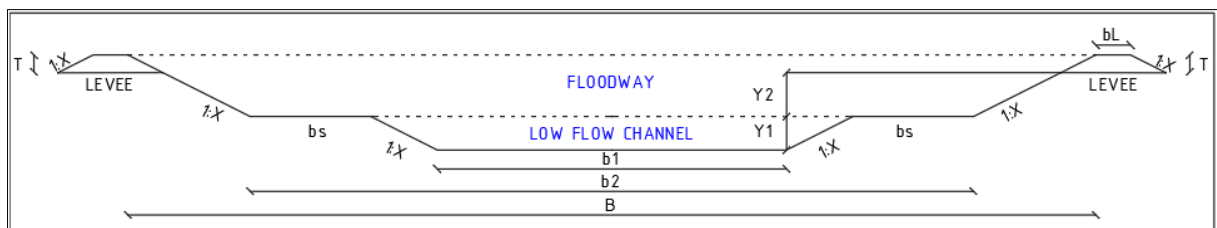
4.4 Analisis Hidrolika dan Perencanaan Penanggulangan Banjir Rencana

Setelah mendapatkan hidrograf banjir rencana, simulasi penanggulangan dapat dilakukan, Adapun sub – bab 3.2.4 pada halaman 30 menjabarkan langkah pengerjaan analisis hidrolika

menggunakan HEC-RAS. Penanggulangan banjir dilakukan dengan cara *channel modification* atau perbaikan penampang sungai. Maka dari itu, untuk dapat memasukkan bentuk penampang yang tepat dalam HEC-RAS, dilakukan perhitungan *preliminary design* dengan bentuk penampang berupa trapesium bertingkat seperti pada Gambar 4. 44. Untuk mengantisipasi pasang setinggi 1,6 meter, dilakukan penambahan tanggul yang mengacu pada Tabel 4. 12.

Tabel 4. 12 Tipe dan Kriteria Detail Desain Infrastruktur Pengendali Banjir
Sumber: (Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020)

Tipe	Kriteria
Detail Potongan Melintang	Lebar Puncak Tanggul Minimum untuk Tanggul Urugan Tanah
	$q \leq 500 \text{ m}^3/\text{dt}$ Lebar tanggul 3,00 m
	$500 \text{ m}^3/\text{dt} < q < 2000 \text{ m}^3/\text{dt}$ Lebar tanggul 4,00 m
	$q \geq 2000 \text{ m}^3/\text{dt}$ Lebar tanggul 5,00 m
	Lebar yang lebih besar mungkin dibutuhkan untuk lalu lintas lokal, kendaraan inspeksi atau untuk operasi dan pemeliharaan
	Tinggi Jagaan Minimum untuk Tanggul Urugan Tanah
	$q \leq 200 \text{ m}^3/\text{dt}$ Tinggi jagaan 0,50 m
	$200 \text{ m}^3/\text{dt} < q < 500 \text{ m}^3/\text{dt}$ Tinggi jagaan 0,80 m
	$500 \text{ m}^3/\text{dt} < q < 2000 \text{ m}^3/\text{dt}$ Tinggi jagaan 1,00 m
	$q \geq 2000 \text{ m}^3/\text{dt}$ Tinggi jagaan 1,20 m
Pertimbangan Khusus	Kemiringan lerang tanggul minimum harus sebesar 1V:2H. Lereng yang lebih datar mungkin dibutuhkan berdasarkan kondisi tanah aktual dan hasil dari perhitungan stabilitas
	Lereng tanggul harus dilindungi terhadap erosi dengan vegetasi, penanaman semak atau menggunakan pelindung (misal: batu riprap) tergantung pada kondisi tanah dan lokasi
	Perlindungan tambahan harus diberikan pada tanggul yang berlokasi pada area kritis yang mana beresiko pada kehidupan atau properti dimana kegagalan tanggul sangat sering terjadi, atau dimana ketinggian tanggul sangatlah tinggi (misal > 3,5 meter).
	Perlindungan ini harus termasuk:
	Tambahan jagaan 0,3 meter sepanjang jangkauan area kritis tersebut.
	Perlindungan sisi lereng bagian dalam, dimana tanggul dibuat dari material yang relatif menyebabkan erosi (cont. lempung dan pasir)



Gambar 4. 44 Model Penampang Rencana
Sumber: (Penulis)

1. Dimensi

i. Lebar dasar sungai,	b_1	= 80 m
ii. Lebar dasar <i>floodway</i> ,	b_2	= 135,20 m
iii. Lebar sayap,	b_s	= 20 m
iv. Lebar total sungai,	B	= 163,20 m
v. Tinggi penampang,	Y_1	= 3,8 m
	Y_2	= 5,0 m
vi. Kemiringan talud,	X	= 2
vii. Tinggi tanggul,	T	= 2 m
viii. Lebar tanggul,	b_L	= 4 m
ix. Manning,	n	= 0,03 (Tanah)
x. Kemiringan sungai,	S_b	= 0,0001 atau 0,01%

2. Analisis Hidrolika Penampang Rencana

Berdasarkan Tabel 4. 1, debit rata – rata tertinggi berada pada angka 246,26 m³/dt. Maka, dibuat *low flow channel* untuk mengalirkan debit tersebut. Selanjutnya, penampang ditambahkan dengan *floodway* sehingga didapatkan penampang yang mengalirkan debit Q_{50} .

LOW FLOW CHANNEL

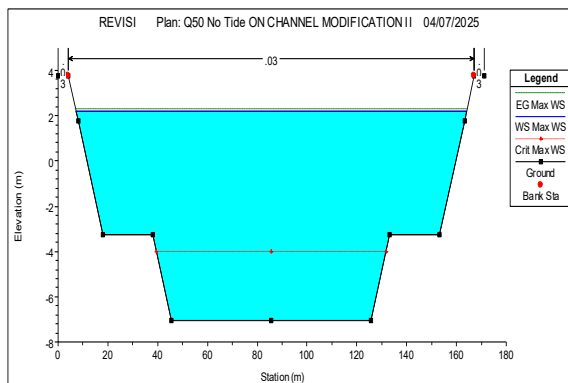
i. Luas,	A	= Luas Trapesium 1 = $\frac{(80+(80+2 \times 20))}{2} \times 3,8$
	A	= 332,88 m ²
ii. Keliling basah,	P	= $(b_1 + 2Y_1\sqrt{1 + X^2})$ = $80 + 2(3,8)\sqrt{1 + 2^2}$
	P	= 96,99 m
iii. Jari – jari hidraulik,	R	= $\frac{A}{P}$ $\frac{332,88}{96,99}$
	R	= 3,43 m
iv. Kecepatan aliran,	v	= $\frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$ = $\frac{1}{0,03} \times 3,43^{\frac{2}{3}} \times 0,0001^{\frac{1}{2}}$
	v	= 0,76 m/dt
v. Debit,	Q	= $v \times A$ = $0,76 \times 332,88$
	Q	= 252,46 m ³ /dt > 246,26 m ³ /dt (Memenuhi)

TOTAL

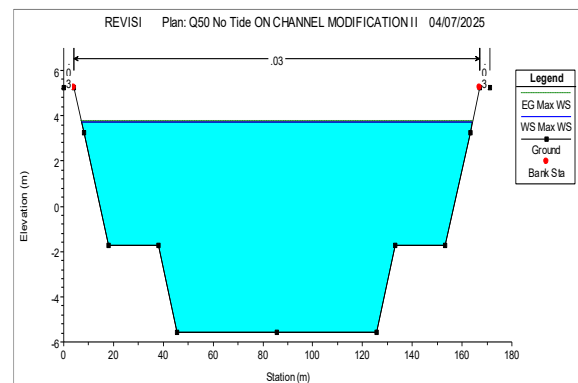
i. Luas,	A	= Luas Trapesium 1 + Luas Trapesium 2 = $332,88 + \frac{(135,20+163,20)}{2} \times (5 + 2)$
	A	= 1058,88 m ²
ii.	P	= $P_1 + (2b_s + 2(Y_2 + T)\sqrt{1 + X^2})$

$$\begin{aligned}
 &= 96,99 + (2(20) + 2(5 + 2)\sqrt{1 + 2^2}) \\
 P &= 168,30 \text{ m} \\
 R &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{1058,88}{168,30} \\
 R &= 8,18 \text{ m} \\
 v &= \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{1}{0,03} \times 8,18^{\frac{2}{3}} \times 0,0001^{\frac{1}{2}} \\
 v &= 1,35 \text{ m/dt} \\
 Q &= v \times A \\
 &= 1,35 \times 1058,88 \\
 &= 1864,35 \text{ m}^3/\text{dt} > 1422,67 \\
 &\text{(Memenuhi; dengan SF = 1,30)}
 \end{aligned}$$

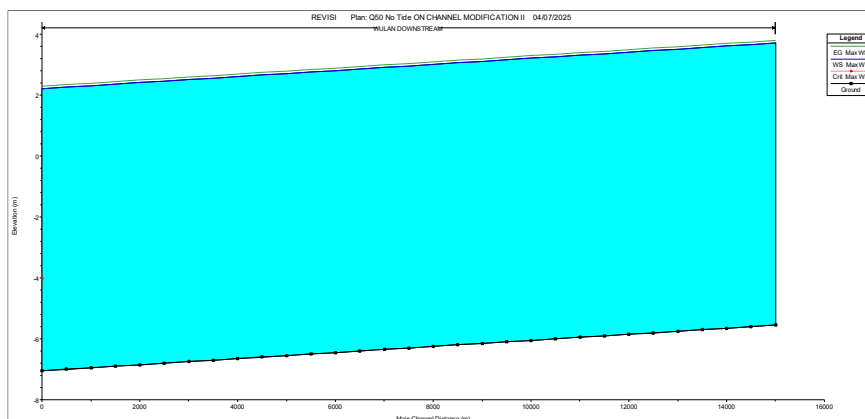
Perhitungan menunjukkan bahwa debit maksimum yang dapat ditanggung oleh dimensi saluran tersebut melebihi debit banjir maksimum (Q_{50}) yang digunakan. Tanggul setinggi dua meter ditambahkan sebagai upaya antisipasi pasang air laut setinggi 1,6 m. Maka, langkah selanjutnya adalah memasukkan data penampang tersebut pada HEC-RAS.



Gambar 4. 45 Kondisi Rencana Perbaikan Cross - Section Sungai Wulan B.56+00

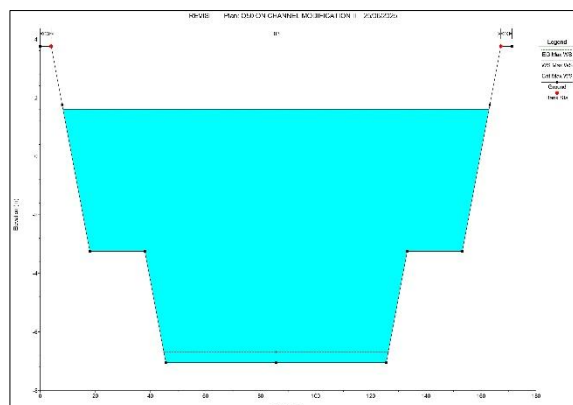


Gambar 4. 46 Kondisi Rencana Perbaikan Cross - Section Sungai Wulan B.41+00

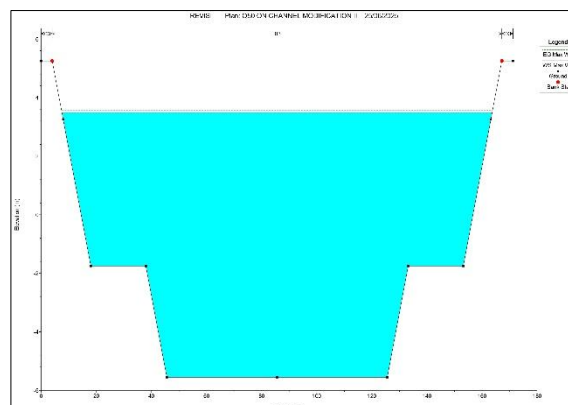


Gambar 4. 47 Kondisi Rencana Perbaikan Long – Section Sungai Wulan Akibat *Unsteady Data* (Hidrograf Banjir - Nakayasu)
Sumber: Penulis

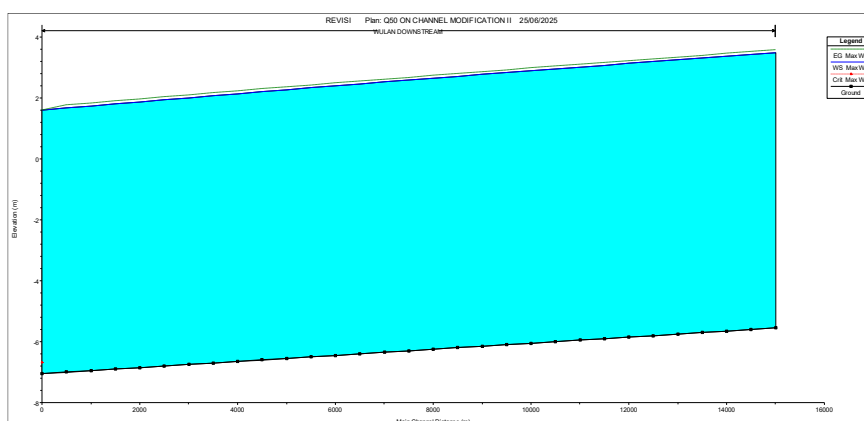
Gambar 4. 45 sampai dengan Gambar 4. 46 menunjukkan hasil perencanaan perbaikan penampang Sungai Wulan secara berturut – turut mulai dari hilir hingga hulu, dengan elevasi hilir berada pada – 7,05 m, tanpa adanya pasang surut pada hilir sungai dan Gambar 4. 47 menunjukkan potongan memanjangnya. Kecepatan aliran yang mengalir di dalam penampang pada debit puncak akan bernilai 1,22 m/dt dan 1,23 m/dt pada hilir sungai.



Gambar 4. 48 Kondisi Rencana Perbaikan Cross - Section Sungai Wulan B.56+00 Ketika Terjadi Pasang



Gambar 4. 49 Kondisi Rencana Perbaikan Cross - Section Sungai Wulan B.41+00 Ketika Terjadi Pasang



Gambar 4. 50 Kondisi Rencana Perbaikan Long – Section Sungai Wulan Akibat *Unsteady Data* (Hidrograf Banjir - Nakayasu) Ketika Terjadi Pasang
Sumber: Penulis

Pada penampang yang sama ketika terjadi pasang maksimum, kondisi potongan melintang penampang sungai akan tampak seperti pada Gambar 4. 48 hingga Gambar 4. 49 dan kondisi potongan memanjang sungai seperti Gambar 4. 50. Kecepatan aliran yang mengalir di dalam penampang pada debit puncak akan bernilai 1,29 m/dt dan 0,05 m/dt pada hilir sungai. Perencanaan potongan melintang B.56+00 (hilir) sampai dengan B.41+00 (hulu) terlampir pada Lampiran VI halaman 125.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hidrologi pada DAS Wulan dan analisis hidrolika yang telah dilakukan terhadap kapasitas penampang Sungai Wulan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. DAS Wulan memiliki luas 4047 km² dengan panjang aliran sungai utama sepanjang 189,47 km, di mana Laut Jawa menjadi hilirnya dan Pintu Air Wilalung sebagai hulu sungai;
2. Kondisi penampang sungai alami tidak mampu mengalirkan debit banjir maksimum tahun 2023 sebesar 441,55 m³/dt, menyebabkan banjir hingga setinggi 2,58 meter pada beberapa titik. Kondisi ini melebihi kondisi banjir aktual yang pernah tercatat;
3. Analisis hidrologi terhadap data curah hujan selama 25 tahun (2000 – 2024) menghasilkan nilai curah hujan rencana periode ulang 50 tahun dengan metode Gumbel sebesar 112,92 mm. Adapun debit banjir rencana periode ulang 50 tahun didapatkan menggunakan HSS Nakayasu sebesar 1422,67 m³/dt; dan
4. Analisis hidrolika menggunakan HEC-RAS menghasilkan penanggulangan banjir Sungai Wulan melalui mekanisme *channel modification* dengan melakukan pengerukan dengan dimensi seperti tertera pada Tabel 5. 1. Penampang ini mampu mengalirkan debit Q₅₀ di mana elevasi muka air banjir berada di bawah elevasi puncak tanggul dan menghasilkan *safety factor* (SF) sebesar 1,30. Nilai SF ini diharap menjadi kompensasi terhadap kesalahan perhitungan koefisien limpasan.

Tabel 5. 1 Dimensi Perbaikan Penampang Sungai Wulan

Uraian	Nilai / Keterangan
Bentuk Penampang	Trapesium Ganda
Lebar dasar sungai,	80,00 m
Lebar dasar <i>floodway</i>	135,20 m
Lebar sayap	20,00 m
Lebar total sungai	163,20 m
Tinggi penampang	3,80 m
	5,00 m
Kemiringan talud	2H:1V
Tinggi tanggul	2,00 m
Lebar tanggul	4,00 m
Manning	0,03 (Tanah)
Kemiringan saluran	0,0001 atau 0,01%

5.2 Saran

Dalam Tugas Akhir ini, penanggulangan banjir pada Sungai Wulan, Kabupaten Demak dilakukan dengan perhitungan manual dan menggunakan perangkat lunak. Maka dari itu, terdapat beberapa saran sebagai pertimbangan bagi penulisan topik serupa, yaitu:

1. Data curah hujan kawasan yang diambil melalui Giovanni dapat digunakan untuk proses perencanaan hidrologi. Satelit GPM (Final) memberikan data yang cukup stabil, dibuktikan dengan analisis frekuensi pada penelitian ini;

2. Dalam perencanaan penampang sungai, kelengkapan data penampang melintang dan penampang memanjang sungai menjadi poin positif;
3. Penggunaan perangkat lunak HEC-RAS hendaknya dilakukan dengan hati – hati dan teliti;
4. Perhitungan manual menjadi poin positif untuk dilakukan apabila hendak melakukan perbaikan penampang sungai (*channel modification*), yakni melalui proses *preliminary design*;
5. Segala bentuk upaya mendukung SDG's merupakan langkah baik yang dapat dilakukan masyarakat, termasuk melalui akademik; dan
6. Penanggulangan banjir merupakan upaya kompleks, sehingga disarankan untuk menambah *output* penelitian apabila hendak menulis dengan topik serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, A. W. (2021). *Evaluasi Penanggulangan Banjir Di Kecamatan Bangil Akibat Luapan Sungai Kedunglarangan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Amalia, M. (2022). *Rekayasa Sungai*. Eureka Media Aksara.
- Armanto, D. (2024, Februari). *Infografis Penanganan Bencana Banjir di Kabupaten Demak*. BPBD Provinsi Jawa Tengah. <https://bpbd.jatengprov.go.id/main/infografis-penanganan-bencana-banjir-di-demak/>
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 1726-2015: Analisis Hidrologi, Hidraulik, dan Kriteria Desain Bangunan di Sungai*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415-2016: Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*.
- BMKG STAMAR. (2023). *Prakiraan Pasang Surut Wilayah Pantai Semarang Bulan Januari 2023*. <https://maritimsemarang.com/>
- BMKG Wilayah III. (2023). *Daftar Istilah Klimatologi*. *Daftar Istilah Klimatologi*. <https://bbmkg3.bmkg.go.id/daftar-istilah-musim>
- Fakhrurrozi, M., Wulandari, E., & Nugroho, L. D. (2025). *View of Analysis of Flood Discharge and Water Level of the Babon River in Semarang*.
- Hendrawan, D., & Setyo Wibowo, D. (2024). *Analisis Penanggulangan Banjir di Daerah Kecamatan Karanganyar Kabupaten Demak* [Universitas Semarang]. <https://journal.neolectura.com/index.php/nucleus/article/view/1857>
- Ishak, M. G., & Herman, R. (2020). *Rekayasa Sungai* (1 ed.). Untad Press.
- Kanza, R., Ahmada, A., Darsono, S., & Atmodjo, P. S. (2017). Pengendalian Banjir Sungai Wulan, Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(4), 300–308.
- Kompas.com. (2024, Maret 21). *Kalau Seperti Ini Terus, Demak Tidak Bisa Kering*. <https://regional.kompas.com/read/2024/03/21/113300678/-kalau-seperti-ini-terus-demak-tidak-bisa-kering>
- Krest Engineers. (2021, Januari 10). *Manning's n (Roughness Coefficient) for HEC-RAS 2D Modeling*. <https://rashms.com/blog/mannings-n-roughness-coefficient-for-hec-ras-2d-modeling/>
- Kurniawan, H. W., & Wijaya, V. K. A. (2008). *Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Wulan dengan Menggunakan Program HEC-RAS 4.0 pada Kondisi Unsteady* [Universitas Katolik Soegijapranata]. <https://repository.unika.ac.id/4164/>

- Lockyer, C. (2019). *Reference Guide for Design Storm Hydrology* (No. NZ0115163). Wellington Water.
<https://www.wellingtonwater.co.nz/assets/Resources/Developing/Reference-Guide-for-Design-Storm-Hydrology-April-2019.pdf?file-size=2+MB&file-type=pdf>
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28/PRT/M/2015*.
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 8 Tahun 2020 tentang Petunjuk Operasional Penyelenggaraan Dana Alokasi Khusus Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.
- NASA. (2024). Giovanni User Guide. *Giovanni User Guide*.
<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/doc/UsersManualworkingdocument.docx.html#h.ki0vxeqdkf0j>
- Nedd, R., Light, K., Owens, M., James, N., Johnson, E., & Anandhi, A. (2021). A Synthesis of Land Use/Land Cover Studies: Definitions, Classification Systems, Meta-Studies, Challenges and Knowledge Gaps on a Global Landscape. *Land*, 10(9), 994.
<https://doi.org/10.3390/land10090994>
- PBB. (2023). *Synergy Solutions for a World in Crisis: Tackling Climate and SDG Action Together* (Report on Strengthening the Evidence Base First Edition). UNDESA dan UNFCCC. <https://sdgs.un.org/synergy-solutions-world-crisis-tackling-climate-and-sdg-action-together>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (2014).
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/128245/permen-pupr-no-12prtm2014-tahun-2014>
- Pratomo, M. I. T., Sobriyah, & Wahyudi, A. H. (2014). *Analisis Hidrograf Aliran Daerah Aliran Sungai Keduang Dengan Beberapa Metode Hidrograf Satuan Sintetis*.
<https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/download/37403/24632>
- Precipitation Processing System (PPS) At NASA GSFC. (2023). *GPM IMERG Final Precipitation L3 1 day 0.1 degree x 0.1 degree V07* [Dataset]. NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center.
<https://doi.org/10.5067/GPM/IMERGDF/DAY/07>
- PSDA - Unit Hidrologi dan Kualitas Air BBWS Pemali Juana. (2023). *Data Debit Sungai*.

- Putra, A. T. (2016). *Studi Pengendalian Banjir Sungai Bogel di Kecamatan Sutojayan Kabupaten Blitar* [Universitas Brawijaya].
https://repository.ub.ac.id/id/eprint/145107/1/PDF-BAB_1-5.pdf
- Rahayu, H. P., Wahdiny, I. I., Utami, A., & Asparini, M. (2019). *Banjir dan Upaya Penanggulangannya*. Promise Indonesia.
- RSPSDA WS Jrontaseluna. (2016a). *Peta Administrasi WS Jrontaseluna*. Kemetrerian Pekerjaan Umum.
- RSPSDA WS Jrontaseluna. (2016b). *Peta Daerah Aliran Sungai di WS Jrontaseluna*. Kemetrerian Pekerjaan Umum.
- Salsabila, A., & Nugraheni, I. L. (2020). Pengantar Hidrologi. Dalam *Pengantar Hidrologi*. Anugrah Utama Raharja.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. NOVA.
- Subramanya. (2008). *Engineering Hydrology* (Third). Tata McGraw-Hill.
- Sutapa, I. W. (2005). Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Kodina. *Majalah Ilmiah Mektek*, 7, 35–40.
- Tallar, R. Y. (2023). *Dasar-Dasar Hidrologi Terapan*. Ideas Publishing.
- Teka, D., Van Wesemael, B., Vanacker, V., Poesen, J., Hallet, V., Taye, G., Deckers, J., & Haregeweyn, N. (2013). Evaluating the performance of reservoirs in semi-arid catchments of Tigray: Tradeoff between water harvesting and soil and water conservation. *CATENA*, 110, 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.001>
- Triatmodjo, B. (1993). *Hidraulika I*. Beta Offset.
- Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air (2019).
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>
- US Army Corps of Engineers. (2016). *HEC-RAS River Analysis System (2D Modeling User's Manual)*. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%202D%20Modeling%20Users%20Manual.pdf>
- Wilson, E. M. (1993). Hidrologi Teknik (M. Purbohadiwidjoyo, Penerj.). Dalam *ITB Bandung* (4 ed.). ITB.
- Xu, W., Cai, X., Yu, Q., Proverbs, D., & Xia, T. (2024). Modelling Trends in Urban Flood Resilience towards Improving the Adaptability of Cities. *Water (Switzerland)*, 16(11).
<https://doi.org/10.3390/w16111614>
- Xu, W., Yu, Q., & Proverbs, D. (2023). Evaluation of Factors Found to Influence Urban Flood Resilience in China. *Water*, 15(10), 1887. <https://doi.org/10.3390/w15101887>

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN I

Perijinan Penggunaan Data Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana



KEMENTRIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
laman : ce.its.ac.id, Surel : ce@its.ac.id

Nomer : 6287 /IT2.IX.3.1.1/B/TU.00.09/IV/2025
Perihal : Permohonan Mendapatkan Data untuk Tugas Akhir

Kepda Yth.
Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana
Jl. Brigjend S. Soedarto 375,
Semarang, Jawa Tengah, 50191

Sehubungan dengan rencana mahasiswa Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FT-SPK ITS untuk menyelesaikan salah satu mata kuliah yaitu Tugas Akhir dengan judul "**Penanggulangan Banjir Sungai Wulan, Kabupaten Demak**", maka dengan ini kami hadapkan mahasiswa :

NRP	Nama Mahasiswa	No Telp
5012211102	Aaron Fung Antasena	082232529171

untuk diberi kesempatan mendapatkan data penunjang sebagai berikut :

1. Data *Cross Section* Sungai Wulan
2. Data *Long Section* Sungai Wulan

Besar harapan kami agar permohonan ini disetujui dan kerjasama ini dapat terjalin dengan baik. Demikian atas perhatian dan kerjasamanya kami mengucapkan terima kasih.

Surabaya, 25 April 2025
Kepala Departemen,

Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198004302005011002

Tembusan Yth :

1. Kepala Bagian Tata Usaha, Layanan Terpadu dan Arsip Digital



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA

TANDA BUKTI
PENYERAHAN INFORMASI PUBLIK

Nomor : 8350/LUMPIA/TB/BBWSPENA/2025

Telah terima dari Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi :

Berupa Informasi : - Data Cross Section Sungai Wulan - Data Long Section Sungai Wulan
1. Tercetak (Print)
Format Informasi : 2. Terekam (Soft Copy)
Nama Pemohon Informasi : Aaron Fung Antasena
Alamat : Pulo Wonokromo Wetan 3/2
Waktu : 07 May 2025

Yang Menyerahkan
ttd

(PPID BBWS Pemali Juana)

Semarang, 15 May 2025
Pemohon Informasi
ttd

(Aaron Fung Antasena)

Keterangan:

PPID menyediakan informasi publik secara gratis (tidak dipungut biaya), sedangkan untuk penggandaan atau perekaman pemohon/pengguna informasi publik dapat melakukan penggandaan/ fotocopy sendiri di sekitar BBWS Pemali Juana atau menyediakan CD/DVD kosong atau flashdisk untuk perekam data dan informasinya.

LAMPIRAN II

Pencatatan Debit Sungai Pada Pos Duga Air Wulan Karanganyar Tahun 2023



DATA DEBIT SUNGAI

Nama Pos : Pos Duga Air Wulan Karanganyar
 Sungai : S. Lusi Tahun : 2023
 Induk Sungai : S. Lusi
 DAS : DAS Serang-Lusi
 Data Geografis : 06° 50' 38.796" LS, 110° 48' 54.00" BT
 Lokasi : Propinsi Jateng ; Kab. Demak Kec. Karanganyar Ds. Karanganyar
 Pos berada di sebelah tengah aliran

Luas daerah aliran sungai : 1541.2 Km.² : Elevasi PDA : + mdpl

Keterangan mengenai Pos Duga Air

Didirikan : Tanqqal --- / --- / 2018 oleh : OPSDA BBWS Pemali Juana
 Periode pencatatan : Tanqqal 1 / 1 / 2023 s/d Tanqqal 31 / 12 / 2023
 Jenis alat : Alat Pencatat Duga Air Manual & Otomatis

Ringkasan Data Aliran Ekstrim Tahun ini

Aliran terbesar : Q = 441.55 m³/det ; Tanqqal : 10/1/2023
 Aliran terkecil : Q = 0.00 m³/det ; Tanqqal : 28/9/2023

Aliran Ekstrim yang Pernah Terjadi sampai dengan tahun ini

Aliran terbesar : MA = m ; Tanqqal :
 Aliran terkecil : MA = m ; Tanqqal :

Catatan : Air tertinggi diukur pada MA : m. tanqqal

Pelaksana : PSDA - Unit Hidrologi dan Kualitas Air BBWS Pemali Juana

TABEL BESARNYA ALIRAN HARIAN (m³/det.)

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	411.93	96.05	160.98	136.90	145.16	6.81	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	60.16
2	434.57	201.27	311.77	185.77	100.76	6.81	8.29	0.00	0.00	0.00	61.45	138.22
3	439.97	214.46	408.26	334.12	41.75	6.81	1.07	1.07	0.00	0.00	32.02	159.76
4	437.55	163.68	426.21	341.37	27.38	6.81	1.07	0.00	0.00	0.00	32.02	149.79
5	425.21	183.60	414.57	223.82	109.79	6.81	1.07	8.29	0.00	0.00	32.98	159.76
6	409.82	142.20	382.67	150.24	101.39	11.63	0.00	0.00	0.00	0.00	27.38	131.67
7	428.20	198.10	401.26	142.44	118.18	6.81	1.07	1.07	0.00	0.00	24.75	140.12
8	439.77	165.66	286.12	132.72	177.04	21.45	1.07	0.00	0.00	0.00	8.29	101.97
9	440.79	130.77	201.84	144.34	170.97	52.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	198.10
10	441.55	99.19	213.08	121.79	109.89	60.16	0.00	0.00	0.00	0.00	17.63	270.64
11	403.70	146.81	205.88	104.38	98.85	27.38	1.07	0.00	0.00	0.00	18.22	132.23
12	257.62	199.19	229.85	108.66	139.05	68.12	8.29	0.00	0.00	0.00	11.04	43.39
13	156.47	170.27	213.52	98.48	163.83	32.98	0.00	0.00	0.00	0.00	17.63	18.36
14	148.23	175.86	227.48	76.52	129.21	18.36	0.00	0.00	0.00	0.00	21.45	9.89
15	136.03	217.55	183.58	92.31	109.87	9.89	0.00	0.00	0.00	0.00	23.91	8.29
16	133.20	257.50	136.76	64.08	50.27	9.89	0.00	0.00	0.00	12.24	11.04	8.81
17	172.09	282.01	108.09	39.07	26.49	8.29	0.00	0.00	0.00	1.07	11.04	8.29
18	201.67	310.17	92.17	28.28	11.04	7.29	1.07	0.00	0.00	0.00	25.61	6.81
19	229.34	324.68	76.52	17.63	7.78	6.81	0.00	0.00	0.00	0.00	23.91	7.29
20	156.19	216.53	90.43	17.63	8.29	7.29	1.07	0.00	0.00	0.00	1.07	8.29
21	116.05	164.35	263.45	17.63	6.81	7.29	0.00	0.00	0.00	0.00	14.16	7.29
22	101.31	247.15	371.71	9.89	7.78	24.75	1.07	0.00	0.00	0.00	14.16	7.29
23	129.16	240.99	284.76	9.89	6.81	8.81	0.00	0.00	0.00	0.00	23.91	7.29
24	133.55	174.14	112.16	9.89	6.81	8.81	0.00	0.00	0.00	0.00	30.12	7.29
25	135.94	143.24	72.26	9.89	7.78	8.29	0.00	0.00	0.00	0.00	27.38	8.29
26	113.41	130.06	60.16	29.19	7.78	8.81	1.07	0.00	0.00	0.00	42.29	8.29
27	188.36	137.96	139.17	38.02	6.81	8.81	0.00	0.00	0.00	0.00	23.91	8.29
28	160.45	132.83	139.34	72.26	6.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.24	8.29
29	106.60		241.20	34.46	6.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.11	17.63
30	77.97		192.55	178.46	6.81	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	64.08	30.12
31	67.44		128.24		6.81		0.00	0.00		0.00		17.63
Rata-rata (m)	246.26	188.08	218.58	99.00	62.09	15.32	0.91	0.34	0.00	0.43	23.63	60.95
Max	441.55	324.68	426.21	341.37	177.04	68.12	8.29	8.29	0.00	12.24	64.08	270.64
Min	67.44	96.05	60.16	9.89	6.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.81

Keterangan : " X " Tidak Ada Data

Elv Dasar Sungai : -0.00

Elv Dasar Peilschall : +0.00

Debit = 0 m³/s Saat H = H₀

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN III

Detailed Engineering Design : Normalization and River Bank Protection of Serang – Wulan River, February 2022

(Skala gambar untuk ukuran kertas A3)



MINISTRY OF PUBLIC WORKS AND HOUSING
DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES
DIRECTORATE OF RIVER AND COASTAL

PREPARATION OF SELUNA RIVER BASIN FLOOD MANAGEMENT PROJECT

ACCELERATING INFRASTRUCTURE DELIVERY THROUGH BETTER
ENGINEERING SERVICES PROJECT (ESP)

ADB Loan NO.3455-INO

Detailed Engineering Design

NORMALIZATION AND RIVER BANK PROTECTION OF SERANG - WULAN RIVER

February 2022



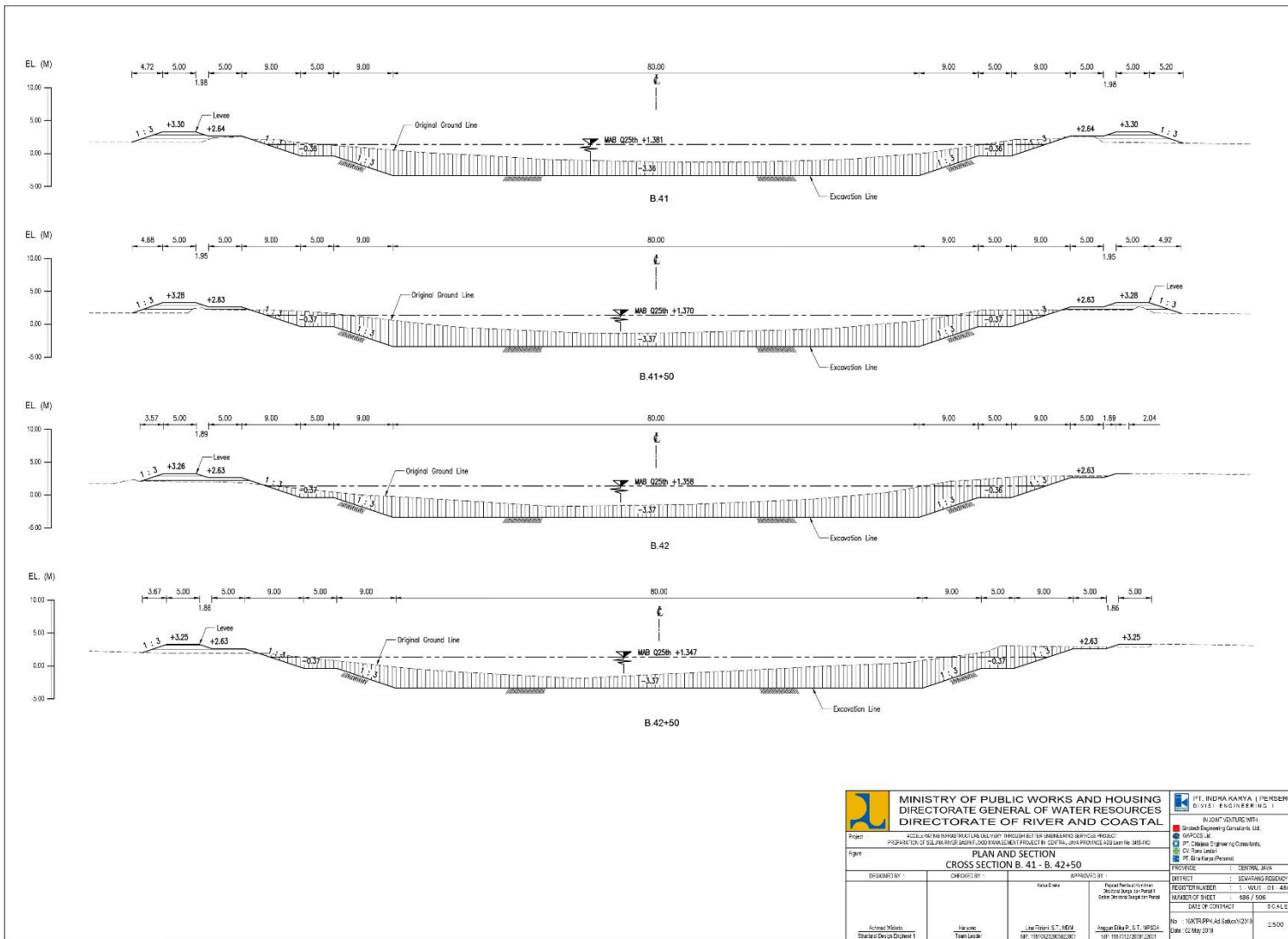
PT. INDRA KARYA (PERSERO)

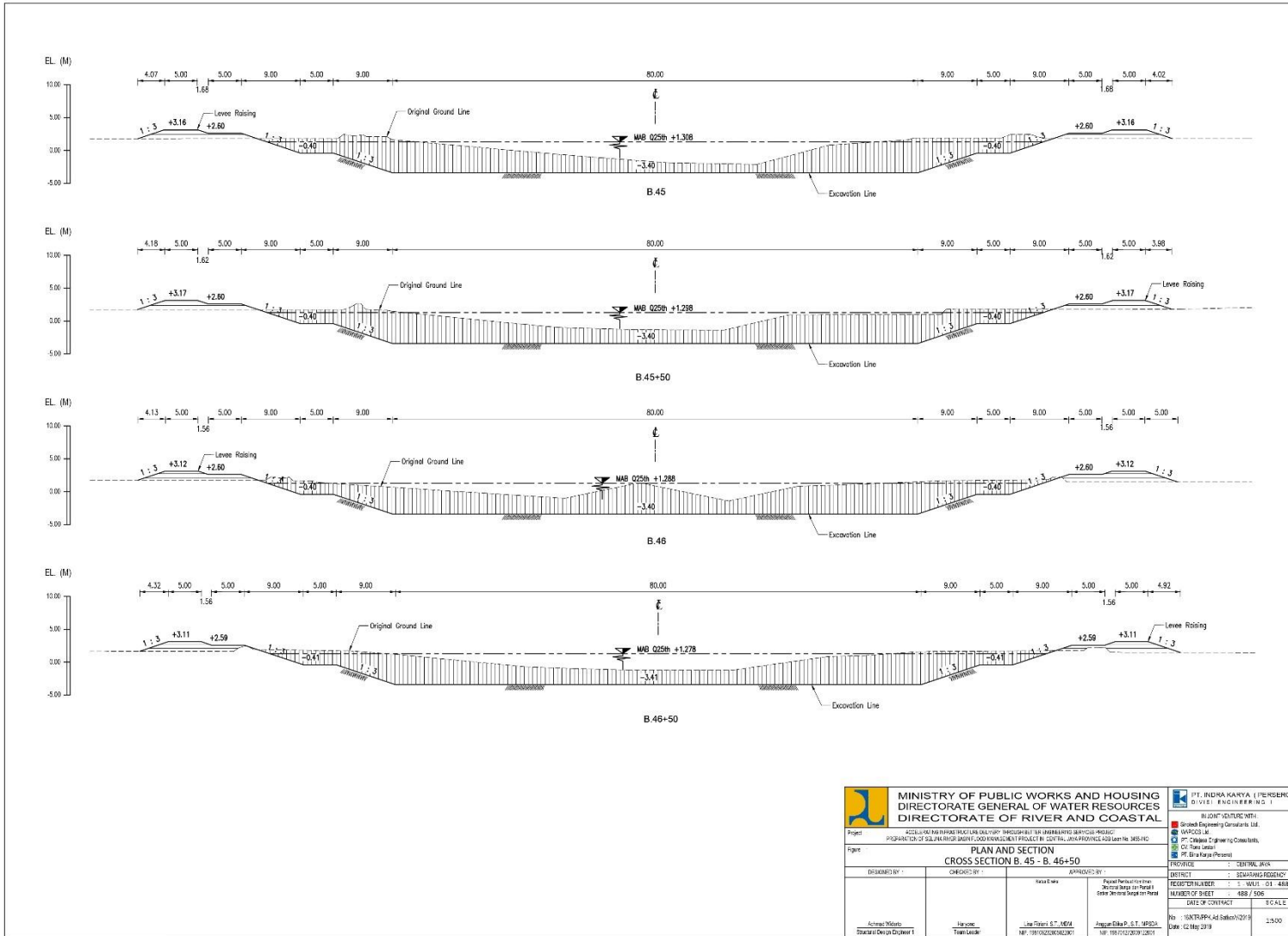
In Joint Venture With

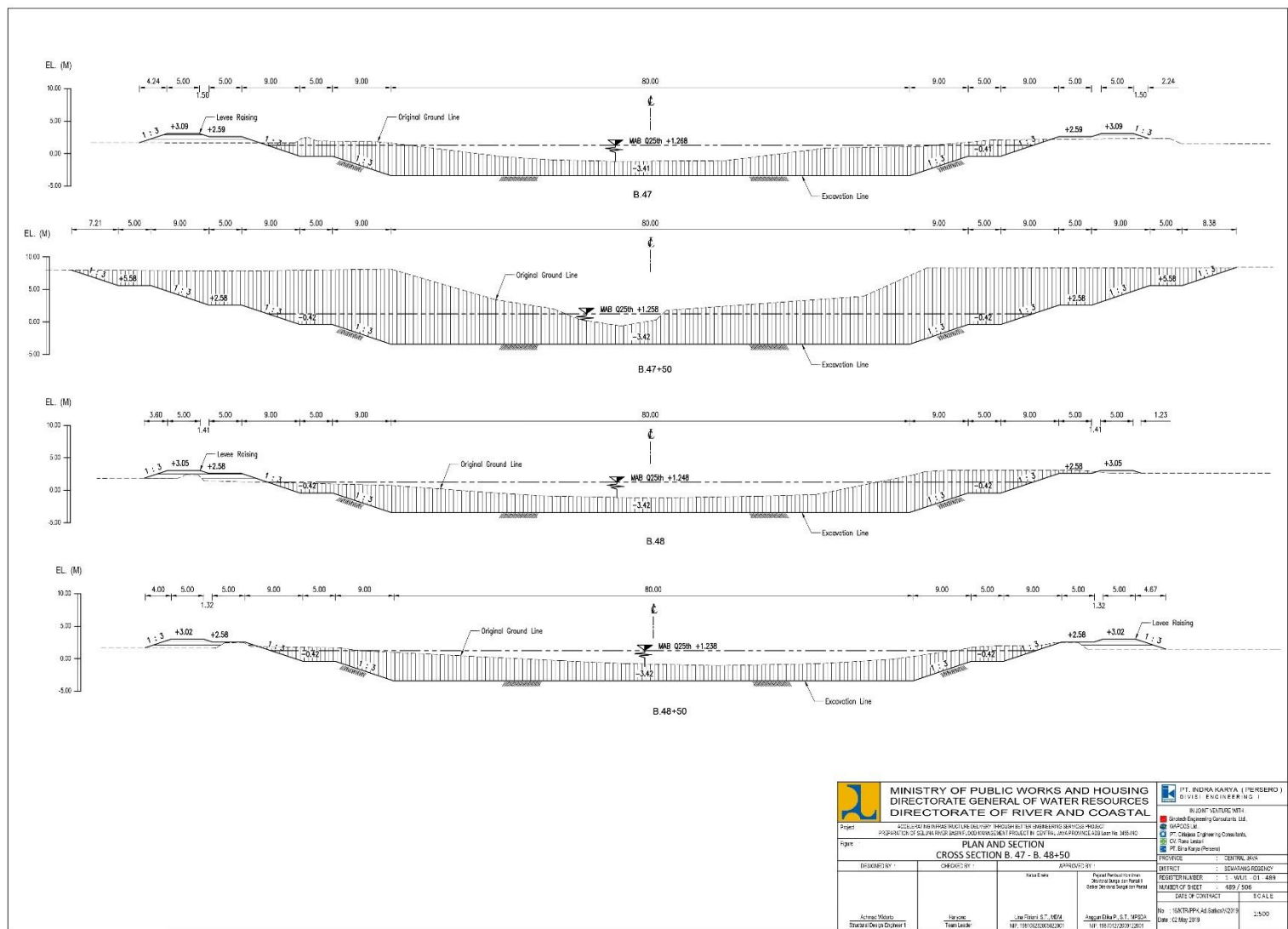
Sinotech Engineering Consultants, Ltd., WAPCOS Ltd.,

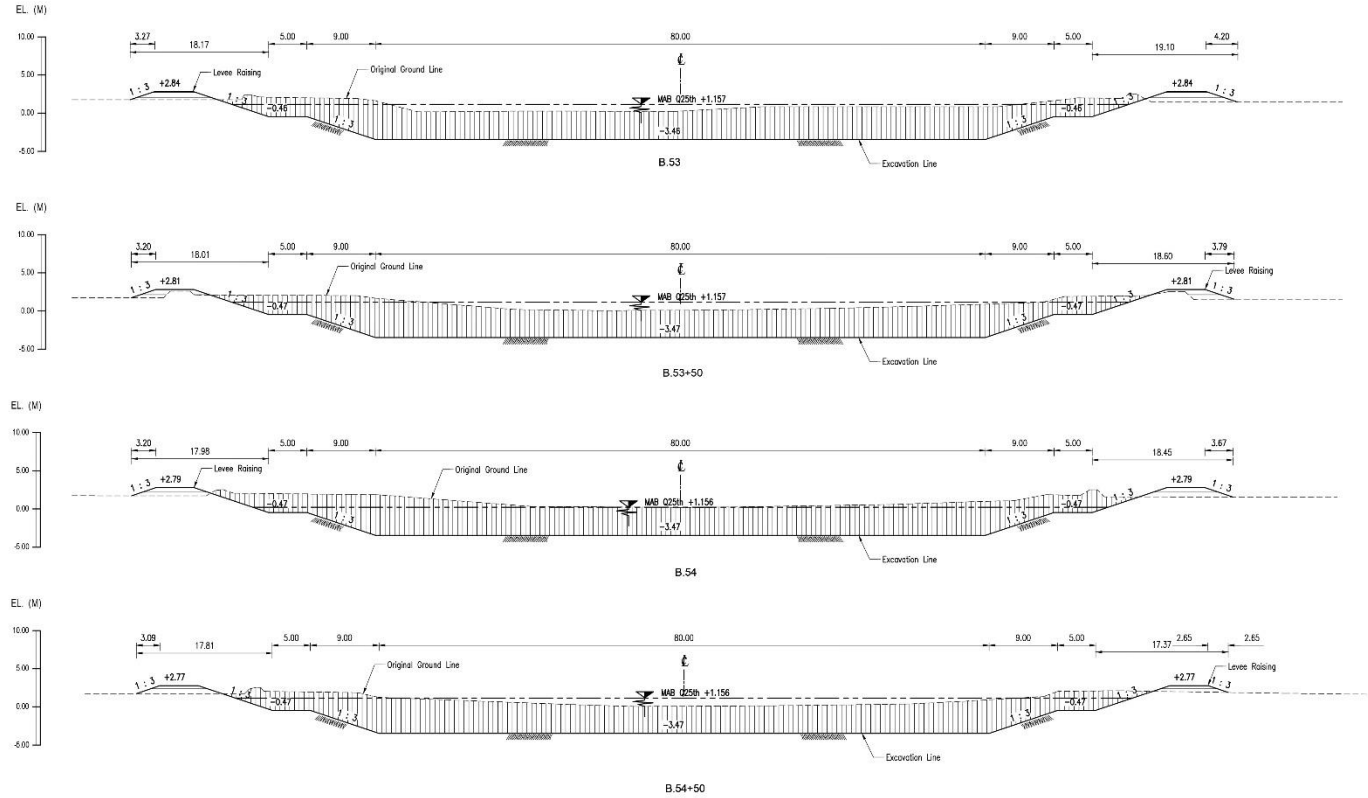
PT. Ciriayasa Engineering Consultants, CV. Rona Lestari and PT. Bina Karya (Persero)



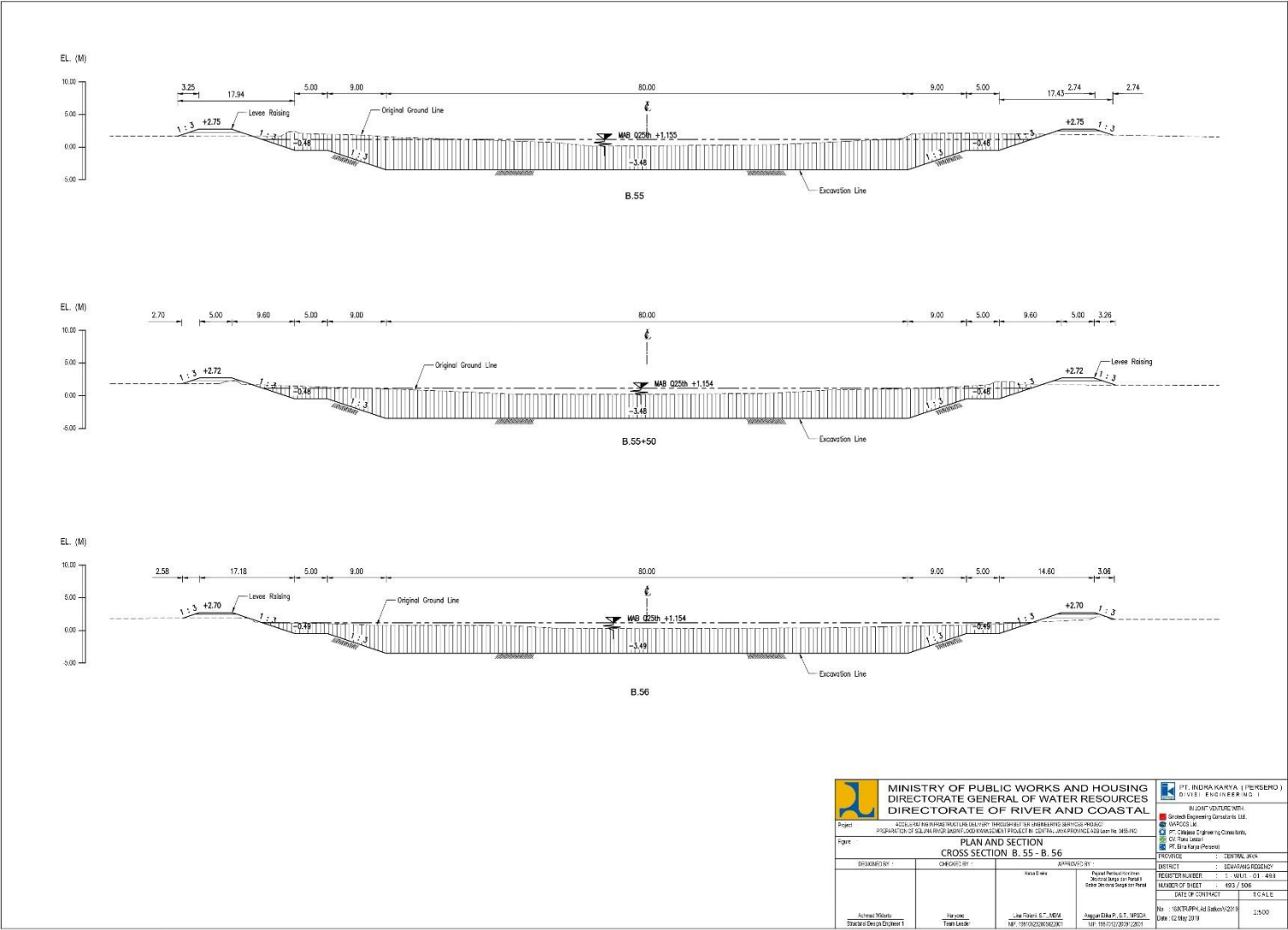








 MINISTRY OF PUBLIC WORKS AND HOUSING DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES DIRECTORATE OF RIVER AND COASTAL				 PT. INDIRA KARYA (PERSERO) DIVISI ENGINEERING I	
Project ACCELERATING INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT THROUGH THE INTEGRATED SERVICES MODEL PREPARATION OF SUBSIDIZED RIVER RECONSTRUCTION PROJECT IN COTABATO, JAWA BARAT AND WEST NUSANTARA				BUJANT-INDONESIA NTH Bujant-Indonesia NTH WAPCOS Ltd. PT. Citra Karya Engineering Consultants PT. Citra Karya (Persero)	
Figure PLAN AND SECTION CROSS SECTION B.53 - B.54+50				PROVINCE : JAWA BARAT	
DESIGNED BY :		CHECKED BY :		APPROVED BY :	
Sri Mulya Sri Mulya (PERSERO)		Sri Mulya Sri Mulya (PERSERO)		Sri Mulya Sri Mulya (PERSERO)	
District : SEMARANG REGENCY		Project Name : S. WAT. 01. 482		Date of Contract : 12 May 2019	
Scale : 1:500		No : 16NTRUPPA-Ad-Salikin/2019		Date : 12 May 2019	



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN IV

Lembar Perhitungan Curah Hujan Rencana

Data Hujan Tahun 2000 – 2024

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R
1	4.2	2	12.5	3	5.6	4	9.4	5	34	6	27.3	7	27.2	8	11.9	9	0.9	10	28	11	12.2	12	14.1	13	0.4	14	4.4	15	5.6
16	27.4	17	13.2	18	14.6	19	18.6	20	15.6	21	20.5	22	6.6	23	11.1	24	7.9	25	20.1	26	17	27	15.8	28	0.9	29	7.5	30	35.4
31	14.3	32	17.7	33	11.5	34	37.7	35	4.3	36	3.7	37	9.9	38	19	39	14.9	40	8.5	41	6.3	42	0.1	43	3.9	44	7	45	1.9
46	2.2	47	0.1	48	1.5	49	6	50	3.6	51	8.2	52	0.4	53	2.5	54	11.8	55	8.6	56	15.2	57	4.6	58	0.4	59	3.9	60	2.4
61	1.2	62	4.7	63	7.6	64	7.1	65	2	66	1.2	67	5.7	68	3.3	69	15.1	70	5.4	71	4.6	72	16.8	73	17.4	74	0.8	75	2.3
76	8.2	77	0.8	78	9.4	79	13.8	80	1.5	81	65.6	82	11.8	83	6.6	84	4.4	85	17.6	86	16.1	87	1.2	88	2.4	89	2.6	90	25.6
91	9.9	92	1.8	93	20.7	94	11.2	95	5.6	96	13.3	97	25.2	98	1.1	99	2.7	100	6.5	101	47.4	102	14.4	103	8.3	104	2.7	105	7.8
106	3.9	107	1.3	108	4.5	109	1.9	110	8	111	11.7	112	22	113	2	114	1.8	115	8.8	116	11.4	117	6.5	118	16.3	119	2.2	120	0
121	1.2	122	15.2	123	0.9	124	3.1	125	11.8	126	4.3	127	12.1	128	0.3	129	0	130	1	131	5	132	0.1	133	4.9	134	3.7	135	12.9
136	21.7	137	1.1	138	0.2	139	0.6	140	24	141	0.2	142	34.1	143	1.9	144	1.1	145	21.2	146	3.9	147	0.7	148	1	149	21.8	150	0.4
151	7.4	152	0	153	0.3	154	11.6	155	11	156	0.8	157	4.7	158	3.4	159	0.4	160	0	161	0.1	162	0	163	0.3	164	0	165	0
166	0	167	0	168	0.8	169	1	170	11.3	171	4.6	172	1.3	173	4.5	174	5.1	175	0.7	176	0	177	0	178	0	179	0	180	0
181	0	182	0.1	183	0.1	184	0	185	0	186	0.3	187	0.5	188	0.1	189	0	190	0	191	0	192	0	193	2	194	0.2	195	3.1
196	0.4	197	0	198	0	199	0	200	0	201	0	202	0.4	203	0	204	0	205	0	206	0	207	0	208	3.4	209	16.1	210	10.3
211	1.9	212	0	213	3.7	214	8.8	215	2.2	216	0.5	217	0	218	0	219	0.1	220	0.3	221	0.1	222	0.1	223	0	224	0.1	225	0
226	0.5	227	0.6	228	0	229	0	230	0	231	0	232	0.4	233	0	234	0	235	0	236	1.3	237	0	238	0	239	6	240	9.5
241	4.3	242	0.9	243	0.7	244	2	245	0.1	246	0	247	0	248	0	249	12.6	250	0.1	251	0	252	0	253	0	254	2.2	255	0.5
256	0	257	10.3	258	0	259	0	260	0.4	261	1	262	0.3	263	1.1	264	1.4	265	3.5	266	0.5	267	0.8	268	28.3	269	5	270	3.6
271	0	272	4.6	273	10.5	274	1.5	275	0	276	5.2	277	1.9	278	15.2	279	1.7	280	8.2	281	0.1	282	0.1	283	0.3	284	0.2	285	1.7
286	3.9	287	26.6	288	5.2	289	24.7	290	5.2	291	23.9	292	9.9	293	5.1	294	2.1	295	9.6	296	0.3	297	1.5	298	5.8	299	5.1	300	2.1
301	8.4	302	4.4	303	3.1	304	7.2	305	10.2	306	16.5	307	6.3	308	39	309	8	310	2.5	311	0.8	312	10.8	313	10.6	314	11.2	315	16.8
316	8.7	317	12.8	318	36	319	33.3	320	16.1	321	39.5	322	25.2	323	26.1	324	12.9	325	2.9	326	9.4	327	10.6	328	1.7	329	2.8	330	5.4
331	22.3	332	4.7	333	10.5	334	34.3	335	12.7	336	0.9	337	6.9	338	0.1	339	0	340	0	341	2	342	0	343	0.5	344	2.4	345	11.4
346	3.8	347	22.2	348	20.6	349	19.1	350	2.3	351	11.2	352	11.8	353	1.7	354	3.2	355	5.5	356	3.4	357	25.3	358	7.8	359	1.2	360	0.4
361	0	362	11.1	363	15.7	364	3.9	365	0.5	366	0.3	367	2.9	368	4.6	369	2.2	370	4.4	371	4.2	372	17.1	373	11.2	374	15.8	375	6.5
376	4.5	377	4.2	378	8.5	379	2	380	11.3	381	16.1	382	15.9	383	17.4	384	31.4	385	13	386	9.2	387	25.7	388	25.7	389	6.1	390	8.5
391	2.5	392	2.1	393	1.4	394	51.6	395	20.5	396	9	397	20.3	398	5.9	399	64.8	400	23.9	401	4.3	402	4.6	403	14.9	404	11.9	405	39.4
406	12.3	407	8	408	29.7	409	0.4	410	2	411	2.5	412	10.3	413	2.7	414	3.8	415	22.1	416	21.5	417	6.1	418	2.8	419	6	420	7.1
421	3.3	422	0.7	423	1.7	424	5.9	425	25	426	21.4	427	9.3	428	24.1	429	4.3	430	28.2	431	43.1	432	7.3	433	30	434	1.6	435	13.6
436	30.2	437	10.6	438	3.6	439	8.2	440	12.9	441	8.6	442	7.3	443	12.6	444	3	445	4.5	446	7.3	447	3.3	448	19.9	449	14.3	450	63.9
451	10	452	19.3	453	3.6	454	3.3	455	6.8	456	12.4	457	45.9	458	15.9	459	4.5	460	29.9	461	6.3	462	11.3	463	16.6	464	12.3	465	4.3
466	0.8	467	23.8	468	37	469	19.1	470	22.5	471	9.5	472	10.3	473	4.3	474	0.2	475	0	476	0	477	0.3	478	0.1	479	10.4	480	39.7
481	15.4	482	0.2	483	0.4	484	0	485	0	486	0.2	487	15.4	488	23.5	489	0.9	490	0.7	491	0.7	492	2	493	0.4	494	0	495	1.1
496	0.3	497	0	498	0	499	1.1	500	1.3	501	0.5	502	0	503	0.1	504	25.6	505	1.8	506	8.7	507	1.9	508	4.2	509	1.6	510	0
511	0	512	0.4	513	7.2	514	0.2	515	0.8	516	0.5	517	5.9	518	74	519	1.6	520	5.1	521	3.8	522	34.8	523	1.4	524	0.4	525	11.4
526	23	527	16.4	528	18.8	529	6.1	530	2	531	3.7	532	2.8	533	1.2	534	0.6	535	0	536	0	537	0.3	538	0.1	539	0.1	540	0.8
541	0.9	542	0	543	0.1	544	0	545	0	546	0	547	0	548	0.3	549	0.1	550	0	551	0	552	7.7	553	0	554	0	555	0
556	0	557	0.4	558	10.4	559	7.8	560	9.3	561	6.2	562	0.1	563	2.2	564	1.7	565	2.6	566	3.3	567	12.3	568	3	569	0.9	570	0
571	0.4	572	0.1	573	1.3	574	0.4	575	0.1	576	0.7	577	0	578	0	579	0	580	0	581	0	582	0	583	0	584	0	585	0
586	0	587	0	588	0	589	0	590	0	591	0	592	0	593	0	594	0.4	595	1	596	0.8	597	0	598	0	599	0	600	0
601	0	602	0	603	0	604	0	605	0	606	0.1	607	0.9	608	0.1	609	8.3	610	0.2	611	1.7	612	5.3	613	1.6	614	0.5	615	0.1

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R
616	1.6	617	0.2	618	0.2	619	0	620	0.5	621	1.4	622	0	623	0	624	0	625	0	626	0.1	627	9.3	628	1.3	629	2.1	630	0.1
631	0.3	632	7.8	633	0	634	3.5	635	6	636	0	637	4.4	638	3.5	639	1.5	640	1.6	641	7.3	642	7.1	643	7.9	644	1.5	645	0.4
646	18.7	647	0.8	648	8.6	649	0.7	650	1.6	651	0.8	652	0.9	653	5.1	654	6.8	655	0.4	656	2.5	657	8.2	658	8.3	659	18.5	660	17.7
661	17.6	662	12.5	663	5.7	664	14.9	665	9.8	666	2.9	667	0.7	668	0.7	669	0	670	2.3	671	10.8	672	4.1	673	5.6	674	7.1	675	2.7
676	6.6	677	16.6	678	17.8	679	3.7	680	0.8	681	0.6	682	4.3	683	2.1	684	8.3	685	7.1	686	5.3	687	13	688	7.4	689	12.3	690	19.9
691	7.5	692	14.4	693	22.8	694	8.8	695	26.9	696	18.2	697	21	698	14.5	699	5.2	700	19.9	701	7.1	702	7.9	703	6.7	704	5.1	705	2.4
706	3	707	6	708	0.2	709	0.6	710	1.2	711	3.1	712	9.5	713	6	714	4.6	715	8.6	716	22.8	717	13.7	718	2.3	719	9.2	720	5.6
721	2	722	5	723	10.1	724	27	725	7.1	726	11.6	727	7.2	728	1.8	729	4.1	730	29.9	731	2.4	732	27.6	733	12.6	734	17.3	735	1.6
736	3.8	737	3	738	4.3	739	8.1	740	1.5	741	22.6	742	2.6	743	3	744	1.1	745	9.2	746	2.3	747	67.6	748	8.3	749	20.9	750	4
751	44.8	752	6.5	753	29	754	28.4	755	33.3	756	11.5	757	11.5	758	1.5	759	9.5	760	5.2	761	5.4	762	3.1	763	5.4	764	9.9	765	34.6
766	13.3	767	40.1	768	30.3	769	4.1	770	10.5	771	26.1	772	33	773	9	774	2.1	775	17.5	776	19.9	777	53.1	778	16.5	779	10.8	780	1.1
781	2.7	782	5.2	783	18.6	784	12.8	785	66.1	786	13	787	12.4	788	1.5	789	0.5	790	3.9	791	29.7	792	1.5	793	0.3	794	0.2	795	3.4
796	30	797	7.1	798	12.1	799	10.5	800	5.9	801	28.6	802	1.3	803	1.2	804	0.8	805	4.9	806	0.5	807	21.9	808	8.7	809	9.6	810	3.4
811	0.1	812	0.5	813	1.7	814	8.4	815	5.7	816	7.6	817	25.5	818	18.8	819	14.1	820	9.4	821	41.1	822	8.6	823	37	824	13.2	825	29.2
826	11.8	827	13.9	828	4.6	829	0.5	830	6.4	831	0.9	832	2.2	833	1.3	834	0.9	835	3.4	836	33.3	837	4.3	838	10.4	839	4.7	840	4.8
841	5	842	5.5	843	2	844	0.4	845	0.1	846	0.1	847	1.6	848	0	849	0.1	850	0.1	851	0	852	0.1	853	0	854	4	855	1.1
856	7.7	857	0.8	858	5.6	859	3.2	860	15.7	861	64.5	862	6.2	863	4.7	864	1.7	865	0	866	0.2	867	0	868	0	869	0	870	0
871	0	872	0	873	0	874	0	875	0	876	0	877	1	878	0	879	0	880	0	881	1.1	882	1.5	883	3.8	884	0.5	885	0.2
886	0	887	0.2	888	0.3	889	0	890	0.2	891	0	892	0	893	0	894	0.5	895	1.2	896	0	897	0	898	0	899	0.6	900	0
901	0	902	0	903	0	904	0	905	0.1	906	0	907	0.7	908	0.1	909	0	910	0	911	0	912	0	913	0	914	0	915	0.8
916	0.1	917	0.2	918	0	919	0.2	920	0	921	0	922	0.1	923	0	924	0	925	0.4	926	0	927	0	928	0	929	2.2	930	3.3
931	0.1	932	0	933	0	934	0.3	935	0	936	2	937	0	938	0	939	0	940	0	941	0	942	0	943	0	944	0	945	0
946	0	947	0	948	0	949	0	950	0	951	1.7	952	3.8	953	0	954	0	955	2.1	956	0	957	0	958	0	959	0	960	0
961	0	962	0.9	963	0	964	0	965	0	966	0	967	0	968	0	969	0	970	0	971	0	972	0	973	0	974	0.2	975	2.9
976	0	977	0	978	0.1	979	0	980	0	981	0	982	0	983	0	984	0	985	0	986	0	987	0.1	988	0	989	0	990	0.1
991	0	992	0.3	993	0.2	994	0	995	0	996	0	997	0	998	0.3	999	0.2	1000	0.1	1001	0.1	1002	1.3	1003	0.1	1004	0	1005	0
1006	0	1007	0	1008	0.1	1009	0.8	1010	0.5	1011	0	1012	0	1013	0	1014	0	1015	0	1016	0	1017	0.2	1018	0	1019	0	1020	0
1021	0	1022	0	1023	0	1024	0	1025	0.1	1026	24.6	1027	4.7	1028	0.7	1029	0	1030	0	1031	6.3	1032	7.7	1033	0.7	1034	0.2	1035	4.6
1036	5.8	1037	1.8	1038	7.5	1039	7.6	1040	0.2	1041	17	1042	4.7	1043	0	1044	0.3	1045	5.9	1046	5.4	1047	5.9	1048	55	1049	6.1	1050	4.1
1051	11.5	1052	6.4	1053	36.5	1054	16.9	1055	5.1	1056	10.4	1057	6.5	1058	9.1	1059	3.6	1060	9.9	1061	8.9	1062	3.2	1063	4.2	1064	5.2	1065	6.2
1066	2.9	1067	1.5	1068	6.4	1069	5.3	1070	22.9	1071	8.2	1072	2.2	1073	12	1074	10.9	1075	5.3	1076	13.8	1077	17.7	1078	9.1	1079	6.2	1080	10.4
1081	1.8	1082	0.1	1083	2.6	1084	0.3	1085	13.6	1086	2	1087	16.9	1088	21.1	1089	10.1	1090	19.9	1091	20.8	1092	18.8	1093	9.8	1094	6.9	1095	10.8
1096	7.2	1097	25.6	1098	13.2	1099	4.7	1100	11.4	1101	7.1	1102	4.3	1103	0.3	1104	0.2	1105	4.8	1106	2.4	1107	6.4	1108	7.1	1109	2.1	1110	1.1
1111	4.2	1112	2.2	1113	0.1	1114	0.6	1115	0.1	1116	1	1117	12.7	1118	13.8	1119	6.4	1120	9.9	1121	2.9	1122	7.2	1123	15.8	1124	30.1	1125	3.6
1126	48.7	1127	10.8	1128	33.3	1129	12.5	1130	24	1131	23.3	1132	14.3	1133	50.6	1134	16.6	1135	45.9	1136	5.4	1137	5.5	1138	3.7	1139	0.6	1140	30.7
1141	39.9	1142	25.9	1143	17.7	1144	12	1145	14	1146	22.1	1147	10	1148	12.1	1149	5.3	1150	20.9	1151	3.2	1152	6.7	1153	22.2	1154	20.1	1155	10.5
1156	14.2	1157	1.7	1158	14.8	1159	7.4	1160	17.2	1161	22.5	1162	2.7	1163	14.9	1164	10.1	1165	9	1166	15.6	1167	29.3	1168	4.7	1169	4.6	1170	8.8
1171	2	1172	17.6	1173	7.7	1174	2.2	1175	3.3	1176	0.5	1177	6.1	1178	0.2	1179	4.4	1180	1.1	1181	0.5	1182	6.4	1183	1	1184	1.1	1185	5.1
1186	4.6	1187	1.4	1188	3.5	1189	0.9	1190	3.9	1191	12.4	1192	4.4	1193	1	1194	2.6	1195	18.3	1196	6.1	1197	4.9	1198	3.9	1199	2.7	1200	0.3
1201	0	1202	1.1	1203	0.9	1204	4.4	1205	8.3	1206	3.9	1207	0.1	1208	6.8	1209	12.7	1210	1.4	1211	0.2	1212	2	1213	6.6	1214	0.5	1215	15.4
1216	1.8	1217	10.6	1218	1.4	1219	0.2	1220	0.3	1221	12	1222	11.3	1223	2.4	1224	28	1225	13.1	1226	2.3	1227	6.2	1228	3.5	1229	0.2	1230	0.5
1231	12	1232	0	1233	0	1234	0	1235	0.4	1236	0	1237	0	1238	0	1239	0.2	1240	0.1	1241	0	1242	0	1243	0	1244	0	1245	2.4
1246	4	1247	0	1248	0	1249	0	1250	0	1251	0.1	1252	0.3	1253	0	1254	0	1255	0	1256	0	1257	0	1258	0	1259	1	1260	0
1261	0	1262	0	1263	0	1264	0	1265	0	1266	0.1	1267	1.3	1268	1.2	1269	0.1	1270	0	1271	0	1272	0	1273	0	1274	0	1275	0.1
1276	0.5	1277	0	1278	0	1279	0	1280	0	1281	0.4	1282	0	1283	0	1284	0	1285	0.1	1286	0	1287	0.1	1288	0.4	1289	0	1290	0
1291	0	1292	0	1293	0	1294	0	1295	0	1296	0	1297	0	1298	0	1299	0	1300	0	1301	2.1	1302	0	1303	0	1304	0	1305	0
1306	0	1307	0	1308	0	1309	0	1310	0	1311	0	1312	0	1313	0	1314	0	1315	0	1316	0	1317	0	1318	0	1319	0	1320	0
1321	0	1322	0	1323	2	1324	0.1	1325	0.1	1326	0.1	1327	0	1328	0	1329	0	1330	0.4	1331	0	1332	0	1333	0	1334	0	1335	0
1336	1.1	1337	0.3	1338	0.3	1339	0	1340	0.1	1341	0	1342	1.6	1343	0.3	1344	4.4	1345	0	1346	0	1347	0.1	1348	0	1349	0	1350	0.3
1351	6.2	1352	2.2	1353	0	1354	0.1	1355	0.9	1356	0.1	1357	1.7	1358	13	1359	1.9	1360	0.1										

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R
1381	0.1	1382	2.3	1383	0.2	1384	5	1385	5.8	1386	4.9	1387	0.1	1388	0.1	1389	0	1390	0	1391	0.1	1392	0	1393	0	1394	3.8	1395	6.4
1396	0.2	1397	1.4	1398	35.4	1399	18.4	1400	16.5	1401	0.6	1402	1.4	1403	1.6	1404	2.8	1405	1.8	1406	2.7	1407	6.4	1408	11.6	1409	0.4	1410	0.2
1411	0.7	1412	1.1	1413	0.4	1414	13.6	1415	7.7	1416	16.9	1417	25.5	1418	4.5	1419	22	1420	23.6	1421	4.6	1422	15.9	1423	4.1	1424	8.6	1425	30.4
1426	15.4	1427	19.6	1428	3.4	1429	4.5	1430	1.7	1431	10.1	1432	6.5	1433	26.1	1434	12.4	1435	6.1	1436	8.2	1437	3.1	1438	18.8	1439	30.6	1440	14.1
1441	10.5	1442	17.9	1443	7.2	1444	1.8	1445	2.5	1446	8.9	1447	25.7	1448	13.9	1449	16	1450	37.3	1451	9	1452	11.2	1453	10.5	1454	16.8	1455	23.9
1456	3.6	1457	4.9	1458	1	1459	1.2	1460	4.8	1461	0.2	1462	1.6	1463	4.6	1464	5.4	1465	5.9	1466	4.4	1467	9.7	1468	12.3	1469	27.9	1470	3.8
1471	5.1	1472	33.6	1473	4.8	1474	3.9	1475	1.9	1476	1.5	1477	6	1478	12.7	1479	12.5	1480	7.1	1481	5.9	1482	16.5	1483	17.8	1484	7.9	1485	9.8
1486	12.7	1487	8.7	1488	6.6	1489	2.9	1490	12	1491	33.1	1492	54.6	1493	10.2	1494	16.4	1495	75.8	1496	23	1497	10.8	1498	14.9	1499	16.8	1500	3
1501	3.1	1502	2.2	1503	20.3	1504	9.5	1505	5.4	1506	4.2	1507	15	1508	29	1509	16.6	1510	12	1511	2.7	1512	23.8	1513	5.8	1514	10.8	1515	13.3
1516	5.7	1517	8.6	1518	17.6	1519	7.1	1520	15.8	1521	8.8	1522	12.8	1523	12.6	1524	13.4	1525	17.4	1526	5.1	1527	6.2	1528	9.4	1529	13.7	1530	6.4
1531	9.7	1532	16.8	1533	7.6	1534	13.1	1535	13	1536	1.7	1537	5.1	1538	6.3	1539	5.6	1540	0.4	1541	1.4	1542	3.3	1543	6.4	1544	4.8	1545	3.1
1546	3.5	1547	9.7	1548	10	1549	12.7	1550	8.6	1551	10.4	1552	3.2	1553	4	1554	1.8	1555	16	1556	7.2	1557	13	1558	0.6	1559	0.6	1560	14.3
1561	44.9	1562	2.3	1563	14.1	1564	0.2	1565	2.6	1566	0.5	1567	0	1568	0	1569	3.1	1570	4.6	1571	9.9	1572	0.4	1573	4.4	1574	1.8	1575	14.3
1576	10.9	1577	1.9	1578	0	1579	0.5	1580	0.1	1581	0.7	1582	3.9	1583	8.9	1584	3.5	1585	8.5	1586	1.1	1587	1.4	1588	7.5	1589	1	1590	3.6
1591	4	1592	0.4	1593	0.5	1594	0	1595	0.5	1596	0	1597	2.2	1598	14.7	1599	8.4	1600	9.2	1601	1.4	1602	0.5	1603	6.7	1604	0.4	1605	0.1
1606	18.4	1607	3.9	1608	16.3	1609	10.6	1610	6.1	1611	12.8	1612	1.2	1613	0.1	1614	0.3	1615	0	1616	0.1	1617	0	1618	0	1619	0	1620	0
1621	4.8	1622	1.5	1623	33.7	1624	0.1	1625	0.1	1626	0.1	1627	0	1628	0	1629	0	1630	0	1631	0	1632	0.1	1633	0	1634	0	1635	2.3
1636	0.3	1637	0	1638	0	1639	0	1640	3.5	1641	0	1642	0	1643	0	1644	0	1645	0.2	1646	0.4	1647	0.1	1648	0.1	1649	0	1650	0
1651	0	1652	0.1	1653	3.3	1654	15.1	1655	21.2	1656	1.1	1657	1.3	1658	0.5	1659	12.9	1660	4.6	1661	0	1662	0	1663	0	1664	0	1665	0
1666	0	1667	0	1668	0	1669	0	1670	0	1671	3.5	1672	1.5	1673	0	1674	0	1675	0.1	1676	0.1	1677	0.5	1678	0.2	1679	0.9	1680	0
1681	0	1682	0	1683	0	1684	0	1685	0	1686	0	1687	0.1	1688	0	1689	0	1690	0.1	1691	0.1	1692	0	1693	0	1694	0	1695	0
1696	0	1697	0	1698	0	1699	0	1700	0	1701	0	1702	0	1703	0	1704	0.1	1705	0.1	1706	0.2	1707	0.4	1708	0	1709	0	1710	0.4
1711	0	1712	0	1713	0	1714	0	1715	1.5	1716	0.1	1717	0.2	1718	3.3	1719	0	1720	3.7	1721	0.1	1722	1.6	1723	0.1	1724	3.9	1725	0.4
1726	0.3	1727	0	1728	0	1729	0	1730	3.4	1731	0	1732	0.1	1733	0.1	1734	0	1735	10.6	1736	0	1737	0.2	1738	0.2	1739	0	1740	0.2
1741	0.5	1742	0.2	1743	0	1744	0	1745	0	1746	0	1747	0.1	1748	0	1749	0.1	1750	0	1751	0	1752	0	1753	0	1754	0.1	1755	0.1
1756	0	1757	1.5	1758	1.5	1759	1	1760	0.2	1761	8.8	1762	7	1763	0.8	1764	3.3	1765	6.3	1766	0.1	1767	0.1	1768	0.7	1769	0.2	1770	4.3
1771	8.2	1772	18.9	1773	2.8	1774	4.6	1775	4.9	1776	3	1777	0.2	1778	0.2	1779	10.3	1780	18.9	1781	18.6	1782	0.1	1783	8.4	1784	9.5	1785	13.1
1786	40.8	1787	19.2	1788	12.4	1789	5	1790	4.6	1791	9.1	1792	4.6	1793	21.8	1794	11.9	1795	29.3	1796	25.4	1797	30	1798	17.8	1799	5.5	1800	4.4
1801	5.2	1802	12.2	1803	7.6	1804	8	1805	3.8	1806	3.3	1807	12.6	1808	4.5	1809	10.8	1810	5.9	1811	4.3	1812	1.7	1813	2.4	1814	21.4	1815	2.8
1816	12.7	1817	16.4	1818	7.2	1819	15.7	1820	9.5	1821	9.7	1822	1.3	1823	20.7	1824	6.4	1825	50	1826	2.7	1827	19.5	1828	2.2	1829	0.6	1830	8.4
1831	2.5	1832	22.3	1833	34.4	1834	14.1	1835	2.3	1836	1.7	1837	0.4	1838	1.8	1839	0.2	1840	3.2	1841	1.1	1842	1.5	1843	32.7	1844	15.1	1845	10.8
1846	3.7	1847	9.6	1848	25.1	1849	2.2	1850	0	1851	0	1852	1.4	1853	2.1	1854	6.3	1855	18	1856	1.2	1857	3.3	1858	8.4	1859	2.1	1860	5.6
1861	8.3	1862	0.9	1863	0.6	1864	1.5	1865	3.3	1866	0.8	1867	10.1	1868	21.6	1869	20.9	1870	2.9	1871	2	1872	7.1	1873	1.6	1874	20.5	1875	9.2
1876	6.8	1877	10.4	1878	26.2	1879	6.4	1880	16	1881	21.8	1882	12.8	1883	3.6	1884	9.2	1885	15	1886	0.9	1887	20.7	1888	9.8	1889	23.3	1890	32.3
1891	4.8	1892	18	1893	13.8	1894	1.6	1895	6.3	1896	3	1897	1.9	1898	3.5	1899	4.1	1900	4.9	1901	11.3	1902	12.9	1903	9.1	1904	0.5	1905	21.6
1906	19.1	1907	3.2	1908	4.1	1909	8.9	1910	11.7	1911	6	1912	4.5	1913	31.8	1914	14.1	1915	3.3	1916	3.1	1917	10.4	1918	28.7	1919	7.9	1920	20.2
1921	20.9	1922	7.5	1923	6.2	1924	30.9	1925	7.4	1926	3.2	1927	5.9	1928	31.2	1929	17.3	1930	7.1	1931	13.7	1932	1.8	1933	5.4	1934	5.1	1935	8.7
1936	1.5	1937	3.5	1938	0.2	1939	0.2	1940	0.2	1941	0	1942	0	1943	0.1	1944	0.1	1945	4.2	1946	2.1	1947	0.1	1948	2	1949	0.1	1950	0.2
1951	0.8	1952	30.6	1953	10.4	1954	5.4	1955	0.2	1956	0.3	1957	0.6	1958	8.6	1959	13.9	1960	1.8	1961	0	1962	0	1963	0	1964	0	1965	0
1966	0	1967	0.3	1968	0	1969	0.8	1970	0.3	1971	1.5	1972	0.3	1973	0.1	1974	0	1975	0	1976	0.3	1977	0	1978	0	1979	0	1980	0
1981	3.2	1982	0.2	1983	1.3	1984	2.3	1985	0.5	1986	0	1987	0	1988	0	1989	0.2	1990	18.6	1991	2.3	1992	19.1	1993	17.3	1994	23.7	1995	0
1996	0.2	1997	17.4	1998	60.6	1999	11.6	2000	22.7	2001	19.2	2002	1	2003	0.2	2004	0	2005	1.6	2006	2.3	2007	0	2008	0.8	2009	0	2010	0
2011	0	2012	6.5	2013	3.2	2014	8.9	2015	0.3	2016	7.7	2017	1.3	2018	0.6	2019	1.3	2020	1.3	2021	1.1	2022	0.3	2023	11.8	2024	14.3	2025	6.6
2026	0	2027	0	2028	0	2029	0	2030	0	2031	0.1	2032	0	2033	0	2034	0.1	2035	0	2036	0.4	2037	0	2038	0	2039	0	2040	0
2041	14.6	2042	4.7	2043	0	2044	0.1	2045	0	2046	0	2047	0	2048	0	2049	0	2050	5	2051	0.2	2052	1.6	2053	0	2054	0	2055	0
2056	15.7	2057	6.3	2058	0.1	2059	0	2060	2	2061	0.1	2062	0	2063	4	2064	1.8	2065	0	2066	0	2067	0	2068	0	2069	0	2070	0
2071	0	2072	0	2073	0	2074	0	2075	0	2076	0	2077	3.1	2078	5	2079	16.8	2080	2.2	2081	5.6	2082	0	2083	0	2084	0	2085	0
2086	0.7	2087	1.9	2088	2	2089	0.6	2090	18.6	2091	6.7	2092	1.5	2093	0	2094	0.2	2095	1	2096	14								

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R		
2146	0.4	2147	2.9	2148	3.9	2149	9.9	2150	34.8	2151	31.2	2152	7.2	2153	2.4	2154	2.8	2155	6	2156	12.6	2157	0.8	2158	3.4	2159	12.5	2160	11.4
2161	39	2162	6	2163	5.5	2164	19	2165	4.5	2166	1.4	2167	1	2168	3.2	2169	13.6	2170	8.6	2171	1.4	2172	1.2	2173	15.1	2174	12.7	2175	9.3
2176	24.7	2177	25.7	2178	11.3	2179	10.4	2180	6.1	2181	17.3	2182	20.9	2183	5.6	2184	8.6	2185	1.1	2186	19.1	2187	9.5	2188	11.2	2189	7.3	2190	11.7
2191	13.8	2192	20.6	2193	9.6	2194	19.6	2195	39.4	2196	12.9	2197	17.5	2198	15	2199	6.7	2200	3.7	2201	15.4	2202	6.4	2203	8.8	2204	23	2205	4.7
2206	29.5	2207	14.2	2208	13.4	2209	13.8	2210	11	2211	13.7	2212	3.1	2213	3.1	2214	12.9	2215	14.3	2216	25.9	2217	19.1	2218	50	2219	103.8	2220	29.3
2221	4.5	2222	4.7	2223	32.3	2224	4.1	2225	7.5	2226	5.4	2227	28.1	2228	15.5	2229	4.5	2230	11.3	2231	0.6	2232	0.8	2233	31.3	2234	12.9	2235	9.7
2236	2.7	2237	1.5	2238	5.5	2239	17.2	2240	11.9	2241	28.7	2242	7.7	2243	13.8	2244	16.8	2245	17.8	2246	12.4	2247	18.1	2248	42	2249	20.3	2250	5.9
2251	13.9	2252	7.6	2253	4.4	2254	5.9	2255	6.5	2256	2.3	2257	32.8	2258	1.5	2259	4.7	2260	7.7	2261	0.9	2262	0.2	2263	0	2264	14.8	2265	3
2266	3.6	2267	0.8	2268	1.8	2269	13.8	2270	12.9	2271	30.2	2272	7.3	2273	26.2	2274	7.3	2275	3.6	2276	0.7	2277	0.3	2278	1.6	2279	19.9	2280	6.9
2281	23.1	2282	12.5	2283	6.9	2284	6.7	2285	6.5	2286	9.6	2287	0.7	2288	1.7	2289	5.9	2290	9.2	2291	6.4	2292	20.9	2293	3.6	2294	12	2295	5.7
2296	5.8	2297	1.4	2298	6.6	2299	2.7	2300	0.7	2301	16.6	2302	7.3	2303	5	2304	2	2305	8.1	2306	14.6	2307	6.7	2308	0.5	2309	0.8	2310	0
2311	4.1	2312	14.2	2313	17.8	2314	36.6	2315	2.1	2316	7.2	2317	3.4	2318	2.1	2319	6.6	2320	0.9	2321	4.8	2322	6.3	2323	1.4	2324	0.2	2325	0
2326	0	2327	0.1	2328	7.7	2329	0.1	2330	0.1	2331	8.7	2332	3.5	2333	37.6	2334	23.2	2335	2.6	2336	0.6	2337	3	2338	1.7	2339	1.1	2340	4.8
2341	12.3	2342	0	2343	0.7	2344	1.9	2345	3.6	2346	0.1	2347	0	2348	1.6	2349	1.4	2350	3.7	2351	0.1	2352	0	2353	0.1	2354	0.2	2355	0
2356	0.1	2357	0	2358	0	2359	0.6	2360	0	2361	0	2362	0	2363	0.2	2364	0.1	2365	0.1	2366	0	2367	0	2368	0	2369	0	2370	0
2371	0	2372	7.7	2373	0.2	2374	0	2375	0	2376	0	2377	0	2378	0	2379	0	2380	0	2381	0	2382	0.1	2383	0	2384	0	2385	0.1
2386	0.2	2387	0	2388	0	2389	0	2390	0	2391	0	2392	0	2393	3.5	2394	0.4	2395	0	2396	0	2397	0	2398	0	2399	0	2400	0
2401	0	2402	0	2403	0	2404	0	2405	0	2406	0	2407	0	2408	0	2409	0	2410	0	2411	0	2412	0.1	2413	0.2	2414	0.1	2415	0
2416	0	2417	0	2418	0	2419	0	2420	0	2421	0	2422	0	2423	0.1	2424	0	2425	0	2426	0	2427	0	2428	0.1	2429	0	2430	0
2431	0	2432	0	2433	0	2434	0	2435	0	2436	0	2437	0	2438	0.1	2439	0	2440	0	2441	0	2442	0	2443	0	2444	0	2445	0.1
2446	0	2447	0	2448	0.1	2449	0.3	2450	0	2451	0.3	2452	0	2453	0	2454	0	2455	0	2456	0.2	2457	0	2458	0	2459	0	2460	0
2461	0.1	2462	0	2463	0	2464	0	2465	0.2	2466	0	2467	0	2468	0	2469	0	2470	0	2471	1.3	2472	0.2	2473	0	2474	0.1	2475	0
2476	0	2477	0.1	2478	0.3	2479	0.3	2480	0.3	2481	0.6	2482	2.1	2483	0	2484	0.4	2485	0	2486	0	2487	0	2488	0	2489	6	2490	0.8
2491	5.6	2492	1.2	2493	0	2494	0	2495	0	2496	0	2497	0.8	2498	0.1	2499	10.3	2500	0.1	2501	0.2	2502	4.2	2503	12.8	2504	4.5	2505	0
2506	6.4	2507	0.3	2508	5	2509	1.8	2510	0.1	2511	0.4	2512	4.6	2513	0	2514	3.6	2515	0.2	2516	16.7	2517	4.8	2518	5.3	2519	3.2	2520	6.6
2521	0.1	2522	5.7	2523	6.1	2524	6.2	2525	4.8	2526	0.8	2527	4.3	2528	11	2529	9.4	2530	18.6	2531	2.2	2532	10.3	2533	1.1	2534	13.5	2535	3
2536	7.4	2537	3	2538	3.7	2539	8.3	2540	0.5	2541	1.5	2542	10.4	2543	13.9	2544	3.7	2545	3.8	2546	4.3	2547	11.2	2548	8.1	2549	11.9	2550	9.5
2551	14.4	2552	19.5	2553	5.5	2554	10.9	2555	45	2556	4.5	2557	5.7	2558	15.8	2559	2	2560	0.7	2561	0.2	2562	0.1	2563	0.6	2564	0.2	2565	0.1
2566	0	2567	0.1	2568	0.2	2569	0	2570	0.1	2571	0	2572	0.8	2573	0.2	2574	1	2575	3.4	2576	5.6	2577	4.3	2578	2.8	2579	4.6	2580	26.9
2581	6.4	2582	1.9	2583	4.2	2584	7.8	2585	14.9	2586	6.4	2587	9.1	2588	4.3	2589	5.9	2590	7.5	2591	22.9	2592	1.9	2593	2	2594	6	2595	24.7
2596	6.8	2597	1.8	2598	19.8	2599	16.1	2600	2.9	2601	1.8	2602	4.2	2603	11.3	2604	10.7	2605	12.7	2606	8.9	2607	9.3	2608	39.4	2609	12.3	2610	3.3
2611	4.8	2612	1.1	2613	60.2	2614	19.9	2615	9.2	2616	13.7	2617	2.5	2618	5.7	2619	13.5	2620	20.4	2621	5.9	2622	4.9	2623	54.5	2624	2.4	2625	4.5
2626	0.8	2627	0.4	2628	0.9	2629	53.3	2630	19.4	2631	25.2	2632	11.6	2633	11.1	2634	11.3	2635	4.1	2636	6.9	2637	9	2638	8.5	2639	4.5	2640	2.2
2641	7.4	2642	9.7	2643	8.4	2644	3.3	2645	14.8	2646	31	2647	10.3	2648	11.7	2649	19.1	2650	18.2	2651	17.9	2652	4.3	2653	3.7	2654	7.1	2655	5.1
2656	3.6	2657	9.6	2658	7.8	2659	7.5	2660	14.5	2661	7.2	2662	19.5	2663	3	2664	2.6	2665	9.1	2666	29	2667	14	2668	6.5	2669	15.9	2670	3.5
2671	6.6	2672	7.9	2673	9.6	2674	1.4	2675	0.1	2676	0.6	2677	3.4	2678	1.5	2679	0	2680	0	2681	0	2682	0.6	2683	0.6	2684	0	2685	0.5
2686	0.2	2687	0.9	2688	0.2	2689	0.4	2690	0.1	2691	23.9	2692	0.9	2693	6.4	2694	34.9	2695	3.5	2696	0.3	2697	0.5	2698	1.6	2699	0.9	2700	0
2701	0	2702	0	2703	0	2704	0	2705	0.2	2706	4.9	2707	6.4	2708	4.6	2709	0.1	2710	0	2711	1.5	2712	1.4	2713	1.4	2714	0.4	2715	11.5
2716	0.4	2717	0	2718	0	2719	0	2720	0	2721	0	2722	0.2	2723	0	2724	0	2725	0	2726	1.8	2727	1.1	2728	7.8	2729	0.5	2730	0.1
2731	0	2732	0	2733	0	2734	0	2735	5.2	2736	14.2	2737	0.3	2738	0.1	2739	0.2	2740	0	2741	0	2742	0	2743	0.4	2744	0.5	2745	0
2746	0.3	2747	0	2748	0	2749	0	2750	0.1	2751	0.1	2752	2.6	2753	1.5	2754	0.1	2755	0.2	2756	0.7	2757	0.1	2758	0.6	2759	0	2760	0.1
2761	0	2762	0.4	2763	1.4	2764	0.1	2765	1	2766	0.2	2767	0.1	2768	0.1	2769	0.1	2770	0	2771	0	2772	0.3	2773	0	2774	0.1	2775	0
2776	0	2777	0	2778	0	2779	0	2780	0	2781	0	2782	1.1	2783	0	2784	0	2785	0	2786	0	2787	0	2788	1.7	2789	7.8	2790	8.2
2791	0	2792	0.4	2793	1	2794	0.1	2795	0.4	2796	0	2797	0	2798	0	2799	0	2800	0	2801	0	2802	0	2803	0	2804	0.4	2805	1.2
2806	0	2807	2.9	2808	0.1	2809	0	2810	0	2811	0	2812	0	2813	0	2814	0	2815	0	2816	0	2817	0.1	2818	0	2819	0	2820	0
2821	0	2822	0	2823	0.1	2824	1	2825	0	2826	0	2827	0	2828	0	2829	0.7	2830	0	2831	0	2832	0	2833	0	2834	0	2835	0
2836	0.1	2837	1.3	2838	8.2	2839	17.3	2840	2.9	2841	0	2842	1.6	2843	0.2	2844	8.4	2845	10.1	2846	0.1	2847	0	2848	0	2849	6.3	2850	2.1
2851	10.6	2852	4.5	2853	8.5	2854	6.8	2855	3.2	2856	7.7	2857	0	2858	3.3	2859	9.1	2860	3.1	2861	10	2862	49	2863	10.4	2864	15.6	2865	17.7
2866</																													

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R
3676	19.1	3677	16.2	3678	4.9	3679	27	3680	36.5	3681	17.9	3682	6.1	3683	6.4	3684	4.6	3685	11.9	3686	21.3	3687	9	3688	3.1	3689	16.5	3690	21
3691	1.1	3692	5.8	3693	3	3694	4.5	3695	1	3696	11.9	3697	4.8	3698	7.4	3699	30.5	3700	18.9	3701	29.3	3702	10.5	3703	51.1	3704	48.5	3705	5.9
3706	12.2	3707	24	3708	17.7	3709	3.7	3710	8.1	3711	11	3712	10.2	3713	45	3714	10.2	3715	14.8	3716	12.5	3717	6.7	3718	4.6	3719	18.9	3720	28.7
3721	18.1	3722	8.2	3723	8.2	3724	0.9	3725	0.1	3726	0.2	3727	11.4	3728	10.3	3729	12.6	3730	29.2	3731	4.8	3732	17.6	3733	2.3	3734	19.8	3735	25
3736	20	3737	4	3738	21.5	3739	9	3740	6.5	3741	40.5	3742	48.8	3743	4.3	3744	14	3745	5.4	3746	8.3	3747	10.5	3748	6.5	3749	3.7	3750	3.8
3751	6.5	3752	2.8	3753	2.7	3754	38.2	3755	3.8	3756	4.4	3757	4.2	3758	29.5	3759	8	3760	3.7	3761	17.4	3762	11.4	3763	13.8	3764	15.6	3765	4.4
3766	3.6	3767	8.7	3768	3.7	3769	1.2	3770	59.3	3771	3.3	3772	2.5	3773	0.3	3774	0	3775	6.2	3776	5	3777	10.3	3778	7.7	3779	1.3	3780	5.1
3781	4.9	3782	13	3783	2.4	3784	11	3785	12.4	3786	14.5	3787	34.7	3788	7.4	3789	39.5	3790	1.3	3791	2.8	3792	12.2	3793	11	3794	6.2	3795	12
3796	18.5	3797	3.7	3798	16.7	3799	11.3	3800	17	3801	3.8	3802	1.7	3803	13.6	3804	5.1	3805	3.3	3806	1	3807	3.4	3808	0.7	3809	11.3	3810	9.1
3811	7.8	3812	21.7	3813	2.6	3814	8.6	3815	0.6	3816	19.3	3817	7.1	3818	6.2	3819	5.4	3820	49.5	3821	13.7	3822	2.5	3823	0.6	3824	0.2	3825	0
3826	0	3827	0.5	3828	4	3829	1.4	3830	3.7	3831	2	3832	3.5	3833	2.4	3834	1.6	3835	0.2	3836	2	3837	5.3	3838	24.6	3839	6	3840	0.1
3841	1.3	3842	1.5	3843	6.5	3844	3.9	3845	18.6	3846	3.8	3847	0.2	3848	0.4	3849	1.1	3850	0.9	3851	20.2	3852	0.4	3853	0	3854	2.2	3855	0
3856	0	3857	0.1	3858	0.2	3859	29.1	3860	4.8	3861	29.5	3862	2.9	3863	0.5	3864	0.1	3865	0	3866	0.2	3867	0.1	3868	3	3869	26.1	3870	1.7
3871	0.7	3872	1.2	3873	0	3874	1.6	3875	0.4	3876	0.2	3877	4.7	3878	0.2	3879	6.9	3880	6.4	3881	2.3	3882	0	3883	0.4	3884	3.6	3885	9.6
3886	24.9	3887	21.2	3888	27.2	3889	26.5	3890	2.9	3891	0.4	3892	5.5	3893	1	3894	0	3895	4.9	3896	0	3897	0	3898	0.7	3899	0.1	3900	0.1
3901	8	3902	19.2	3903	3.5	3904	8.3	3905	9.3	3906	6.8	3907	17	3908	56.8	3909	2.2	3910	0	3911	2.8	3912	14.3	3913	3.8	3914	0.9	3915	5
3916	9.7	3917	2.2	3918	8.6	3919	8.8	3920	11.3	3921	19.9	3922	29	3923	1.4	3924	1.4	3925	1.5	3926	9.6	3927	2.8	3928	2.2	3929	2.6	3930	2.3
3931	8.8	3932	25.6	3933	24.4	3934	10	3935	4	3936	0.1	3937	0	3938	0.1	3939	1	3940	7.6	3941	6.8	3942	32.9	3943	16.4	3944	23.5	3945	3.7
3946	2.1	3947	18.9	3948	2.1	3949	17	3950	23.4	3951	14.3	3952	4.3	3953	7.7	3954	12.2	3955	1.6	3956	3	3957	12.7	3958	1.3	3959	8.1	3960	7.4
3961	14.8	3962	24.8	3963	19.9	3964	7.3	3965	6.5	3966	25.4	3967	1.4	3968	1	3969	3.1	3970	3.3	3971	1.1	3972	3.4	3973	4	3974	1.8	3975	2.4
3976	1.9	3977	0.8	3978	8	3979	11.1	3980	2.7	3981	12.9	3982	4	3983	7.2	3984	7.1	3985	7.9	3986	23.2	3987	26.5	3988	21.4	3989	5.5	3990	20.6
3991	18	3992	13.8	3993	16.6	3994	1	3995	22.4	3996	45.1	3997	26.2	3998	9.2	3999	5	4000	1.1	4001	19.2	4002	7	4003	4.4	4004	5.1	4005	11.4
4006	11	4007	2.5	4008	6.4	4009	26.5	4010	39.9	4011	0.6	4012	11.1	4013	13.9	4014	16.4	4015	19.5	4016	6.2	4017	3.8	4018	23	4019	15.1	4020	5.3
4021	1.3	4022	5.6	4023	2.7	4024	4.8	4025	9.3	4026	10.5	4027	10.6	4028	8	4029	38.6	4030	14.4	4031	4.1	4032	4.5	4033	24.8	4034	1.5	4035	12.2
4036	3.1	4037	6.2	4038	5.4	4039	7.9	4040	17.5	4041	2	4042	17.2	4043	17.9	4044	0.7	4045	6.6	4046	2.1	4047	16.4	4048	6.3	4049	38.1	4050	32.6
4051	11.5	4052	4.4	4053	18.5	4054	11	4055	14.7	4056	4.1	4057	16.6	4058	2.7	4059	0.3	4060	0.8	4061	24.5	4062	3.8	4063	7.9	4064	4.2	4065	3.5
4066	0.2	4067	8.7	4068	3.4	4069	3.8	4070	3.2	4071	3.2	4072	3.6	4073	6	4074	8	4075	11.3	4076	16.5	4077	9.5	4078	15.3	4079	1.9	4080	5.2
4081	10.7	4082	4.5	4083	19.1	4084	8.6	4085	7.5	4086	4.2	4087	2.7	4088	8.8	4089	9.4	4090	1.6	4091	2.5	4092	5.7	4093	4	4094	4.2	4095	0.3
4096	5.3	4097	15.1	4098	19.2	4099	10.2	4100	14	4101	15.7	4102	3.7	4103	12.3	4104	13.5	4105	11.3	4106	20.3	4107	8.8	4108	14.4	4109	12.9	4110	7.8
4111	16.9	4112	0.3	4113	7.1	4114	19.2	4115	4.2	4116	7.6	4117	13.8	4118	17.5	4119	9.7	4120	4.4	4121	6.9	4122	15.6	4123	13.6	4124	2.6	4125	2.1
4126	0	4127	0.2	4128	5.6	4129	3.7	4130	23.6	4131	2.4	4132	9.3	4133	3.4	4134	4.8	4135	0.9	4136	0.3	4137	10.6	4138	19.3	4139	31	4140	23
4141	4.8	4142	15.7	4143	16.1	4144	0.6	4145	5.8	4146	7.3	4147	0.1	4148	0.1	4149	3.1	4150	0.2	4151	4.7	4152	6.3	4153	10.9	4154	0.5	4155	1.7
4156	1.3	4157	1.7	4158	6.5	4159	0	4160	0.1	4161	0	4162	0	4163	0.1	4164	1	4165	0.2	4166	0	4167	0.1	4168	0.5	4169	6.5	4170	0.6
4171	4.9	4172	0.6	4173	0	4174	0	4175	0	4176	0	4177	0	4178	0	4179	0	4180	0.2	4181	0	4182	0	4183	0	4184	0	4185	0
4186	0	4187	0	4188	0	4189	0	4190	0	4191	0	4192	0	4193	0	4194	0	4195	0.3	4196	2.5	4197	23.3	4198	6.1	4199	17.4	4200	0.3
4201	0	4202	0	4203	0	4204	0	4205	0	4206	0	4207	0.1	4208	1.8	4209	1.5	4210	0	4211	0	4212	0	4213	0	4214	0.5	4215	0
4216	0.3	4217	0	4218	1	4219	0.3	4220	0.7	4221	8.5	4222	0.8	4223	0	4224	0	4225	0	4226	0	4227	0	4228	0	4229	0	4230	0
4231	0	4232	0	4233	0	4234	0	4235	0	4236	0	4237	0	4238	0	4239	0	4240	0	4241	0	4242	0	4243	0	4244	0	4245	0
4246	0.1	4247	0.8	4248	0	4249	0	4250	0	4251	0	4252	0	4253	0	4254	0	4255	0	4256	0	4257	0	4258	0	4259	0.1	4260	0
4261	0	4262	0	4263	0	4264	0	4265	0	4266	0	4267	0	4268	0	4269	0	4270	7.7	4271	0.1	4272	0	4273	0	4274	13.2	4275	6
4276	3.4	4277	0.9	4278	1.2	4279	0	4280	0	4281	0	4282	0	4283	0	4284	0	4285	0	4286	0	4287	0	4288	0	4289	0	4290	0
4291	0	4292	0	4293	0	4294	0	4295	0	4296	0	4297	1.3	4298	0.3	4299	0.5	4300	0.2	4301	2.8	4302	0.6	4303	0.2	4304	0	4305	0
4306	0	4307	0.4	4308	2.1	4309	0.9	4310	1.5	4311	9	4312	7.6	4313	2.1	4314	13.1	4315	0.6	4316	1	4317	5.1	4318	5.8	4319	12.5	4320	2.9
4321	29	4322	6.7	4323	6	4324	9	4325	16.5	4326	10.3	4327	8	4328	32.6	4329	4.2	4330	26.4	4331	36.4	4332	5.7	4333	4.9	4334	5	4335	29.8
4336	3.5	4337	13.4	4338	7.1	4339	2.2	4340	13.7	4341	11.6	4342	8.6	4343	3.2	4344	6.1	4345	16.2	4346	29.3	4347	1.6	4348	0	4349	21.5	4350	62.8
4351	24.7	4352	15.1	4353	1.8	4354	31.6	4355	19.1	4356	6.9	4357	12.6	4358	16.8	4359	5.9	4360	0.7	4361	2.8	4362	5.6	4363	3.7	4364	2.8	4365	1.5
4366	5.6	4367	9.9	4368	4.9	4369	34.6	4370	8.8	4371	29.1	4372	22.1	4373	7.9	4374	5.8	4375	2.1	4376	18	4377	15.7	4378	12.4	4379	2.4	4380	6.5
4381	9.8	4382	6.2	4383	24.5	4384	20.7	4385	5.9	4386	0.																		

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R		
4441	10.9	4442	1.7	4443	5	4444	4.5	4445	29.3	4446	7.4	4447	9.9	4448	3.2	4449	9.2	4450	19.8	4451	9	4452	33.1	4453	13.8	4454	13.6	4455	5.3
4456	6.3	4457	2.5	4458	3.4	4459	5.9	4460	5.1	4461	3.3	4462	11.8	4463	8.4	4464	1.4	4465	8.7	4466	5.5	4467	8.6	4468	18.5	4469	15.8	4470	2.5
4471	0.2	4472	0	4473	7.9	4474	8.5	4475	14.1	4476	2.3	4477	23.9	4478	8.2	4479	10.6	4480	2.3	4481	5	4482	27.4	4483	1.9	4484	0.4	4485	1.6
4486	0.9	4487	4.4	4488	0.8	4489	4.8	4490	1.9	4491	1.5	4492	0	4493	0	4494	7.2	4495	0.1	4496	0	4497	0.5	4498	0.1	4499	0.9	4500	1.9
4501	0.9	4502	0.7	4503	3.7	4504	32.4	4505	2.7	4506	8.7	4507	4.3	4508	4.5	4509	10.6	4510	7.7	4511	16.4	4512	2	4513	0	4514	0	4515	0.3
4516	0.2	4517	15.8	4518	3.4	4519	1.2	4520	0.3	4521	0.8	4522	1.3	4523	0.1	4524	0.6	4525	0	4526	0	4527	0	4528	0	4529	0	4530	0
4531	0	4532	0.4	4533	0	4534	0.1	4535	0.7	4536	0	4537	0	4538	0	4539	0.2	4540	0.8	4541	1.9	4542	2.6	4543	5.5	4544	0.7	4545	53.2
4546	11.6	4547	0.7	4548	0	4549	0	4550	0	4551	0	4552	0	4553	0	4554	0	4555	8.2	4556	3.2	4557	0.4	4558	0	4559	0	4560	0
4561	0	4562	0	4563	7.7	4564	0	4565	0	4566	0	4567	0	4568	0	4569	0	4570	0	4571	0.1	4572	0.4	4573	0	4574	0	4575	0
4576	0.1	4577	0.1	4578	0	4579	0.1	4580	0.3	4581	0	4582	0.2	4583	1.1	4584	0.5	4585	0	4586	0	4587	0	4588	0	4589	0	4590	0
4591	0	4592	0	4593	0	4594	0	4595	0	4596	0	4597	0	4598	0	4599	0.2	4600	0	4601	0	4602	0	4603	0	4604	0	4605	0
4606	0	4607	0	4608	0	4609	0	4610	0	4611	0	4612	0	4613	0	4614	0	4615	0	4616	0	4617	0	4618	0	4619	0	4620	0
4621	0	4622	0.2	4623	1.2	4624	0	4625	0	4626	0	4627	0	4628	0	4629	0	4630	0	4631	0	4632	0	4633	0	4634	0	4635	0
4636	0	4637	0	4638	0	4639	0	4640	0.6	4641	0	4642	0.1	4643	0	4644	0	4645	0	4646	4.3	4647	0.3	4648	0	4649	0	4650	0
4651	0	4652	0.2	4653	0.1	4654	0.5	4655	0	4656	0	4657	0.4	4658	0.2	4659	0.1	4660	4.5	4661	1.9	4662	11.2	4663	11	4664	7.1	4665	6.1
4666	0	4667	0.7	4668	1.3	4669	0.5	4670	0.2	4671	11.7	4672	2.1	4673	9.9	4674	6	4675	13.7	4676	4.4	4677	22.3	4678	9.2	4679	0	4680	0
4681	0.5	4682	1.6	4683	4.4	4684	0.2	4685	0.1	4686	12.8	4687	5.4	4688	5	4689	0	4690	9.9	4691	3.4	4692	4.6	4693	9.3	4694	4	4695	8.4
4696	1.1	4697	0.2	4698	14.8	4699	2.3	4700	10.4	4701	3.3	4702	13.8	4703	5.8	4704	8.2	4705	4.7	4706	29.6	4707	33.4	4708	4.6	4709	14.6	4710	17
4711	12	4712	8.9	4713	6.7	4714	4	4715	2.7	4716	1.8	4717	11.3	4718	7.4	4719	1.2	4720	6.4	4721	29.4	4722	22.2	4723	15.8	4724	4.5	4725	3.2
4726	4.8	4727	4	4728	45.4	4729	5.2	4730	11	4731	5.9	4732	4	4733	3.3	4734	4.5	4735	17.9	4736	21.4	4737	3	4738	14.1	4739	18.5	4740	17.4
4741	13.1	4742	22.9	4743	17.3	4744	17.6	4745	14.6	4746	4.5	4747	6.2	4748	8.9	4749	21.6	4750	34.7	4751	33.3	4752	12	4753	50.9	4754	24	4755	6.6
4756	7.9	4757	16.3	4758	5.4	4759	8.3	4760	0.6	4761	24.4	4762	22.5	4763	16.7	4764	26	4765	2	4766	1.1	4767	1.6	4768	32.7	4769	1.1	4770	4.9
4771	13.3	4772	7.8	4773	13.9	4774	9	4775	4	4776	7.1	4777	10	4778	16.4	4779	20.6	4780	13.4	4781	11.6	4782	1	4783	10.1	4784	7	4785	20.2
4786	5.1	4787	0.5	4788	0.1	4789	6	4790	13.5	4791	2.7	4792	5.3	4793	5.3	4794	4.8	4795	30.2	4796	32.6	4797	4.1	4798	23.3	4799	13.7	4800	11.7
4801	8.9	4802	35	4803	10.4	4804	1.3	4805	2.8	4806	66.7	4807	43.2	4808	12.5	4809	7.3	4810	1.8	4811	12	4812	3.8	4813	5	4814	2.1	4815	4.8
4816	10	4817	24	4818	15.3	4819	14.4	4820	7.5	4821	17.2	4822	38.7	4823	18.7	4824	17.3	4825	6.2	4826	21.2	4827	13.6	4828	0.2	4829	0.2	4830	0.6
4831	13	4832	1.7	4833	3.8	4834	1.7	4835	9.8	4836	3.6	4837	1	4838	17.1	4839	5.6	4840	36.8	4841	6.4	4842	4.3	4843	5.5	4844	23	4845	20.3
4846	49.1	4847	4.9	4848	42	4849	5.6	4850	10.8	4851	17.3	4852	4.7	4853	2.4	4854	28.2	4855	12.4	4856	3.5	4857	29.5	4858	4.1	4859	18.3	4860	0.4
4861	7.2	4862	14.9	4863	2.1	4864	2	4865	0	4866	0	4867	0	4868	0	4869	0	4870	0.2	4871	0	4872	0.1	4873	0.5	4874	0	4875	2.4
4876	0.8	4877	12.5	4878	0.7	4879	3.1	4880	1.5	4881	6.6	4882	15.3	4883	2.7	4884	3.4	4885	19.9	4886	37.3	4887	7.4	4888	3.5	4889	17.2	4890	0.3
4891	3.5	4892	1.3	4893	0.9	4894	3	4895	21.3	4896	19.1	4897	4.2	4898	3.4	4899	6.9	4900	7.1	4901	3.7	4902	8.1	4903	13.3	4904	0.5	4905	0.8
4906	36	4907	6	4908	45	4909	8.7	4910	5.1	4911	42.6	4912	9.1	4913	18.4	4914	0.7	4915	4	4916	50.1	4917	7.5	4918	2.9	4919	0.3	4920	1.6
4921	0.6	4922	0	4923	0	4924	0	4925	1.9	4926	0.8	4927	7.2	4928	3.5	4929	0.4	4930	2.1	4931	1.7	4932	12.9	4933	17.2	4934	6.3	4935	0.1
4936	0.1	4937	1.9	4938	1	4939	11.9	4940	6.8	4941	13.8	4942	1.8	4943	4.6	4944	19.7	4945	4.1	4946	1.4	4947	0.1	4948	0.2	4949	0	4950	0.1
4951	1.3	4952	0.6	4953	0.1	4954	4.9	4955	3.7	4956	0	4957	0.2	4958	0	4959	0	4960	0	4961	0	4962	0	4963	0	4964	0	4965	0.1
4966	0	4967	0.1	4968	0	4969	0.7	4970	0.4	4971	0	4972	0	4973	0	4974	0	4975	0	4976	0.1	4977	2.8	4978	0.3	4979	0	4980	0
4981	0	4982	0	4983	0	4984	0.2	4985	0	4986	0.1	4987	0	4988	0	4989	0	4990	0	4991	23	4992	1.1	4993	0	4994	0	4995	2.5
4996	0	4997	1.4	4998	0	4999	0	5000	0.5	5001	0	5002	0	5003	0	5004	0.1	5005	0.3	5006	0	5007	0	5008	0.1	5009	0	5010	0
5011	0	5012	0	5013	0	5014	0	5015	0	5016	0.6	5017	0	5018	0	5019	0	5020	0	5021	0.9	5022	2.9	5023	0	5024	0	5025	0
5026	0	5027	0	5028	1.4	5029	3.9	5030	1	5031	0.1	5032	0	5033	0.7	5034	0	5035	0.3	5036	0	5037	0	5038	0.3	5039	0	5040	18.1
5041	10.1	5042	4.3	5043	6.3	5044	4.8	5045	12.9	5046	10.1	5047	1.6	5048	14.7	5049	9.2	5050	1.7	5051	6	5052	23.7	5053	2	5054	2.6	5055	2.7
5056	2.6	5057	1	5058	4.9	5059	7.4	5060	8.4	5061	6.6	5062	0.3	5063	1.7	5064	6.9	5065	16.6	5066	8.6	5067	6.7	5068	16.5	5069	9.8	5070	23.1
5071	2	5072	9.1	5073	2.5	5074	1.3	5075	0.2	5076	0.1	5077	0.2	5078	10.2	5079	1.7	5080	8.9	5081	12.3	5082	6.8	5083	0.2	5084	1	5085	17
5086	13.4	5087	26.1	5088	5.1	5089	5.4	5090	8.6	5091	3.6	5092	23.7	5093	6.3	5094	5.7	5095	13.2	5096	9.2	5097	38.3	5098	10	5099	19.1	5100	13.3
5101	12.2	5102	2.4	5103	7.1	5104	20.5	5105	26.6	5106	8.1	5107	8.5	5108	1.6	5109	0.1	5110	0.1	5111	0.2	5112	1.5	5113	18.6	5114	15.4	5115	17
5116	15.4	5117	40.2	5118	29.4	5119	31.1	5120	37	5121	11.9	5122	29.3	5123	3.2	5124	8.8	5125	8.6	5126	5.9	5127	23.5	5128	19.7	5129	24.4	5130	14.2
5131	30.1	5132	24.6	5133	12.6	5134	23.6	5135	32.4	5136	34.4	5137	51.3	5138	14.4	5139	9.7	5140	14.1	5141	21	5142	24.3	5143	1.6	5144	1.2	5145	10.2
5146	20.6	5147	16.4	5148	43.5	5149	9	5150	0.6	5151	0.9	5152	1.6	5153	13.6	5154	10.3	5155	1.6	5156	3.5	5157	0.2	5158	2.1	5159	26.9	5160	

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R		
5206	0.8	5207	1.1	5208	13.1	5209	11.2	5210	3.9	5211	3.1	5212	27.6	5213	4.9	5214	6.1	5215	11.4	5216	9.1	5217	6.9	5218	17.5	5219	4.3	5220	16.5
5221	3.1	5222	0.4	5223	0.2	5224	2.5	5225	0.2	5226	5.6	5227	4	5228	3.6	5229	5.1	5230	12.9	5231	10.9	5232	1.1	5233	0	5234	0.3	5235	6.9
5236	2.5	5237	2.6	5238	5.8	5239	10.8	5240	0.3	5241	0	5242	0.9	5243	2.6	5244	0.3	5245	0.1	5246	7	5247	26.5	5248	7.1	5249	1.3	5250	5
5251	18.6	5252	0.2	5253	0.1	5254	1.7	5255	3.3	5256	2.8	5257	1.2	5258	1.5	5259	0.7	5260	4.3	5261	5.1	5262	3.2	5263	0.1	5264	0.2	5265	0
5266	0	5267	0	5268	1.1	5269	0.1	5270	3.1	5271	0	5272	0	5273	0	5274	0	5275	1.3	5276	3.3	5277	2.9	5278	4.5	5279	2.5	5280	4.2
5281	8	5282	7.2	5283	16.9	5284	6.9	5285	0.1	5286	0.2	5287	4.2	5288	0.3	5289	9.1	5290	2.2	5291	7.6	5292	0.5	5293	2.7	5294	1.2	5295	0
5296	8.7	5297	1.2	5298	0.9	5299	2.9	5300	0.6	5301	0.8	5302	0.6	5303	0.7	5304	1.6	5305	0.3	5306	0.1	5307	43.1	5308	12.6	5309	0.2	5310	0
5311	0	5312	0	5313	0	5314	3.7	5315	1.4	5316	26.6	5317	1.1	5318	7.4	5319	1.6	5320	2	5321	4.6	5322	0.2	5323	0	5324	0	5325	0.5
5326	1.6	5327	1	5328	0	5329	0.7	5330	6.6	5331	0	5332	0	5333	0	5334	1.4	5335	10.2	5336	0.4	5337	1.7	5338	0	5339	0	5340	0
5341	0	5342	0	5343	0	5344	0	5345	0	5346	0.2	5347	6	5348	0.7	5349	0	5350	0.4	5351	0	5352	0	5353	0	5354	0	5355	0
5356	0	5357	0	5358	0	5359	0	5360	0.1	5361	0	5362	0	5363	0	5364	0	5365	0.1	5366	0	5367	0	5368	0	5369	0.1	5370	0
5371	0	5372	0	5373	0.5	5374	0	5375	0	5376	0	5377	3.2	5378	0	5379	0	5380	0.1	5381	0	5382	0	5383	0	5384	0	5385	0
5386	0	5387	0	5388	0.1	5389	0	5390	0.1	5391	0	5392	0.2	5393	1	5394	0.5	5395	0.1	5396	0	5397	0	5398	0	5399	1.3	5400	0
5401	1.3	5402	1.8	5403	0	5404	0	5405	1.3	5406	0.2	5407	1.7	5408	0	5409	3.4	5410	0.7	5411	0	5412	1.9	5413	0	5414	8.5	5415	11.2
5416	0	5417	1.8	5418	0	5419	0	5420	0.1	5421	0	5422	0.2	5423	0	5424	0.5	5425	8.8	5426	12.2	5427	16.5	5428	14.7	5429	6.7	5430	0.1
5431	15.3	5432	4.3	5433	4.7	5434	6.3	5435	10.8	5436	9	5437	1.5	5438	0.3	5439	1.1	5440	0.6	5441	6.8	5442	27.4	5443	15.4	5444	5.8	5445	5
5446	7.3	5447	15	5448	3.4	5449	3	5450	17.1	5451	22.9	5452	16.5	5453	24.4	5454	5.5	5455	4.5	5456	4	5457	3.8	5458	16.3	5459	32.1	5460	7.7
5461	4.1	5462	5.1	5463	1.8	5464	14.7	5465	20	5466	5.7	5467	9.7	5468	17.9	5469	2	5470	14.5	5471	13.3	5472	5.7	5473	5	5474	11.3	5475	29.5
5476	2.8	5477	2.4	5478	7.9	5479	10.5	5480	18.8	5481	27	5482	11.4	5483	7.7	5484	5.7	5485	2.3	5486	4.4	5487	2.1	5488	0.8	5489	2.4	5490	9.2
5491	9	5492	16.9	5493	4.9	5494	1.3	5495	4.5	5496	8.7	5497	1.9	5498	53.6	5499	10.3	5500	4.9	5501	3.3	5502	7.7	5503	16.2	5504	11.4	5505	4.4
5506	1.9	5507	12.7	5508	7	5509	9.9	5510	20.5	5511	19.9	5512	12.3	5513	19.3	5514	18.7	5515	3.5	5516	20.4	5517	11.5	5518	18.2	5519	3.5	5520	2.1
5521	13.5	5522	27.5	5523	8.1	5524	5.5	5525	3.2	5526	7.5	5527	10	5528	25	5529	10.7	5530	4.7	5531	3.5	5532	2.2	5533	3.1	5534	3.1	5535	11.6
5536	22.9	5537	9.9	5538	2.3	5539	15.2	5540	25	5541	15	5542	39.3	5543	8.2	5544	4.4	5545	6.1	5546	1.8	5547	2	5548	1.6	5549	3.7	5550	8.4
5551	20.2	5552	9.3	5553	28.1	5554	4.9	5555	8	5556	6.8	5557	16.8	5558	15.5	5559	2.5	5560	10.3	5561	1.8	5562	7.4	5563	12.4	5564	2	5565	6.5
5566	4	5567	0.6	5568	3.4	5569	34.6	5570	10.7	5571	13.6	5572	25.7	5573	6.6	5574	1.4	5575	14.8	5576	16.9	5577	2.5	5578	1.2	5579	0.7	5580	4.6
5581	27.7	5582	1.9	5583	5.1	5584	12.7	5585	5.6	5586	7.6	5587	8.7	5588	11.6	5589	5.8	5590	4.3	5591	5.1	5592	15.8	5593	33.6	5594	11.2	5595	3.1
5596	11.7	5597	3.6	5598	3.2	5599	3.3	5600	59.1	5601	8.4	5602	31.4	5603	17.8	5604	1.7	5605	0	5606	0	5607	0	5608	0.1	5609	0.1	5610	0.7
5611	0.3	5612	9.2	5613	1.4	5614	0	5615	0	5616	0	5617	0	5618	0	5619	0	5620	0	5621	0	5622	0	5623	0	5624	0	5625	1.2
5626	1.1	5627	0	5628	0	5629	0	5630	0.9	5631	0.3	5632	0.3	5633	8.8	5634	0.4	5635	0	5636	0	5637	0.7	5638	5.3	5639	8.5	5640	0.2
5641	0	5642	0	5643	0	5644	0	5645	0	5646	0	5647	0	5648	0	5649	0.5	5650	0	5651	0	5652	0	5653	0	5654	0	5655	0
5656	0.1	5657	0.4	5658	0	5659	0	5660	0	5661	0	5662	0	5663	0	5664	0	5665	0	5666	0	5667	0	5668	0	5669	0	5670	0.2
5671	0	5672	0	5673	0	5674	0	5675	0	5676	0	5677	0	5678	0	5679	0	5680	0	5681	0	5682	0	5683	0	5684	0	5685	0
5686	0	5687	0	5688	0	5689	0	5690	0	5691	0	5692	0	5693	0	5694	0	5695	0.6	5696	0	5697	0.4	5698	0.1	5699	0.6	5700	0.2
5701	0	5702	0	5703	0	5704	0	5705	0	5706	0	5707	0	5708	0	5709	0	5710	0	5711	0	5712	0	5713	0	5714	0	5715	0
5716	0	5717	0	5718	0	5719	0	5720	0	5721	0	5722	0	5723	0	5724	0	5725	0	5726	0	5727	0	5728	0	5729	0	5730	0
5731	0.2	5732	0	5733	0	5734	0	5735	0	5736	0	5737	0	5738	0	5739	0	5740	0	5741	0	5742	0	5743	0	5744	0	5745	0
5746	0	5747	0	5748	0	5749	0.3	5750	0.9	5751	0	5752	0.2	5753	0	5754	0.1	5755	0.1	5756	0	5757	0	5758	0	5759	3.3	5760	0.3
5761	0	5762	0	5763	0	5764	0	5765	0	5766	0	5767	0	5768	0	5769	0	5770	2.2	5771	1	5772	0.2	5773	0	5774	0	5775	0.2
5776	0	5777	0	5778	0	5779	0.1	5780	0	5781	0	5782	7.5	5783	0	5784	0.5	5785	0	5786	2.9	5787	0	5788	0	5789	5.3	5790	26.6
5791	23.9	5792	14.8	5793	9.6	5794	12.5	5795	11.3	5796	10.5	5797	0.3	5798	0.6	5799	9.8	5800	20.1	5801	1.9	5802	8.2	5803	19.2	5804	4.5	5805	0.2
5806	0	5807	2.4	5808	9.9	5809	1.4	5810	6	5811	3.6	5812	16.2	5813	14	5814	4.3	5815	2.9	5816	6.4	5817	6	5818	19.9	5819	12.6	5820	2.8
5821	12.5	5822	5.9	5823	6	5824	5.2	5825	6.3	5826	6.6	5827	51.2	5828	9.2	5829	21.3	5830	15.3	5831	27	5832	14.2	5833	6.7	5834	12.2	5835	2.7
5836	0.4	5837	1.2	5838	1	5839	0.9	5840	8.9	5841	4.7	5842	5.3	5843	0.6	5844	1.5	5845	14.1	5846	0.9	5847	18.3	5848	1.4	5849	13.3	5850	0.2
5851	0.1	5852	9.7	5853	3.9	5854	3.1	5855	11.2	5856	1.1	5857	3.1	5858	1	5859	0.4	5860	1.1	5861	14.3	5862	10.5	5863	7.2	5864	13.6	5865	19.9
5866	18	5867	10.4	5868	1.5	5869	8.1	5870	16	5871	23.6	5872	1.5	5873	4.2	5874	15.1	5875	14	5876	3.9	5877	13.5	5878	3.9	5879	12.8	5880	44.4
5881	13.6	5882	29.3	5883	18.3	5884	38.8	5885	12.1	5886	22.4	5887	15.7	5888	0.6	5889	1.3	5890	14.6	5891	6.5	5892	4.2	5893	4.5	5894	0	5895	5
5896	23.1	5897	18.6	5898	26.5	5899	9.1	5900	11.5	5901	18.8	5902	5	5903	2.6	5904	10.2	5905	5.7	5906	1.4	5907	16.4	5908	8.5	5909	8.2	5910	3.3
5911	5.5	5912	8.3	5913	1.4	5914	3.8	5915	16.2	5916	6.6	5917	4.1	5918	2.8	5919	3.2	5920	1.6	5921	2.3	5922	8.9	5923	2.2	5924	1.8	5925	4.2
5926	6.1	5927	6.9	5928	10.1	5929																							

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R		
5971	0.6	5972	4.8	5973	5.7	5974	1.5	5975	3.7	5976	1.5	5977	14.2	5978	0.2	5979	7.6	5980	2.8	5981	18.7	5982	1.5	5983	0	5984	1.1	5985	5.9
5986	5.2	5987	3.4	5988	0.2	5989	2	5990	0.1	5991	0.6	5992	27	5993	1.8	5994	12	5995	23.5	5996	9.2	5997	11.9	5998	1.8	5999	0	6000	0.5
6001	2.1	6002	3.1	6003	0.7	6004	2.3	6005	3.4	6006	0.1	6007	0.1	6008	0	6009	0.9	6010	4	6011	14.2	6012	2	6013	3.8	6014	18.7	6015	4.3
6016	0.4	6017	0.1	6018	1	6019	1.9	6020	0.3	6021	0.4	6022	0.4	6023	15.3	6024	16.3	6025	1.4	6026	3.7	6027	0.3	6028	14.3	6029	0.8	6030	0
6031	0	6032	0	6033	0	6034	0	6035	0	6036	2	6037	6.8	6038	4.2	6039	0.3	6040	1.4	6041	3.5	6042	3.9	6043	6	6044	10.4	6045	14.1
6046	40.2	6047	2.5	6048	5.1	6049	24.3	6050	0	6051	0.6	6052	1	6053	0	6054	0.8	6055	0.1	6056	0.7	6057	0.5	6058	0	6059	0.4	6060	1.5
6061	1.1	6062	2.8	6063	11.3	6064	1.4	6065	0.8	6066	0	6067	0	6068	0.3	6069	14	6070	2.4	6071	0.6	6072	0.2	6073	0.3	6074	6.8	6075	0
6076	0	6077	0	6078	0.1	6079	0	6080	0	6081	0.1	6082	0	6083	0	6084	2.9	6085	21.2	6086	10.2	6087	4.7	6088	0	6089	0.6	6090	13.2
6091	1.7	6092	0.3	6093	0	6094	0	6095	2.1	6096	0	6097	7	6098	2.7	6099	0.3	6100	0.2	6101	0.7	6102	0.9	6103	4.1	6104	4.1	6105	5.5
6106	3	6107	0.9	6108	0.6	6109	3.4	6110	11.5	6111	11.5	6112	30.8	6113	25.3	6114	59.5	6115	76.6	6116	22.9	6117	3.1	6118	8.1	6119	2.5	6120	8.3
6121	4.6	6122	8.5	6123	0.9	6124	1.6	6125	7.5	6126	34.8	6127	37.1	6128	11.5	6129	0.5	6130	3.1	6131	2.2	6132	5.1	6133	0.4	6134	0.5	6135	0.4
6136	0.3	6137	0.1	6138	2.8	6139	1.9	6140	3.3	6141	28.2	6142	5.1	6143	3.7	6144	12.6	6145	15	6146	9.1	6147	5.5	6148	9.2	6149	2.3	6150	2.8
6151	6.4	6152	1.5	6153	6.9	6154	11.6	6155	12.2	6156	2.9	6157	11.3	6158	32.2	6159	4.6	6160	18.4	6161	2.5	6162	7.6	6163	9.6	6164	21.1	6165	9.3
6166	1.8	6167	3.9	6168	1.2	6169	1.2	6170	5.7	6171	8.8	6172	20	6173	8.1	6174	11	6175	3.9	6176	5.4	6177	7.9	6178	14.4	6179	7.6	6180	14.3
6181	3.6	6182	4.4	6183	4.4	6184	13.8	6185	6.3	6186	17.8	6187	4	6188	4.1	6189	3.4	6190	18	6191	9.5	6192	24.5	6193	7	6194	3.3	6195	10.5
6196	3.6	6197	2.7	6198	13.6	6199	3.1	6200	3.1	6201	0.5	6202	2.4	6203	0.6	6204	0.8	6205	2.7	6206	0.5	6207	6.4	6208	29.1	6209	17.7	6210	10.9
6211	8.1	6212	3.2	6213	5.3	6214	8.7	6215	11.4	6216	8.4	6217	3.1	6218	1.2	6219	0.7	6220	1.4	6221	3.1	6222	7.6	6223	15.5	6224	20.2	6225	9.5
6226	12	6227	14.2	6228	2.3	6229	5	6230	27.4	6231	13.8	6232	8.5	6233	16.6	6234	3.8	6235	22.4	6236	11.4	6237	5.7	6238	16.5	6239	21	6240	2.6
6241	21.3	6242	46.1	6243	22.6	6244	18.4	6245	20.8	6246	17.7	6247	11.3	6248	9.4	6249	33.4	6250	13.3	6251	8.7	6252	4.2	6253	6.8	6254	13	6255	10.2
6256	36.2	6257	9.6	6258	7.9	6259	0.6	6260	2.8	6261	2.1	6262	9.4	6263	15.2	6264	7.6	6265	10.3	6266	15.3	6267	8.4	6268	10.4	6269	6.7	6270	13.1
6271	20.7	6272	19.5	6273	4.2	6274	1.5	6275	7.9	6276	3.9	6277	1.3	6278	0.9	6279	8.8	6280	4.7	6281	17	6282	52.1	6283	9.7	6284	6	6285	1.2
6286	6.5	6287	16.7	6288	3.5	6289	12.2	6290	10.2	6291	3.2	6292	3	6293	3	6294	14.7	6295	17.6	6296	14	6297	5.2	6298	2.9	6299	8.5	6300	4.2
6301	3.4	6302	1.6	6303	35.4	6304	5.8	6305	5.6	6306	29.7	6307	16.8	6308	9.3	6309	11.7	6310	20.7	6311	1.4	6312	3.2	6313	3.2	6314	2.8	6315	0.3
6316	0.5	6317	1.4	6318	5.5	6319	6.8	6320	4.6	6321	22.9	6322	1.8	6323	5.9	6324	0.9	6325	0.2	6326	1.9	6327	12.4	6328	10.2	6329	2.4	6330	6.1
6331	1.7	6332	4.1	6333	38.1	6334	24.6	6335	13.8	6336	2	6337	1.8	6338	1	6339	0.4	6340	0	6341	0.6	6342	0	6343	0	6344	0	6345	0
6346	0.3	6347	0	6348	0	6349	0	6350	0	6351	0	6352	0	6353	0	6354	0	6355	0.1	6356	15	6357	4.9	6358	37.8	6359	7.5	6360	1.9
6361	7.1	6362	20	6363	9.6	6364	0.1	6365	1	6366	0	6367	0.1	6368	0.8	6369	0.7	6370	0	6371	0	6372	0	6373	14.5	6374	11.2	6375	2.4
6376	2.2	6377	0.1	6378	0	6379	0	6380	0.4	6381	0.9	6382	4.1	6383	2.3	6384	0.2	6385	14.4	6386	7	6387	3.3	6388	21.3	6389	0.4	6390	0
6391	0.1	6392	1.6	6393	0.4	6394	0	6395	0	6396	0	6397	0.1	6398	0.6	6399	0	6400	0	6401	0.3	6402	0	6403	0.1	6404	2.2	6405	3
6406	0	6407	0	6408	0	6409	1.3	6410	0.8	6411	10.7	6412	1	6413	0	6414	0	6415	0	6416	0	6417	0.5	6418	9.4	6419	0	6420	0.5
6421	0	6422	0	6423	0	6424	0	6425	0	6426	0	6427	0	6428	0	6429	0	6430	1	6431	0.1	6432	0	6433	0	6434	1	6435	0
6436	0	6437	0	6438	0	6439	0.6	6440	0.4	6441	0.1	6442	0	6443	0	6444	0	6445	0	6446	0	6447	0.2	6448	0	6449	0	6450	0
6451	0	6452	0	6453	0	6454	0	6455	0	6456	0	6457	1	6458	0	6459	0	6460	0	6461	0	6462	0	6463	0	6464	0	6465	0
6466	0	6467	0	6468	0	6469	0.1	6470	6.5	6471	0	6472	0	6473	0	6474	0	6475	0.4	6476	0.9	6477	14.9	6478	6.9	6479	1.7	6480	9.7
6481	7.3	6482	15.2	6483	7	6484	21.1	6485	22.9	6486	5.6	6487	4.1	6488	2.4	6489	3.8	6490	22.8	6491	9.5	6492	16.9	6493	3.7	6494	6	6495	0.2
6496	0.7	6497	0.1	6498	12.9	6499	60.4	6500	9.2	6501	13.2	6502	5.9	6503	0.4	6504	0	6505	0	6506	19.5	6507	0.7	6508	3.1	6509	7.2	6510	30.5
6511	5.2	6512	0.7	6513	0	6514	0.2	6515	0.6	6516	0.1	6517	0.6	6518	4.5	6519	6.3	6520	3.1	6521	6.4	6522	4.1	6523	8.6	6524	10.2	6525	12
6526	8.2	6527	39.7	6528	7.2	6529	7	6530	29.1	6531	3.5	6532	4.1	6533	17.7	6534	8.8	6535	18.9	6536	27.4	6537	6.2	6538	29.8	6539	6.8	6540	15.9
6541	10.2	6542	30.7	6543	8.9	6544	44	6545	6.2	6546	0.3	6547	1.8	6548	1.4	6549	3.2	6550	3.2	6551	7.1	6552	14.2	6553	14.2	6554	26.1	6555	23
6556	4.1	6557	7.2	6558	7.9	6559	1.2	6560	1.3	6561	13.4	6562	23.1	6563	5	6564	16.3	6565	10.4	6566	5.4	6567	0	6568	0	6569	0.3	6570	0.4
6571	13.7	6572	6.6	6573	1.1	6574	23.3	6575	8.5	6576	14.6	6577	10.2	6578	14.2	6579	13.9	6580	19.1	6581	7.1	6582	13.2	6583	3.7	6584	4.1	6585	10
6586	7.2	6587	2.5	6588	9.2	6589	5.3	6590	10.7	6591	0.9	6592	7.2	6593	10.7	6594	21.9	6595	12.4	6596	11.8	6597	9.2	6598	1.8	6599	7.6	6600	11.2
6601	9.7	6602	4.7	6603	3.6	6604	6.6	6605	10.8	6606	6.4	6607	23	6608	8.3	6609	13.8	6610	3.1	6611	20.6	6612	3.6	6613	7	6614	33.5	6615	29.5
6616	4.3	6617	18.4	6618	7.8	6619	23.6	6620	16	6621	52	6622	30.3	6623	10.1	6624	1.1	6625	28.9	6626	29.8	6627	34.3	6628	32.2	6629	19.8	6630	16
6631	23.2	6632	35	6633	18.9	6634	15.4	6635	6.6	6636	13.1	6637	6.5	6638	10.1	6639	14.1	6640	4.5	6641	40.6	6642	6.3	6643	46.1	6644	16.4	6645	19.4
6646	14	6647	5.9	6648	1.4	6649	3.1	6650	37.5	6651	18.7	6652	4.2	6653	5.6	6654	0.4	6655	5.5	6656	2.7	6657	7.4	6658	10.6	6659	5.8	6660	5.4
6661	8.8	6662	3.1	6663	0	6664	1.4	6665	1.2	6666	1.8	6667	8.7	6668	6.5	6669	1	6670	5.3	6671	2.1	6672	1.7	6673	3.1	6674	4.5	6675	1.7
6676	0	6677	0.7	6678	6.3	6679	0.4	6680	1.4	6681	1.7	6682																	

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R		
6736	0.1	6737	0.3	6738	0.2	6739	0	6740	0.2	6741	0	6742	0	6743	0	6744	0	6745	0.2	6746	20.3	6747	4.5	6748	0.5	6749	2.3	6750	8.9
6751	21.2	6752	1.6	6753	0	6754	0.1	6755	0	6756	0	6757	0	6758	0	6759	0.8	6760	0.7	6761	0	6762	0	6763	0	6764	0	6765	0
6766	0	6767	0	6768	0	6769	0	6770	0	6771	0	6772	0	6773	0	6774	0	6775	0	6776	0	6777	0	6778	0	6779	0	6780	0
6781	0	6782	0	6783	0	6784	0	6785	0	6786	0	6787	0	6788	0.1	6789	0	6790	0	6791	0	6792	0	6793	0	6794	0	6795	1
6796	3.4	6797	0	6798	0	6799	0	6800	0	6801	0	6802	0	6803	0	6804	0	6805	0	6806	0	6807	0	6808	0	6809	0	6810	0
6811	0	6812	0	6813	0	6814	0	6815	0	6816	2.3	6817	0.1	6818	1	6819	14.5	6820	0.1	6821	0	6822	0	6823	0.3	6824	0.8	6825	0.1
6826	0	6827	0	6828	0	6829	0	6830	0	6831	0.1	6832	0.1	6833	7.7	6834	0.2	6835	0.2	6836	0.1	6837	3	6838	10.7	6839	0.5	6840	0.1
6841	0	6842	0	6843	0	6844	0.7	6845	0	6846	0	6847	0	6848	0	6849	0	6850	0.3	6851	2.1	6852	0	6853	0	6854	0.6	6855	0
6856	0	6857	0.4	6858	0	6859	0	6860	0	6861	0.2	6862	0.8	6863	14.8	6864	2.8	6865	0.1	6866	4	6867	0	6868	0.6	6869	1.4	6870	1.9
6871	6.8	6872	12.9	6873	8.5	6874	3.5	6875	0.2	6876	1.4	6877	0	6878	0	6879	0	6880	0	6881	1.1	6882	11.8	6883	5	6884	8.3	6885	8.9
6886	9.6	6887	11.8	6888	15.2	6889	17.1	6890	2.9	6891	1	6892	4.4	6893	9	6894	0.8	6895	14.4	6896	4.6	6897	6.4	6898	8.1	6899	5.4	6900	3
6901	1.6	6902	0.1	6903	0.7	6904	13.2	6905	8.5	6906	14.8	6907	3.6	6908	41.6	6909	3.4	6910	5.1	6911	27.3	6912	21.1	6913	16	6914	9	6915	6.7
6916	9.1	6917	9.2	6918	4.6	6919	16.2	6920	15.1	6921	23	6922	3.6	6923	21.8	6924	16.7	6925	3.3	6926	0.2	6927	0.2	6928	4.2	6929	3.9	6930	2.6
6931	4.6	6932	26.7	6933	31.5	6934	13.7	6935	9	6936	2.7	6937	0.4	6938	4.8	6939	16.8	6940	10.3	6941	4.9	6942	6.6	6943	8.4	6944	0.5	6945	0
6946	1.1	6947	8	6948	3.2	6949	1.9	6950	6.9	6951	17	6952	19.6	6953	5.3	6954	2.8	6955	8.4	6956	6	6957	31.7	6958	15.4	6959	6.9	6960	3.5
6961	29.8	6962	25.4	6963	11.7	6964	18.9	6965	17.4	6966	38.9	6967	24.9	6968	20.6	6969	3.6	6970	12.6	6971	17.2	6972	15.1	6973	8.5	6974	7.6	6975	16.4
6976	21.7	6977	2.8	6978	25.8	6979	14.2	6980	10.9	6981	8.9	6982	32.9	6983	18.9	6984	2	6985	18.1	6986	22.2	6987	5.3	6988	7.4	6989	7.7	6990	12.2
6991	12.6	6992	6.4	6993	14.5	6994	8.8	6995	2.8	6996	2.6	6997	0	6998	0.6	6999	7	7000	15.2	7001	28.5	7002	6	7003	5.6	7004	28.9	7005	16.7
7006	6.3	7007	2.7	7008	7.6	7009	3.9	7010	2.1	7011	5.9	7012	6.7	7013	5.1	7014	6.6	7015	6.2	7016	15.9	7017	7.9	7018	25.4	7019	1.5	7020	11.2
7021	14.9	7022	15.1	7023	24.6	7024	9	7025	9.8	7026	12.3	7027	18.6	7028	0.9	7029	1.4	7030	5.8	7031	18.6	7032	14.1	7033	12.3	7034	19.5	7035	7
7036	15.2	7037	36.6	7038	5.4	7039	3.6	7040	9.8	7041	7	7042	3.9	7043	25.6	7044	41.1	7045	19.1	7046	10.7	7047	5.2	7048	0.3	7049	0.2	7050	2.7
7051	0	7052	0.8	7053	0	7054	2.9	7055	0.1	7056	0.4	7057	4.6	7058	19.9	7059	6	7060	31.6	7061	3.4	7062	9.7	7063	4.9	7064	0	7065	1
7066	0.2	7067	3.5	7068	19	7069	3	7070	0.4	7071	0.2	7072	0.1	7073	0.5	7074	1.2	7075	7.5	7076	0.7	7077	0	7078	0.1	7079	0	7080	0
7081	0	7082	0	7083	0	7084	0	7085	0	7086	0.1	7087	0	7088	0	7089	1.1	7090	0	7091	0	7092	0	7093	0	7094	1.5	7095	0.2
7096	0	7097	0	7098	0.3	7099	0.1	7100	0.1	7101	0	7102	0.1	7103	0	7104	1.2	7105	3.6	7106	0.1	7107	0	7108	0	7109	0	7110	0
7111	0	7112	0	7113	0	7114	0	7115	0	7116	0	7117	0	7118	0	7119	0	7120	0	7121	0	7122	0	7123	0.4	7124	0	7125	7.5
7126	0.1	7127	0	7128	0	7129	0	7130	0	7131	0	7132	0	7133	0	7134	0	7135	0	7136	0	7137	0	7138	0	7139	0	7140	0.1
7141	0	7142	0	7143	0	7144	0	7145	0	7146	0	7147	0	7148	0	7149	0	7150	0	7151	0	7152	0	7153	0	7154	0	7155	0
7156	0	7157	0	7158	0	7159	0.1	7160	0	7161	0	7162	0	7163	0	7164	0	7165	0	7166	0	7167	0	7168	0	7169	0	7170	0
7171	0.1	7172	0	7173	0	7174	1.1	7175	0	7176	0	7177	0.2	7178	0.1	7179	0	7180	0.1	7181	0	7182	0	7183	0	7184	0	7185	0
7186	0	7187	0	7188	0	7189	0	7190	0	7191	0	7192	0	7193	0	7194	0	7195	0	7196	0	7197	0	7198	0	7199	0	7200	0
7201	0	7202	0	7203	0	7204	0	7205	0	7206	0	7207	0	7208	0	7209	1.3	7210	2.8	7211	2.7	7212	0	7213	0	7214	0.1	7215	1
7216	0.3	7217	0	7218	0	7219	0	7220	1.2	7221	0.2	7222	0.1	7223	0.3	7224	0	7225	1.1	7226	0.3	7227	0.1	7228	2	7229	0	7230	0.1
7231	0	7232	5.9	7233	0	7234	0	7235	0.3	7236	0	7237	0	7238	0	7239	1.3	7240	3.7	7241	0.7	7242	3	7243	0.6	7244	3.7	7245	10.2
7246	7.9	7247	11.5	7248	5.8	7249	0.9	7250	0	7251	0.4	7252	9.4	7253	5	7254	11.2	7255	7.5	7256	1.9	7257	2.3	7258	1.4	7259	0	7260	0.6
7261	0	7262	1	7263	1.6	7264	3.2	7265	2.8	7266	0.7	7267	0.8	7268	0.5	7269	5.7	7270	3.8	7271	1.8	7272	0.3	7273	9.1	7274	7.4	7275	0
7276	1.6	7277	1.3	7278	20.5	7279	8.7	7280	11.7	7281	8.5	7282	13.9	7283	14.1	7284	5.1	7285	3.9	7286	6.3	7287	2.5	7288	6.2	7289	14.5	7290	20.9
7291	15.1	7292	1.2	7293	9.7	7294	20.8	7295	11.6	7296	14.5	7297	4.6	7298	5.6	7299	14.4	7300	7.2	7301	38.9	7302	1.9	7303	8.5	7304	4	7305	33.9
7306	25.5	7307	6	7308	28	7309	16.1	7310	36	7311	37.3	7312	19.6	7313	19.9	7314	4.5	7315	7.1	7316	25.1	7317	3.6	7318	5.8	7319	0.8	7320	3.1
7321	9.9	7322	2.6	7323	1.1	7324	3.8	7325	6.4	7326	2	7327	0.6	7328	1.6	7329	2.4	7330	15.4	7331	0.4	7332	2.2	7333	2.3	7334	2.9	7335	12.4
7336	18.6	7337	23.7	7338	14.3	7339	11.9	7340	4.4	7341	28.6	7342	3.9	7343	41.8	7344	1.6	7345	8.9	7346	12.5	7347	11.2	7348	4.1	7349	2.7	7350	2.2
7351	15.8	7352	10.4	7353	20.1	7354	18.4	7355	62.7	7356	31	7357	1	7358	10.6	7359	5.9	7360	5.4	7361	1.3	7362	12.3	7363	7.1	7364	13.1	7365	20.6
7366	19.4	7367	0.4	7368	10	7369	65.7	7370	15.3	7371	10.4	7372	26.4	7373	16.3	7374	7.3	7375	2.4	7376	1.5	7377	1.7	7378	6.4	7379	8.9	7380	31.8
7381	19.3	7382	5.7	7383	7.1	7384	13.2	7385	2.4	7386	1.1	7387	1.9	7388	7.7	7389	2.2	7390	22.8	7391	0.3	7392	8.5	7393	7.3	7394	9.3	7395	10.9
7396	4.3	7397	6.8	7398	2.5	7399	7.5	7400	43.1	7401	30.2	7402	20.7	7403	17.9	7404	20.1	7405	22.1	7406	5.5	7407	3.2	7408	5.8	7409	5.3	7410	0.1
7411	1.8	7412	2.4	7413	8.6	7414	9	7415	1.5	7416	28.5	7417	0.8	7418	0.4	7419	1.9	7420	2.3	7421	4.7	7422	9	7423	3.5	7424	2	7425	3.5
7426	0.4	7427	10.9	7428	2.2	7429	0.7	7430	0.9	7431	1	7432	1.6	7433	0	7434	4.4	7435	24.5	7436	2.8	7437	20.4	7438	0.1	7439	7.7	7440	0.5
7441	2.7	7442	0.1	7443	10.2	7444	14.9	7445	10.7	7446	14.8	7447	2.7	7448	1.5	7449	0.2	7450	0	7451	15.8	7452	22.4	7453	3.9	7454	19	7455	0.8
7456	9.3	7457	3.5	7458	7.8	7459																							

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R		
7501	0	7502	15.2	7503	0	7504	0.1	7505	0	7506	16.9	7507	1.1	7508	0.9	7509	0	7510	0	7511	0	7512	0	7513	0	7514	0	7515	0
7516	0	7517	0	7518	0	7519	0	7520	0	7521	1.2	7522	0.9	7523	2.1	7524	0	7525	0.3	7526	0.1	7527	0	7528	0.2	7529	52	7530	1.3
7531	0.1	7532	1.2	7533	8.9	7534	0	7535	0	7536	0	7537	0	7538	0	7539	0	7540	0	7541	0.2	7542	0	7543	0	7544	0	7545	0
7546	0	7547	1.4	7548	0	7549	0	7550	0	7551	4	7552	9	7553	1.8	7554	0.1	7555	0	7556	0	7557	0	7558	0.1	7559	0	7560	0
7561	0	7562	2.5	7563	0	7564	0	7565	0.1	7566	0.1	7567	0	7568	1.2	7569	0.7	7570	28.6	7571	32.1	7572	2.5	7573	0.1	7574	2.6	7575	8.2
7576	3.5	7577	1.7	7578	0.6	7579	2.2	7580	2.7	7581	5.2	7582	0	7583	0.1	7584	0.2	7585	2.1	7586	0	7587	0.2	7588	3	7589	23.7	7590	0
7591	1.4	7592	0	7593	1.7	7594	8.2	7595	7.7	7596	1.5	7597	5	7598	5.8	7599	8.8	7600	8.6	7601	14.7	7602	16.3	7603	2.2	7604	6.9	7605	5.6
7606	4.4	7607	5.9	7608	2.6	7609	6.8	7610	27.8	7611	18.6	7612	6.9	7613	3.1	7614	2.7	7615	7	7616	0.6	7617	4.1	7618	0.9	7619	1.5	7620	5.2
7621	2.6	7622	1.1	7623	1.7	7624	4.4	7625	6.6	7626	4	7627	10.5	7628	1.3	7629	18.5	7630	13.7	7631	2.5	7632	11	7633	14	7634	8.9	7635	9.5
7636	4	7637	13.1	7638	22.9	7639	44.8	7640	3.3	7641	12.1	7642	21.5	7643	6.2	7644	8.4	7645	16.7	7646	54.7	7647	56.1	7648	3.4	7649	34.3	7650	9.3
7651	11.5	7652	26.9	7653	6.9	7654	8.9	7655	18.8	7656	23.1	7657	26.8	7658	18.1	7659	5.8	7660	0.3	7661	1.4	7662	2.7	7663	0.9	7664	5.2	7665	2.1
7666	6.3	7667	14.5	7668	14.4	7669	18.9	7670	35.3	7671	9.9	7672	12.1	7673	4.7	7674	10.2	7675	2.6	7676	19.7	7677	1.4	7678	4.2	7679	30.3	7680	16.9
7681	6.4	7682	3.4	7683	16.3	7684	11.3	7685	4.4	7686	5.7	7687	9.5	7688	14.1	7689	24.6	7690	4.6	7691	5.8	7692	6.3	7693	10.3	7694	1.6	7695	19
7696	3.1	7697	18.7	7698	23.1	7699	18.3	7700	24.6	7701	20	7702	4.8	7703	18.7	7704	13.9	7705	53.7	7706	32.6	7707	16.5	7708	39.9	7709	21.4	7710	24.3
7711	5.5	7712	23.5	7713	10.1	7714	17.1	7715	22.4	7716	27.5	7717	5.5	7718	11.2	7719	38.9	7720	39.7	7721	26.4	7722	6.5	7723	13.7	7724	7.8	7725	14.7
7726	43.2	7727	23.2	7728	7.2	7729	16.3	7730	6.1	7731	2.9	7732	3.2	7733	4.5	7734	25.8	7735	2.7	7736	9.2	7737	27.7	7738	33.4	7739	5.3	7740	6.5
7741	5.5	7742	17.8	7743	15	7744	4.3	7745	1.1	7746	10.1	7747	5.4	7748	18.3	7749	5.7	7750	4.7	7751	15.5	7752	3.6	7753	6.7	7754	5.9	7755	11.1
7756	9.5	7757	16	7758	14.7	7759	5.1	7760	15.1	7761	21.7	7762	6.3	7763	0.7	7764	1.3	7765	12.2	7766	2.5	7767	56.5	7768	9.3	7769	22.1	7770	0.3
7771	6	7772	22.4	7773	11.7	7774	5.3	7775	6.3	7776	0.5	7777	1.1	7778	0.3	7779	4.4	7780	3.9	7781	0	7782	0	7783	0	7784	0	7785	1.3
7786	0.1	7787	0	7788	4	7789	0.3	7790	0.1	7791	0.9	7792	0	7793	4.7	7794	0	7795	2.6	7796	10.4	7797	2.7	7798	25.5	7799	4.5	7800	0
7801	0	7802	0.1	7803	0	7804	6.7	7805	0	7806	0.2	7807	0.4	7808	4.9	7809	2.2	7810	4.2	7811	2.6	7812	0.8	7813	10.2	7814	2.5	7815	17
7816	2.7	7817	2.3	7818	0.8	7819	6.7	7820	8.2	7821	0.2	7822	0.8	7823	0.5	7824	0.1	7825	0	7826	0	7827	0	7828	3.8	7829	0.5	7830	12.7
7831	0.2	7832	5.8	7833	0.1	7834	0.6	7835	0.2	7836	3.9	7837	12.3	7838	12.8	7839	10	7840	8.5	7841	4.9	7842	6.5	7843	6.8	7844	5.6	7845	5.4
7846	13.5	7847	2.2	7848	2.5	7849	6.7	7850	8.8	7851	0.6	7852	0.4	7853	0.1	7854	0	7855	0.2	7856	0	7857	0	7858	0	7859	0	7860	0.5
7861	0.5	7862	1.8	7863	0	7864	0	7865	0.5	7866	0.8	7867	0	7868	0.7	7869	0.1	7870	0.1	7871	0	7872	0	7873	0.6	7874	0.3	7875	0.2
7876	0	7877	0	7878	0	7879	0	7880	0	7881	0	7882	0	7883	0.7	7884	0	7885	2.1	7886	9.1	7887	0	7888	0	7889	0	7890	0
7891	4.4	7892	1.1	7893	0	7894	0	7895	0	7896	29.5	7897	0	7898	0	7899	0.3	7900	0	7901	3.4	7902	17.3	7903	2.4	7904	18.6	7905	0.4
7906	0.2	7907	0	7908	0	7909	0	7910	0	7911	0.4	7912	1	7913	3.3	7914	0	7915	0	7916	0	7917	0.8	7918	1.3	7919	0.9	7920	0.4
7921	10.3	7922	1.1	7923	0	7924	0.2	7925	9.3	7926	6.9	7927	2	7928	16.4	7929	2	7930	13.3	7931	0	7932	0	7933	0.2	7934	5	7935	14.2
7936	4	7937	5.3	7938	0.5	7939	29.6	7940	29.3	7941	1.4	7942	0	7943	0	7944	3.1	7945	0	7946	0.3	7947	3.2	7948	3.8	7949	0.2	7950	2.1
7951	0	7952	2.7	7953	0	7954	0	7955	0.1	7956	0	7957	0.2	7958	0.3	7959	1.5	7960	5.8	7961	9.4	7962	7.9	7963	11.3	7964	6.8	7965	4.8
7966	9.7	7967	4.4	7968	4.1	7969	5.4	7970	8.7	7971	4.6	7972	13.1	7973	18	7974	8.7	7975	15.5	7976	9	7977	13.8	7978	1.4	7979	23.6	7980	5.6
7981	1.5	7982	5.9	7983	2.4	7984	29.1	7985	14.2	7986	9.2	7987	7.8	7988	20.4	7989	12.7	7990	8.3	7991	15.9	7992	29.3	7993	6.3	7994	11.9	7995	9.3
7996	4.3	7997	4	7998	18.4	7999	7.1	8000	14.6	8001	12.4	8002	25.4	8003	9.1	8004	8.5	8005	9.6	8006	3.1	8007	21	8008	8.6	8009	25.8	8010	13.5
8011	23	8012	2.9	8013	3.2	8014	10.8	8015	9.9	8016	8.5	8017	4.4	8018	6.2	8019	17.2	8020	20.4	8021	8.2	8022	4.3	8023	7.9	8024	7.2	8025	20
8026	28.4	8027	0.8	8028	16.5	8029	6.9	8030	12.2	8031	19.4	8032	22.5	8033	5.7	8034	1.6	8035	22.3	8036	16.1	8037	6.5	8038	10.4	8039	0.2	8040	2.7
8041	0.3	8042	6.3	8043	13.3	8044	5.1	8045	13.4	8046	10.2	8047	39.8	8048	15	8049	8.9	8050	4.6	8051	11	8052	4.6	8053	10.3	8054	15	8055	34.5
8056	28.4	8057	3.9	8058	7	8059	3.3	8060	1.4	8061	5.3	8062	13.3	8063	3.6	8064	3.6	8065	2.6	8066	5.9	8067	4	8068	8.6	8069	9.7	8070	2.1
8071	12.7	8072	8.3	8073	12.7	8074	23	8075	10.4	8076	22.6	8077	7.9	8078	14.8	8079	28.6	8080	19.9	8081	4.4	8082	6.2	8083	8.8	8084	9.1	8085	27
8086	2.2	8087	6.1	8088	10.3	8089	1.5	8090	3.5	8091	2.4	8092	6.6	8093	6	8094	14.9	8095	14.3	8096	4	8097	5.8	8098	7.1	8099	8.1	8100	8.3
8101	12.9	8102	27.5	8103	24.6	8104	17.2	8105	12.6	8106	6.3	8107	4.9	8108	11	8109	30.7	8110	14.2	8111	4.3	8112	0.5	8113	7.7	8114	15.2	8115	15.1
8116	4	8117	14.9	8118	9.9	8119	0.3	8120	0.5	8121	4.9	8122	7.4	8123	1.3	8124	0.9	8125	7.1	8126	9.4	8127	17.3	8128	6.4	8129	24	8130	6.2
8131	20.3	8132	1	8133	3.7	8134	4.3	8135	8.3	8136	3.7	8137	4	8138	2.5	8139	0.3	8140	0	8141	0	8142	2	8143	2	8144	2.7	8145	35.1
8146	25.6	8147	10.6	8148	1.2	8149	4.2	8150	9.4	8151	23.1	8152	3.6	8153	7.7	8154	1.3	8155	2.6	8156	4.9	8157	2.1	8158	1.2	8159	0.7	8160	0.5
8161	0.1	8162	1.9	8163	5.7	8164	31.4	8165	5.1	8166	6.2	8167	0.5	8168	1.7	8169	3.3	8170	11	8171	5.5	8172	0.1	8173	0.8	8174	11.3	8175	22.8
8176	27.6	8177	11.4	8178	4.6	8179	2.2	8180	3.4	8181	17.6	8182	30.4	8183	2.3	8184	0.3	8185	0.5	8186	0.1	8187	0.4	8188	1.9	8189	1.7	8190	2.1
8191	5.2	8192	34.3	8193	13.4	8194	1.1	8195	4.9	8196	5.6	8197	2.6	8198	6.2	8199	4.8	8200	9.5	8201	7.1	8202	4	8203	5.5	8204	8.2	8205	0.5
8206	4.3	8207	8.8	8208	0.1	8209	0	8210	7.4	82																			

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R		
8266	0	8267	0	8268	0	8269	0	8270	0	8271	0	8272	0	8273	0	8274	0.1	8275	0.4	8276	0	8277	0	8278	0.9	8279	1.8	8280	0.1
8281	0	8282	0	8283	3.6	8284	0.3	8285	0	8286	6.6	8287	9.5	8288	9.4	8289	17.7	8290	1.7	8291	0.3	8292	4.5	8293	1.9	8294	0.8	8295	6.2
8296	0	8297	0	8298	3.3	8299	1.1	8300	1.9	8301	8.8	8302	3.4	8303	5.5	8304	0.1	8305	0.6	8306	0.2	8307	0	8308	1.1	8309	6.2	8310	4.1
8311	10.2	8312	12.3	8313	2.4	8314	8.8	8315	24.5	8316	12.3	8317	19.1	8318	19.3	8319	6.9	8320	6.9	8321	6.4	8322	12	8323	47.4	8324	9.6	8325	0.7
8326	4.8	8327	11.8	8328	12.6	8329	5.9	8330	33.6	8331	7.4	8332	17.5	8333	9.6	8334	14.2	8335	3.6	8336	0.2	8337	0.3	8338	0.1	8339	0	8340	0
8341	11.4	8342	3.8	8343	2.1	8344	8.7	8345	2.3	8346	20.8	8347	7.5	8348	1.7	8349	5.5	8350	28.2	8351	20	8352	6	8353	6.9	8354	8	8355	8.2
8356	2.6	8357	10.8	8358	11.9	8359	3.5	8360	2	8361	2.3	8362	4.8	8363	3	8364	16.9	8365	3.1	8366	11.2	8367	22.9	8368	9.7	8369	18.7	8370	20.2
8371	10.2	8372	5.3	8373	5.3	8374	6.4	8375	4.9	8376	4.5	8377	0.7	8378	0.4	8379	3.9	8380	0	8381	1.2	8382	3.9	8383	0.6	8384	9.9	8385	18
8386	17.6	8387	5.8	8388	5.6	8389	6.5	8390	7.8	8391	5.9	8392	21.2	8393	16.6	8394	2.8	8395	16.1	8396	35	8397	3.4	8398	21.9	8399	25.6	8400	61.7
8401	48.4	8402	3.6	8403	23.5	8404	4.8	8405	12.4	8406	38.6	8407	8.2	8408	14.6	8409	11.4	8410	14	8411	3.4	8412	0.1	8413	3.9	8414	1.7	8415	3
8416	6.8	8417	6	8418	11.6	8419	18.3	8420	8.6	8421	5	8422	7.1	8423	10.3	8424	6.1	8425	10.7	8426	6.6	8427	29.5	8428	10.4	8429	7	8430	7.5
8431	2	8432	26.1	8433	15.7	8434	36.3	8435	4.2	8436	15.9	8437	2	8438	15.4	8439	24.4	8440	20.3	8441	6.8	8442	35.5	8443	10.2	8444	15	8445	10.1
8446	6.7	8447	20.7	8448	25.7	8449	10.3	8450	9	8451	6.2	8452	15	8453	21	8454	16.9	8455	14	8456	5.4	8457	18.7	8458	13.9	8459	18	8460	18.1
8461	48.1	8462	35.1	8463	0.9	8464	17.1	8465	14.6	8466	4.4	8467	2.9	8468	8.9	8469	4.2	8470	7	8471	4.3	8472	4	8473	0.9	8474	4.3	8475	2.8
8476	0.5	8477	5.1	8478	1.7	8479	0.6	8480	3.8	8481	1.1	8482	0.3	8483	0.9	8484	9.2	8485	5.6	8486	9.1	8487	16.3	8488	17	8489	3.7	8490	15.5
8491	12.7	8492	43.1	8493	21	8494	1.9	8495	2.5	8496	4.5	8497	15.7	8498	2.9	8499	6.1	8500	2.2	8501	10.7	8502	1.2	8503	13.5	8504	2.7	8505	6.8
8506	2	8507	1.8	8508	3	8509	1.2	8510	0.3	8511	1.4	8512	1.6	8513	1.8	8514	0.1	8515	10.7	8516	0.5	8517	8	8518	0.4	8519	9.7	8520	11.4
8521	0.4	8522	1.3	8523	2.2	8524	13.7	8525	2.1	8526	7.4	8527	7	8528	16.9	8529	2	8530	7.7	8531	5.5	8532	42.3	8533	2.2	8534	0	8535	0
8536	0	8537	0	8538	0	8539	0	8540	0.1	8541	0.2	8542	0	8543	0	8544	0	8545	0	8546	0	8547	0	8548	0	8549	0	8550	0
8551	0	8552	0	8553	0	8554	0.1	8555	0	8556	0	8557	0.4	8558	2.7	8559	3.4	8560	0	8561	0	8562	0	8563	2.3	8564	2.3	8565	0
8566	0.1	8567	0.3	8568	0	8569	0	8570	0	8571	3.4	8572	0.2	8573	0	8574	0	8575	0	8576	0	8577	2	8578	0.3	8579	0.5	8580	0
8581	0	8582	0	8583	0	8584	1.2	8585	0.7	8586	0.9	8587	0.2	8588	11.1	8589	9.3	8590	3.4	8591	0	8592	0.2	8593	0	8594	0	8595	0.7
8596	0.9	8597	0	8598	0	8599	0	8600	0	8601	0	8602	0	8603	0	8604	0	8605	0	8606	0	8607	0	8608	0	8609	0	8610	0
8611	0	8612	0.2	8613	0	8614	0	8615	0	8616	0.1	8617	0	8618	0	8619	0	8620	0	8621	0	8622	0	8623	0	8624	0	8625	0
8626	0	8627	0	8628	0.2	8629	0	8630	0	8631	0	8632	0	8633	0	8634	0	8635	0	8636	0	8637	0	8638	0	8639	0	8640	0
8641	0.2	8642	0	8643	0	8644	0	8645	0.1	8646	0	8647	0	8648	0	8649	0	8650	0	8651	0	8652	0	8653	0	8654	0	8655	0
8656	0	8657	0	8658	0.2	8659	0	8660	0	8661	9.3	8662	0	8663	0	8664	0	8665	0	8666	0	8667	0.3	8668	0	8669	0	8670	0
8671	0	8672	0	8673	0.1	8674	0	8675	0	8676	0	8677	0.4	8678	0	8679	0.8	8680	0.1	8681	0.7	8682	0	8683	0	8684	0.2	8685	0.2
8686	3.1	8687	3.7	8688	0	8689	0	8690	1.3	8691	0	8692	0	8693	0.9	8694	0	8695	1.4	8696	2	8697	0.8	8698	13.9	8699	1.4	8700	0
8701	0	8702	0	8703	0.4	8704	5.8	8705	9.3	8706	5	8707	0.9	8708	35.5	8709	10.4	8710	0.8	8711	0.1	8712	0	8713	0	8714	16.6	8715	5.4
8716	4.5	8717	2.8	8718	0.5	8719	9.7	8720	6.6	8721	8.9	8722	1.1	8723	0	8724	0.1	8725	10.5	8726	0.5	8727	4.8	8728	5.1	8729	30.7	8730	4.1
8731	9.5	8732	19.2	8733	13.5	8734	5.8	8735	24.8	8736	32.9	8737	16.4	8738	20.6	8739	3.8	8740	10.7	8741	4.9	8742	21.2	8743	36.2	8744	2.1	8745	12.8
8746	0.3	8747	2.6	8748	2.6	8749	14.8	8750	0.3	8751	0	8752	0.1	8753	0	8754	0.1	8755	0.1	8756	0	8757	0.4	8758	3.4	8759	0.4	8760	13.8
8761	20.2	8762	8.5	8763	6.3	8764	19	8765	9.8	8766	11.7	8767	30.8	8768	9.7	8769	19.6	8770	6.2	8771	9.3	8772	10.8	8773	12	8774	6.6	8775	31.1
8776	3.3	8777	7.7	8778	0.1	8779	0.5	8780	0.4	8781	2.7	8782	3.8	8783	19.9	8784	11.8	8785	10.7	8786	1.7	8787	1.8	8788	6.6	8789	2.3	8790	8
8791	2.9	8792	7.5	8793	10	8794	3.8	8795	6.9	8796	9	8797	1	8798	10.3	8799	12.7	8800	10.9	8801	42.7	8802	44.2	8803	28.3	8804	6.4	8805	3.4
8806	22.2	8807	13.1	8808	5.5	8809	3.8	8810	10.7	8811	1.9	8812	9.4	8813	0.5	8814	18.2	8815	7.6	8816	1.3	8817	8.8	8818	25.9	8819	5.9	8820	6.8
8821	7.4	8822	8.9	8823	15.4	8824	7.4	8825	3.1	8826	1	8827	9.9	8828	2.6	8829	2.7	8830	10.3	8831	21.3	8832	4.7	8833	16.6	8834	36.2	8835	67.9
8836	12.5	8837	33.4	8838	37.1	8839	57	8840	45.4	8841	11.5	8842	18.8	8843	13.6	8844	2	8845	0.1	8846	0.6	8847	1.6	8848	1.5	8849	2.7	8850	1.2
8851	0.8	8852	5.2	8853	3	8854	9.3	8855	1.5	8856	10.7	8857	14.5	8858	39.8	8859	22.8	8860	11	8861	1.5	8862	20.7	8863	1.2	8864	10.6	8865	10
8866	4.2	8867	10.8	8868	32.8	8869	10.2	8870	1.6	8871	5.1	8872	0.3	8873	0.5	8874	25.7	8875	11.2	8876	2.4	8877	0.9	8878	27.3	8879	6.1	8880	7.1
8881	9.3	8882	12.9	8883	10	8884	5.2	8885	5.3	8886	3.2	8887	1	8888	0.4	8889	0.5	8890	1.9	8891	0	8892	0.9	8893	0	8894	0	8895	0
8896	0.5	8897	0	8898	0.1	8899	5.8	8900	0	8901	0	8902	0	8903	0	8904	0	8905	7.7	8906	0.2	8907	0	8908	0	8909	0.4	8910	12.5
8911	5.8	8912	14.2	8913	0	8914	0	8915	0.2	8916	0	8917	0.5	8918	1.1	8919	5.1	8920	20.2	8921	11.3	8922	1.2	8923	0	8924	0	8925	1.6
8926	4.1	8927	5.1	8928	0	8929	2.6	8930	17	8931	1.9	8932	2.8	8933	22.6	8934	0.3	8935	0.2	8936	0	8937	0	8938	0	8939	0	8940	0
8941	0.1	8942	0.3	8943	1.8	8944	0.2	8945	0	8946	2.3	8947	1.1	8948	0.2	8949	0.4	8950	3.7	8951	3.6	8952	17.3	8953	0.3	8954	3.9	8955	0.4
8956	0.1	8957	0	8958	0.1	8959	0	8960	0	8961	0	8962	0	8963	0	8964	0	8965	0	8966	0	8967	0	8968	0	8969	0	8970	0
8971	0	8972	0	8973	0	8974	0	8975	0	8976	0	8977	0	8978	0.1	8979	9.8	8980	6.6	8981	24.4	8982	0	8983	0	8984	0	8985	0.1</

Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R	Hari	R		
9031	0	9032	5	9033	1.2	9034	11.4	9035	18.3	9036	20.8	9037	7.3	9038	0.4	9039	0.2	9040	0	9041	3.4	9042	12.9	9043	1.1	9044	3.1	9045	6.2
9046	0.4	9047	0	9048	4.3	9049	0.2	9050	0	9051	0.4	9052	0.4	9053	3.9	9054	7.2	9055	0.2	9056	0	9057	0.1	9058	0	9059	1.4	9060	19.3
9061	8	9062	4.1	9063	0.5	9064	0.8	9065	1.9	9066	0.3	9067	4.4	9068	8.9	9069	2.4	9070	1	9071	23.6	9072	6.8	9073	17.3	9074	14.3	9075	4.9
9076	13	9077	0.6	9078	0.3	9079	4.8	9080	33.2	9081	6.8	9082	5.3	9083	1.9	9084	6	9085	4.3	9086	7.1	9087	9.3	9088	1	9089	4	9090	12.4
9091	4.2	9092	10.6	9093	10.7	9094	9.6	9095	9.5	9096	2.8	9097	5.3	9098	16	9099	7.7	9100	7.5	9101	17.8								

Data Hujan Maksimal Bulanan

t/b	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24
Jan	35	52	68	49	55	34	104	27	57	52	64	39	37	51	51	54	24	27	22	39	37	30	40	39	31
Feb	38	65	66	51	76	26	42	60	93	41	51	33	38	67	43	28	44	46	52	33	63	54	29	36	44
Mar	66	64	41	29	17	32	33	55	42	31	49	20	33	39	41	39	19	52	46	29	66	33	31	48	68
Apr	47	46	37	18	45	31	21	29	21	25	59	24	32	49	28	34	54	35	44	41	43	56	35	43	40
Mei	34	26	65	28	18	31	38	35	23	44	40	31	16	37	27	59	27	38	13	19	25	25	31	42	14
Jun	12	74	4	1	34	61	8	14	9	27	50	23	53	50	17	9	19	21	21	4	13	13	34	3	23
Jul	16	12	3	2	21	14	3	3	0	11	29	8	1	20	43	0	40	11	1	7	26	2	45	11	17
Ags	9	8	4	2	1	16	0	8	13	3	27	1	1	23	10	1	21	1	3	1	52	29	44	0	24
Sep	28	9	3	13	11	19	0	3	10	10	57	13	4	3	3	1	77	15	15	3	32	30	18	9	21
Okt	27	19	25	35	9	26	6	17	54	11	33	29	22	24	11	7	37	60	15	6	28	18	47	14	24
Nov	40	27	55	30	41	39	17	49	69	30	26	63	33	23	27	27	32	44	42	11	45	29	28	35	33
Des	25	30	23	37	50	26	45	100	40	41	45	35	45	38	32	51	29	26	32	39	56	28	62	36	0
Max	66	74	68	51	76	61	104	100	93	52	64	63	53	67	51	59	77	60	52	41	66	56	62	48	68
Avg.	31	36	33	25	31	30	26	33	36	27	44	27	26	35	28	26	35	31	25	19	40	29	37	27	28

Data Hujan Maksimal Tahunan

N	R	N	R	N	R	N	R	N	R
1	103,75	6	73,98	11	65,60	16	60,42	21	51,76
2	99,92	7	67,90	12	64,33	17	59,07	22	51,26
3	92,60	8	67,60	13	62,83	18	56,46	23	50,57
4	76,61	9	66,72	14	61,66	19	53,22	24	48,12
5	75,80	10	65,69	15	60,64	20	51,95	25	41,13

$\bar{x}$	65,18 mm
Sd	15,46 mm
Cv	0,24
Cs	1,12
Ck	3,41

Analisis Frekuensi

Distribusi Normal

Koefisien Skewness 1,12 harus ≈ 0 Not Oke

Koefisien Kuortis 3,41 harus ≈ 3 Oke

Tidak Lolos Analisis Frekuensi

Distribusi Gumbel

Koefisien Skewness 1,12 < 1,1396 Oke

Koefisien Kuortis 3,41 < 5,4002 Oke

Lolos Analisis Frekuensi

Distribusi Log Pearson III

Koefisien Skewness 1,12 $\neq 0$ Oke

Lolos Analisis Frekuensi

Metode Gumbel

No.	Xi (mm)	(Xi - $\bar{x}$)	(Xi - $\bar{x}$) ²	(Xi - $\bar{x}$) ³	(Xi - $\bar{x}$) ⁴	Tr	50 Tahun
1	103,75	38,57	1487,67	57379,90	2213161,44	$\bar{x}$	65,18
2	99,92	34,74	1206,85	41925,72	1456489,62	S	15,46
3	92,60	27,41	751,42	20597,82	564627,21	n	25
4	76,61	11,43	130,56	1491,75	17044,94	Yn	0,531
5	75,80	10,61	112,61	1195,00	12681,09	Sn	1,092
6	73,98	8,80	77,39	680,79	5988,98	1/a	14,16
7	67,90	2,72	7,39	20,10	54,64	b	57,67
8	67,60	2,42	5,85	14,15	34,24	YT	3,90
9	66,72	1,53	2,35	3,61	5,54	Xn	112,92 mm
10	65,69	0,50	0,25	0,13	0,06		
11	65,60	0,42	0,17	0,07	0,03		
12	64,33	-0,85	0,72	-0,61	0,52		
13	62,83	-2,36	5,56	-13,12	30,94		
14	61,66	-3,53	12,44	-43,89	154,80		
15	60,64	-4,54	20,61	-93,54	424,59		
16	60,42	-4,77	22,73	-108,38	516,76		

No.	Xi (mm)	(Xi - $\bar{x}$)	(Xi - $\bar{x}$) ²	(Xi - $\bar{x}$) ³	(Xi - $\bar{x}$) ⁴
17	59,07	-6,11	37,37	-228,44	1396,50
18	56,46	-8,72	76,12	-664,07	5793,70
19	53,22	-11,96	143,04	-1710,66	20459,10
20	51,95	-13,23	175,14	-2317,81	30673,93
21	51,76	-13,42	180,18	-2418,54	32464,09
22	51,26	-13,92	193,89	-2699,80	37593,21
23	50,57	-14,61	213,56	-3120,90	45607,94
24	48,12	-17,07	291,25	-4970,41	84824,75
25	41,13	-24,05	578,41	-13910,73	334554,30
Total	1629,61		5733,53	91008,15	4864582,92

Uji Chi – Square pada Metode Gumbel

n : 25
 k : 5
 Batas k : 20
 m : 2
 dk : 2
 Ej : 5

Kesimpulan

α	X ² Kritis	Keterangan	Maka,
5%	5,991	Diterima	Diterima
1%	9,210	Diterima	

- Perhitungan Batas Kelas

No.	Probilitias %	Tr	Yt	k	R Rencana
1	80,00	1,25	-0,476	-0,92	50,93
2	60,00	1,67	0,087	-0,41	58,90
3	40,00	2,50	0,672	0,13	67,18
4	20,00	5,00	1,500	0,89	78,91

- Perhitungan Chi – Square

No.	Batas Kelas	Oj	Ej - Oj	(Ej - Oj) ² /Ej
1	0,00	50,93	3	0,80

No.	Batas Kelas	Oj	Ej - Oj	(Ej - Oj) ² /Ej
2	50,93	58,90	5	0,00
3	58,90	67,18	9	-4,00
4	67,18	78,91	5	0,00
5	78,91	∞	3	-1,00
X ² hitung				4,20

Uji Kecocokan Smirnov – Kolmogorov pada Metode Gumbel

Pe[R]	K	Yt	Tr	Pt[R]	Pe-Pt
0,0384615	2,50	3,25	26,414496	0,04	0,0006035
0,0769231	2,25	2,98	20,274301	0,05	0,0275996
0,1153846	1,77	2,47	12,290488	0,08	0,0340209
0,1538462	0,74	1,34	4,3324779	0,23	0,0769686
0,1923077	0,69	1,28	4,1208148	0,24	0,0503628
0,2307692	0,57	1,15	3,6912327	0,27	0,040143
0,2692308	0,18	0,72	2,6006911	0,38	0,1152824
0,3076923	0,16	0,70	2,5583733	0,39	0,0831811
0,3461538	0,10	0,64	2,4387862	0,41	0,0638862
0,3846154	0,03	0,57	2,3092245	0,43	0,0484304
0,4230769	0,03	0,56	2,2986433	0,44	0,0119623
0,4615385	-0,05	0,47	2,1531428	0,46	0,0028989
0,5	-0,15	0,36	1,9970031	0,50	0,0007504
0,5384615	-0,23	0,28	1,8878008	0,53	0,0087446
0,5769231	-0,29	0,21	1,8008943	0,56	0,0216434
0,6153846	-0,31	0,19	1,7822031	0,56	0,0542813
0,6538462	-0,40	0,10	1,6787427	0,60	0,0581623
0,6923077	-0,56	-0,09	1,5073216	0,66	0,0288793
0,7307692	-0,77	-0,31	1,3413837	0,75	0,0147296
0,7692308	-0,86	-0,40	1,2882148	0,78	0,0070373

Kesimpulan

α	ΔK_{kritis}
5%	0,24
1%	0,29

Δ Hitung
Diterima
Diterima

Kesimpulan
Diterima

Pe[R]	K	Yt	Tr	Pt[R]	Pe-Pt
0,8076923	-0,87	-0,42	1,2808621	0,78	0,0269681
0,8461538	-0,90	-0,45	1,2619977	0,79	0,0537594
0,8846154	-0,95	-0,50	1,2375439	0,81	0,0765632
0,9230769	-1,10	-0,67	1,1634564	0,86	0,063569
0,9615385	-1,56	-1,17	1,0418838	0,96	0,0017385
Δ Max hitung					0,1152824

Metode Log Pearson Tipe III

No.	R (mm)	Log(Xi)	(Log x - Log $\bar{x}$)	(Log x - Log $\bar{x}$) ²	(Log x - Log $\bar{x}$) ³	Tr	50 Tahun
1	103,75	2,02	0,2397	0,0575	0,0138	Log $\bar{x}$	1,803
2	99,92	2,00	0,2234	0,0499	0,0111	S log x	0,097
3	92,60	1,97	0,1903	0,0362	0,0069	n	25
4	76,61	1,88	0,1080	0,0117	0,0013	KTr	2,32062
5	75,80	1,88	0,1034	0,0107	0,0011	Cs	0,520
6	73,98	1,87	0,0928	0,0086	0,0008	Xn	106,6874892
7	67,90	1,83	0,0556	0,0031	0,0002		
8	67,60	1,83	0,0537	0,0029	0,0002		
9	66,72	1,82	0,0480	0,0023	0,0001		
10	65,69	1,82	0,0412	0,0017	0,0001		
11	65,60	1,82	0,0406	0,0017	0,0001		
12	64,33	1,81	0,0322	0,0010	0,0000		
13	62,83	1,80	0,0219	0,0005	0,0000		
14	61,66	1,79	0,0137	0,0002	0,0000		
15	60,64	1,78	0,0065	0,0000	0,0000		
16	60,42	1,78	0,0049	0,0000	0,0000		
17	59,07	1,77	-0,0049	0,0000	0,0000		
18	56,46	1,75	-0,0245	0,0006	0,0000		
19	53,22	1,73	-0,0502	0,0025	-0,0001		
20	51,95	1,72	-0,0607	0,0037	-0,0002		

Tabel nilai K_{Tr} Log Pearson III

Tr (Tahun)	Z atau K _{Tr}
1,001	-3,05
2	0,00
5	0,84
10	1,28
20	1,64
25	1,75
50	2,05
100	2,33

No.	R (mm)	Log(Xi)	(Log x - Log $\bar{x}$)	(Log x - Log $\bar{x}$) ²	(Log x - Log $\bar{x}$) ³
21	51,76	1,71	-0,0623	0,0039	-0,0002
22	51,26	1,71	-0,0665	0,0044	-0,0003
23	50,57	1,70	-0,0724	0,0052	-0,0004
24	48,12	1,68	-0,0940	0,0088	-0,0008
25	41,13	1,61	-0,1621	0,0263	-0,0043
Total	1629,607	45,085	0,678	0,243	0,029

Uji Chi – Square pada Metode Log Pearson Tipe III

n : 25

k : 5

Batas k : 20

m : 2

dk : 2

Ej : 5

- Perhitungan Batas Kelas

No.	Probilitias %	Tr	k	Log R	R Rencana
1	80,00	1,25	-0,85672	1,72	52,54
2	60,00	1,67	-0,33079	1,77	59,07
3	40,00	2,50	0,16928	1,82	66,04
4	20,00	5,00	0,80659	1,88	76,12

- Perhitungan Chi – Square

No.	Batas Kelas		Oj	Ej - Oj	(Ej - Oj) ² /Ej
1	0,00	52,54	6	-1,00	0,20
2	52,54	59,07	3	2,00	0,80
3	59,07	66,04	7	-2,00	0,80
4	66,04	76,12	5	0,00	0,00

Tabel K untuk Cs 0,520

Tr	P%	K
1,0101	99	-1,940
1,05263	95	-1,48
1,11111	90	-1,21
1,25	80	-0,86
1,42857		-0,58
1,66667	60	-0,33
2	50	-0,09
2,5	40	0,17
3,33333	30	0,46
5	20	0,81
10		1,324
20		5
25	4	1,92
50	2	2,32
100	1	2,70
200	0,5	3,06

No.	Batas Kelas	Oj	Ej - Oj	(Ej - Oj) ² /Ej	No.
5	76,12	∞	4	-2,00	0,80
				X ² hitung	2,60

Kesimpulan

α	X ² Kritis	Keterangan	Maka,
5%	5,991	Diterima	Diterima
1%	9,210	Diterima	

Tr	P%	K
500	0,2	3,51
1000	0,1	3,84
2000	0,05	4,16
10000		0,01

Uji Smirnov – Kolmogorov pada Log Pearson Tipe III

Pe[R]	K	Pt[R]	Pe-Pt
0,03846	2,196	0,026	0,01228
0,07692	2,03	0,035	0,0424
0,11538	1,69	0,060	0,05509
0,15385	0,84	0,194	0,04062
0,19231	0,79	0,205	0,01318
0,23077	0,68	0,236	0,00566
0,26923	0,29	0,356	0,08712
0,30769	0,27	0,363	0,0556
0,34615	0,22	0,384	0,03781
0,38462	0,15	0,409	0,02472
0,42308	0,14	0,412	0,01139
0,46154	0,05	0,446	0,01564
0,5	-0,05	0,488	0,01245
0,53846	-0,14	0,521	0,01702
0,57692	-0,21	0,552	0,02512
0,61538	-0,23	0,559	0,05666
0,65385	-0,33	0,600	0,05381
0,69231	-0,53	0,68	0,01098

Kesimpulan

α	Δ Kritis
5%	0,24
1%	0,29

Δ Hitung	Maka,
Diterima	Diterima
Diterima	

Pe[R]	K	Pt[R]	Pe-Pt
0,73077	-0,80	0,78	0,04812
0,76923	-0,91	0,81	0,04489
0,80769	-0,92	0,82	0,01102
0,84615	-0,97	0,83	0,01519
0,88462	-1,03	0,85	0,03661
0,92308	-1,25	0,91	0,01614
0,96154	-1,95	0,99	0,02846
Δ Max hitung			0,08712

LAMPIRAN V

Lembar Perhitungan Debit Banjir Rencana

Parameter DAS

Luas	=	4047,00			km ²
Panjang	=	189,47			km
α	=	1,50;	2,00; dan	3,00	(Dipilih selisih terkecil)
Ro	Kondisi Ideal	=	1,00		mm

Parameter Tg

$T_g = 0,4 + (0,058 L)$ $L > 15 \text{ km}$	=	11,39			jam
---	---	-------	--	--	-----

Parameter tr

$t_r = 0,75 T_g$	=	8,54			jam
------------------	---	------	--	--	-----

Parameter Tp

$T_p = T_g + 0,8 T_r$	=	18,22			jam
-----------------------	---	-------	--	--	-----

Parameter T_{0.3}

$T_{0.3} = \alpha * T_g$	=	17,08	22,78	34,17	jam
--------------------------	---	-------	-------	-------	-----

$T_p + T_{0.3}$	=	35,31	41,00	52,39	jam
-----------------	---	-------	-------	-------	-----

$T_p + T_{0.3} + 1,5 T_{0.3} = T_p + 2,5 T_{0.3}$	=	60,93	75,17	103,64	jam
---	---	-------	-------	--------	-----

Parameter Qp (Debit Puncak)

$Q_p = (A * R_o) / \{3,6(0,3 T_p + T_{0.3})\}$	=	49,85	39,80	28,36	m ³ /dt
--	---	-------	-------	-------	--------------------

Mencari Ordinat Hidrograf

$0 < t < T_p$	->	0	<	t	<	18,22
---------------	----	---	---	---	---	-------

$$Q_t = Q_{\max} (t/T_p)^{2,4}$$

$T_p < t < (T_p + T_{0.3})$	->	18,22	<	t	<	35,31	$\alpha=1.5$
-----------------------------	----	-------	---	---	---	-------	--------------

$Q_t = Q_{\max} (0,3)^{(t-T_p/T_{0.3})}$	18,22	<	t	<	41,00	$\alpha=2.0$
	18,22	<	t	<	52,39	$\alpha=3.0$
$(T_p + T_{0.3}) < t < T_p + 2,5 T_{0.3}$	-> 35,31	<	t	<	60,93	$\alpha=1.5$
$Q_t = Q_{\max} (0,3)^{\{[(t-T_p) + 0,5T_{0.3}]/1,5T_{0.3}\}}$	41,00	<	t	<	75,17	$\alpha=2.0$
	52,39	<	t	<	103,64	$\alpha=3.0$
$t > T_p + 2,5 T_{0.3}$	->		t	>	60,93	$\alpha=1.5$
$Q_t = Q_{\max} (0,3)^{\{[(t-T_p) + 1,5T_{0.3}]/2T_{0.3}\}}$			t	>	75,17	$\alpha=2.0$
			t	>	103,64	$\alpha=3.0$

Tabel Ordinat Hidrograf

t(jam)	$\alpha = 1.5$		$\alpha = 2.0$		$\alpha = 3$	
	Ordinat m ³ /dt	Volume m ³	Ordinat m ³ /dt	Volume m ³	Ordinat m ³ /dt	Volume m ³
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,05	84,62	0,04	67,56	0,03	48,15
2	0,25	531,24	0,20	424,13	0,14	302,26
3	0,66	1628,45	0,52	1300,14	0,37	926,53
4	1,31	3539,11	1,05	2825,58	0,75	2013,63
5	2,24	6384,39	1,79	5097,21	1,27	3632,50
6	3,47	10264,88	2,77	8195,34	1,97	5840,36
7	5,02	15268,04	4,01	12189,81	2,85	8686,99
8	6,91	21472,04	5,52	17143,00	3,93	12216,85
9	9,17	28947,99	7,32	23111,70	5,22	16470,41
10	11,81	37761,46	9,43	30148,26	6,72	21484,97

t(jam)	$\alpha = 1.5$		$\alpha = 2.0$		$\alpha = 3$	
	Ordinat m³/dt	Volume m³	Ordinat m³/dt	Volume m³	Ordinat m³/dt	Volume m³
11	14,84	47973,50	11,85	38301,42	8,45	27295,26
12	18,29	59641,37	14,60	47616,90	10,41	33933,88
13	22,16	72819,15	17,70	58137,87	12,61	41431,59
14	26,48	87558,14	21,14	69905,29	15,07	49817,56
15	31,25	103907,21	24,95	82958,18	17,78	59119,62
16	36,48	121913,11	29,13	97333,86	20,76	69364,36
17	42,20	141620,70	33,69	113068,14	24,01	80577,29
18	48,40	163073,09	38,64	130195,45	27,54	92782,97
19	47,19	172068,96	38,20	138312,70	27,60	99243,22
20	43,98	164116,55	36,23	133973,99	26,64	97629,54
21	40,99	152948,71	34,37	127076,60	25,72	94249,26
22	38,20	142540,83	32,60	120534,31	24,83	90986,03
23	35,60	132841,19	30,92	114328,84	23,97	87835,77
24	33,18	123801,59	29,33	108442,84	23,14	84794,59
25	30,92	115377,11	27,82	102859,87	22,34	81858,71
26	28,82	107525,91	26,39	97564,33	21,56	79024,48
27	26,86	100208,97	25,03	92541,42	20,82	76288,37
28	25,03	93389,93	23,74	87777,11	20,10	73647,00
29	23,32	87034,92	22,52	83258,07	19,40	71097,09
30	21,74	81112,35	21,36	78971,69	18,73	68635,46
31	20,26	75592,80	20,26	74905,99	18,08	66259,06
32	18,88	70448,85	19,21	71049,60	17,46	63964,94
33	17,60	65654,93	18,23	67391,75	16,85	61750,25
34	16,40	61187,23	17,29	63922,22	16,27	59612,24

t(jam)	$\alpha = 1.5$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³	$\alpha = 2.0$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³	$\alpha = 3$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³
35	15,28	57023,55	16,40	60631,31	15,70	57548,26
36	14,48	53564,14	15,55	57509,82	15,16	55555,74
37	13,81	50917,33	14,75	54549,04	14,64	53632,21
38	13,18	48580,42	13,99	51740,69	14,13	51775,27
39	12,57	46350,77	13,27	49076,92	13,64	49982,63
40	12,00	44223,45	12,59	46550,29	13,17	48252,06
41	11,45	42193,76	11,94	44153,74	12,71	46581,40
42	10,92	40257,23	11,53	42242,46	12,27	44968,59
43	10,42	38409,58	11,13	40779,39	11,85	43411,62
44	9,94	36646,72	10,74	39367,46	11,44	41908,56
45	9,48	34964,78	10,37	38004,42	11,04	40457,54
46	9,05	33360,03	10,01	36688,58	10,66	39056,76
47	8,63	31828,93	9,67	35418,29	10,29	37704,48
48	8,24	30368,11	9,33	34191,99	9,93	36399,02
49	7,86	28974,33	9,01	33008,14	9,59	35138,76
50	7,50	27644,52	8,70	31865,28	9,26	33922,13
51	7,15	26375,74	8,39	30762,00	8,94	32747,63
52	6,83	25165,19	8,10	29696,91	8,63	31613,79
53	6,51	24010,21	7,82	28668,70	8,39	30626,90
54	6,21	22908,23	7,55	27676,09	8,19	29846,39
55	5,93	21856,83	7,29	26717,85	8,00	29153,43
56	5,66	20853,69	7,04	25792,78	7,82	28476,55
57	5,40	19896,58	6,79	24899,75	7,64	27815,40
58	5,15	18983,40	6,56	24037,63	7,46	27169,59

t(jam)	$\alpha = 1.5$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³	$\alpha = 2.0$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³	$\alpha = 3$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³
59	4,91	18112,14	6,33	23205,36	7,29	26538,78
60	4,69	17280,86	6,11	22401,91	7,12	25922,61
61	4,48	16494,12	5,90	21626,28	6,95	25320,75
62	4,32	15834,30	5,70	20877,50	6,79	24732,86
63	4,17	15286,06	5,50	20154,65	6,63	24158,62
64	4,03	14756,81	5,31	19456,83	6,48	23597,72
65	3,89	14245,87	5,13	18783,16	6,33	23049,84
66	3,75	13752,63	4,95	18132,83	6,18	22514,67
67	3,62	13276,47	4,78	17505,00	6,04	21991,94
68	3,50	12816,79	4,61	16898,92	5,90	21481,34
69	3,38	12373,03	4,45	16313,82	5,76	20982,59
70	3,26	11944,63	4,30	15748,98	5,63	20495,42
71	3,15	11531,07	4,15	15203,69	5,50	20019,57
72	3,04	11131,82	4,01	14677,29	5,37	19554,76
73	2,93	10746,40	3,87	14169,11	5,24	19100,75
74	2,83	10374,32	3,73	13678,53	5,12	18657,27
75	2,73	10015,13	3,60	13204,93	5,00	18224,10
76	2,64	9668,37	3,50	12793,73	4,89	17800,98
77	2,55	9333,61	3,41	12450,64	4,77	17387,68
78	2,46	9010,45	3,32	12125,91	4,66	16983,98
79	2,37	8698,48	3,24	11809,65	4,55	16589,65
80	2,29	8397,31	3,15	11501,63	4,45	16204,48
81	2,21	8106,56	3,07	11201,65	4,35	15828,25
82	2,14	7825,89	2,99	10909,49	4,24	15460,76

t(jam)	$\alpha = 1.5$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³	$\alpha = 2.0$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³	$\alpha = 3$ Ordinat m ³ /dt	Volume m ³
83	2,06	7554,93	2,91	10624,95	4,15	15101,80
84	1,99	7293,35	2,84	10347,84	4,05	14751,17
85	1,92	7040,83	2,76	10077,95	3,96	14408,68
86	1,85	6797,05	2,69	9815,10	3,86	14074,15
87	1,79	6561,71	2,62	9559,11	3,77	13747,38
88	1,73	6334,52	2,55	9309,79	3,69	13428,20
89	1,67	6115,20	2,49	9066,97	3,60	13116,43
90	1,61	5903,47	2,42	8830,49	3,52	12811,89
91	1,56	5699,07	2,36	8600,18	3,44	12514,43
92	1,50	5501,75	2,30	8375,87	3,36	12223,88
93	1,45	5311,26	2,24	8157,41	3,28	11940,07
94	1,40	5127,37	2,18	7944,66	3,20	11662,85
95	1,35	4949,84	2,12	7737,45	3,13	11392,06
96	1,30	4778,46	2,07	7535,64	3,05	11127,57
97	1,26	4613,01	2,01	7339,10	2,98	10869,21
98	1,22	4453,29	1,96	7147,68	2,91	10616,86
99	1,17	4299,10	1,91	6961,26	2,85	10370,36
100	1,13	4150,25	1,86	6779,70	2,78	10129,58
101	1,09	4006,56	1,81	6602,87	2,72	9894,40
102	1,06	3867,84	1,76	6430,66	2,65	9664,67
103	1,02	3733,92	1,72	6262,94	2,59	9440,28
104	0,98	3604,64	1,67	6099,59	2,54	9230,68

TOTAL VOLUME (m³)	3904307,34	3779399,41	3491681,89
LUAS DAS (m²)	4047004428,51	4047004428,51	4047004428,51
HUJAN SATUAN (mm)	0,96	0,93	0,86
HUJAN SATUAN IDEAL (mm)	1,00	1,00	1,00
SELISIH	0,04	0,07	0,14
α PAKAI	1,50		

Menentukan Distribusi Hujan dan Nisbah

Distribusi Hujan Jam – Jam-an

$t_c =$ 19

Jam ke -	Distribusi Hujan (Rt) Jam – jam-an
1,000	0,375 R24
2,000	0,236 R24
3,000	0,180 R24
4,000	0,149 R24
5,000	0,128 R24
6,000	0,113 R24
7,000	0,102 R24
8,000	0,094 R24
9,000	0,087 R24
10,000	0,081 R24
11,000	0,076 R24
12,000	0,071 R24
13,000	0,068 R24
14,000	0,065 R24
15,000	0,062 R24

Nilai Nisbah

Kala Ulang (Tr)	(tahun)	50,000
R rancangan	(mm)	112,920
Rn	(mm)	22,584
Koefisien (C)		0,200

$$R_T = \left\{ \frac{R_{24}}{t} \right\} \cdot \left\{ \frac{t}{T} \right\}^{\frac{2}{3}}$$

Jam ke-	Curah Hujan	Rasio (%)	Kumulatif (%)	Nisbah (%)
1,000	0,375 R24	37,48	37,48	8,464
2,000	0,097 R24	9,74	47,22	2,200
3,000	0,068 R24	6,83	54,05	1,543
4,000	0,054 R24	5,44	59,49	1,228
5,000	0,046 R24	4,59	64,08	1,037
6,000	0,040 R24	4,02	68,10	0,907
7,000	0,036 R24	3,59	71,69	0,811
8,000	0,033 R24	3,26	74,95	0,737
9,000	0,030 R24	3,00	77,95	0,678
10,000	0,028 R24	2,79	80,74	0,629
11,000	0,026 R24	2,61	83,35	0,589
12,000	0,025 R24	2,45	85,80	0,554
13,000	0,023 R24	2,32	88,12	0,524

Jam ke -	Distribusi Hujan (Rt)
Jam – jam-an	
16,000	0,059 R24
17,000	0,057 R24
18,000	0,055 R24
19,000	0,053 R24

Jam ke-	Curah Hujan	Rasio (%)	Kumulatif (%)	Nisbah (%)
14,000	0,022 R24	2,20	90,32	0,498
15,000	0,021 R24	2,10	92,42	0,475
16,000	0,020 R24	2,01	94,43	0,454
17,000	0,019 R24	1,93	96,36	0,435
18,000	0,019 R24	1,85	98,21	0,419
19,000	0,018 R24	1,79	100,00	0,403

Tabulasi Debit Banjir Kala Ulang

MAKS. 1442,67 m³/dt

t	U	Debit Akibat Hujan Netto (m ³ /dt)																		BF	Debit Banjir
		8,5	2,2	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	
0	0	0																		56,5	56,5
1	0	0	0																	56,5	57,0
2	0	2	0																	56,5	59,0
3	1	6	1	0																56,5	63,4
4	1	11	1	0	0															56,5	70,8
5	2	19	3	1	0	0														56,5	81,9
6	3	29	5	2	1	0	2													56,5	99,2
7	5	42	8	3	2	1	5	0												56,5	122,8
8	7	59	11	5	3	1	10	1	0											56,5	153,9
9	9	78	15	8	4	2	17	2	1	0										56,5	193,3
10	12	100	20	11	6	4	27	4	1	1	0									56,5	241,7
11	15	126	26	14	8	5	39	6	3	1	0	3								56,5	302,5
12	18	155	33	18	11	7	53	9	4	2	1	6	1							56,5	374,2
13	22	188	40	23	15	10	70	12	6	3	1	10	1	0						56,5	458,0
14	26	224	49	28	18	12	91	16	8	4	2	16	2	1	0					56,5	554,8
15	31	264	58	34	22	15	114	21	10	6	3	23	3	1	1	0				56,5	665,2
16	36	309	69	41	27	19	140	26	13	8	5	31	5	2	1	0	3			56,5	792,3

t	U	Debit Akibat Hujan Netto (m³/dt)																			BF	Debit Banjir
		8,5	2,2	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4		
17	42	357	80	48	33	23	170	33	17	10	6	41	7	3	1	1	5	1			56,5	933,8
18	48	410	93	56	38	27	203	40	21	12	8	53	9	4	2	1	7	1	0		56,5	1091,2
19	47	399	106	65	45	32	240	47	25	15	10	67	12	5	3	2	10	1	1	0	56,5	1190,3
20	44	372	104	75	52	38	280	56	30	18	12	83	15	7	4	2	14	2	1	0	56,5	1265,0
21	41	347	97	73	59	44	324	65	36	22	14	100	18	9	5	3	19	3	1	1	56,5	1336,6
22	38	323	90	68	58	50	371	75	41	26	17	120	22	11	6	4	24	4	2	1	56,5	1408,7
23	36	301	84	63	54	49	362	86	48	30	20	141	26	13	8	5	30	5	2	1	56,5	1422,7
24	33	281	78	59	50	46	338	84	55	35	24	165	31	16	9	6	38	6	3	2	56,5	1414,2
25	31	262	73	55	47	43	315	78	54	40	28	191	36	19	11	7	45	8	4	2	56,5	1403,2
26	29	244	68	51	44	40	293	73	50	39	32	219	42	22	13	8	54	10	5	2	56,5	1393,1
27	27	227	63	48	41	37	273	68	47	37	31	213	48	25	15	10	64	11	6	3	56,5	1349,9
28	25	212	59	44	38	34	255	64	43	34	29	199	47	29	17	11	75	13	7	4	56,5	1295,3
29	23	197	55	41	35	32	237	59	40	32	27	185	43	28	20	13	87	16	8	4	56,5	1241,1
30	22	184	51	39	33	30	221	55	38	30	25	173	41	26	20	15	99	18	9	5	56,5	1189,2
31	20	171	48	36	31	28	206	51	35	28	23	161	38	24	18	15	97	21	11	6	56,5	1124,3
32	19	160	45	34	29	26	192	48	33	26	22	150	35	23	17	14	90	20	12	7	56,5	1056,1
33	18	149	42	31	27	24	179	45	31	24	20	140	33	21	16	13	84	19	12	8	56,5	990,1
34	16	139	39	29	25	23	167	42	28	22	19	130	31	20	15	12	78	18	11	8	56,5	927,0
35	15	129	36	27	23	21	155	39	27	21	18	121	28	18	14	11	73	16	10	7	56,5	867,7
36	14	123	34	25	22	20	145	36	25	19	16	113	27	17	13	10	68	15	10	7	56,5	814,7
37	14	117	32	24	20	18	135	34	23	18	15	105	25	16	12	10	63	14	9	6	56,5	766,7
38	13	112	30	22	19	17	126	31	21	17	14	98	23	15	11	9	59	13	8	6	56,5	722,3
39	13	106	29	21	18	16	117	29	20	16	13	92	21	14	10	8	55	12	8	6	56,5	681,2
40	12	102	28	20	17	15	111	27	19	15	12	85	20	13	10	8	51	12	7	5	56,5	644,9
41	11	97	26	19	16	14	106	26	17	14	11	79	19	12	9	7	48	11	7	5	56,5	612,0
42	11	92	25	19	15	14	101	25	16	13	11	74	17	11	8	7	45	10	6	4	56,5	581,5
43	10	88	24	18	15	13	96	24	16	12	10	69	16	10	8	6	42	9	6	4	56,5	553,0

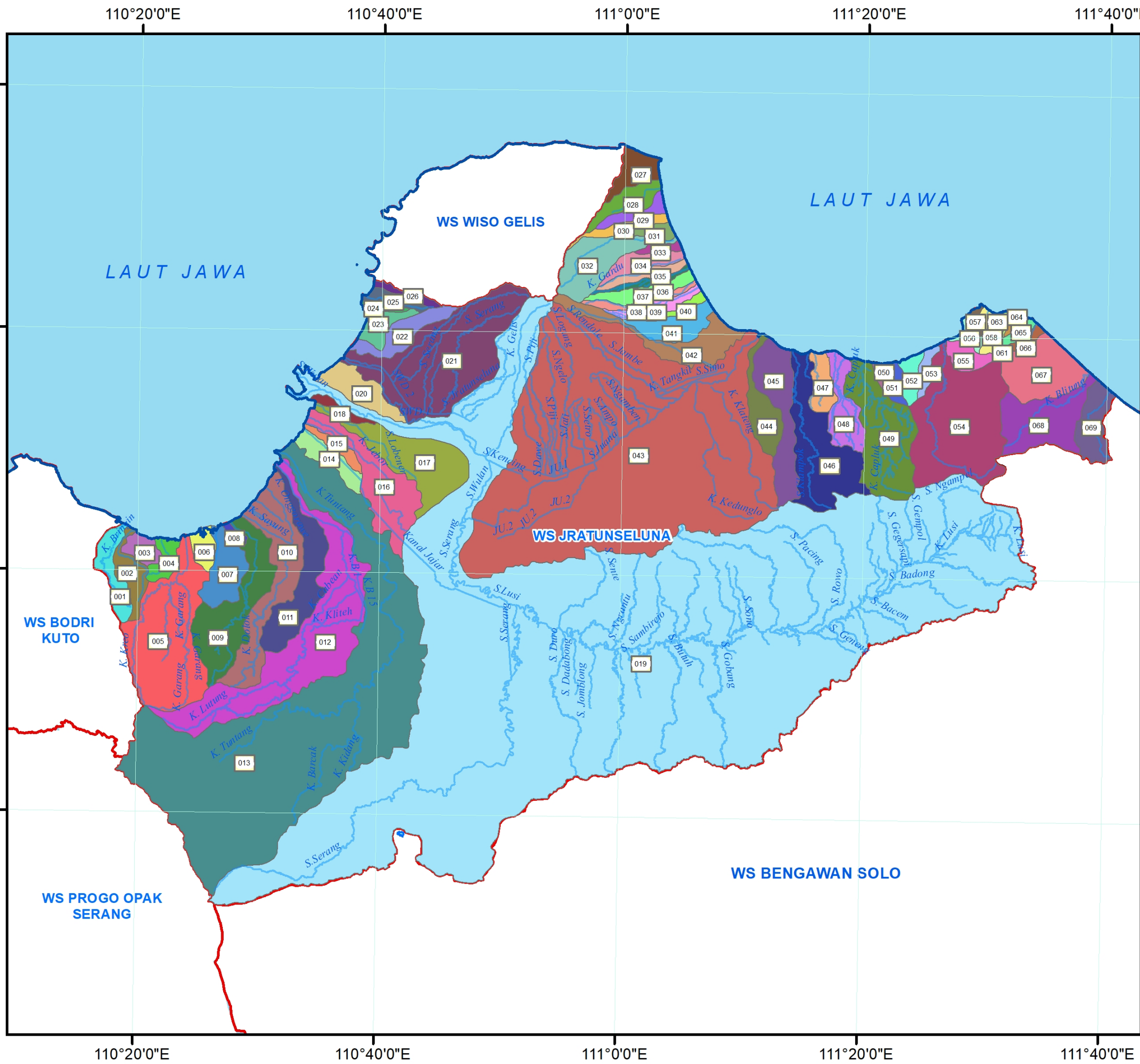
t	U	Debit Akibat Hujan Netto (m³/dt)																		BF	Debit Banjir	
		8,5	2,2	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4			0,4
44	10	84	23	17	14	12	92	22	15	12	9	65	15	10	7	6	39	9	5	4	56,5	527,5
45	9	80	22	16	13	12	88	21	14	11	9	62	14	9	7	5	36	8	5	4	56,5	504,0
46	9	77	21	15	13	11	84	20	14	10	9	60	14	9	6	5	34	8	5	3	56,5	481,9
47	9	73	20	15	12	11	80	19	13	10	8	57	13	8	6	5	31	7	4	3	56,5	461,2
48	8	70	19	14	12	10	76	19	12	10	8	54	12	8	6	4	30	7	4	3	56,5	442,0
49	8	67	18	13	11	10	73	18	12	9	7	52	12	7	5	4	28	6	4	3	56,5	424,1
50	7	63	17	13	11	9	69	17	11	9	7	49	11	7	5	4	27	6	4	3	56,5	407,2
51	7	61	16	12	10	9	66	16	11	8	7	47	11	7	5	4	26	6	3	2	56,5	391,1
52	7	58	16	12	10	9	63	15	10	8	6	45	10	7	5	4	25	5	3	2	56,5	375,7
53	7	55	15	11	9	8	60	15	10	8	6	43	10	6	5	4	23	5	3	2	56,5	361,1
54	6	53	14	11	9	8	58	14	9	7	6	41	9	6	4	3	22	5	3	2	56,5	347,1
55	6	50	14	10	8	7	55	13	9	7	6	39	9	6	4	3	21	5	3	2	56,5	333,7
56	6	48	13	10	8	7	52	13	9	7	5	37	9	5	4	3	20	4	3	2	56,5	321,0
57	5	46	12	9	8	7	50	12	8	6	5	36	8	5	4	3	19	4	3	2	56,5	308,9
58	5	44	12	9	7	6	48	12	8	6	5	34	8	5	4	3	19	4	2	2	56,5	297,3
59	5	42	11	8	7	6	46	11	7	6	5	32	7	5	3	3	18	4	2	2	56,5	286,2
60	5	40	11	8	7	6	43	11	7	5	4	31	7	4	3	3	17	4	2	2	56,5	275,7
61	4	38	10	8	6	6	41	10	7	5	4	29	7	4	3	2	16	4	2	2	56,5	265,7
62	4	37	10	7	6	5	40	10	6	5	4	28	6	4	3	2	15	3	2	1	56,5	256,6
63	4	35	10	7	6	5	38	9	6	5	4	27	6	4	3	2	15	3	2	1	56,5	248,0
64	4	34	9	7	5	5	36	9	6	4	4	26	6	4	3	2	14	3	2	1	56,5	239,8
65	4	33	9	6	5	5	34	8	6	4	4	24	6	4	3	2	13	3	2	1	56,5	232,1
66	4	32	9	6	5	4	33	8	5	4	3	23	5	3	2	2	13	3	2	1	56,5	225,1
67	4	31	8	6	5	4	32	8	5	4	3	22	5	3	2	2	12	3	2	1	56,5	218,5
68	3	30	8	6	5	4	31	7	5	4	3	21	5	3	2	2	12	3	2	1	56,5	212,3
69	3	29	8	6	5	4	30	7	5	4	3	20	5	3	2	2	11	2	1	1	56,5	206,3
70	3	28	7	5	4	4	29	7	5	3	3	20	4	3	2	2	11	2	1	1	56,5	200,8

t	U	Debit Akibat Hujan Netto (m³/dt)																		BF	Debit Banjir	
		8,5	2,2	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4			0,4
71	3	27	7	5	4	4	28	7	4	3	3	19	4	3	2	2	10	2	1	1	56,5	195,6
72	3	26	7	5	4	4	27	6	4	3	3	18	4	3	2	1	10	2	1	1	56,5	190,5
73	3	25	7	5	4	4	26	6	4	3	3	18	4	2	2	1	9	2	1	1	56,5	185,7
74	3	24	6	5	4	3	25	6	4	3	2	17	4	2	2	1	9	2	1	1	56,5	181,2
75	3	23	6	5	4	3	24	6	4	3	2	16	4	2	2	1	9	2	1	1	56,5	176,9
76	3	22	6	4	4	3	23	6	4	3	2	16	4	2	2	1	8	2	1	1	56,5	172,7
77	3	22	6	4	3	3	23	5	4	3	2	15	3	2	2	1	8	2	1	1	56,5	168,7
78	2	21	6	4	3	3	22	5	3	3	2	15	3	2	2	1	8	2	1	1	56,5	164,8
79	2	20	5	4	3	3	21	5	3	3	2	14	3	2	1	1	7	2	1	1	56,5	161,1
80	2	19	5	4	3	3	20	5	3	2	2	14	3	2	1	1	7	2	1	1	56,5	157,4
81	2	19	5	4	3	3	20	5	3	2	2	13	3	2	1	1	7	2	1	1	56,5	153,9
82	2	18	5	4	3	3	19	5	3	2	2	13	3	2	1	1	7	1	1	1	56,5	150,6
83	2	17	5	3	3	2	18	4	3	2	2	12	3	2	1	1	6	1	1	1	56,5	147,3
84	2	17	5	3	3	2	18	4	3	2	2	12	3	2	1	1	6	1	1	1	56,5	144,2
85	2	16	4	3	3	2	17	4	3	2	2	12	3	2	1	1	6	1	1	1	56,5	141,1
86	2	16	4	3	3	2	16	4	3	2	2	11	3	2	1	1	6	1	1	1	56,5	138,2
87	2	15	4	3	2	2	16	4	3	2	2	11	2	2	1	1	6	1	1	1	56,5	135,4
88	2	15	4	3	2	2	15	4	2	2	1	10	2	1	1	1	5	1	1	0	56,5	132,6
89	2	14	4	3	2	2	15	4	2	2	1	10	2	1	1	1	5	1	1	0	56,5	130,0
90	2	14	4	3	2	2	14	3	2	2	1	10	2	1	1	1	5	1	1	0	56,5	127,5
91	2	13	4	3	2	2	14	3	2	2	1	9	2	1	1	1	5	1	1	0	56,5	125,0
92	2	13	3	2	2	2	13	3	2	2	1	9	2	1	1	1	5	1	1	0	56,5	122,6
93	1	12	3	2	2	2	13	3	2	2	1	9	2	1	1	1	5	1	1	0	56,5	120,3
94	1	12	3	2	2	2	12	3	2	1	1	8	2	1	1	1	4	1	1	0	56,5	118,1
95	1	11	3	2	2	2	12	3	2	1	1	8	2	1	1	1	4	1	1	0	56,5	116,0
96	1	11	3	2	2	2	12	3	2	1	1	8	2	1	1	1	4	1	1	0	56,5	113,9
97	1	11	3	2	2	2	11	3	2	1	1	8	2	1	1	1	4	1	1	0	56,5	112,0

t	U	Debit Akibat Hujan Netto (m³/dt)																		BF	Debit Banjir	
		8,5	2,2	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4			0,4
98	1	10	3	2	2	1	11	3	2	1	1	7	2	1	1	1	4	1	0	0	56,5	110,0
99	1	10	3	2	2	1	10	2	2	1	1	7	2	1	1	1	4	1	0	0	56,5	108,2
100	1	10	3	2	2	1	10	2	2	1	1	7	2	1	1	1	4	1	0	0	56,5	106,4

LAMPIRAN VI
Peta DAS di WS Jruntaseluna dan Perencanaan Perbaikan Sungai Wulan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

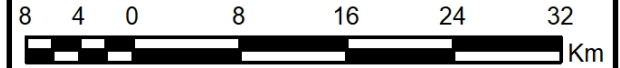


Kementerian Pekerjaan Umum
Direktorat Jenderal Sumber Daya Air
Satuan Kerja Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana

Peta Daerah Aliran Sungai di WS Jratunseluna



1:800.000



Proyeksi : WGS 84
Satuan Grid : Grid Geografi (Lintang Bujur)

KETERANGAN :

Batas Administrasi

Batas Wilayah Sungai (WS)

Garis Pantai

Perairan

Sungai

Nama DAS

(001) Plumbon

(002) Bringin

(003) Karanganyar

(004) Siladak

(005) Garang

(006) Slangker

(007) Banjir Kanal Timur

(008) Sringin

(009) Babon

(010) Dolog

(011) Tulung/Setu

(012) Jragung

(013) Tuntang

(014) Tuntang Lama

(015) Jajar

(016) Jebor/Gejoyo

(017) Lobener

(018) Kenceng

(019) Serang-Lusi

(020) Serang Lama

(021) Bum

(022) Kedung Semat

(023) Rau

(024) Platar

(025) Krajan

(026) Gandu

(027) Ngarangan

(028) Lenggi

(029) Guno

(030) Limar

(031) Kahar

(032) Bakulan/Tayu

(033) Klencer

(034) Parapatan

(035) Gading

(036) Pesagen

(037) Sat

(038) Suwatu

(039) Pangkalan

(040) Mojosami

(041) Suwaduk

(042) Gongwedi

(043) Juwana

(044) Jabangbayi

(045) Kletek

(046) Randugunting

(047) Widodaren

(048) Anyar

(049) Capluk

(050) Sambung

(051) Panggang

(052) Jambangan

(053) Kiringan

(054) Lasem

(055) Keris

(056) Dukoh

(057) Bonang

(058) Kladen

(059) Banu

(060) Jatisari

(061) Dalananyar

(062) Sanduk

(063) Grasak

(064) Randualas

(065) Kepel

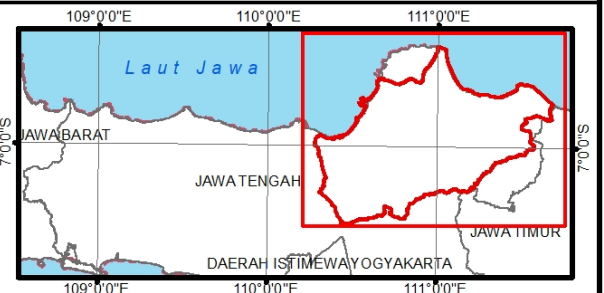
(066) Kresak

(067) Kesambi

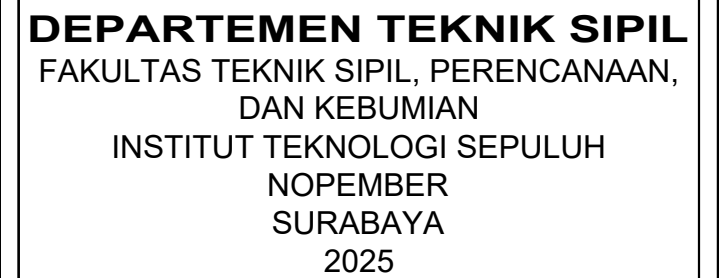
(068) Belitung

(069) Wangon

1



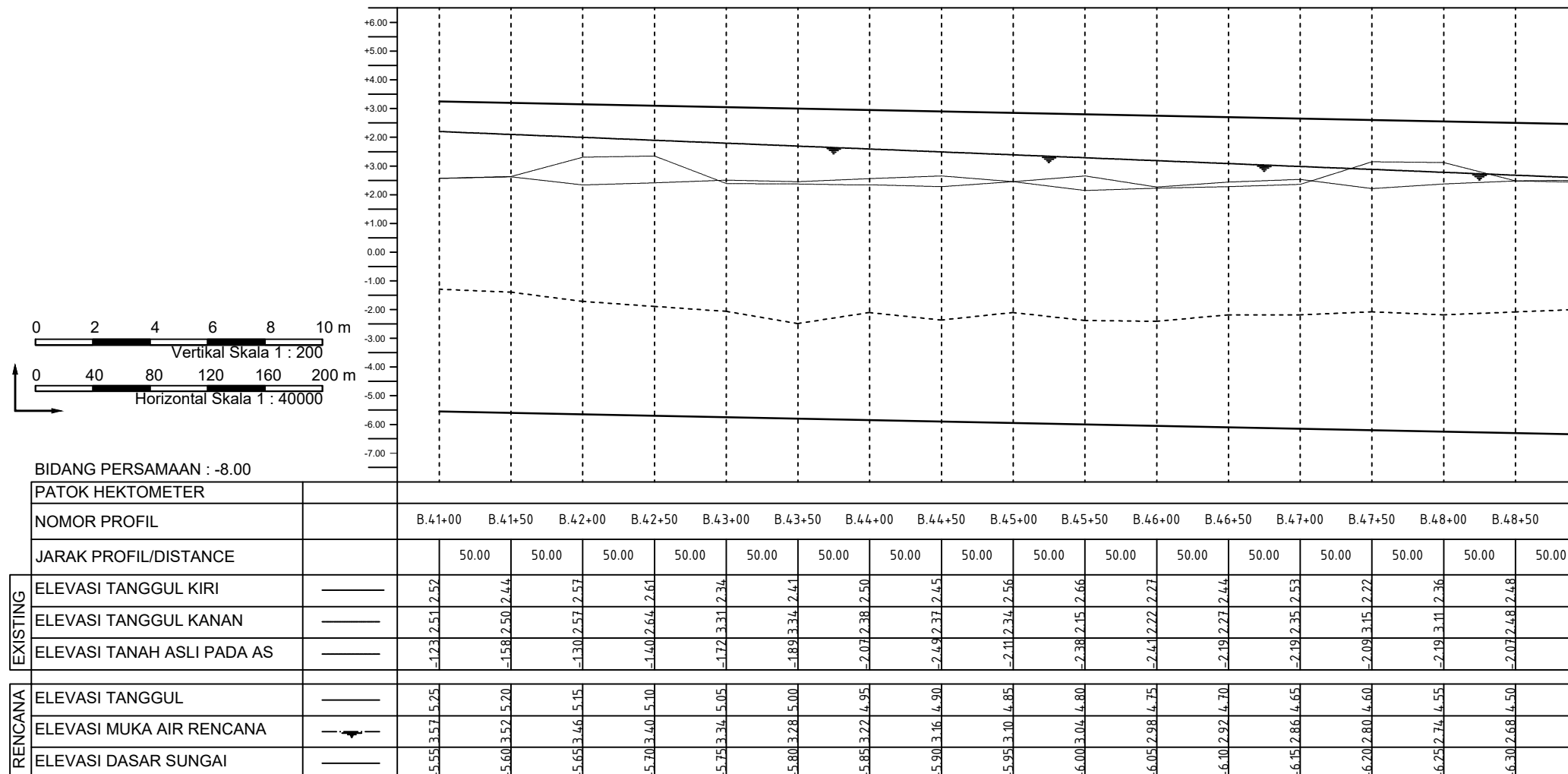
Sumber Peta :
- RPSDA WS Jratunseluna tahun 2016



**FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK
REGENCY**

PLAN AND SECTION
LONG SECTION B.41+00 - B.48+50

NOMOR HALAMAN	129
---------------	-----





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA
2025

TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN,
KABUPATEN DEMAK

FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK
REGENCY

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.
NIP.1989201811023

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.
NIP.198404092009121005

MAHASISWA

Aaron Fung Antasena
NRP.5012211102

JUDUL GAMBAR

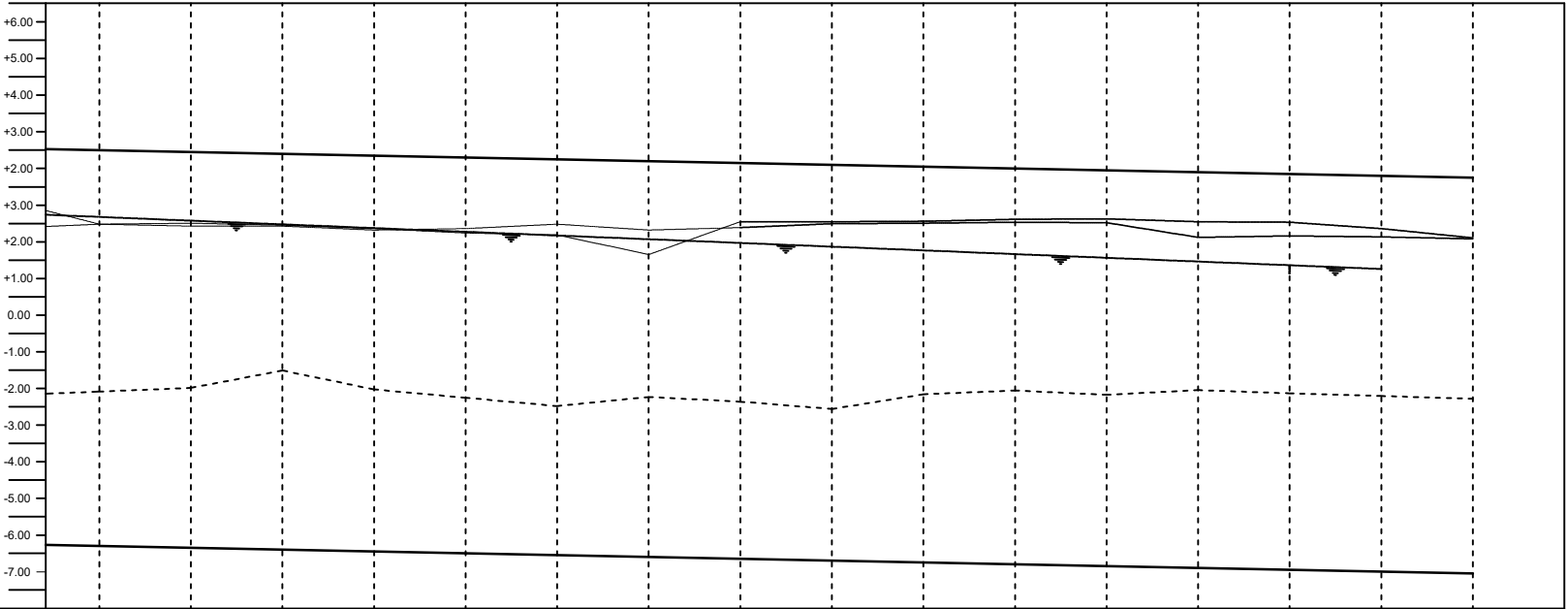
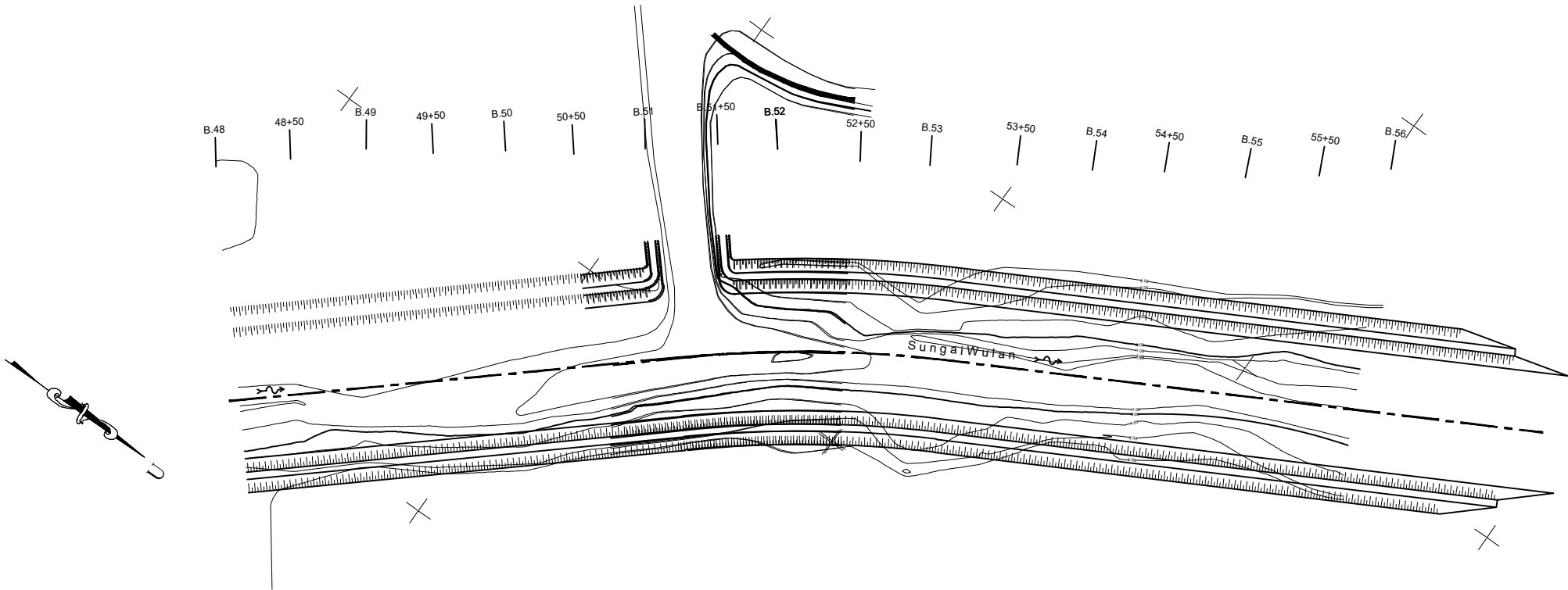
PLAN AND SECTION
LONG SECTION B.48+50 - B.56+00

NOMOR
GAMBAR

003

NOMOR
HALAMAN

131



BIDANG PERSAMAAN : -8.00

PATOK HEKTOMETER

NOMOR PROFIL

JARAK PROFIL/DISTANCE

EXISTING

ELEVASI TANGGUL KIRI
ELEVASI TANGGUL KANAN
ELEVASI TANAH ASLI PADA AS

RENCANA

ELEVASI TANGGUL
ELEVASI MUKA AIR RENCANA
ELEVASI DASAR SUNGAI

	B.48+50	B.49+00	B.49+50	B.50+00	B.50+50	B.51+00	B.51+50	B.52+00	B.52+50	B.53+00	B.53+50	B.54+00	B.54+50	B.55+00	B.55+50	B.56+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	50.00	50.00	50.00	50.00
ELEVASI TANGGUL KIRI	2.55	2.50	2.44	2.36	2.24	2.18	2.15	2.55	2.55	2.56	2.62	2.63	2.55	2.54	2.36	2.11
ELEVASI TANGGUL KANAN	2.39	2.43	2.43	2.32	2.36	2.48	2.32	2.39	2.49	2.50	2.53	2.51	2.11	2.16	2.14	2.07
ELEVASI TANAH ASLI PADA AS	2.37	1.99	1.52	2.03	2.31	2.49	2.23	2.37	2.57	2.17	2.06	2.18	2.05	2.14	2.20	2.28
ELEVASI TANGGUL	4.50	4.45	4.40	4.35	4.30	4.25	4.20	4.15	4.10	4.05	4.00	3.95	3.90	3.85	3.80	3.75
ELEVASI MUKA AIR RENCANA	2.68	2.61	2.55	2.49	2.43	2.36	2.30	2.23	2.16	2.10	2.03	1.97	1.90	1.83	1.76	1.60
ELEVASI DASAR SUNGAI	6.30	6.35	6.40	6.45	6.50	6.55	6.60	6.65	6.70	6.75	6.80	6.85	6.90	6.95	7.00	7.05



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA
2025

TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN,
KABUPATEN DEMAK

*FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK
REGENCY*

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.
NIP.1989201811023

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.
NIP.198404092009121005

MAHASISWA

Aaron Fung Antasena
NRP.5012211102

JUDUL GAMBAR

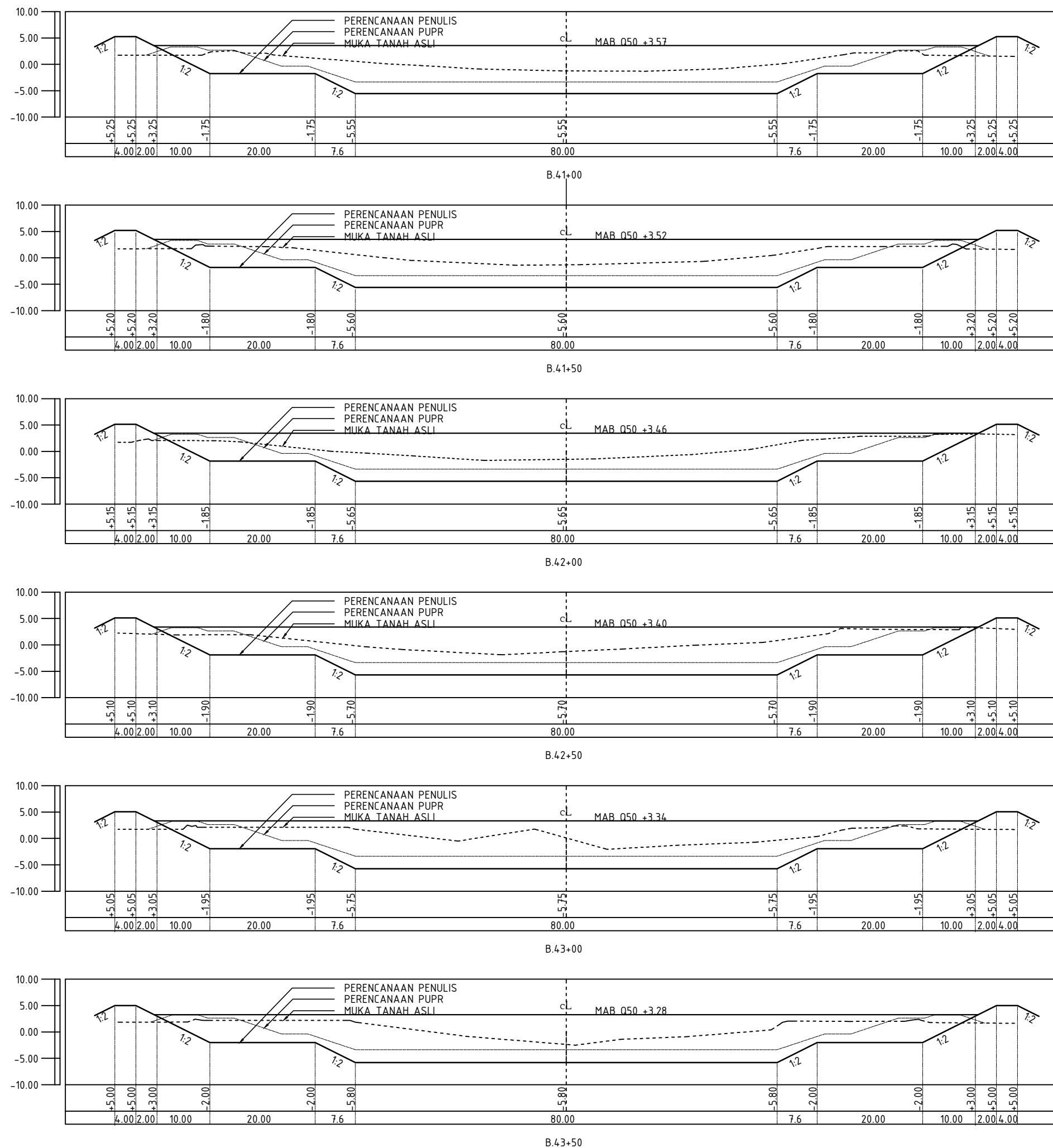
PLAN AND SECTION
CROSS SECTION B.41+00 - B.43+50

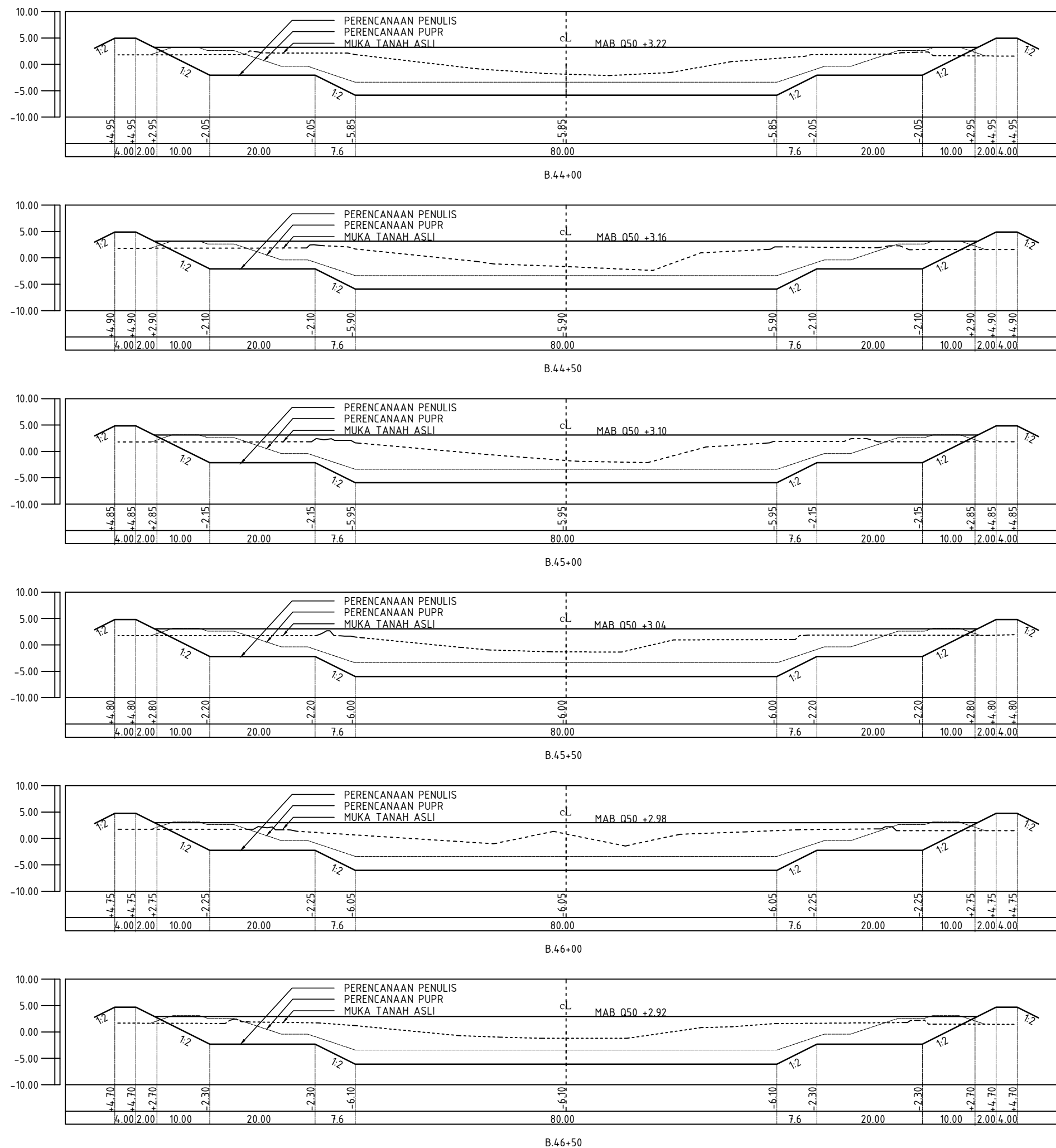
**NOMOR
GAMBAR**

004

**NOMOR
HALAMAN**

133





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA
2025

TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN,
KABUPATEN DEMAK

*FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK
REGENCY*

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.
NIP.1989201811023

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.
NIP.198404092009121005

MAHASISWA

Aaron Fung Antasena
NRP.5012211102

JUDUL GAMBAR

PLAN AND SECTION
CROSS SECTION B.44+00 - B.46+50

**NOMOR
GAMBAR**

005

NOMOR	
HALAMAN	

135



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA
2025

TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN,
KABUPATEN DEMAK

*FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK
REGENCY*

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.
NIP.1989201811023

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.
NIP.198404092009121005

MAHASISWA

Aaron Fung Antasena
NRP.5012211102

JUDUL GAMBAR

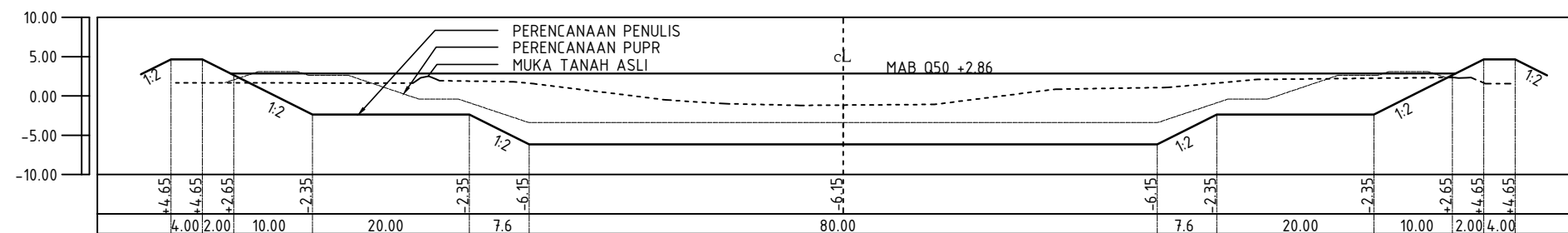
PLAN AND SECTION
CROSS SECTION B.47+00 - B.49+50

**NOMOR
GAMBAR**

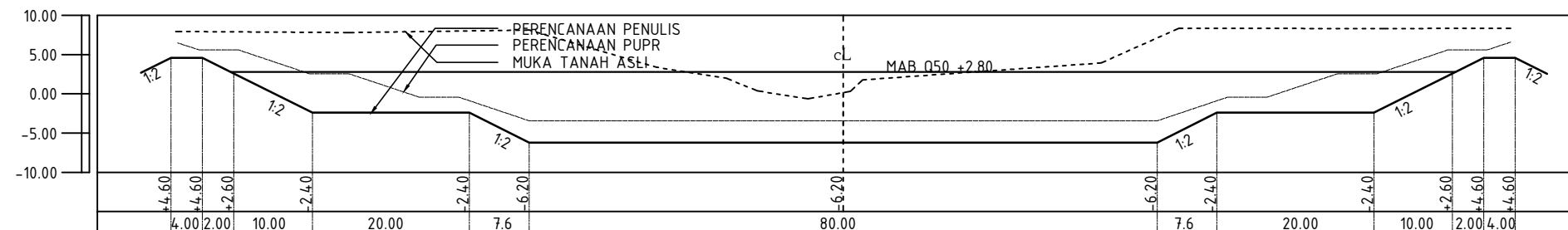
006

**NOMOR
HALAMAN**

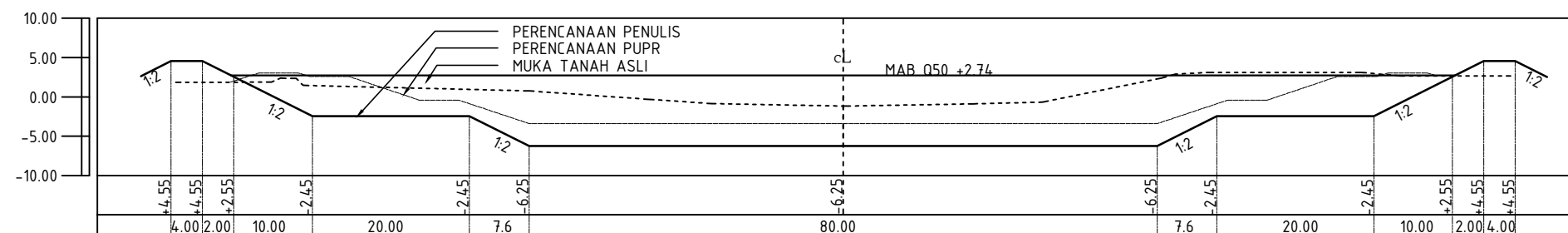
137



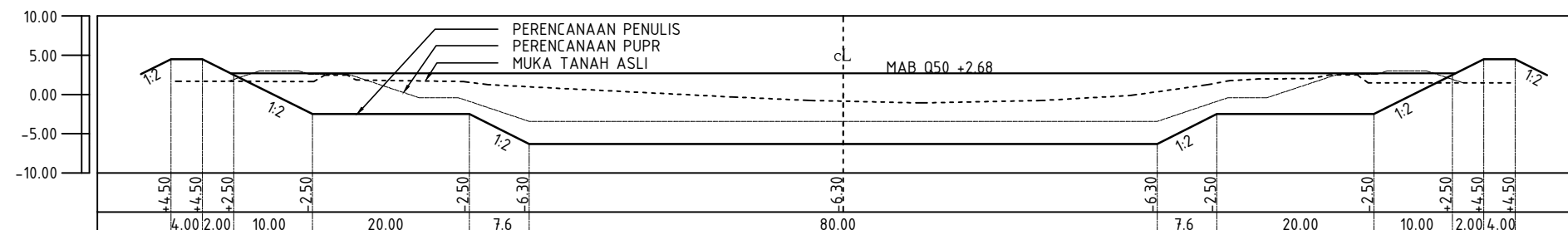
B.47+00



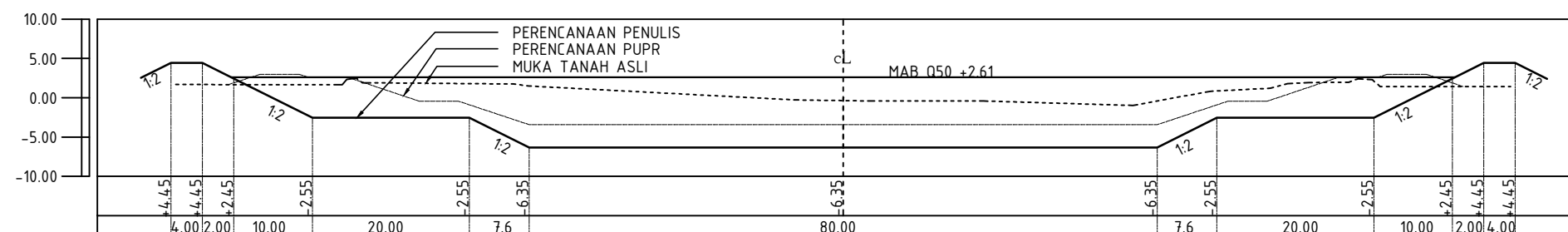
B.47+50



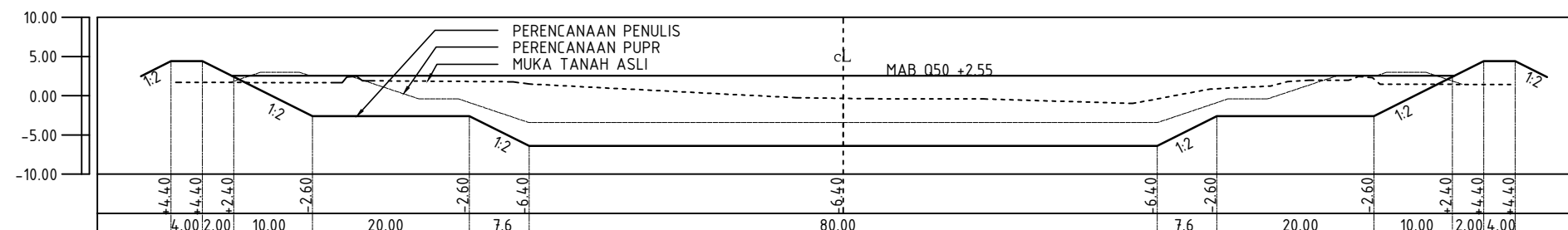
B.48+00



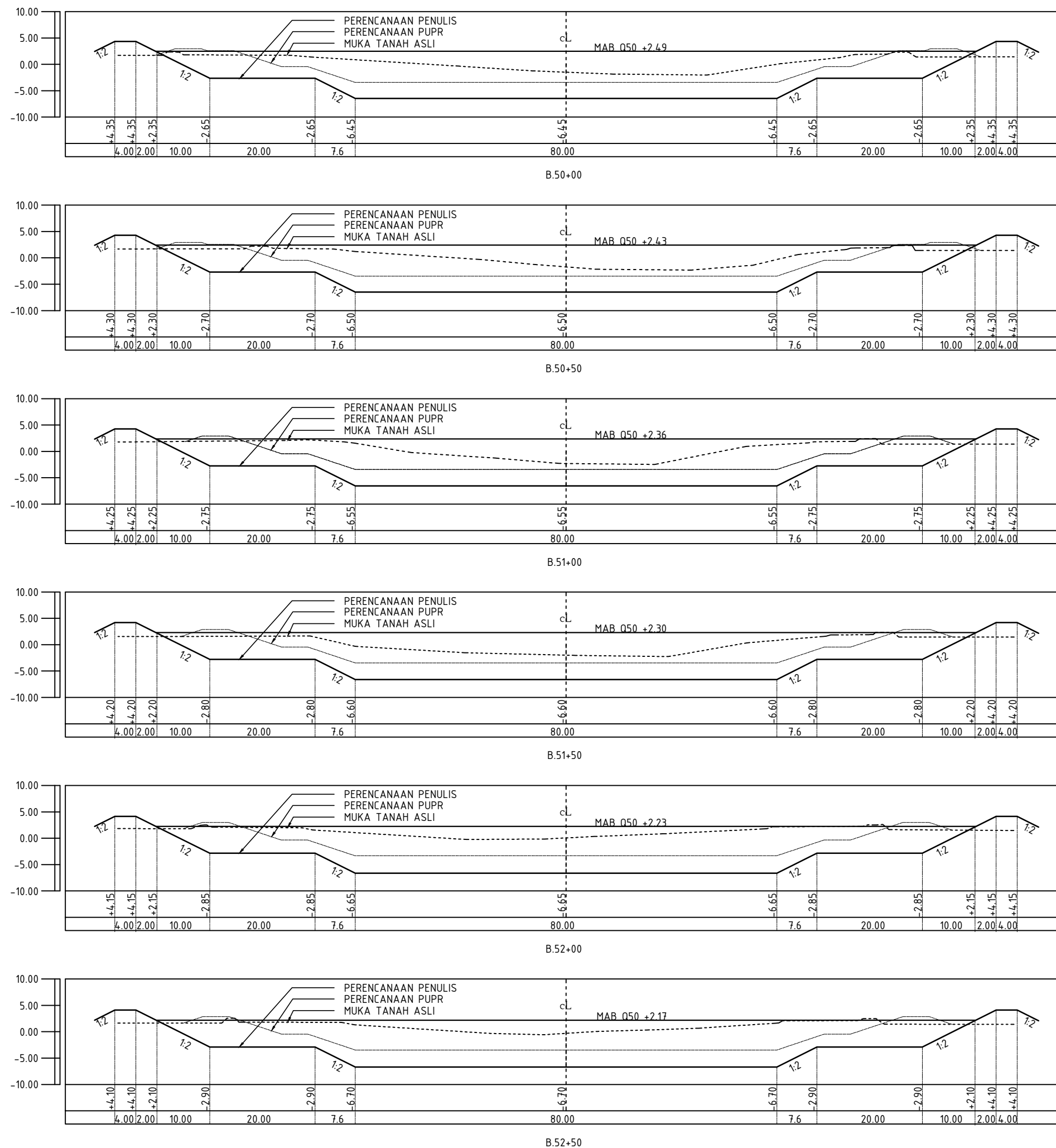
B.48+50



B.49+00



B.49+50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA
2025

TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN,
KABUPATEN DEMAK

**FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK
REGENCY**

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.
NIP.1989201811023

DOSEN PEMBIMBING II

Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.
NIP.198404092009121005

MAHASISWA

Aaron Fung Antasena
NRP.501221102

JUDUL GAMBAR

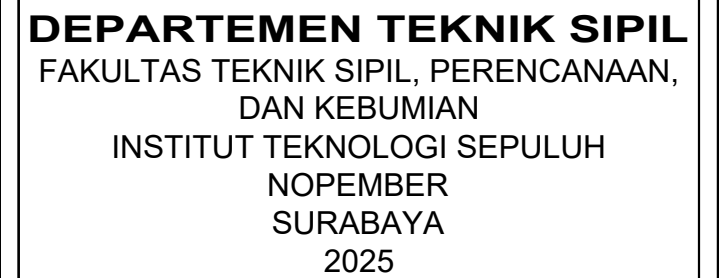
PLAN AND SECTION
CROSS SECTION B.50+00 - B.52+50

**NOMOR
GAMBAR**

007

NOMOR	HALAMAN
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

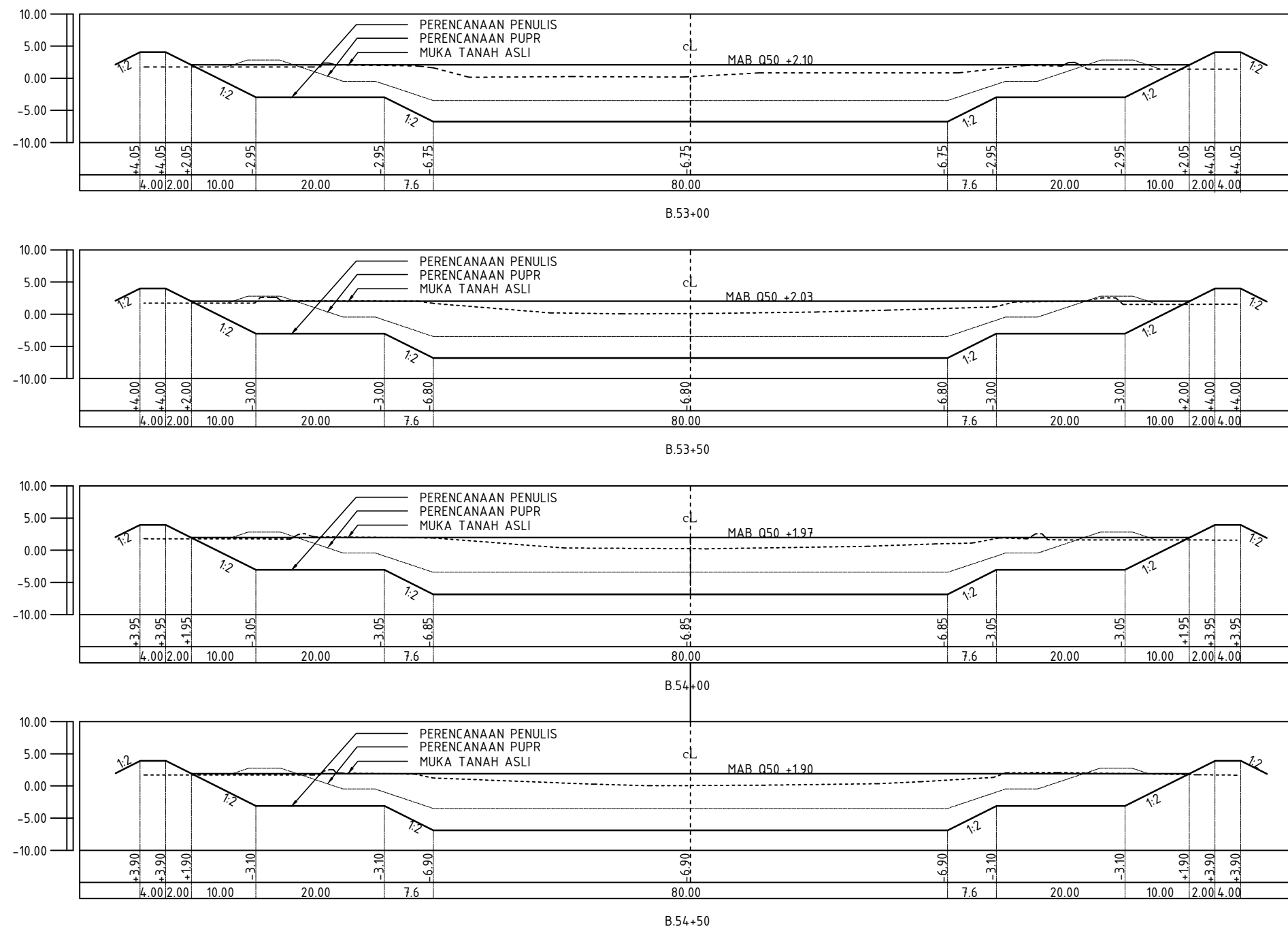
139



**FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK
REGENCY**

PLAN AND SECTION
CROSS SECTION B.53+00 - B.54+50

141





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA
2025

TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR SUNGAI WULAN,
KABUPATEN DEMAK

*FLOOD MITIGATION IN THE WULAN RIVER, DEMAK
REGENCY*

DOSEN PEMBIMBING I

Dr. Mohamad Bagus Ansori, S.T., M.T.
NIP.1989201811023

DOSEN PEMBIMBING II

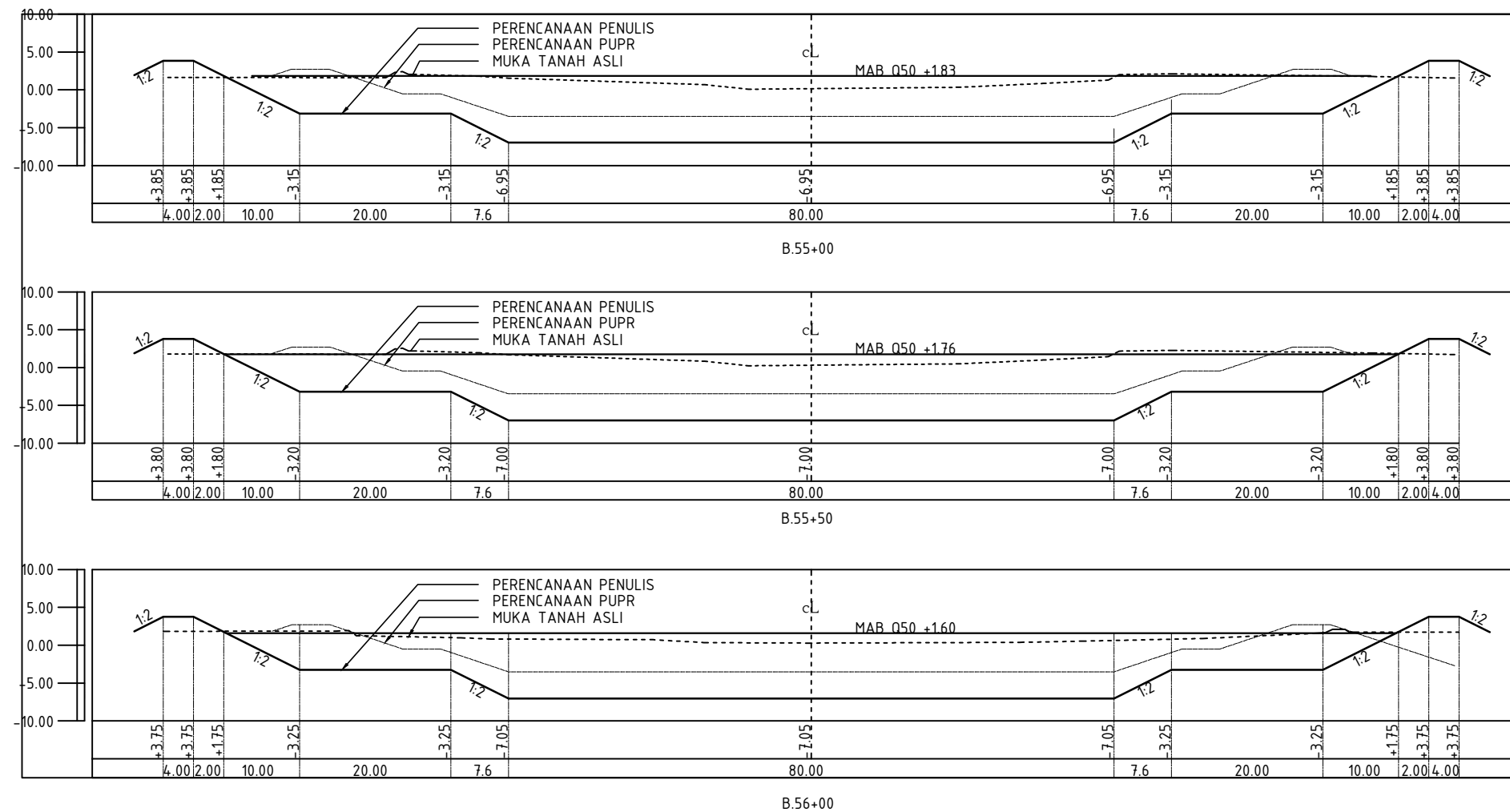
Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.
NIP.198404092009121005

MAHASISWA

Aaron Fung Antasena
NRP.5012211102

JUDUL GAMBAR

PLAN AND SECTION
CROSS SECTION B.55+00 - B.56+00



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Surabaya pada tanggal 12 Agustus 2003 dengan nama Aaron Fung Antasena, merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK R.A. Kartini Surabaya, SD St. Carolus Surabaya, SMP St. Carolus Surabaya, dan SMA Negeri 15 Surabaya. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2021, penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SBMPTN dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, program studi S-1 Teknik Sipil dengan NRP 5012211102. Pada program studi tersebut, penulis mengambil bidang keahlian hidrologi. Penulis sempat aktif mengikuti pelayanan dalam Keluarga Mahasiswa Katolik St. Ignatius Loyola ITS dan dipercaya menjadi Badan Pengurus Harian, mengikuti seminar nasional dan internasional, serta mengikuti salah satu perlombaan tender.