



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN (VC 0609)

PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN PEMUKIMAN DIAN ISTANA WIYUNG SURABAYA

ADENIA MAHARANI
NRP.10111600000022

DOSEN PEMBIMBING :
S. KAMILIA AZIZ, ST . MT.
NIP. 19771231 200604 2 001

Ir. ISMAIL SA'UD, MMT.
NIP. 19600517 198903 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR TERAPAN (VC 0609)

PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN PEMUKIMAN DIAN ISTANA WIYUNG SURABAYA

ADENIA MAHARANI
NRP.1011160000022

DOSEN PEMBIMBING :
S. KAMILIA AZIZ, ST . MT.
NIP. 19771231 200604 2 001

Ir. ISMAIL SA'UD, MMT.
NIP. 19600517 198903 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



FINAL PROJECT (VC 0609)

FLOOD CONTROL IN DIAN ISTANA WIYUNG SURABAYA RESIDENT

ADENIA MAHARANI
NRP.1011160000022

SUPERVISOR :
S. KAMILIA AZIZ, ST . MT.
NIP. 19771231 200604 2 001

Ir. ISMAIL SA'UD, MMT.
NIP. 19600517 198903 1 002

DOPLOMA III CIVIL ENGINEERING STUDI PRGRAM
DEPARTEMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

PENGENDALIAN BANJIR DI PEMUKIMAN DIAN ISTANA WIYUNG SURABAYA

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada

Program Studi Diploma Tiga Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun oleh:



ADENIA MAHARANI
NRP.1011160000022

30 JAN 2020

Mengetahui / Menyetujui Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing 1 Dosen Pembimbing 2



S. KAMILIA AZIZ, ST., MPT. DEPARTEMEN **Ir. ISMAIL SA'UD, MMT.**
NIP. 19771231 200604 2 001 NIP. 19600517 198903 1 002

Surabaya, Januari 2020



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
-/890/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2020

Tanggal :
14 Januari 2020

Judul Tugas Akhir Terapan	Pengendalian Banjir di Kawasan Pemukiman Dian Istana Wiyung Surabaya		
Nama Mahasiswa 1	Adenia Maharani	NRP	1011160000022
Nama Mahasiswa 2	-	NRP	-
Dosen Pembimbing 1	S. Kamilia Aziz, S.T., M.T. NIP 19771231 200604 2 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Ir. Ismail Sa'ud, M.MT. NIP 19600517 198903 1 002	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
kesimpulan, tabel? & perbaikan gambar? & perjetas	 Ir. Didik Harjanto, CES NIP 19590329 198811 1 001
	 Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001
+ Perbaiki konsep volume tampungan long storage + tambahkan Desain Gorong! m	 M. Hafizh Imaaduddin, S.T. M.T. NIP 19860212 201504 1 001
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			-
Ir. Didik Harjanto, CES NIP 19590329 198811 1 001	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001	M. Hafizh Imaaduddin, S.T. M.T. NIP 19860212 201504 1 001	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 S. Kamilia Aziz, S.T., M.T. NIP 19771231 200604 2 002	 Ir. Ismail Sa'ud, M.MT. NIP 19600517 198903 1 002



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Adenia Maharani 2 —
NRP : 1 10111600000022 2
Judul Tugas Akhir : Alternatif Pengendalian Banjir Dengan Cara Operasional Pompa dan Pintu Air pada Botem Kawasan Pemukiman
Dosen Pembimbing : S. Kamilia Aziz, ST. MT. Dian Istiana Wiyung Surabaya
 Ir. Ismail Saibul, M. MT.



No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	22 April 2019	Catchment Area Sungai Kali Kendal				
		Perhitungan Skala	[Signature]			
		Perhitungan Hidrologi		B	C	K
		Survey Saluran Wiyung Uning Baru		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			S. Kamilia Aziz, ST. MT.			
2.	28 Juni 2019	Penggunaan Stasiun Hujan Gunung Sari		B	C	K
		Mencari literatur Q pada Pemukiman	[Signature]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Graha Family & Bukit damo Utara		S. Kamilia Aziz, ST. MT.		
3.	15 Oktober 2019	Curah Hujan tidak masuk syarat		B	C	K
		solusi: Data Curah hujan multi tahun 1999 - 2017 (Bunting pakeliring)	[Signature]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Perhitungan dijabarkan pada laporan		S. Kamilia Aziz, ST. MT.		
				B	C	K
4.	1 November '19	Kapasitas Saluran $\rightarrow Q = FBC$		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Lokasi Genangan ✓				
		Penyebab Genangan ✓	[Signature]			
		Elevasi saluran tertutup ✓		B	C	K
	Tugas :	Pengaruh kali kecurus the back water \rightarrow Mencari Debit CA	Ir. Ismail Saibul, M. MT.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. : yang masuk ke sungai kecurus Long Section ✓
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Tertambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Adenia Maharani 2 _____
NRP : 1 1011160000022 2 _____
Judul Tugas Akhir : Alternatif Pengendalian Banjir Dengan Cara Operasional Pompa dan Pmb air
 Pada Daerah Kawasan Pemukiman Dian letara Wiyung Surabaya
Dosen Pembimbing : 1. S. Kamilia Aziz, ST, MT.
 2. Ir. Ismail Sa'ud, M. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	20-11-2019	- Long Section dibuat titik pada hulu & hilir - Catchment Area Bukit Golf & Graha Fam (Q limpasan dari Bukit Golf & Graha Fam) - To Tc	 Ir. Ismail Sa'ud, M. MT.	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	26-11-2019	- Fbc ✓ - Debit Banjir → RT ✓ Q ₂ Q ₅) Fbc vs Q _r Q ₁₀ metode rasional / natayaru - long storage - Jika elu tebat ada maka elu dianggap sama dgn elu sungai kendal - Saluran dalam DPRD adal saluran adal - Membuat long & cross absisting long storage - Dan hasil @ rekalah diperbesar long & cross long storage - Perlu dibuat diagram natayaru (Debit masuk dari Graha Fam)	 Ir. Ismail Sa'ud, M. MT.	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Adenia Maharani 2 —
NRP : 1 10111600000022 2
Judul Tugas Akhir : Alternatif Pengendalian Banjir Dengan Cara Operasional Pompa dan Pintu Air pada Boezem Kawasan Pemukiman Dian Istana Wiyung Surabaya.
Dosen Pembimbing : S. Kamilia Aziz, ST. MT.
 Ir. Ismail Sa'id, M. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7.	26-11-2019	Pembetulan perhitungan To T _f T _c di setiap Blok Dian Istana				
			S. Kamilia Aziz, ST. MT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	20-12-2019	Pembetulan rumus pada Longstorage				
			Ir. Ismail Sa'id, M. MT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	20-12-2019	Pada grafik / Hidrograf Volume Long Storage di buat bersinggungan. t ≥ 6 jam [ok]				
		Sesuai Seminar progres judul diganti menjadi "Pengendalian Banjir di Kawasan Pemukiman Dian Istana Wiyung Surabaya"	S. Kamilia Aziz, ST. MT.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	06-01-2020	Penempatan pompa - Penanaman buk dalam gorong-gorong - Hitung tinggi buk sesuai volume - Dimensi Longstorage 7m x 3m x 1,2m				
		- Gambar Long storage & penempatan buk	S. Kamilia Aziz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = TerLAMBAT dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Adenia Maharani 2 _____
 NRP : 1 10111600000022 2 _____
 Judul Tugas Akhir : Pengendalian Banjir Di Kawasan Pemukiman Dian Istana
 Wiyung Surabaya
 Dosen Pembimbing : S. Kamilia Aziz, ST, MT.
 Ir. Ismail Sa'id, M. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
11.	10 Januari '20	Perencanaan buk pada Saluran antara Long Storage dan Saluran Sungai Kendal	 S. Kamilia Aziz ST. MT.	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		ASISTENSI REVISI				
		Penulisan system, study dll		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		Penulisan Keterangan Kesimpulan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Gambar Box Culvert injd L=7 m dengan masing-masing 3,5m	S. Kamilia Aziz ST. MT.			
		Tangga Saluran		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		Perhitungan Operasional Pompa		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Gambar Awan Operasional Pompa				
		Keterangan Gambar Awan Operasional Pompa.		<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

ABSTRAK

PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN PEMUKIMAN DIAN ISTANA WIYUNG SURABAYA

Nama : Adenia Maharani
NRP : 10111600000022
Program Studi : Program Studi Diploma III Teknik
Infrastruktur Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing I : S. KAMILIA AZIZ, ST, MT.
NIP : 19771231 200604 2 001
Dosen pembimbing II : Ir. ISMAIL SA'UD, M, MT.
NIP : 19600517 198903 1 002

Saluran Sungai Kendal merupakan sungai yang melintasi Perumahan Dian Istana yang berada di wilayah Surabaya Barat. Sungai ini melewati Perumahan Dian Istana tidak hanya mendapatkan air limpasan dari Perumahan Dian istana saja, melainkan mendapatkan air limpasan dari perumahan Graha Family dan Perumahan Golf Family. Debit yang masuk ke Perumahan Dian Istana sebesar 19.02 m³/dtk. Hal ini menyebabkan Prumahan Dian Istana selalu tergenang banjir ketika hujan karena debit yang masuk tersebut dan debit dari perumahan Dian Istana sendiri. Banjir tersebut diduga disebabkan buruknya sistem drainase yang ada ditambah dengan hanya ada satu saluran pembuang yaitu Sungai Kendal.

Banjir yang menggenang di Perumahan Dian Istana cukup besar yaitu 10.783 m³/dtk. Untuk meningkatkan kinerja sistem drainase Sungai Kendal dibutuhkan 1 pompa dengan daya PK pada rencana Long Storage berupa Box Culvert dengan Kapasitas Tampungan 11.200 m³/dtk dengan dimensi saluran, lebar 7 m dan

tinggi 2 m sepanjang 800 m untuk mengurangi banjir di Perumahan tersebut. Perencanaan Long Storage tersebut di tempatkan pada salah satu jalan akses masuk Perumahan Dian Istana berupa Box Culvert.

Kata Kunci : Sungai Kendal, Air Limpasan , Pompa , Long Storage

ABSTRACT

FLOOD CONTROL IN DIAN ISTANA WIYUNG SURABAYA RESIDENT

Name : Adenia Maharani
NRP : 10111600000022
Studi Program : Diploma III Civil Engineering Studi
Program
Departement of Civil Infrastructure
Vocational School
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Supervisor I : S. KAMILIA AZIZ, ST, MT.
NIP : 19771231 200604 2 001
Supervisor II : Ir. ISMAIL SA'UD, M, MT.
NIP : 19600517 198903 1 002

Kendal River is a river that crosses the Dian Istana housing complex in the West Surabaya area. This river passes through Dian Istana housing not only to get runoff water from Dian palace housing, but also to get runoff water from the Graha Family housing and Golf Family Housing. Debit coming into Dian Istana Housing is 19,02 m³ / sec. This causes Prumahan Dian Istana to be flooded when it rains because of the incoming debit and the discharge from Dian Istana's own housing. The flood is thought to be caused by the poor drainage sistem coupled with only one drainage channel, the Kendal River.

Floods that pooled in Perumahan Dian Istana are quite large, namely 10,783 m³ / s. To improve the performance of the Kendal River drainage sistem, one pump with PK power is needed in the Long Storage plan in the form of a Box Culvert with a Capacity of 11,200 m³ / sec with channel dimensions, width of 7 m and height of 2 m along 800 m to reduce flooding in the Housing.

The Long Storage Planning is placed on one of the access entrances to the Dian Istana housing in the form of a Box Culvert.

Keywords: Kendal River, Runoff Water, Pump, Long Storage

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat-NYA kami dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini dengan judul :

Pengendalian Banjir di Kawasan Pemukiman Dian Istana Wiyung Surabaya

Tugas akhir ini disusun sebagai kelengkapan tugas akademik pada Program Studi Diploma Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan proposal tugas akhir kami mendapatkan bimbingan dan bantuan dari banyak pihak. Untuk itu kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Jurusan Diploma III, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. S. Kamilia Aziz, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing 1 yang dengan penuh kesabaran, dan keikhlasan membimbing serta meluangkan waktu untuk kami hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Ir. Ismail Sa'ud, M, MT. selaku Dosen Pembimbing 2 yang dengan penuh kesabaran, dan keikhlasan membimbing serta meluangkan waktu untuk saya hingga terselesaikan Tugas Akhir ini.
4. Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya, yang bersedia memberikan data seputar tugas akhir yang saya ulas.
5. Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematuan Kota Surabaya, yang bersedia memberikan data seputar Tugas Akhir yang saya ulas.

6. Dinas Cipta Karya Dan Tata Ruang Kota Surabaya, yang bersedia memberikan data seputar Tugas Akhir yang saya ulas.
7. Orang Tua yang serta membantu mendukung hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Diploma Teknik Infrastruktur Sipil angkatan 2016 dan teman-teman kelas Bangunan Air 2016 atas do'a serta dukungannya

Saya menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu mohon maaf atas kesalahan yang saya perbuat karena kurangnya ilmu pada diri saya. Dan saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sekalian.

Surabaya, Januari 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

Isi

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Masalah.....	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Lokasi Studi	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dasar Teori	5
2.2 Analisa Hidrologi	5
2.3 Analisa Hidrolika.....	38
2.4 Pompa	44
2.4.1 Pompa Turbo (Dynamic Pump).....	46

2.5	Pintu Air.....	48
2.5.1	Menentukan Dimensi Pintu Air	48
2.6	Long Storage.....	49
2.7	Model HEC-RAS.....	51
2.8	Penelusuran Banjir (Flood Routing)	51
BAB III	55
METODOLOGI	55
3.1	Studi Literatur	55
3.2	Pengumpulan Data.....	55
3.4	Pemecahan Masalah.....	58
3.5	Bagan Metodologi.....	58
BAB IV	59
HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1	Analisa Hidrologi.....	59
4.1.1	Data Curah Hujan	59
4.1.2	Analisa Frekuensi	63
4.1.3	Pemilihan Jenis Distribusi	67
4.1.4	Uji Kecocokan Distribusi.....	73
4.1.4.1	Uji Chi Kuadrat (<i>Chi Square</i>).....	73
4.1.4.2.	Uji Smirnov Kolmogorov.....	76
4.1.5	Perhitungan Curah hujan Rencana.....	82
4.2	Analisa Hidrolika.....	117
4.2.1	Perencanaan Saluran Drainase.....	118

4.2.2 Analisa HEC-RAS	124
4.3 Metode Empiris.....	132
4.3.1 Perhitungan Nakayasu Dian Istana	132
4. Perhitungan Kapasitas Pompa dan kapasitas Long Storage.....	233
4.4.2 Penampang Saluran Long Storage Berbentuk Segiempat	255
4.4.3 Perencanaan Kapasitas Long Storage dengan bantuan Pompa.....	255
1. Perhitungan perencanaan design Long Storage	255
2. Perhitungan Daya Pompa.....	257
3. Perencanaan Buk Antara Saluran Sungai Kendal dan Long Storage	261
BAB 5.....	263
PENUTUP	263
5.1 KESIMPULAN.....	263
5.2 SARAN.....	264
DAFTAR PUSTAKA	265
LAMPIRAN.....	267

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter yang Digunakan untuk Menentukan Cara yang Tepat untuk Mencari Curah Hujan Rata-Rata Wilayah	6
Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss	11
Tabel 2. 3 Hubungan Reduksi Rata - rata (Y_n) dan Reduksi Standard Deviasi (S_n) Dengan Jumlah Data Kejadian (n). 13	
Tabel 2. 4 Nilai K Untuk Distribusi Log-Pearson III.....	17
Tabel 2. 5 Syarat - Syarat Pemilihan Jenis Distribusi	21
Tabel 2. 6 Nilai X^2 Kritis Untuk Uji Chi Kuadrat.....	23
Tabel 2. 7 Nilai Kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolmogorov	24
Tabel 2. 8 Koefisien Pengaliran Menurut Tipe Daerah Pengaliran.....	29
Tabel 2. 9 Koefisien Pengaliran Menurut Tipe Daerah Pengaliran.....	29
Tabel 2. 10 Lanjutan Koefisien Pengaliran Menurut Tipe Daerah Pengaliran	30
Tabel 2. 11 Hubungan Luas Ellips (F) dan Persentase Angka Reduksi (β_1)	32
Tabel 2. 12 Hubungan Luas Ellips (F) dan Hujan Harian (R)	34
Tabel 2. 13 Hubungan Waktu Konsentrasi dan Persentase Penambahan R	35
Tabel 2. 14 Harga Koefisien Manning (n)	42
Tabel 4. 1 Data Stasiun Hujan Gunungsari	61
Tabel 4. 2 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata	62
Tabel 4. 3 Tabel Perhitungan Distribusi Normal	63
Tabel 4. 4 Syarat-syarat Pemilihan distribusi.....	67

Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan Distribusi <i>Log Pearson Type III</i>	69
Tabel 4. 6 Tabel Perhitungan Curah Hujan Rencana	73
Tabel 4. 7 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat	74
Tabel 4. 8 Tabel Pengelompokkan menjadi Sub-Kelompok menurut Bonnier.....	75
Tabel 4. 9 Tabel Nilai Batas Chi Kuadrat Hitung	76
Tabel 4. 10 Tabel Nilai Kritis DO untuk uji Smirnov Kolmogorof	77
Tabel 4. 11 Tabel Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov.	79
Tabel 4. 12 Tabel Curah Hujan Rencana Terpilih	83
Tabel 4. 13 Tabel t0 Saluran Tersier Blok A	85
Tabel 4. 14 t0 Saluran Tersier Blok B.....	86
Tabel 4. 15 Tabel t0 Saluran Tersier Blok C.....	87
Tabel 4. 16 Tabel t0 Saluran Tersier Blok DPRD.....	90
Tabel 4. 17 Tabel t0 Saluran Tersier Blok D	92
Tabel 4. 18 Tabel t0 Saluran Tersier Blok F	94
Tabel 4. 19 Tabel TF Saluran Sekunder Sungai Kendal ...	96
Tabel 4. 20 Tabel Perhitungan tc max Saluran Sekunder Sungai Kendal	102
Tabel 4. 21 Tabel Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)	106
Tabel 4. 22 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q2 untuk saluran tersier	110
Tabel 4. 23 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q5 untuk saluran sekunder.....	112
Tabel 4. 24 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q10 untuk saluran sekunder.....	113
Tabel 4. 25 Tabel perhitungan debit untuk saluran tersier	114

Tabel 4. 26 Tabel Perhitungan Debit untuk saluran Sekunder	116
Tabel 4. 27 Tabel Perhitungan debit untuk saluran Sekunder	116
Tabel 4. 28 Harga Koefisien Manning	119
Tabel 4. 29 Tabel Dimensi Saluran Eksisting	121
Tabel 4. 30 Tabel Perhitungan Volume dan Kapasitas Fullbank Saluran	122
Tabel 4. 31 rata-rata hujan harian sampai ke-t	133
Tabel 4. 32 Tabel Rata-rata hujan pada jam ke-t	134
Tabel 4. 33 Tabel Hujan Efektif untuk Curah Hujan rencana dengan periode ulang (T) tahun metode Log Pearson Type III	134
Tabel 4. 34 Tabel Perhitungan hujan rencana efektif jam-jaman	135
Tabel 4. 35 Persamaan Hidrograf Satuan Nakayasu	137
Tabel 4. 36 Tabel Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu	137
Tabel 4. 37 Tabel Unit Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu	138
Tabel 4. 38 Tabel Hidrograf Banjir Q2	144
Tabel 4. 39 Tabel Hidrograf Banjir Q5	151
Tabel 4. 40 Tabel Hidrograf Banjir Q10	158
Tabel 4. 41 Tabel Hasil Perhitungan Curah Hujan Nakayasu	166
Tabel 4. 42 Tabel rata-rata hujan harian sampai ke- t.....	167
Tabel 4. 43 Tabel Rata-rata hujan pada jam ke-t	168
Tabel 4. 44 Tabel Hujan Efektif untuk Curah Hujan rencana dengan periode ulang (T) tahun metode Log Pearson Type III	168

Tabel 4. 45 Tabel Perhitungan hujan rencana efektif jam-jaman	169
Tabel 4. 46 Tabel Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu	171
Tabel 4. 47 Tabel unit hidrograf satuan sintetik nakayasu	172
Tabel 4. 48 Tabel Hidrograf banjir Q2.....	188
Tabel 4. 49 Tabel Hidrograf Banjir Q5	202
Tabel 4. 50 Tabel Hidrograf Banjir Q10	218
Tabel 4. 51 Perhitungan Pompa	233
Tabel 4. 52 Tabel Perhitungan Tinggi Muka Air	238
Tabel 4. 54 Perhitungan Debit Inflow dan Outflow	241
tabel 4. 55 Tabel Operasional Pompa.....	251
Tabel 4. 56 Tabel Perhitungan Daya Pompa.....	258

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Perumahan Dian Istana Surabaya	3
Gambar 2. 2 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	38
Gambar 2. 3 Penampang Segiempat	39
Gambar 2. 4 Penampang Trapesium	40
Gambar 2. 5 Diagram Untuk Memilih Pompa Yang Efisien	47
Gambar 2. 6 Kombinasi Aliran Air Didalam Terowongan	49
Gambar 2. 7 Hidrograf Rasional Kolam Tampung $T_d > T_c$	50
Gambar 2. 8 Hubungan antara aliran masuk, aliran keluar dan penyimpanan dalam busem akibat banjir	54
Gambar 4. 1 Polygon Thiesen	59
Gambar 4. 2 Polygon Thiesen STA Gunungsari.....	60
Gambar 4. 3 Skema Jaringan Saluran Sekunder Sungai Kendal	101
Gambar 4. 4 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 1	124
Gambar 4. 5 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 2	125
Gambar 4. 6 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 3	125
Gambar 4. 7 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 4	126
Gambar 4. 8 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 5	126
Gambar 4. 9 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 6	127

Gambar 4. 10 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 7	127
Gambar 4. 11 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 8	128
Gambar 4. 12 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 9	128
Gambar 4. 13 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 10	129
Gambar 4. 14 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 11	129
Gambar 4. 15 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 12	130
Gambar 4. 16 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 13	130
Gambar 4. 17 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 14	131
Gambar 4. 18 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 15	131
Gambar 4. 19 Gambar Potongan Memanjang Saluran Sungai Kendal	132
Gambar 4. 20 Contoh U-Ditch	256
Gambar 4. 21 Design Rencana tinggi buk	262

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saluran Sungai Kendal merupakan sungai yang melintasi Perumahan Dian Istana yang berada di wilayah Surabaya Barat. Pada awalnya, wilayah Wiyung merupakan daerah persawahan, ladang dan juga rawa. Sejak dahulu Wiyung merupakan daerah rawan banjir karena elevasinya yang rendah. Dengan seiring berjalannya waktu daerah Wiyung ini terjadi peralihan fungsi guna lahan, area yang dulunya sebagai daerah resapan air sekarang beralih fungsi menjadi daerah tempat tinggal. Berkurangnya lahan resapan air menyebabkan air yang meluap pada saat hujan dengan curah hujan tinggi yang terjadi pada daerah Wiyung lebih tepatnya pada daerah Perumahan Dian Istana.

Sungai Kendal yang melewati Perumahan Dian Istana tidak hanya mendapatkan air limpasan dari Perumahan Dian istana saja, melainkan mendapatkan air limpasan dari perumahan Graha Family dan Perumahan Golf Family. Banjir tersebut diduga disebabkan buruknya sistem drainase yang ada ditambah dengan hanya ada satu saluran pembuang yaitu Sungai Kendal. Berdasarkan info dari media elektronik harian Surabaya, apabila terjadi hujan dengan intensitas tinggi sering kali menimbulkan banjir yang merendam daerah Wiyung. Menurut Pantauan suarasurabaya.net di lokasi, banjir di Wiyung kali ini disebabkan karena luapan air sungai Kendal yang membujur dari utara ke selatan (<http://kelanakota.suarasurabaya.net/news/2016/166895-Banjir-Wiyung-Karena-Sungai-Kendal-Meluap>)

Perumahan Dian Istana merupakan salah satu pemukiman yang terletak di wilayah Wiyung Surabaya Barat. Perumahan ini memiliki luas total wilayah 82.982 m² (8.298 ha) yang merupakan perumahan elite bermukim di kota Surabaya. Letaknya berada di kecamatan Wiyung dengan batas-batas sebagai berikut:

Sisi Utara : Perumahan Graha Family

Sisi Selatan : Jalan Raya Menganti
Sisi Barat : Perumahan Golf Family
Sisi Timur : Jalan tol Surabaya-Malang

Saluran Sungai Kendal yang relative curam di ketahui pada survey lapangan beda ketinggian saluran di Graha Family dan Dian Istana 2 meter. Hal ini mengakibatkan permasalahan banjir dan perlu dikaji dengan mencari solusi terbaik. Perencanaan Long Storage dilengkapi dengan pompa dan pintu air di wilayah Sungai Kendal memungkinkan untuk dikaji dikawasan tersebut. Perencanaan pintu air dilengkapi pompa dan Long Storage di wilayah Sungai Kendal.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang dapat dirumuskan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besarnya debit rencana pada daerah Perumahan Dian Istana ?
2. Bagaimana rencana sistem drainase yang berupa Long Storage pada daerah Perumahan Dian Istana ?
3. Bagaimana sistem operasi Long Storage yang optimal dalam memanfaatkan Long Storage pada daerah Perumahan Dian Istana ?

1.3. Tujuan Masalah

Bersarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dari studi ini adalah untuk :

1. Untuk mengetahui besarnya debit rencana pada kawasan pada saat terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi.
2. Untuk merencanakan suatu sistem drainase yang memadai dan mampu menampung debit rencana pada kawasan.
3. Untuk mengetahui bagaimana sistem operasi yang optimal dalam pemanfaatan Long Storage pada daerah Perumahan Dian Istana.

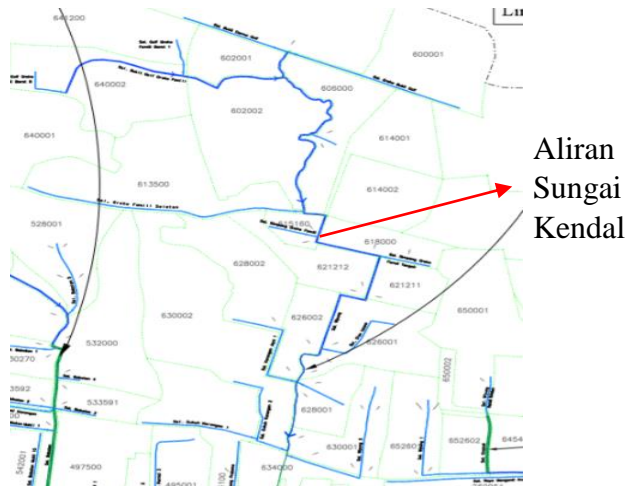
1.4. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi ini hanya meninjau masalah drainase pada Perumahan Dian Istana serta Sungai Kendal.
2. Hanya merencanakan Long Storage dengan alternative pompa atau pintu air.

1.5. Lokasi Studi

Lokasi studi yang ditinjau adalah Perumahan Dian Istana yang dilewati Sungai Kendal. Perumahan Dian Istana berada di Kecamatan Wiyung, lebih tepatnya berada di wilayah Kota Surabaya bagian Barat, seperti yang terlihat dalam gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Perumahan Dian Istana Surabaya
(Sumber: Dinas PU Bina Marga dan Pematusan Surabaya)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

Dalam pengerjaan Proyek Akhir ini akan dilakukan perhitungan dengan analisis hidrologi maupun analisa hidrolika. Perhitungan tersebut berdasarkan dengan data curah hujan yang diambil dari beberapa stasiun pencatatan, yang berada di sekitar daerah pengairan.

2.2 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan suatu analisa awal dalam menagani penanggulangan banjir dan perencanaan sistem drainase untuk mengetahui besarnya debit yang akan dialirkan . Besarnya debit yang dipakai sebagai dasar perencanaan adalah debit rancangan yang didapat dari penjumlahan debit hujan rencana pada periode ulang tertentu dengan debit air buangan dari daerah tersebut.

4.2.1 Perhitungan Curah Hujan Rata –Rata Wilayah

Curah hujan rata-rata pada suatu wilayah digunakan sebagai data dalam perhitungan yang selanjutnya hingga didapatkan debit rencana. Curah hujan ini dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Ada beberapa cara yang dipakai dalam menghitung hujan rata-rata wilayah yang disajikan dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Parameter yang Digunakan untuk Menentukan Cara yang Tepat untuk Mencari Curah Hujan Rata-Rata Wilayah

No	Parameter	Kondisi	Cara Yang Dapat Digunakan
1	Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Aljabar, Poligon Thiessen, Isohyet
		Terbatas	Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen
2.	Luas DAS	>5000 km ² (Besar)	Ishoyet
		501-5000 km ² (Sedang)	Poligon Thiessen
		<500 km ² (Kecil)	Rata-rata Aljabar
3.	Kondisi Topografi	Pegunungan	Poligon Thiessen
		Dataran	Aljabar
		Berbukit dan tidak beraturan	Ishoyet dan Poligon Thiessen

Sumber: Suripin, 2004:31-32

Untuk menghitung curah hujan rata – rata digunakanlah metode – metode sebagai berikut :

1. Metode Rata – Rata Aljabar (*Arithmetic Mean*)

Metode ini menggunakan perhitungan curah hujan wilayah dengan merata – ratakan semua jumlah curah hujan yang ada pada wilayah tersebut. Metode rata-rata aritamatik ini adalah cara yang paling mudah diantara cara lainnya (poligon dan isohyet). Digunakan khususnya untuk daerah seragam dengan variasi CH kecil. Cara ini dilakukan dengan mengukur

serempak untuk lama waktu tertentu dari semua alat penakar dan dijumlahkan seluruhnya. Kemudian hasil penjumlahannya dibagi dengan jumlah penakar hujan maka akan dihasilkan rata-rata curah hujan di daerah tersebut.

Rumus Umum :

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

\bar{R} = Curah hujan daerah (mm)

n = Jumlah titik–titik (pos) pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

Sumber: Wesli, 2008:43

2. Metode Poligon Thiessen

Metode Thiessen biasa digunakan untuk daerah–daerah dimana titik–titik dari pengamat hujan tidak tersebar merata, dan pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun.

Metode poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru. (Sumber: Triatmodjo, 2008).

Adapun caranya, yaitu :

- a. Stasiun pengamat digambar pada peta, dan ditarik garis hubung masing-masing stasiun.
- b. Garis bagi tegak lurus dari garis hubung tersebut membentuk poligon-poligon mengelilingi tiap–tiap stasiun, dan hindari bentuk poligon segitiga tumpul.

- c. Sisi tiap poligon merupakan batas-batas daerah pengamat yang bersangkutan.
- d. Hitung luas tiap poligon yang terdapat di dalam DAS dan luas DAS seluruhnya dengan planimeter dan luas tiap poligon dinyatakan sebagai persentase dari luas DAS seluruhnya. Selain itu, menghitung luas juga bisa menggunakan kertas milimeter blok.

Faktor bobot dalam menghitung hujan rata-rata daerah di dapat dengan mengalikan hujan rata-rata area yang didapat dengan mengalikan presipitasi tiap stasiun pengamat dikalikan dengan persentase luas daerah yang bersangkutan.

Rumus umum:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- \bar{R} = Curah hujan daerah (mm)
 n = Jumlah titik-titik (pos) pengamatan
 R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)
 A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan (km²)

Sumber: Wesli, 2008:44

3. Metode Isohyet

Dalam metode isohyet, digunakanlah pembagian DAS dengan garis-garis yang menghubungkan tempat-tempat dengan curah hujan yang sama besar (isohyet). Curah hujan rata-rata di daerah aliran sungai didapatkan dengan menjumlahkan perkalian antara curah hujan rata-rata di antara garis-garis isohyet dengan luas daerah yang dibatasi oleh garis batas DAS dan dua garis isohyet, kemudian dibagi dengan luas seluruh DAS.

Cara ini mempunyai kelemahan yaitu apabila dikerjakan secara manual, dimana setiap kali harus menggambarkan garis isohyet yang tentunya hasilnya sangat tergantung pada masing-masing pembuat garis. Unsur subyektivitas ini dapat dihindarkan dengan penggunaan perangkat lunak komputer yang dapat menghasilkan gambar garis isohyet berdasarkan sistem interpolasi grid, sehingga hasilnya akan sama untuk setiap input data di masing-masing stasiun hujan.

Rumus umum:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- \bar{R} = Curah hujan daerah (mm)
- n = Jumlah titik–titik (pos) pengamatan
- R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)
- A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan (km²)

Sumber: Wesli, 2008:46

4.2.2 Perhitungan Curah Hujan Rancangan (R)

Dalam perhitungan curah hujan rancangan ini digunakan analisa frekuensi. Frekuensi adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya kala ulang (return) periode dalam waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampau (Suripin, 2003). Metode – metode yang dapat digunakan untuk analisa frekuensi adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Normal

Distribusi normal sering juga disebut sebagai distribusi Gauss. Distribusi normal seringkali digunakan untuk menganalisa frekuensi hujan harian maksimum. Fungsi densitas peluang normal (normal probability density function) dari variabel acak kontinu X pada distribusi normal dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

F (x) = Fungsi densitas (fungsi kerapatan kemungkinan) peluang normal

- π = 3,14156
- e = 2,71828
- x = Variable acak kontinu
- μ = Nilai x rata – rata
- σ = Standard deviasi nilai x

Data variabel hidrologi yang telah dihitung periode ulangnya, selanjutnya jika di plot pada kertas grafik peluang , umumnya akan membentuk persamaan garis lurus dengan persamaan umum sebagai berikut.

$$X = \bar{x} + K_T \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- X = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang tertentu
- \bar{x} = Nilai rata – rata hitung variat
- S = Standar deviasi variat
- k = Faktor frekuensi, merupakan fungsi peluang atau periode ulang tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisa peluang.

(Sumber: Nugroho Hadisusanto, 2010:36)

Adapun faktor frekuensi k untuk distribusi normal dapat ditetapkan melalui fungsi periode ulang dan peluang dalam Tabel nilai variabel reduksi Gauss berikut.

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang	Peluang	K
1.001	0.999	-3.05
1.11	0.901	-1.25
2	0.5	0
2.5	0.4	0.5
3.33	0.3	0.52
4	0.25	0.67
5	0.2	0.84
10	0.1	1.28
20	0.05	1.64
50	0.02	2.05
100	0.01	2.33
200	0.005	2.58
500	0.002	2.88
1000	0.001	3.09

Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010:40

2. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel umumnya digunakan pada perhitungan hujan harian maksimum untuk menentukan kejadian yang ekstrim. Distribusi Gumbel memiliki fungsi eksponensial ganda sebagai berikut.

$$F(x) = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$$y = \frac{x-u}{\alpha} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}s}{\pi} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$u = \bar{x} - 0,5772 \alpha \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan :

y = factor reduksi Gumbel

u = modus dari distribusi (titik dari densitas probabilitas maksimum)

s = standard deviasi

Selanjutnya, dengan penjabaran lebih lanjut, pada distribusi gumbel mempunyai nilai koefisien kemencengan (Cv) = 1,1396 dan koefisien kurtosis (Ck) = 5,4002

(Nugroho Hadisusanto, 2010:45)

Penyelesaian dari persamaan (2. 6) menghasilkan :

$$y = - \ln \left[\ln \left(\frac{T}{F(x)} \right) \right] \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$$F(x_T) = \frac{T-1}{T} \dots\dots\dots(2.11)$$

Jika persamaan (2. 16) disubstitusikan ke dalam persamaan (2. 15) , maka akan dihasilkan :

$$y = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \dots\dots\dots(2.12)$$

Dari Persamaan (2. 12) didapatkan :

$$X_T = u + \alpha. y_T \dots\dots\dots(2. 13)$$

Analisa distribusi Gumbel juga sering dilakukan melalui persamaan berikut ini.

$$X_T = \bar{x} + K. s \dots\dots\dots(2. 14)$$

Dengan K adalah faktor frekuensi yang dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$K = \frac{Y_T - y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2. 15)$$

Dimana Y_T adalah faktor reduksi variat , seperti diberikan oleh persamaan (2. 12), y_n adalah reduksi rata – rata variat yang nilainya tergantung pada jumlah data, dan S_n adalah standard deviasi variat yang nilainya tergantung pada jumlah data. Untuk nilai y_n dan S_n dapat diperoleh pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 3 Hubungan Reduksi Rata - rata (Y_n) dan Reduksi Standard Deviasi (S_n) Dengan Jumlah Data Kejadian (n)

No	n	Y_n	S_n	n	Y_n	S_n
1	8	0.4843	0.9043	39	0.5430	1.1388
2	9	0.4902	0.9288	40	0.5436	1.1413
3	10	0.4952	0.9497	41	0.5442	1.1436
4	11	0.4996	0.9676	42	0.5448	1.1458
5	12	0.5053	0.9833	43	0.5453	1.1480

No	n	Yn	Sn	n	Yn	Sn
6	13	0.5070	0.9972	44	0.5258	1.1490
7	14	0.5100	1.0098	45	0.5463	1.1518
8	15	0.5128	1.0206	46	0.5468	1.1538
9	16	0.5157	1.0316	47	0.5473	1.1557
10	17	0.5181	1.0411	48	0.5477	1.1574
11	18	0.5202	1.0493	49	0.5481	1.1590
12	19	0.5220	1.0566	50	0.5485	1.1607
13	20	0.5235	1.0629	51	0.5489	1.1623
14	21	0.5252	1.0696	52	0.5493	1.1638
15	22	0.5268	1.0754	53	0.5497	1.1653
16	23	0.5283	1.0811	54	0.5501	1.1667
17	24	0.5296	1.0864	55	0.5504	1.1681
18	25	0.5309	1.0914	56	0.5508	1.1696
19	26	0.5320	1.0961	57	0.5511	1.1708
20	27	0.5332	1.1004	58	0.5515	1.1721
21	28	0.5343	1.1047	59	0.5518	1.1734
22	29	0.5353	1.1086	60	0.5521	1.1747
23	30	0.5362	1.1124	61	0.5524	1.1759
24	31	0.5371	1.1159	62	0.5527	1.1770
25	32	0.5380	1.1193	63	0.5530	1.1782
26	33	0.5388	1.1226	64	0.5533	1.1793

No	n	Yn	Sn	n	Yn	Sn
27	34	0.5396	1.1255	65	0.5535	1.1803
28	35	0.5403	1.1285	66	0.5538	1.1814
29	36	0.5410	1.1313	67	0.5540	1.1824
30	37	0.5418	1.1339	68	0.5543	1.1834
31	38	0.5424	1.1363	69	0.5545	1.1844

Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010:46

3. Distribusi Log Pearson Tipe III

Distribusi Log Pearson tipe III sering digunakan pada perhitungan hujan harian maksimum untuk menghitung besarnya banjir rencana yang terjadi pada periode ulang tertentu (Nugroho Hadisusanto, 2010:43). Persamaan fungsi densitas peluangnya adalah sebagai berikut.

$$F(x) = \frac{1}{a \cdot \gamma \cdot b} \left(\frac{x-c}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{x-c}{a}\right)} \dots\dots\dots(2. 16)$$

Dimana :

F(x) = Fungsi densitas peluang variat x

x = Nilai variat

a,b,c = Parameter

γ = Fungsi gamma

Berikut merupakan prosedur untuk menentukan kurva distribusi log pearson.

1. Tentukan logaritma dari semua nilai variat x.
2. Hitung nilai rata – ratanya dengan rumus :

$$\overline{\log x} = \sum_{i=1}^n \frac{\log xi}{n} \dots\dots\dots(2. 17)$$

n = jumlah data

3. Hitung nilai dari standard deviasi log x dengan rumus :

$$S \text{ Log } x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\log x_i - \overline{\log x})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(2. 18)$$

4. Hitung nilai koefisien kemencengan (Cs) dengan rumus:

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log } x - \overline{\log x})^3 \times n}{(n - 1)(n - 2)(S \text{ Log } x)^3} \dots\dots\dots(2. 19)$$

5. Persamaan garis lurus pada distribusi log pearson III mempunyai bentuk sebagai berikut.

$$X_t = \bar{x} - k.S \dots\dots\dots(2. 20)$$

Dimana:

X_t = Nilai logaritmik dari x

\bar{x} = Nilai rata – rata dari x

S = Standard deviasi dari x

k = Variabel standard untuk X_t yang besarnya tergantung koefisien Cs.

Namun, persamaan (2. 25) dapat ditulis :

$$\text{Log } x_t = \overline{\log x} + k.S \text{ Log } x \dots\dots\dots(2. 21)$$

Tentukan antilog dari log x untuk mendapat nilai x yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai Cs nya (*Sumber: Soewarno, 1995: 142*)

Berikut merupakan Tabel untuk memperlihatkan harga K dengan berbagai nilai Cs.

Tabel 2. 4 Nilai K Untuk Distribusi Log-Pearson III

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Peluang (%)					
	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.36	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051
2.5	-0.36	0.518	1.25	2.262	3.048	3.845
2.2	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.2	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149
1.0	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957
0.8	-0.132	0.78	1.336	1.998	2.453	2.891
0.7	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824
0.6	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.311	2.686
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615
0.3	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544
0.2	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Peluang (%)					
	50	20	10	4	2	1
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.1	0.017	0.836	1.27	1.761	2	2.252
-0.2	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178
-0.3	0.05	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955
-0.6	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588

Sumber : Suripin,2004 :43

4.2.3 Parameter Dasar Statistika

a) Nilai Rata – Rata

Tinggi rata – rata hujan diperoleh dari rata – rata perhitungan dari pengukuran pada stasiun hujan yang berada dalam area tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung rata – rata adalah sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_n}{n} \dots\dots\dots(2.22)$$

Atau dapat ditulis sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan :

\bar{x} = Rata – rata hitung

n = Jumlah data

x_i = Nilai pengukuran dari suatu variat

Sumber: Soewarno, 1995:38

b) Standard Deviasi

Pada umumnya, ukuran dispersi yang seringkali digunakan adalah standard deviasi. Untuk sampel nilai standard deviasi umumnya diberi simbol (S). Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai S akan besar , akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai S akan kecil. Standard deviasi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

S = Standard deviasi

x_i = Nilai variat

\bar{x} = Nilai rata – rata hitung

n = jumlah data

Sumber: Soewarno, 1995:75

c) Koefisien Skewness (Kemencengan)

Koefisien skewness atau yang disebut juga dengan koefisien kemencengan, adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Umumnya, besar koefisien kemencengan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$C_s = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{S^3} \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan :

Cs = Koefisien skewness

S = Standard deviasi

Xi = Nilai variat

\bar{x} = Nilai rata-rata

n = Jumlah data

Sumber: Soewarno, 1995:81

d) Koefisien Kurtosis

Koefisien kurtosis digunakan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi , yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis dapat dihitung dengan persamaan berikut. (*Sumber: Soewarno, 1995:89*)

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^4} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan :

Ck = Koefisien kurtosis

S = Standard deviasi

Xi = Nilai variat

\bar{x} = Nilai rata-rata

n = Jumlah data

Dari ke 3 metode statistic yang telah dibahas pada subbab sebelumnya (Gumbel, Normal, dan Log Pearson III) nantinya akan

diambil salah satu metode yang akan dipakai untuk perhitungan selanjutnya dengan ketentuan sebagai berikut.

Tabel 2. 5 Syarat - Syarat Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Sebaran (Metode)	Syarat Teoritis	
Normal	$C_s = 0$	
	$C_k = 3$	
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$	
	$C_k \leq 5,4002$	
Log Person III	$C_s \pm 0$	<i>Sumber :</i>
	$C_s \pm 0$	

Soewarno, 1995 : 142

4.2.4 Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi Curah Hujan Rencana

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan / mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan dalam bagian ini adalah :

1) Uji Chi Kuadrat

Uji chi kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa atau dengan kata lain apakah distribusi yang telah dipilih benar atau dapat digunakan untuk menghitung sampel data. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut *uji chi-kuadrat*. Untuk parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus :

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2. 27)$$

Dimana :

X_h^2 = Parameter chi – kuadrat terhitung

G = Jumlah sub – kelompok

O_i = Jumlah pengamatan pada sub kelompok ke – i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Prosedur uji Chi – Kuadrat adalah :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
2. Kelompokkan data menjadi G sub – grup, tiap – tiap sub – grup minimal 4 data pengamatan. Jumlah sub – kelompok (G) dirumuskan dengan :

$$G = 1 + 3,322 \text{ Log } n \dots \dots \dots (2. 28)$$

Dengan n = jumlah data

3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap – tiap sub – grup.
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
5. Pada setiap sub – grup hitung nilai :
 $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G sub – grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi – kuadrat.
7. Hitung derajat kebebasan dengan menggunakan rumus $DK = G - (P+1)$, dimana $P = 2$ untuk distribusi normal dan binomial, dan $P = 1$ untuk distribusi *poisson*.
8. Cari nilai chi kuadrat dari harga DK dan $h = 5\%$ dari Tabel nilai x^2 kritis untuk uji chi kuadrat.
9. Apabila hasil dari $X_h^2 > X_{Cr}^2$ berarti jumlah data dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya sesuai dengan interpretasi data.

Sumber: Soewarno, 1995: 194

Tabel 2. 6 Nilai X^2 Kritis Untuk Uji Chi Kuadrat

DK	Taraf Signifikansi				
	0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	7.289	9.236	11.070	15.086	20.517
6	8.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	11.03	13.362	15.507	20.090	26.125
9	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	19.311	22.307	24.996	30.578	37.697
16	20.465	23.542	26.296	32.000	39.252
17	21.615	24.769	27.587	33.409	40.79
18	22.760	25.989	28.869	34.085	42.312
19	23.900	27.204	30.144	36.191	43.82
20	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315

Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010:50

2) Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji kesesuaian Smirnov – Kolmogorov merupakan uji kesesuaian non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi sebaran tertentu. Sehingga pengujian kesesuaian dapat dilakukan lebih sederhana dengan membandingkan kemungkinan untuk setiap peluang dan peluang teoritisnya untuk mendapatkan nilai perbedaan D maximum (D max). Prosedur uji Smirnov – Kolmogorov adalah sebagai berikut.

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing – masing data tersebut.
2. Tentukan nilai masing – masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum } [P(X_m) - P'(X_m)] \dots\dots\dots(2. 29)$$

4. Berdasarkan Tabel nilai kritis Smirnov – Kolmogorov, tentukan harga D_0 . Apabila D lebih kecil dari D_0 maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, namun apabila D lebih besar D_0 maka distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Sumber: *Soewarno, 1995: 198 – 199.*

Tabel 2. 7 Nilai Kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolmogorov

N	α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49

N	α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
15	0.27	0.3	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$1.07 / \sqrt{N}$	$1.22 / \sqrt{N}$	$1.36 / \sqrt{N}$	$1.63 / \sqrt{N}$

Sumber : *Bonnier, 1980*

2.1.5 Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan merupakan tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Untuk menghitung intensitas curah hujan berdasarkan hujan harian dari suatu stasiun, curah hujan dapat dengan menggunakan rumus Mononobe seperti berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (2. 30)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/ jam)

R 24 = Curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

Tc = Waktu konsentrasi (jam)

Sedangkan untuk menghitung intensitas curah hujan dari data alat penakar hujan otomatis, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

- Rumus Talbot

$$I = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots (2. 31)$$

- Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots (2. 32)$$

- Rumus Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots (2. 33)$$

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/ jam)

t = Lamanya waktu hujan (jam)

a, b, n = Koefisien yang dihitung dari pengolahan data hujan

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air yang melimpas di atas permukaan tanah dari titik terjauh pada suatu daerah pengaliran sampai ke titik control yang ditentukan di bagian hilir. Waktu konsentrasi (Tc) dihitung dengan rumus :

$$Tc = to + tf \dots\dots\dots(2. 34)$$

Dimana:

to = *Overland flow time (inlet time)*, yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir diatas permukaan tanah, dari titik terjauh pada suatu daerah pengaliran (*catchment area*) sampai ke sistem saluran yang ditinjau (jam).

tf = *Channel flow time*, yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai ke titik control di bagian hilir yang ditinjau (jam).

Waktu konsentrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut, seperti :

- a. Luas DAS
- b. Panjang saluran
- c. Kemiringan dasar saluran
- d. Debit dan kecepatan aliran

Untuk mencari nilai t_0 digunakanlah rumus :

- Rumus Kirpich

$$t_0 = 0,0195 \left(\frac{L_0}{\sqrt{S_0}} \right)^{0,77} \text{ menit} \dots \dots \dots (2. 35)$$

- Rumus Kerby

$$t_0 = 1,44 \left(n \frac{L_0}{\sqrt{S_0}} \right)^{0,467} \text{ menit} \dots \dots \dots (2. 36)$$

Dimana :

L_0 = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau (m).

S_0 = Kemiringan rata – rata permukaan tanah ke saluran yang ditinjau.

n = Koefisien kekasaran permukaan tanah menurut Kerby.

Sedangkan untuk menghitung t_f digunakanlah rumus :

$$t_f = \frac{L}{60 \times v} \text{ menit} \dots \dots \dots (2. 37)$$

Dimana :

L = panjang saluran (meter)

v = kecepatan aliran didalam saluran (m/s)

Sumber: Wesli, 2008: 25

4.2.5 Luas Catchment Area (A)

Catchment area (daerah tangkapan air) merupakan 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 alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis yang dapat berupa punggung-punggung bukit atau gunung dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Luas catchment area (A) memiliki satuan yang pada umumnya digunakan adalah hektar (Ha). Namun, untuk analisa hidrologi, luas catchment area menggunakan satuan km². Luas catchment area dapat diperoleh dari hasil pengukuran lapangan, dan juga melalui program bantu *google earth* ataupun *google maps*.

4.2.6 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (*run off coefficient*) merupakan suatu perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface run off*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer. Faktor utama yang mempengaruhi koefisien pengaliran adalah laju infiltrasi tanah atau prosentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Permukaan kedap air, seperti perkerasan aspal dan atap bangunan akan menghasilkan aliran hampir 100% setelah permukaan menjadi basah, seberapa pun kemiringannya. Koefisien pengaliran juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah. Besarnya nilai koefisien pengaliran untuk berbagai jenis tanah dan penggunaan lahan disajikan dalam Tabel 2. 8

Tabel 2. 8 menggambarkan nilai C untuk penggunaan lahan seragam, yang mana kondisi ini sangat jarang ditemukan untuk lahan yang luas. Apabila DAS terdiri dari bermacam – macam tata guna lahan, maka nilai C dapat dicari dengan rumus berikut.

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots(2. 38)$$

Dimana :

- C DAS = Koefisien Pengaliran Rata-rata
 Ai = Luas Masing-masing Tata Guna Lahan (km²)
 Ci = Koefisien Pengaliran Masing-masing Tata Guna Lahan
 n = Jumlah Jenis Penutup Lahan

Besarnya koefisien pengaliran masing - masing tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 2. 8 dan 2.9

Tabel 2. 8 Koefisien Pengaliran Menurut Tipe Daerah Pengaliran

Tipe Daerah Pengaliran	Kondisi	Koefisien Pengaliran (C)
Rerumputan	Tanah pasir, datar 2 %	0.05 - 0.10
	Tanah pasir, rata - rata 2 - 7 %	0.10 - 0.15
	Tanah pasir, curam 7 %	0.15 - 0.20
	Tanah gemuk, datar 2 %	0.13 - 0.17

Tabel 2. 9 Koefisien Pengaliran Menurut Tipe Daerah Pengaliran

Tipe Daerah Pengaliran	Kondisi	Koefisien Pengaliran (C)
Rerumputan	Tanah gemuk, rata - rata 2 - 7 %	0.18 - 0.22
	Tanah gemuk, curam 7 %	0.25 - 0.35
Perkantoran	Daerah kota lama	0.75 - 0.95
	Daerah pinggiran	0.50 - 0.70

Tabel 2. 10 Lanjutan Koefisien Pengaliran Menurut Tipe Daerah Pengaliran

Tipe Daerah Pengaliran	Kondisi	Koefisien Pengaliran (C)
Perumahan	Kepadatan rumah / Ha = 20	0.50 - 0.60
	Kepadatan rumah / Ha = 20 - 60	0.60 - 0.80
	Kepadatan rumah / Ha = 60 - 160	0.70 - 0.90
Perindustrian	Daerah ringan	0.50 - 0.80
	Daerah berat	0.60 - 0.90
Tempat bermain		0.20 - 0.35
Halaman kereta api		0.20 - 0.40
Daerah tidak dikerjakan		0.10 - 0.30
Jalan	Beraspal	0.70 - 0.95
	Beton	0.80 - 0.95
	Batu	0.70 - 0.85

Sumber : Wesli,2008 :33

4.2.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana (Q)

Dalam suatu perencanaan bangunan air, contohnya : sistem drainase, waduk, bendung, dan sebagainya dibutuhkanlah suatu debit terbesar yang mungkin terjadi dalam suatu periode ulang tertentu dari aliran sungai maupun saluran. Debit yang terbesar ini dinamakan debit rencana. Dalam perhitungan debit rencana untuk saluran drainase perkotaan, perhitungan dilakukan berdasarkan hujan harian maksimum yang terjadi pada periode ulang tertentu.

Periode ulang merupakan periode tertentu kemungkinan akan terjadi banjir rencana secara berulang. Metode yang dapat digunakan untuk menghitung debit rencana adalah sebagai berikut.

1. Metode Rasional

Metode rasional ini umumnya banyak digunakan untuk menghitung debit banjir pada daerah aliran sungai (DAS) yang tidak terlalu luas dengan batasan hingga luas 50 km², atau tergantung pada ketersediaan penyebaran stasiun hujan yang terpasang pada DAS. Disamping itu untuk perencanaan drainase pada DAS yang tidak terlalu luas atau relative sempit, untuk menghitung debit banjirnya juga sering dipakai metode rasional. Karena pada DAS yang tidak terlalu luas, diasumsikan hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan tersebar merata di seluruh DAS. Adapun rumusnya adalah sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2. 39)$$

Dimana :

- Q = Debit rencana (m³ / detik)
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas hujan (mm / jam)
- A = Luas DAS (km²)

Nugroho Hadisusanto, 2010 : 152 – 153

2. Metode Melchior

Metode Melchior ditemukan oleh Ir. A.P Melchior yang pada tahun 1895 – 1896 banyak membuat rumusan – rumusan tentang memperkirakan debit puncak banjir di daerah Jakarta. Metode Melchior ini digunakan untuk memperkirakan debit banjir rancangan untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) yang luasnya lebih dari 100 km². Adapun rumusnya adalah sebagai berikut.

$$Q = C \times \beta_1 \times R_1 \times A \dots\dots\dots(2. 40)$$

Dimana :

- Q = Debit rencana (m^3 / detik)
 C = Koefisien pengaliran
 β_1 = Angka reduksi
 R_1 = Hujan terpusat maksimum ($m^3 / \text{detik} / km^2$)
 A = Luas DAS (km^2)

Angka Reduksi (β_1)

Melchior telah menentukan hubungan antara rata – rata sehari (24 jam) dan hujan terpusat maksimum sehari dan mendapatkan angka reduksi:

$$F = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + 1720\beta_1 \dots\dots\dots (2. 41)$$

Dimana :

F = luas elips yang mengelilingi DAS dengan sumbu panjang tidak lebih dari 1,50 kali sumbu pendek (km^2).

Untuk hujan – hujan selama kurang dari 24 jam, prosentase besarnya hujan terhadap hujan harian maksimum sehari mempunyai hubungan pada Tabel 2. 9 berikut.

Tabel 2. 11 Hubungan Luas Ellips (F) dan Persentase Angka Reduksi (β_1)

F km ²	Hujan selama beberapa jam													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	16	20	24
0	44	64	80	89	92	92	93	93	94	94	95	96	98	100
10	37	57	70	80	82	84	86	87	88	90	91	95	97	100
50	29	45	57	66	70	74	77	79	81	83	88	94	96	100
300	20	33	43	52	57	61	65	69	73	77	85	93	95	100
\approx	12	23	32	42	50	54	60	66	70	74	83	92	94	100

Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010:160

Waktu Konsentrasi

Melchior telah menetapkan waktu konsentrasi sebagai berikut:

$$t = \frac{10L}{36v} \text{ jam} \dots\dots\dots (2. 42)$$

Dimana :

L = Panjang Sungai (km)

V = Kecepatan Aliran (m/det)

$$v = 1,31 (Q.S^2)^{0,20} \dots\dots\dots (2. 43)$$

Dimana:

S = Kemiringan rata – rata dasar sungai dari titik terjauh sampai titik pengamatan

$$S = \frac{\Delta H}{0,90L} \dots\dots\dots(2. 44)$$

ΔH = Beda tinggi sungai dari titik terjauh sampai titik pengamatan (m).

L = Panjang sungai (m).

Untuk menghitung besarnya debit puncak banjir atau debit banjir maksimum (Q_{max}) dengan metode Melchior yang paling penting diketahui adalah lama waktu konsentrasi (t) dan untuk mendapatkan nilai waktu konsentrasi harus diketahui nilai kecepatan alirannya (v) terlebih dahulu. Untuk menghitung kecepatan aliran juga harus diketahui besarnya hujan harian R dalam $m^3 / \text{detik} / km^2$. Untuk memperkirakan ancar – ancar nilai R dapat digunakan Tabel 2. 10 berikut.

Tabel 2. 12 Hubungan Luas Ellips (F) dan Hujan Harian (R)

Luas Ellips	R	Luas Ellips	R	Luas Ellips	R
km²	m³/ dtk/ km²	km²	m³/ dtk/ km²	km²	m³/ dtk/ km²
0.14	29.6	144	4.75	720	2.3
0.72	22.45	216	4	1080	1.85
1.4	19.9	288	3.6	1440	1.55
7.2	14.15	360	3.3	2160	1.2
14	11.85	432	3.05	2880	1
29	9	504	2.85	4320	0.7
72	6.25	576	2.65	5760	0.54
100	5.25	648	2.45	7200	0.48

Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010: 161

Dengan diketahui nilai R dari Tabel 2.10 ini dapat dihitung nilai β , Q, v, t, dan R dengan menggunakan rumus – rumus yang tidak sama dengan R yang diperkirakan semula maka perlu dihitung ulang hingga mendapatkan hasil yang sama atau setidaknya mendekati sama dengan R yang kita perkirakan semula.

Untuk daerah luar Jakarta, dengan curah hujan maksimum sehari r mm, yang perhitungannya dilakukan dengan menggunakan rumus – rumus untuk daerah Jakarta, maka hasilnya perlu dikalikan dengan suatu angka koefisien yang menyatakan perbandingan dari hujan maksimum setempat terhadap hujan maksimum untuk daerah Jakarta (R = 200 mm), sehingga R harus dikalikan dengan $\frac{r}{200}$, jadi besarnya Q maksimum adalah :

$$Q_{\max} = A \times R \times \frac{r}{200} \dots\dots\dots(2. 45)$$

Hasil perhitungan debit maksimum metode Melchior untuk sungai – sungai di Pulau Jawa cukup memuaskan untuk dipakai, tetapi apabila dipakai untuk DAS yng sangat luas, hasilnya terlalu kecil. Disarankan bahwa harga R yang dihasilkan dari perhitungan perlu ditambah yang besar prosentasenya ditetapkan berdasarkan waktu konsentrasi (t) seperti pada Tabel 2. 11.

Sumber: Nugroho Hadisusanto, 2010:159 – 162

Tabel 2. 13 Hubungan Waktu Konsentrasi dan Persentase Penambahan R

t (menit)	(%)	t (menit)	(%)
0 - 40	2	630 - 720	10
40 - 115	3	720 - 810	11
115 - 190	4	810 - 895	12
190 - 270	5	895 - 890	13
270 - 360	6	980 - 1070	14
360 - 450	7	1070 - 1155	15
450 - 540	8	1155 - 1240	16
540 - 630	9	1240 - 1330	17

Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010: 162

3. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Nakayasu telah melakukan penelitian hidrograf banjir pada beberapa sungai di Jepang. Dalam penggunaan metode hidrograf

satuan sintetik Nakayasu, diperlukan beberapa parameter yang berhubungan dengan karakteristik DAS, antara lain :

- 1) Luas DAS
- 2) Panjang sungai utama
- 3) Koefisien aliran

Dalam penelitiannya Nakayasu telah membuat rumus hidrograf satuan sintetik Nakayasu sebagai berikut.

$$Q_p = \frac{C A R_o}{3,60(0,30T_p + T_{0,30})} \dots\dots\dots(2. 46)$$

Dimana :

- Qp = Debit Puncak Banjir (m³/det)
- Ro = Hujan Stasiun (mm)
- Tp = Tenggang Waktu dari Permulaan Hujan sampai Puncak banjir (jam)
- T = Waktu yang Diperlukan Penurunan Debit dari debit puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

Nilai tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir Tp, dihitung dengan rumus :

$$T_p = t_g + 0,80 t_r \dots\dots\dots(2. 47)$$

Dimana :

- Tp = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- tg = Waktu konsentrasi (jam)

Untuk L < 15 km nilai tg = 0,21 L^{0,70}(2. 48)

Untuk L > 15 km nilai tg = 0,40 + 0,058 L(2. 49)

- tr = Waktu hujan efektif (jam)
- tr = 0,50 tg sampai tg (jam)(2. 50)

Waktu yang diperlukan penurunan debit T_{0,30} dihitung dengan persamaan berikut.

$$T_{0,30} = \alpha \times t_g \dots\dots\dots(2. 51)$$

Nilai α merupakan faktor koefisien yang ditetapkan berdasarkan bentuk hidrograf banjir yang terjadi pada daerah aliran sungai.

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
 $\alpha = 3$

Bagian lengkung naik (*rising limb*) hidrograf satuan mempunyai persamaan :

$$0 \leq t \leq T_p$$

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,40} \dots\dots\dots(2. 52)$$

Dimana :

Q_t = Debit limpasan sebelum sampai puncak banjir (jam)

t = waktu (jam)

Bagian lengkung turun (*decreasing limb*) hidrograf satuan mempunyai persamaan :

$$T_p \leq t \leq T_p + T_{0,30}$$

$$Q_t = Q_p \times 0,30 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,30}} \right) \dots\dots\dots(2. 53)$$

$$T_p + T_{0,30} \leq t \leq T_p + T_{0,30} + 1,5 T_{0,30}$$

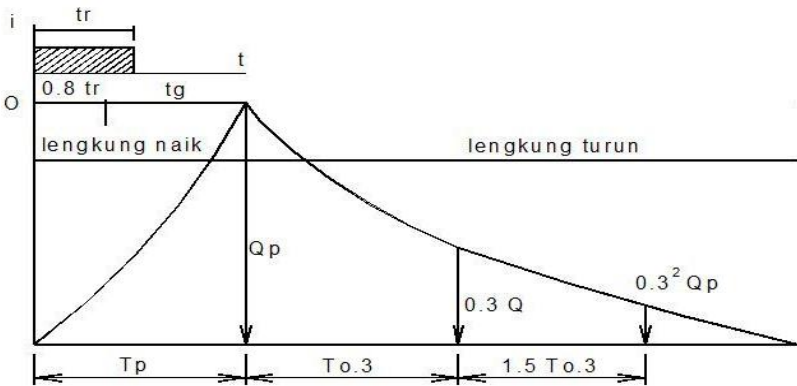
$$Q_t = Q_p \times 0,30 \left(\frac{t-T_p+0,50 T_{0,30}}{1,5 T_{0,30}} \right) \dots\dots\dots(2. 54)$$

$$t \geq T_p + T_{0,30} + 1,5 T_{0,30}$$

$$Q_t = Q_p \times 0,30^{\left(\frac{t-T_p+1,50 T_{0,30}}{2 T_{0,30}}\right)} \dots\dots\dots(2. 55)$$

Berdasarkan persamaan tersebut diatas maka segmen hidrograf satuan sintetik Nakayasu dapat dilihat seperti pada gambar 2.1.

Sumber: Nugroho Hadisusanto, 2010:199 – 201



Gambar 2. 1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu
 Sumber : Nugroho Hadisusanto, 2010: 201

2.3 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika digunakan untuk perencanaan dimensi saluran drainase yang dapat menampung limpasan baik dari segi hidrolis maupun dari elevasi di lapangan. Sehingga dapat direncanakan bentuk dan dimensi saluran yang dapat digunakan untuk menampung debit rencana. Batasan yang ada dalam perencanaan saluran drainase yaitu:

- Kecepatan aliran dan debit selalu tetap pada setiap penampang dalam aliran luas penampang melintang aliran.

- Garis energi dan dasar saluran selalu sejajar.
- Bentuk penampang saluran dapat dibuat berupa saluran terbuka maupun saluran tertutup.

4.2.1 Perencanaan Saluran Drainase

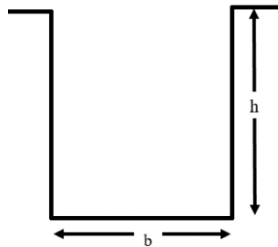
Untuk merencanakan saluran drainase, beberapa rumus yang dipakai adalah sebagai berikut.

1. Penampang Saluran Berbentuk Segiempat

a) Luas Penampang
 $A = b \times h \dots\dots\dots(2. 56)$

b) Keliling Basah Penampang
 $P = b + (2 \times h) \dots\dots\dots (2. 57)$

c) Jari – jari Hidrolis Penampang
 $R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2. 58)$



Gambar 2. 2 Penampang Segiempat

2. Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

a) Luas Penampang
 $A = (b + (m \times h)) h \dots\dots\dots (2. 59)$

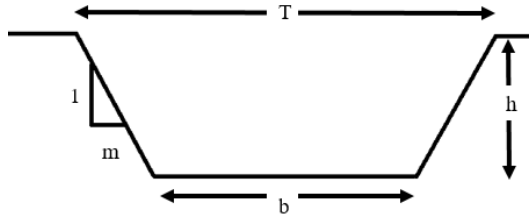
b) Keliling Basah Penampang
 $P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1} \dots\dots\dots (2. 60)$

c) Jari – jari Hidrolis Penampang

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2. 61)$$

d) Lebar Atas Penampang

$$T = b + (2 \times m \times h) \dots\dots\dots (2. 62)$$



Gambar 2. 3 Penampang Trapesium

3. Kecepatan Aliran (v)

Untuk menghitung kecepatan aliran untuk perencanaan kapasitas saluran, digunakanlah rumus – rumus kecepatan aliran sebagai berikut .

1) Chezy

Seorang insinyur Perancis bernama Antoine Chezy pada tahun 1770 merumuskan kecepatan untuk aliran seragam yang sangat terkenal dan sampai saat ini masih banyak digunakan. Asumsi yang digunakan dalam penurunan rumus Chezy adalah sebagai berikut.

- Aliran adalah permanen
- Kemiringan dasar saluran adalah kecil
- Saluran adalah prismatic

Rumus kecepatan aliran menurut Chezy adalah:

$$v = C \sqrt{RI} \dots\dots\dots(2. 63)$$

Dimana :

v = Kecepatan rata – rata (m/detik)

I = Kemiringan dasar saluran

C = Faktor tahanan aliran yang disebut koefisien Chezy

Berikut ini beberapa rumus yang telah dikembangkan untuk menentukan koefisien Chezy.

a) Bazin

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots(2. 64)$$

Dimana :

C = Koefisien Chezy

γ = Berat jenis fluida (kg/m^3)

R = Jari – jari hidraulis (m)

b) Ganguillet dan Kuetter

$$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{I} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left(23 + \frac{0,00155}{I} \right)} \dots\dots\dots(2. 65)$$

Dimana :

C = Koefisien Chezy

I = Kemiringan dasar saluran

R = Jari – jari hidraulis (m)

n = Koefisien Manning

Suripin, 2004:142 – 143

2) Manning

Rumus Manning yang banyak digunakan pada pengaliran di saluran terbuka, juga berlaku untuk pengaliran di pipa. Rumus tersebut mempunyai bentuk:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots(2. 66)$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Jari – jari hidrolis

I = Kemiringan dasar saluran

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) dapat dilihat pada Tabel 2.13 berikut.

Tabel 2.14 Harga Koefisen Manning (n)

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Min	Normal	Max
Beton				
1	* Gorong - gorong lurus dan bebas dari kotoran	0.010	0.011	0.013
	* Gorong - gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran / gangguan	0.011	0.013	0.014
	* Beton dipoles	0.011	0.012	0.014
	* Saluran pembuang dengan bak kontrol	0.013	0.015	0.017
	Tanah, lurus dan seragam			
2	* Bersih baru	0.016	0.018	0.020
	* Bersih telah melapuk	0.018	0.022	0.025
	* Berkerikil	0.022	0.025	0.030
	* Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0.022	0.027	0.033

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Min	Normal	Max
	Saluran alam			
	* Bersih lurus	0.025	0.030	0.033
	* Bersih, berkelok - kelok	0.033	0.040	0.045
3	* Banyak tanaman pengganggu	0.050	0.070	0.080
	* Dataran banjir berumput pendek - tinggi	0.025	0.030	0.035
	* Saluran di belukar	0.035	0.050	0.070

Sumber : Suripin, 2004: 145

3. Debit Aliran (Q)

Untuk menghitung besarnya debit pada saluran, maka digunakanlah persamaan kontinuitas dengan rumusan sebagai berikut

$$Q = A \times v \dots\dots\dots (2.67)$$

Dimana :

A = Luas penampang saluran (m²)

v = Kecepatan aliran (m / detik)

Q = Debit saluran (m³ / detik)

4. Trial and Error Untuk Normalisasi

Trial and Error dilakukan untuk mencari dimensi yang tepat untuk perencanaan saluran. *Trial and Error* dilakukan dengan cara membandingkan, apakah Q dari analisa hidrolika bernilai sama atau lebih besar dari Q analisa hidrologi. Jika ya, maka dimensi saluran sudah mampu untuk menampung debit limpasan. Namun

jika tidak, maka perlu merubah dimensi saluran yang ada agar debit Q hidrolika mampu untuk menampung Q hidrologi.

Contoh dengan saluran penampang berbentuk persegi panjang:

Q hidrologi = Q hidrolika

$$\begin{aligned} Q &= A \times v \\ &= A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= A \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} \times \frac{1}{n} \times I^{1/2} \end{aligned}$$

Telah diketahui bahwa $A = b \times h$ dan $P = b + 2h$. Maka :

$$Q = \frac{(b \times h)^{5/3}}{(b+2h)^{2/3}} \times \frac{1}{n} \times I^{1/2}$$

Lakukan *trial and error* pada nilai b atau h sehingga mendapatkan nilai Q hidrolika \geq Q hidrologi.

2.4 Pompa

Banjir atau genangan yang terjadi di daerah perkotaan, khususnya daerah yang terletak di dataran rendah dekat pantai, dapat berasal dari tiga sumber, yaitu air kiriman dari hulu yang meluap dari saluran primer, hujan setempat, dan genangan akibat air pasang. Pada saat saluran primer diperbaiki, maka genangan akibat meluapnya saluran induk dapat ditanggulangi. Sistem drainase yang tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong, maka perlu dilengkapi dengan pompa. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampung banjir maupun langsung dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi karena air di muaranya lebih tinggi baik akibat pasang surut maupun banjir.

Daerah yang tidak dapat dilayani oleh drainase sistem gravitasi dinamakan daerah drainasi interior. Tempat pengoperasian dan pemeliharaan pompa disebut rumah pompa.

Dalam perhitungannya, pompa menggunakan hukum ketetapan energy, yaitu :

$$Z1 + \frac{P1}{\gamma} + \frac{v1^2}{2g} + hp = Z1 + \frac{P2}{\gamma} + \frac{v2^2}{2g} + \Delta h \dots\dots\dots(2. 68)$$

Dimana :

Z1 = Jarak titik tinjau (datum) (m)

P = Tekanan udara di permukaan air (atm)

hp = Tambahan tenaga per satuan berat air yang diberikan oleh pompa

Δh = Kehilangan energi (m)

Melalui persamaan diatas, dapat ditentukan besarnya daya yang diperlukan pompa untuk memompa air, dengan rumus :

$$D = Q \times hp \times \gamma \dots\dots\dots(2. 69)$$

Dimana :

D = Daya pompa (hp)

Q = Debit yang dialirkan (m^3 / dtk)

γ = Berat jenis zat cair

hp = Tambahan energi per satuan zat cair yang diberikan pompa

Saat menentukan daya motor pompa, harus diperhitungkan bahwa daya motor pompa yang tersedia tidak digunakan seluruhnya, karena adanya efisiensi (tenaga yang hilang) yang dirumuskan dengan :

$$\eta = \frac{Do}{Di} \dots\dots\dots(2. 70)$$

Dimana :

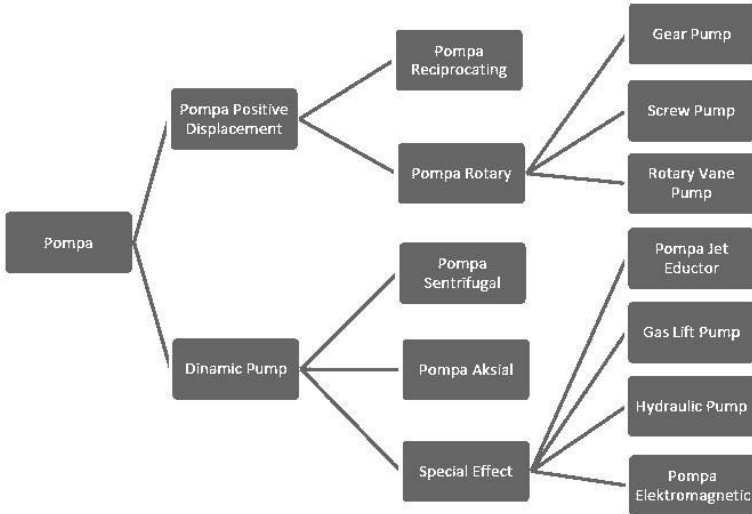
η = Efisiensi motor, berkisar antara 0,8-0,9

Do = Daya yang dapat dimanfaatkan (output) (Hg)

D_i = Daya yang tersedia (input) (Hg)

Sumber: Handi Firmansyah Rahmanata, 2017 : 31 – 32

Klasifikasi pompa dijelaskan dengan bagan berikut.



Gambar 2. 1 Klasifikasi Pompa Menurut Kinoshita, 1988

Sumber : Suripin , 2004 : 209

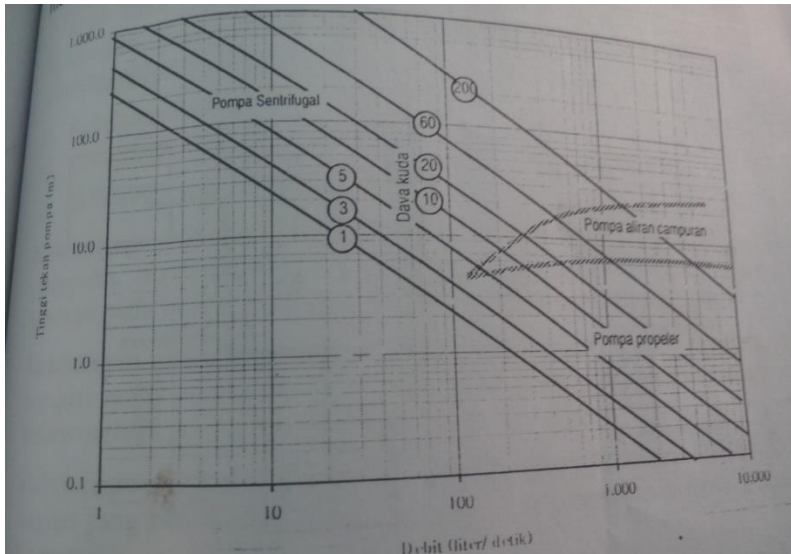
2.4.1 Pompa Turbo (Dynamic Pump)

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai salah satu jenis pompa, yaitu pompa turbo. Berdasarkan arah aliran fluida dalam melalui roda putar, pompa turbo dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu :

- 1) Pompa sentrifugal
- 2) Pompa aliran campuran (mixed flow pumps) atau pompa ulir (screw pumps)
- 3) Pompa aksial (axial pumps) atau pompa propeler (propeller pumps)

Secara umum dapat dikatakan bahwa pompa rotodinamis merupakan kebalikan dari turbin. Pompa sentrifugal merupakan

kebalikan dari turbin reaksi, pompa aksial kebalikan dari turbin Kaplan, dan pompa campuran merupakan kebalikan dari turbin Francis. Diagram pada gambar dibawah ini dapat digunakan untuk menentukan tipe pompa dengan efisiensi terbaik.



Gambar 2. 4 Diagram Untuk Memilih Pompa Yang Efisien
Sumber : Suripin , 2004 : 211

Dengan diketahuinya debit dan tinggi rencana, maka jenis pompa yang paling cocok dapat ditentukan berdasarkan gambar, yaitu dengan cara menarik garis vertical dari sumbu X (debit) dan garis horizontal dari sumbu Y (tinggi tekan). Titik pertemuan dari kedua garis tersebut menunjukkan jenis pompa yang paling sesuai. Misalnya, pada debit rencana 1000 liter / detik dengan tinggi tekan 10 meter, maka pompa yang sesuai adalah pompa aliran campuran.
Sumber: Suripin, 2004: 211 – 212

2.5 Pintu Air

Pintu air merupakan salah satu komponen dalam suatu sistem drainase yang berfungsi mengatur aliran air untuk pembuangan, penyadapan, dan lalu lintas air. Pintu air ditinjau dari segi konstruksinya dapat dibedakan menjadi pintu air saluran terbuka dan pintu air saluran tertutup (terowongan).

Pintu air yang berfungsi sebagai saluran pembuang di saluran drainase biasanya dibiarkan dalam kondisi terbuka. Ketika elevasi sungai utama lebih tinggi daripada saluran pembuang, maka pintu ditutup. Jika sebagai pengatur lalu lintas air, pintu air akan dibuka dan ditutup secara periodik. Pintu air juga dapat digunakan untuk tanggul banjir yang dipotong.

Sumber: Handi Firmansyah Rahmanata, 2017 : 29 – 30

2.5.1 Menentukan Dimensi Pintu Air

Dimensi pintu air ditetapkan berdasarkan debit yang akan dilewatkan pada pintu tersebut. Untuk pintu drainase ditentukan berdasarkan elevasi muka air banjir di sungai, elevasi banjir dan debit drainase yang dibuang melalui pintu air tersebut. Kecepatan aliran air yang diinginkan melalui pintu tersebut sebesar 1-2 m/detik, tetapi untuk pintu air yang berdimensi cukup besar dapat mencapai kecepatan 3,5 m/detik. Besarnya debit yang mengalir melalui pintu air dihitung dengan rumus :

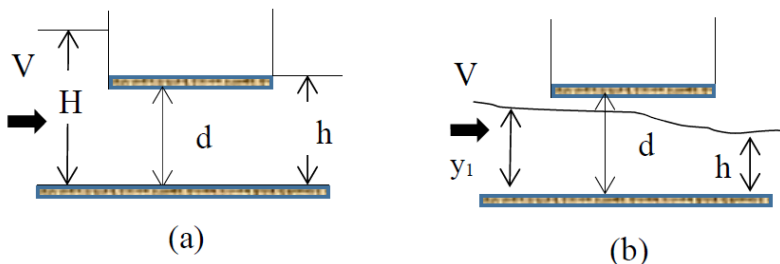
a) Bentuk Aliran Tenggelam

$$Q = \mu \times b \times a \times \sqrt{2g(H)} \dots\dots\dots(2. 71)$$

b) Bentuk Aliran Tak Tenggelam

$$Q = \mu \times b \times a \times \sqrt{2g(y1)} \dots\dots\dots(2. 72)$$

Sumber: Handi Firmansyah Rahmanata, 2017 : 30 – 31



Gambar 2. 5 Kombinasi Aliran Air Didalam Terowongan
 Sumber : Handi Firmansyah Rahmanata, 2017 : 31

2.6 Long Storage

Long Storage merupakan suatu cakupan wilayah atau luasan yang berfungsi sebagai penampung air hujan dan penampung air dari berbagai badan air sebelum dialirkan ke muara. Long Storage istilahnya hampir sama dengan danau buatan atau waduk, Long Storage tersebut akan berfungsi untuk penampungan air sehingga masalah genangan air yang terjadi karena tidak adanya tempat tampungan air, bisa teratasi.

Dalam perencanaanya, Long Storage dapat berupa kolam retensi ataupun kolam detensi. Kolam retensi adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Sedangkan kolam detensi adalah kolam yang menampung sementara limpasan air hujan dan mengendalikan pelepasan air ke hilir sehingga puncak debit outflow < inflow.

Untuk menghitung volume limpasan air hujan yang jatuh di dalam suatu lahan dihitung dengan menggunakan rumus:

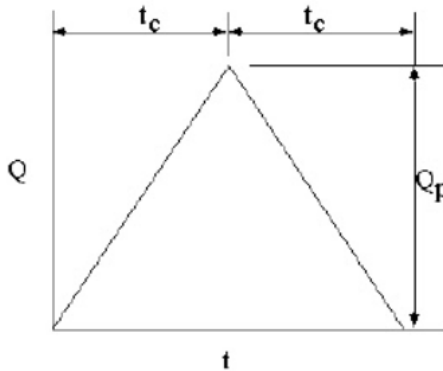
$$V = C \times R \times A \dots\dots\dots(2.73)$$

Keterangan :

- V = Volume Limpasan (m³)
- C = Koefisien Pengaliran
- R = Tinggi hujan untuk periode ulang tertentu (mm)
- A = Luasan Lahan (m²)

Volume yang di dapat dilarikan ke kolam tampung sedangkan untuk analisis kolam tampung perhiungannya menggunakan cara hidrograf rasional.

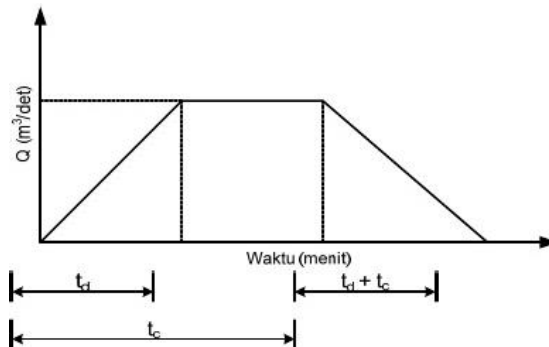
a. Untuk $T_c = T_d$



Gambar. Hidrograf Rasional Kolam Tampung $T_c = T_d$

Untuk volume limpasan nilainya sama dengan luasan segitiga.

b. Untuk $T_d > T_c$



Gambar 2. 6 Hidrograf Rasional Kolam Tampung $T_d > T_c$

Keterangan:

Q = Debit (m^3/dt)

Tc = Waktu Konsentrasi

Td = Asumsi lama hujan (lama air ditampung dalam kolam)

Qp = Laju Aliran (debit puncak) (m^3/dt)

2.7 Model HEC-RAS

Berikut penggunaan Model HEC-RAS Pengendalian Banjir Sungai: Seperti telah dijelaskan sebelumnya, tujuan analisis hidraulika dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur dan profil muka air sungai terhadap banjir dengan suatu kala ulang tertentu, sehingga dapat diketahui tinggi muka air maksimum yang terjadi di sepanjang sungai yang ditinjau. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi:

- a) hitungan profil muka air aliran permanen,
- b) simulasi aliran tak permanen,
- c) hitungan transpor sedimen, dan
- d) hitungan kualitas air.

2.8 Penelusuran Banjir (Flood Routing)

Penelusuran banjir adalah metode pendekatan untuk menentukan variasi debit terhadap waktu pada suatu titik pengamatan. Metode tersebut merupakan prakiraan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain. Hidrograf banjir dapat ditelusuri lewat palung sungai atau lewat waduk. Perhitungan dimensi dengan waktu outflow, dengan mengasumsikan beberapa kondisi, diantaranya :

- Kondisi saluran primer dan sekunder dalam keadaan baik sehingga air yang mengalir melalui saluran tersebut lancar.

- Dalam routing Long Storage dibedakan dalam dua keadaan eksisting:
 - Keadaan eksisting dengan outflow dari pintu
 - Keadaan eksisting dengan dari pintu dan pompa yang tersedia.

Untuk menghitung reservoir routing diperlukan data data sebagai berikut :

- Hubungan volume tampungan dengan elevasi waduk
- Hubungan elevasi permukaan air dan outflow serta hubungan tampungan dan outflow
- Hidrograf inflow
- Nilai awal untuk S, I dan Q pada waktu t=0

Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut :

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \dots \dots \dots (2.74)$$

Dimana:

I = Debit yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (m^3/dt)

Q = Debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (m^3/dt)

dS = Besarnya tampungan dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau

dt = Periode penelusuran (detik, jam atau hari)

Kalau periode penelusurannya diubah dari dt menjadi Δt maka :

$$L = \frac{l_1 + l_2}{2} \dots \dots \dots (2.75)$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \dots\dots\dots(2.76)$$

$$dS = S_2 - S_1 \dots\dots\dots(2.77)$$

sehingga persamaan tersebut dapat diubah menjadi

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t = S_2 - S_1 \dots\dots\dots(2.78)$$

Dengan indeks 1 merupakan keadaan mula periode penelusuran, dan indeks 2 merupakan keadaan akhir periode penelusuran, persamaan di atas dapat ditulis sedemikian rupa sehingga factor-factor yang diketahui ditempatkan di ruas kiri seperti berikut :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + S_1 - \frac{Q_1}{2} \Delta t = S_2 + \frac{Q_2}{2} \Delta t \dots\dots\dots(2.79)$$

Jika:

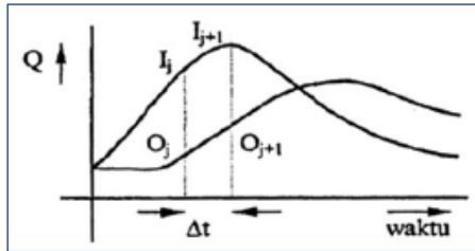
$$\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} = \psi_1 \dots\dots\dots(2.80)$$

$$\frac{S_2}{\Delta t} - \frac{Q_2}{2} = \psi_2 \dots\dots\dots(2.81)$$

maka ketiga persamaan diatas apabila disimpelkan menjadi

$$\therefore \frac{I_1 + I_2}{2} + \psi_1 = \psi_2 \dots\dots\dots(2.82)$$

I1 dan I2 diketahui dari hidrograf debit masuk ke waduk jika periode penelusuran (routing period) Δt telah ditentukan :



Gambar 2. 7 Hubungan antara aliran masuk, aliran keluar dan penyimpanan dalam busem akibat banjir
Sumber : Stevy Thioritz, Metode Penelitian Banjir

Dengan berasumsi kehilangan air aliran yang melalui diabaikan, maka luas total dibawah hidrograf akan sama karna volume air banjir tidak mengalami perubahan. Gambar 2.3 memperlihatkan adanya penurunan dan penundaan waktu puncak banjir. Perbedaan antara debit hidrograf inflow dan outflow menunjukkan laju penyimpanan air pada Long Storage.

BAB III METODOLOGI

3.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah melakukan pembelajaran literature yang berkaitan dengan penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini. Literatur yang digunakan dapat berupa jurnal-jurnal, buku penunjang, ataupun peraturan-peraturan yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini, dan lain lain.

3.2 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data tugas akhir ini diperoleh berdasarkan dari instansi terkait dan survey langsung di lapangan . Terdapat 2 (dua) data yang dimaksud yaitu data primer dan data sekunder.

3.2.1 Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan terhadap instansi-instansi terkait, seperti Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Pengairan UPT PSA WS Buntung Paketingan di Kota Surabaya dan Dinas Pengendalian dan Penanggulangan Banjir Kota Surabaya. Data sekunder yang diperlukan untuk pengerjaan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

- a. Data curah hujan 10 tahun terakhir
- b. Peta lokasi stasiun hujan
- c. Peta DAS Kota Surabaya
- d. Layout sungai Kendal
- e. Data potongan memanjang dan melintang dari sungai Kendal

3.2.2 Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil langsung dari studi lapangan yaitu dimensi (lebar bawah dan lebar atas sungai, tinggi sungai, kedalaman air sungai, dan panjang sungai) dan elevasi sungai.

3.3 Analisa Data

Data yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya kemudian diolah dengan menggunakan metode – metode yang telah diajarkan selama kuliah atau metode – metode lain yang mungkin diperlukan.

3.3.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dilakukan dengan data – data yang telah didapat sebelumnya. Data – data tersebut digunakan untuk merencanakan dan menentukan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu, sehingga dimensi saluran drainase pada lokasi studi dapat direncanakan, dan juga dapat mengetahui kapasitas sungai dengan metode yang dilakukan apakah cukup jika pada lokasi studi nantinya akan dilakukan perencanaan Pompa, Pintu air dan Long Storage. Kedua hal tersebut dapat direncanakan dari debit banjir rencana.

Analisa hidrologi meliputi :

1. Menghitung Curah Hujan Rata – rata

Perhitungan curah hujan rata – rata dilakukan dengan mengolah data hujan yang telah didapatkan dari masing – masing stasiun penakar hujan. Metode – metode yang digunakan adalah metode rata – rata aljabar, metode polygon thiessen dan metode isshoyet.

2. Menentukan Curah Hujan Harian Maksimum Rencana

Dari data hujan maksimum yang telah diperoleh dari tiap stasiun hujan, dapat diperkirakan hujan rencana untuk masing – masing periode waktu.

3. Menguji Kesesuaian Distribusi

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah suatu data jenis sebaran yang dipilih setelah penggambarannya pada kertas probabilitas, perlu pengujian lebih lanjut. Uji kesesuaian distribusi dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- Uji Smirnov – Kolmogorov
Pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan probabilitas untuk setiap data distribusi teoritis dan empiris.
- Uji Chi Kuadrat
Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis.

4. Menghitung Debit Rencana

Perhitungan ini digunakan untuk merencanakan tingkat bahaya banjir pada suatu kawasan dengan menerapkan angka – angka kemungkinan terjadinya banjir. Perhitungan debit rencana dilakukan dengan memasukan parameter DAS sebagai unsur pokok selain sifat-sifat hujan masukan. Metode – metode perhitungan debit renca antara lain : metode rasional, metode Melchior, dan metode Nakayasu.

3.3.2 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika digunakan dalam perencanaan saluran dalam suatu sistem drainase. Selain itu, analisa hidrolika juga dapat digunakan dalam memeriksa apakah kapasitas suatu sungai sudah cukup atau tidak, dalam menampung debit rencana. Perhitungan analisa hidrolika meliputi :

1. Merencanakan Desain Drainase Lokasi Studi

Bertujuan untuk mendesain dimensi saluran – saluran yang akan dibuat pada lokasi studi, jika nantinya pada

lokasi studi akan diubah tata guna lahannya menjadi pemukiman, ataupun lingkungan lainnya.

2. **Membandingkan Q Hidrolika (Q lokasi studi) dengan Q Hidrologi (Q rencana)**

Pada analisa ini, wilayah akan di cek apakah kondisi eksistingnya cukup atau tidak dalam menampung debit rencana , jika nantinya pada lokasi studi akan diubah tata guna lahannya menjadi pemukiman, ataupun lingkungan lainnya.

3. **Mengkaji Analisa Pompa Pintu dan Long Storage**

Mengkaji alternative Long Storage untuk digunakan dalam rencana drainase di wilayah Sungai Kendal Perumahan Dian Istana Wiyung Surabaya.

3.4 Pemecahan Masalah

Setelah membandingkan Debit banjir dengan Kapasitas saluran, kita dapat memperkirakan solusi apa yang dapat digunakan untuk menanggulangi banjir di daerah Dian Istana. Beberapa solusi yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Evaluasi Long Storage
- 2) Pembangunan Pompa Air
- 3) Pembangunan Buk

3.5 Bagan Metodologi

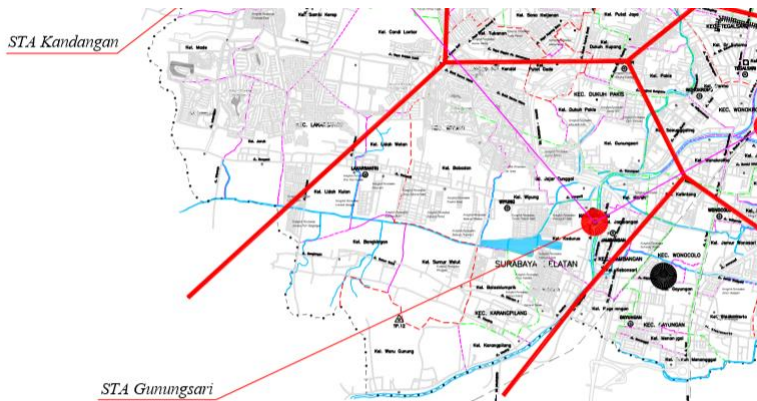
Untuk lebih jelasnya metodologi yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini dapat dilihat pada skema diagram alir penulisan tugas akhir di halaman berikut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hidrologi

4.1.1 Data Curah Hujan

Untuk analisis hidrologi yang dibutuhkan data hujan pada kawasan yang ditinjau sehingga memerlukan satu atau beberapa stasiun hujan. Ada 3 cara yang sering digunakan untuk mengubah data hujan tersebut. Cara-cara itu adalah Aritmatika, Polygon Thiesen, dan Ishoyet.



Gambar 4. 1 Polygon Thiesen

Sumber : BAPPEKO, 2018



Gambar 4. 2 Polygon Thiesen STA Gunungsari

Sumber : BAPPEKO, 2018

Ditinjau dari stasiun hujan yang cukup, maka digunakan cara Polygon Thiesen untuk mencari stasiun yang berpengaruh di Kawasan Perumahan Dian Istana Wiyung Surabaya Jawa Timur. Kondisi Topografi yang datar dengan luas DAS 0.57 km². Data curah hujan selama 20 tahun (1996-20017) yang digunakan adalah data curah hujan dari stasiun hujan yang berpengaruh yaitu STA Gunungsari pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Data Stasiun Hujan Gunungsari

TAHUN	BULAN	TGL	Stasiun Hujan Gunungsari (mm)
1996	November	9	70
1997	Februari	13	95
2000	Desember	25	84
2001	Januari	21	90
2002	Januari	30	113
2003	Maret	18	98
2004	Maret	2	103
2005	November	23	114
2006	Maret	7	110
2007	Maret	21	96
2008	Desember	28	81
2009	Januari	9	78
2010	Desember	1	114
2011	November	9	102
2012	Januari	30	102
2013	April	23	97
2014	Desember	19	85,5
2015	Desember	29	68,5
2016	Desember	2	94
2017	November	24	120

Sumber: Buntung Paketingan, 2019

Curah hujan rencana digunakan untuk menghitung debit banjir setiap periode rencana yang ditentukan. Sesuai dengan

kriteria klasifikasi saluran dan luasan daerah tangkapan, dalam analisis ini ditentukan periode ulang rencana. Periode ulang rencana ini akan menunjukkan tingkat layanan dari sistem drainase yang direncanakan. Dapat dilihat Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

No	TAHUN	Stasiun Hujan Gunungsari (mm)
1	1996	70
2	1997	95
3	2000	84
4	2001	90
5	2002	113
6	2003	98
7	2004	103
8	2005	114
9	2006	110
10	2007	96
11	2008	81
12	2009	78
13	2010	114
14	2011	102
15	2012	102
16	2013	97

Sumber: Buntung Paketingan, 2019

No	TAHUN	Stasiun Hujan Gunungsari (mm)
17	2014	85,5
18	2015	68,5
19	2016	94
20	2017	120
Jumlah		1915
CH Maks		120
CH Min		68,5
CH Rata-rata		95,75

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.2 Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi adalah analisa tentang pengulangan suatu kejadian untuk menentukan periode ulang berikut nilai probabilitasnya. Adapun distribusi yang dapat dipakai adalah

- a) Distribusi Normal
- b) Distribusi Gumbel
- c) Distribusi Log Pearson Type III

Tabel 4. 3 Tabel Perhitungan Distribusi Normal

No	Xi	Xi - Xr	$(Xi - Xr)^2$	$(Xi - Xr)^3$	$(Xi - Xr)^4$
1	120	24,25	588,06	14260,52	345817,5
2	114	18,25	333,06	6078,39	110930,63
3	114	18,25	333,06	6078,39	110930,63
4	113	17,25	297,56	5132,95	88543,44

5	110	14,25	203,06	2893,64	41234,38
6	103	7,25	52,56	381,08	2762,82
7	102	6,25	39,06	244,14	1525,88
8	102	6,25	39,06	244,14	1525,88
9	98	2,25	5,06	11,39	25,63
10	97	1,25	1,56	1,95	2,44
11	96	0,25	0,06	0,02	0,00
12	95	-0,75	0,56	-0,42	0,32
13	94	-1,75	3,06	-5,36	9,38
14	90	-5,75	33,06	-190,11	1093,13
15	85,5	-10,25	105,06	-1076,89	11038,13
16	84	-11,75	138,06	-1622,23	19061,25
17	81	-14,75	217,56	-3209,05	47333,44
18	78	-17,75	315,06	-5592,36	99264,38
19	70	-25,75	663,06	-17073,86	439651,88
20	68,5	-27,25	742,56	-20234,83	551399,07
Jumlah	1915		4110,25	-13678,5	1872150,203
Rata-rata	95,75				

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

X_i = Data curah hujan maksimum di tahun tertentu

X_r = Hasil rata-rata data curah hujan maksimum

Contoh Perhitungan dari Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Distribusi Normal diuraikan dengan perhitungan tahun 2015 sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Curah Hujan 2015 } (X_i) = 68.5 \text{ mm}$$

$$\text{Rata-rata } (X_r) = 95.75 \text{ mm}$$

Sehingga parameter statistic curah hujannya adalah sebagai berikut:

$$X_i - X_r = 68.5 - 95.75$$

$$= -27.25$$

$$(X_i - X_r)^2 = (68.5 - 95.75)^2$$

$$= 742.56$$

$$(X_i - X_r)^3 = (68.5 - 95.75)^3$$

$$= -20234$$

$$(X_i - X_r)^4 = (68.5 - 95.75)^4$$

$$= 551399.07$$

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.3. Tabel Perhitungan Distribusi Normal selanjutnya dapat ditentukan jenis sebaran yang sesuai dalam perhitungan sebagai berikut:

Untuk perhitungan Standard Deviasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

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

$$S = \sqrt{\frac{4110,25}{20 - 1}}$$

$$S = 14,71$$

Dimana : S = Deviasi Standar

Xi = Nilai Variat ke i

X = Nilai rata-rata variat

N = Jumlah data

Koefisien Variasi (*Coefisien Variation*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$Cv = \frac{14,71}{95,75}$$

$$Cv = 0,154$$

Dimana : Cv = Koefisien Variasi

X = Nilai rata-rata variat

Koefisien Kemencengan (*Coefisien Of Skewness*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cs = \frac{n \times \sum(Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$Cs = \frac{20}{(20-1)(20-2)14,71^3} \times (-13678,5)$$

$$Cs = -0,25$$

Dimana : Cs = Koefisien Skewness

Xi = Nilai variat ke i

X = Nilai rata-rata variat

N = jumlah data

Koefisien Ketajaman (*Coefisien Of Kurtosis*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$C_k = \frac{n^2 \times \sum (X_i - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

$$C_k = \frac{20^2}{(20-1)(20-2)(20-3)14,71^4} \times 1872150,203$$

$$C_k = 2,75$$

Dimana : C_k = Koefisien Kortosis

X_i = nilai variat ke i

X = nilai rata-rata variat

N = jumlah data

4.1.3 Pemilihan Jenis Distribusi

Dalam statistic terdapat beberapa jenis sebaran (distribusi), namun yang sering digunakan dalam hidrologi adalah

1. Metode Distibusi Normal
2. Metode Distribusi Gumbel
3. Metode Distribusi Log Pearson Type III

Berikut adalah perbandingan syarat-syarat distribusi dan hasil perhitungan analisa frekuensi Curah Hujan. Lihat pada Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III

Tabel 4. 4 Syarat-syarat Pemilihan distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Distribusi Normal	$C_s = 0$	-0.25	Tidak Dipilih
		$C_k = 3$	2.75	Tidak Dipilih
2	Distribusi Log Normal	$C_k = C_v8 + 6C_v6 + 15C_v4 + 16C_v2 + 3$	2.75	Tidak Dipilih

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
3	Distribusi Gumbel Tipe I	Cs = 1.14	-0.25	Tidak Dipilih
		Ck = 5.4	2.75	Tidak Dipilih
4	Distribusi Log Pearson Tipe III	Cs Ck = bebas	Bebas	Dipilih

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.6 Syarat-syarat Pemilihan distribusi maka di dapatkan hasil Distribusi Log Paerson Type III. Berikut perhitungan Log Paerson Type III:

Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan Distribusi *Log Pearson Type III*

No	Xi	CH LOG (Xi)	LOG (Xi - X)	LOG (Xi - X) ²	LOG (Xi - X) ³	LOG (Xi - X) ⁴
1	120,00	2,08	0,1032	0,01064	0,000001	0,0000000000000000
2	114,00	2,06	0,0809	0,00654	0,000000	0,0000000000000000
3	114,00	2,06	0,0809	0,00654	0,000000	0,0000000000000000
4	113,00	2,05	0,0771	0,00594	0,000000	0,0000000000000000
5	110,00	2,04	0,0654	0,00427	0,000000	0,0000000000000000
6	103,00	2,01	0,0368	0,00136	0,000000	0,0000000000000000
7	102,00	2,01	0,0326	0,00106	0,000000	0,0000000000000000
8	102,00	2,01	0,0326	0,00106	0,000000	0,0000000000000000
9	98,00	1,99	0,0152	0,00023	0,000000	0,0000000000000000
10	97,00	1,99	0,0107	0,00012	0,000000	0,0000000000000000
11	96,00	1,98	0,0062	0,00004	0,000000	0,0000000000000000
12	95,00	1,98	0,0017	0,00000	0,000000	0,0000000000000000

No	Xi	CH LOG (Xi)	LOG (Xi - X)	LOG (Xi - X)²	LOG (Xi - X)³	LOG (Xi - X)⁴
13	94,00	1,97	-0,0029	0,00001	0,000000	0,0000000000000000
14	90,00	1,95	-0,0218	0,00047	0,000000	0,0000000000000000
15	85,50	1,93	-0,0441	0,00194	0,000000	0,0000000000000000
16	84,00	1,92	-0,0517	0,00268	0,000000	0,0000000000000000
17	81,00	1,91	-0,0675	0,00456	0,000000	0,0000000000000000
18	78,00	1,89	-0,0839	0,00704	0,000000	0,0000000000000000
19	70,00	1,85	-0,1309	0,01714	0,000005	0,0000000000000000
20	68,50	1,84	-0,1403	0,01969	0,000008	0,0000000000000000
Jml	1915,00	39,52	0,00000	0,09134	0,0000152	0,00000000000000000040
Rata-rata	95,75	1,98				

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan Deviasi Standard dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum \text{LOG} (Xi - Xr)^2}{n - 1}}$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{0,09134}{20 - 1}}$$

$$S \text{ Log } X = 0,0693$$

Dimana : S = Deviasi Standar

Xi = Nilai Variat ke i

X = Nilai rata-rata variat

N = Jumlah data

Koefisien Variasi (*Coefisien Variation*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

$$Cv = \frac{0,0693}{20}$$

$$Cv = 0.0034668$$

Dimana : Cv = Koefisien Variasi

X = Nilai rata-rata variat

Koefisien Kemencengan (*Coeficien Of Skewness*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Cs = \frac{n \times \sum \text{LOG} (Xi - X)^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

$$Cs = \frac{20 \times 0,0000152}{(20 - 1)(20 - 2)0,0693^3}$$

$$Cs = 0,0027$$

Dimana : Cs = Koefisien Skewness
 Xi = Nilai variat ke i
 X = Nilai rata-rata variat
 N = jumlah data

Koefisien Ketajaman (*Coefisient Of Kurtosis*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Ck = \frac{n^2 \sum (Xi - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

$$Ck = \frac{20^2 \times 0,0000000000000000000040}{(20-1)(20-2)(20-3)0,0693^4}$$

$$Ck = 0,0000000000000000121$$

Dimana : Ck = Koefisien Kortosis
 Xi = nilai variat ke i
 X = nilai rata-rata variat
 N = jumlah data

Diketahui dari perhitungan di atas nilai Cs = 0,0 maka didapatkan dari Tabel nilai K distribusi Log Pearson Type III, maka :

Periode Ulang	K
2	0
5	0,842
10	1,282
25	1,751
50	2,054
100	2,326

Sumber : Tabel Soewarno 1995, hal 219

Tabel 4. 6 Tabel Perhitungan Curah Hujan Rencana

T	K	Log R	R (mm)
2	0,000	1,976	94,629
5	0,842	2,034	108,244
10	1,282	2,065	116,122
25	1,751	2,097	125,150
50	2,054	2,118	131,353
100	2,326	2,137	137,183

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.4 Uji Kecocokan Distribusi

Perhitungan uji kecocokan dengan menggunakan data hujan yang tersedia merupakan cara dalam menentukan distribusi yang dipakai. Perhitungan uji kecocokan harus dilakukan karena masing-masing perhitungan distribusi hujan memiliki sifat statistic yang berbeda-beda. Pemilihan distribusi yang tidak tepat mengakibatkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar baik *over estimated* maupun *under estimated*. Parameter uji kecocokan yang sering dipakai adalah metode Chi-Kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov.

4.1.4.1 Uji Chi Kuadrat (*Chi Square*)

Uji Chi Kuadrat untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistic sampel data yang di analisis.

Pengambilan Keputusan uji ini disebut dengan Uji Chi-Kuadrat karena menggunakan parameter X^2 . Interpretasi hasilnya adalah :

1. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.

2. Apabila peluang lebih kecil 1% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima
3. Apabila peluang berada diantara 1-5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan missal perlu ditambah data

Perhitungan Chi-Kuadrat untuk Distribusi Gumbel:

Banyak data = 20

Jumlah sub kelompok = $1 + 1,37 \ln 20$
 $= 5,104 \approx 5$

Taraf Signifikan = 5%

Drajar kebebasan = $G-R-1 = 2$

(Keterangan, nilai $R=2$ untuk distribusi normal dan binomial dan nilai $R=1$ untuk distribusi poisson)

$E_i = n / G = 4$

Tabel 4. 7 Perhitungan Uji Chi-Kuadrat

Tahun	CH	Tahun	Xi Ranks
1996	70	2017	120
1997	95	2010	114
2000	84	2005	114
2001	90	2002	113
2002	113	2006	110
2003	98	2004	103
2004	103	2011	102
2005	114	2012	102
2006	110	2003	98
2007	96	2013	97
2008	81	2007	96

Tahun	CH	Tahun	Xi Ranks
2009	78	1997	95
2010	114	2016	94
2011	102	2001	90
2012	102	2014	85,5
2013	97	2000	84
2014	85,5	2008	81
2015	68,5	2009	78
2016	94	1996	70
2017	120	2015	68,5

Sumber : Hasil Perhitungan

Kemudian dapat di kelompokkan menjadi sub-Kelompok dengan batasan :

Tabel 4. 8 Tabel Pengelompokkan menjadi Sub-Kelompok menurut Bonnier

Peluang	K	Log X
0.8	-0,84	1,918
0.6	-0,25	1,959
0.4	0,25	1,993
0.2	0,84	2,034

Sumber : Tabel Bonnier, 1980

Tabel 4. 9 Tabel Nilai Batas Chi Kuadrat Hitung

No	Nilai Batas	O _i	E _i	$(O_i - E_i)^2/E_i$	X^2
1	$X \leq 1,918$	4	4	0,01	0,00
2	$1,918 < X \leq 1,959$	3	4	0,16	0,04
3	$1,959 < X \leq 1,993$	5	4	0,40	0,10
4	$1,993 < X \leq 2,034$	3	4	0,16	0,04
5	$X > 2,034$	5	4	0,40	0,10
Jumlah		20	20	1,12	0,30

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai Chi Kuadrat Hitung = 1,12

Derajat Kebebasan = 2

Derajat signifikan alpha = 5%

Nilai Chi Teoritis = 5,991

Dari perhitungan Chi Kuadrat untuk distribusi dengan metode Gumbel, diperoleh nilai Chi Kuadrat hitung = 1.12. dengan derajat kebebasan (DK) = 2 dan derajat signifikan $\alpha = 5\%$, maka diperoleh Chi kuadrat Teoritis 5.991.

Perhitungan akan diterima apabila nilai Chi Kuadrat Teoritis > nilai Chi Kuadrat hitung. Dari perhitungan diatas diperoleh nilai $5.991 > 1.12$ sehingga perhitungan diterima.

4.1.4.2. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametric karena pengujian ini tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- Urutkan data hujan dari yang terbesar hingga ke terkecil atau sebaliknya.
- Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya)

- Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
- Berdasarkan Tabel nilai kritis (smirnov-kolmogorof test) tentukan nilai DO. Dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.
- Apabila $D < DO$ maka distribusi dapat diterima. Tetapi jika $D > DO$ maka distribusi teoritis tidak dapat diterima.

Tabel 4. 10 Tabel Nilai Kritis DO untuk uji Smirnov Kolmogorof

N	Derajat Kepercayaan, α			
	0.2	0.1	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	0.3	0.34	0.4
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
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24

Sumber: Suripin 2003:59

Uji Smirnov Distribusi Log Pearson type III

N = 20

S Log X = 0.06933

Dengan:

$$P(X) = \frac{m}{n + 1}$$

$$P(X <) = X - P(X)$$

$$f(t) = \frac{(\text{Log } X - \text{Log } X_r)}{s}$$

$$P'(X) = f(t)$$

Keterangan:

n = Jumlah Data Hujan

S Log X = Standard Deviasi

Log X_r = Nilai logaritma curah hujan rata-rata (mm)

Log X = Nilai Logaritma curah hujan (mm)

P' (X) = Peluang K

m = Nilai Peringkat

Selanjutnya untuk menghitung Dmax dapat dihitung menggunakan Tabel seperti pada berikut :

Tabel 4. 11 Tabel Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

m	Log Xi	(Log Xi - Log Xr)	Px = m/(n+1)	P(X<)	F(t) = (Long Xi - Long Xr) / S Long X)	P' (Xi) = m/(n-1)	P'(Xi<)	D
1	2	3	4	5 = 1 - kolom 4	6	7	8	9 = 8 -5
1	2,079	0,103	0,048	0,952	1,49	0,0526	0,9474	-0,005
2	2,057	0,081	0,095	0,905	1,17	0,1053	0,8947	-0,010
3	2,057	0,081	0,143	0,857	1,17	0,1579	0,8421	-0,015
4	2,053	0,077	0,190	0,810	1,11	0,2105	0,7895	-0,020
5	2,041	0,065	0,238	0,762	0,94	0,2632	0,7368	-0,025
6	2,013	0,037	0,286	0,714	0,53	0,3158	0,6842	-0,030
7	2,009	0,033	0,333	0,667	0,47	0,3684	0,6316	-0,035
8	2,009	0,033	0,381	0,619	0,47	0,4211	0,5789	-0,040

m	Log Xi	(Log Xi - Log Xr)	Px = m/(n+1)	P(X<)	F(t) = (Long Xi - Long Xr) / S Long X)	P' (Xi) = m/(n-1)	P'(Xi<)	D
1	2	3	4	5 = 1 - kolom 4	6	7	8	9 = 8 -5
9	1,991	0,015	0,429	0,571	0,22	0,4737	0,5263	-0,045
10	1,987	0,011	0,476	0,524	0,16	0,5263	0,4737	-0,050
11	1,982	0,006	0,524	0,476	0,09	0,5789	0,4211	-0,055
12	1,978	0,002	0,571	0,429	0,02	0,6316	0,3684	-0,060
13	1,973	-0,003	0,619	0,381	-0,04	0,6842	0,3158	-0,065
14	1,954	-0,022	0,667	0,333	-0,31	0,7368	0,2632	-0,070
15	1,932	-0,044	0,714	0,286	-0,64	0,7895	0,2105	-0,075
16	1,924	-0,052	0,762	0,238	-0,75	0,8421	0,1579	-0,080
17	1,908	-0,068	0,810	0,190	-0,97	0,8947	0,1053	-0,085

m	Log Xi	(Log Xi - Log Xr)	Px = m/(n+1)	P(X<)	F(t) = (Long Xi - Long Xr) / S Long X)	P' (Xi) = m/(n-1)	P'(Xi<)	D
1	2	3	4	5 = 1 - kolom 4	6	7	8	9 = 8 -5
18	1,892	-0,084	0,857	0,143	-1,21	0,9474	0,0526	-0,090
19	1,845	-0,131	0,905	0,095	-1,89	1,0000	0,0000	-0,095
20	1,836	-0,140	0,952	0,048	-2,02	1,0526	-0,0526	-0,100
Jumlah	39,520	0,000	10,000	-9,000	0,000	11,053	8,95	-1,053
Xr	1,976	0,000	0,500	0,500	0,000	0,553	0,45	-0,053
							D max	-0,005

Sumber : Hasil Perhitungan

Cara Perhitungan:

1. Kolom 1 (m) urutan Log CH dari yang terbesar sampai terkecil.
2. Kolom 2 (Log Xi) didapat dari perhitungan Log Pearson Type III
3. Kolom 3 (Px) didapat dari perhitungan $(m)/(n+1)$
4. Kolom 4 (Px<) didapatkan dari perhitungan $1-(Px)$
5. Kolom 5 (Ft) didapatkan dari perhitungan $(CH - Xr)/\text{Standar Deviasi}$
6. Kolom 6 (P'x) didapatkan dari perhitungan $1-(\text{Tabel wilayah luas dibawah kurva normal})$
7. Kolom 7 (P'x<) didapat dari perhitungan $1-p'x$
8. Kolom 8 (D) didapatkan dari perhitungan $(P'x<)-(P'x)$
 - Dari perhitungan nilai D pada Tabel tersebut nilai $D_{\max} = -0.005$. berdasarkan Tabel Nilai Kritis DO untuk uji Smirnov Kolmogorof, nilai kritis untuk $n = 20$, dengan $\alpha = 5\%$ maka dapat dilihat untuk nilai $D_0 = 0.29$
 - Karena nilai D_{\max} lebih kecil dari pada nilai D_0 ($0.29 > -0.005$). Maka persamaan distribusi Log Pearson Type III yang sudah dihitung dapat diterima.

4.1.5 Perhitungan Curah hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan tahunan terbesar dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Dari hasil uji distribusi yang di gunakan, maka untuk menghitung curah hujan rencana akan menggunakan metode Log Pearson Type III. Kemudian hasil perhitungan metode Log Pearson Type III akan disajikan dalam bentuk Tabel seperti pada Tabel berikut :

Tabel 4. 12 Tabel Curah Hujan Rencana Terpilih

Periode Ulang	s	Log Xi	K	Log R	R (mm)
2	0,07	1,98	0,00	1,98	94,63
5	0,07	1,98	0,84	2,03	10,24
10	0,07	1,98	1,28	2,06	116,12
25	0,07	1,98	1,75	2,10	125,15
50	0,07	1,98	2,05	2,12	131,35
100	0,07	1,98	2,33	2,14	137,18

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan

Periode Ulang 2
tahun

$$\begin{aligned} \text{Log R2} &= \text{Log X} + (k \times s) \\ &= 1,98 \\ \text{R2} &= 94,63 \end{aligned}$$

Periode Ulang 5 tahun

$$\begin{aligned} \text{Log R5} &= \text{Log X} + (k \times s) \\ &= 2,03 \\ \text{R5} &= 108,24 \end{aligned}$$

Periode Ulang 10 tahun

$$\begin{aligned} \text{Log R10} &= \text{Log X} + (k \times s) \\ &= 2,06 \\ \text{R10} &= 116,12 \end{aligned}$$

4.3.7 Waktu Kosentrasi (t_c)

Waktu Konsentrasi (*Time of Concentration*) adalah waktu yang diperlukan oleh partikel untuk mengalir dari titik terjauh dalam daerah tangkapan sampai titik yang ditinjau. Dengan rumus sebagai berikut :

$$t_c = t_0 + t_f$$

Keterangan:

T_0 = overland flow time (inlet time), waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di inlet (Jam)

T_f = channel flow time, waktu yang diperlukan air mengalir sepanjang saluran sampai di outlet (Jam)

4.3.8 Perhitungan T_0

Contoh perhitungan waktu konsentrasi pada saluran tersier Saluran Blok d adalah sebagai berikut:

$$t_0 = 0,0195 \left[\frac{L_0}{\sqrt{I_0}} \right]^{0.77}$$

Keterangan :

T_0 = overland flow time (inlet time), waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di inlet (Jam)

L = Jarak mengalirnya air hujan mengalir diatas permukaan sampai inlet (m)

I_0 = Kemiringan rata-rata dari daerah aliran $\left(\frac{\Delta H}{L}\right)$

Tabel 4. 13 Tabel t0 Saluran Tersier Blok A

No	Nama Saluran	L0	So	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max
	BLOK A	m	Lahan	jam	km	Saluran	km/Jam	jam	jam	jam
d	A.d.α.1	49.8	0.0000108	0.538	0.2895	0.00015	0.366	0.00	0.54	0.54
	A.d.α.2	49.8	0.0000108	0.538	0.3841	0.00015	0.366	0.00	0.54	
c	A.c.□.3	0.236	0.00001	0.009	0.0791	0.00015	0.366	0.00	0.01	0.01
	A.c.β.3	0.027	0.00001	0.002	0.0631	0.00015	0.366	0.00	0.002	
	Max D	49.8	0.0000108	0.538	0.3841	0.00015	0.366	0.00	0.54	
b	A.b.β.4	39	0.000163	0.157	0.1922	0.00015	0.366	0.00	0.16	0.16
	A.b.α.4	39	0.000163	0.157	0.3159	0.00015	0.366	0.00	0.16	
	Max C	49.8	0.00001	0.554	0.3841	0.00015	0.366	0.00	0.55	
a	A.a.α.5	44	0.0000641	0.246	0.3470	0.00015	0.366	0.00	0.25	0.25
	A.a.β.5	44	0.0000641	0.246	0.3128	0.00015	0.366	0.00	0.25	
	Max B	49.8	0.00001	0.554	0.3841	0.00015	0.366	0.00	0.55	

Tabel 4. 14 t0 Saluran Tersier Blok B

NO	Nama Saluran	L0	S0	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max
	BLOK B	m	Lahan	Jam	km	Saluran	km/Jam	jam	jam	jam
B3	B.B3.α.1	32.69	0.00015	0.141	0.2057	0.00015	0.366	0.56	0.70	0.70
	B.B3.β.1	30.00	0.00015	0.132	0.1812	0.00015	0.366	0.50	0.63	
B1	B.B1.α.2	25.00	0.00002	0.250	0.2310	0.00015	0.366	0.63	0.88	0.88
	B.B2.β.2	25.00	0.00002	0.250	0.1946	0.00015	0.366	0.53	0.78	
B4	B.B4.α.3	36.36	0.00015	0.153	0.2473	0.00015	0.366	0.68	0.83	0.83
	B.B4.β.3	28.00	0.00015	0.125	0.1960	0.00015	0.366	0.54	0.66	
B2	B.B2.α.4	25.00	0.00002	0.250	0.2330	0.00015	0.366	0.64	0.89	0.89
	B.B2.β.4	25.00	0.00002	0.250	0.1945	0.00015	0.366	0.53	0.78	
	Max B4	36.36	0.00015	0.153	0.2473	0.00015	0.366	0.68	0.83	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 15 Tabel t0 Saluran Tersier Blok C

NO	NAMA SALURAN	L0	S0	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max
	BLOK C	m	Lahan	Jam	km	Saluran	km/Jam	jam	jam	jam
C0	C.Co.β.1	35.23	0.00008	0.191	0.2066	0.00015	0.942	0.22	0.41	0.41
	C.Co.β.2	35.23	0.00008	0.191	0.1847	0.00015	1.007	0.18	0.37	
C1	C.C1.α	22.5	0.00008	0.135	0.1920	0.00015	0.984	0.20	0.33	0.37
	C.Co.β.2	35.23	0.00008	0.191	0.1847	0.00015	1.007	0.18	0.37	
	C.C1.□.3	32	0.00008	0.177	0.0460	0.00015	2.320	0.02	0.20	
	C.C1.β.4	32	0.00008	0.177	0.0693	0.00015	1.813	0.04	0.22	
C2	C.C1.Ω.4	32	0.00008	0.177	0.1617	0.00015	1.091	0.15	0.33	0.37
	C.C2.□	25	0.00008	0.146	0.1437	0.00015	1.171	0.12	0.27	
	Max C1	35.23	0.00008	0.191	0.1847	0.00015	1.007	0.18	0.37	
	C.C2.α.5	31.5	0.00008	0.175	0.0580	0.00015	2.018	0.03	0.20	
	C.C2.β.5	31.5	0.00008	0.175	0.1624	0.00015	1.088	0.15	0.32	
	C.C3.α.6	31	0.00008	0.173	0.2270	0.00015	0.890	0.26	0.43	
C3	C.C3.□.7	31	0.00008	0.173	0.2780	0.00015	0.788	0.35	0.53	0.53

NO	NAMA SALURAN BLOK C	L0	S0	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max
		m	Lahan	Jam	km	Saluran	km/Jam	jam	jam	jam
	C.C3.β.7	25	0.00008	0.146	0.2309	0.00015	0.881	0.26	0.41	
C4	C.C4.α.8	25	0.00008	0.146	0.2658	0.00015	0.810	0.33	0.47	0.47
	C.C4.β.8	25	0.00008	0.146	0.2262	0.00015	0.892	0.25	0.40	
	Max C3	31	0.00008	0.173	0.2780	0.00015	0.788	0.35	0.53	
C5	C.C5.α.9	20.5	0.00008	0.126	0.2722	0.00015	0.798	0.34	0.47	0.47
	C.C5.β.9	20.41	0.00008	0.125	0.2369	0.00015	0.868	0.27	0.40	
	Max C4	31	0.00008	0.173	0.2780	0.00015	0.788	0.35	0.53	
CL1	C.CL1.α.10	25	0.00008	0.146	0.2169	0.00015	0.915	0.24	0.38	0.41
	C.CL1.β.10	25	0.00008	0.146	0.2319	0.00015	0.879	0.26	0.41	
CL2	C.CL2.α.11	30	0.00008	0.168	0.2358	0.00015	0.870	0.27	0.44	0.44
C7	C.C7.α.12	28	0.00008	0.206	0.2146	0.00015	0.921	0.23	0.44	0.48
	C.C7.β.12	28	0.00008	0.160	0.2613	0.00015	0.818	0.32	0.48	
C8	C.C8.α.13	26	0.00008	0.151	0.0889	0.00015	1.561	0.06	0.21	
	C.C8.β	27.49	0.00008	0.158	0.1514	0.00015	1.135	0.13	0.29	0.29

NO	NAMA SALURAN BLOK C	L0	S0	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max
		m	Lahan	Jam	km	Saluran	km/Jam	jam	jam	jam
	C.C8.□	27.49	0.00008	0.158	0.1542	0.00015	1.123	0.14	0.29	
	C.C8.Ω.12	32	0.00008	0.177	0.1825	0.00015	1.014	0.18	0.36	0.36
C9	Max C8	32	0.00008	0.177	0.1825	0.00015	1.014	0.18	0.36	0.48
	Max C7	28	0.00008	0.160	0.2613	0.00015	0.818	0.32	0.48	
	C.C9.β.F		0.00008	0.000	0.2467	0.00015	0.847	0.29	0.29	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 16 Tabel t0 Saluran Tersier Blok DPRD

NO	NAMA SALURAN	L0	S0	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max	Ket
BLOK DPRD		m	Lahan	Jam	km	Saluran	km/Jam	jam	jam	jam	
DPRD	DPRD.α	19.24	0.00009	0.114	0.0482	0.00015	2.254	0.02	0.14	0.29	MAX 1
	DPRD.□	20.44	0.00009	0.120	0.1761	0.00015	1.036	0.17	0.29		
	MAX 1	20.44	0.00009	0.120	0.1761	0.00015	1.036	0.17	0.29	0.29	MAX 2
	DPRD 1	20	0.00009	0.118	0.0399	0.00015	2.525	0.02	0.13		
	DPRD.Ω.4	20	0.00009	0.118	0.2222	0.00015	0.901	0.25	0.36	0.36	MAX 3
	DPRD.β.1	20	0.00009	0.118	0.1521	0.00015	1.132	0.13	0.25		
	MAX 2	20.44	0.00009	0.120	0.1761	0.00015	1.036	0.17	0.29	0.29	MAX 4
	MAX 3	20	0.00009	0.118	0.1521	0.00015	1.132	0.13	0.25		
	DPRD2	25	0.00009	0.140	0.0515	0.00015	2.168	0.02	0.16	0.29	MAX 5
	MAX 4	20.44	0.00009	0.120	0.1761	0.00015	1.036	0.17	0.29		
	DPRD.5.6	25	0.00009	0.140	0.2384	0.00015	0.864	0.28	0.42	0.42	MAX 6
	DPRD.2.3	25.41	0.00009	0.142	0.1073	0.00015	1.395	0.08	0.22		
	MAX 5	20.44	0.00009	0.120	0.1761	0.00015	1.036	0.17	0.29	0.42	MAX 7
	MAX 6	25	0.00009	0.140	0.2384	0.00015	0.864	0.28	0.42		
	DPRD 3	25	0.00009	0.140	0.0508	0.00015	2.186	0.02	0.16	0.42	MAX 8
	MAX 7	25	0.00009	0.140	0.2384	0.00015	0.864	0.28	0.42		

NO	NAMA SALURAN BLOK DPRD	L0 m	S0 Lahan	t0 Jam	L km	S0 Saluran	V km/Jam	tf jam	tc jam	tc max jam	Ket
	DPRD.A.B	25	0.00009	0.140	0.2404	0.00015	0.860	0.28	0.42	0.42	MAX 9
	DPRD.D.C	25	0.00009	0.140	0.1065	0.00015	1.402	0.08	0.22		
	MAX 8	25	0.00009	0.140	0.2384	0.00015	0.864	0.28	0.42	0.42	MAX 10
	MAX 9	25	0.00009	0.140	0.2404	0.00015	0.860	0.28	0.42		

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 17 Tabel t0 Saluran Tersier Blok D

NO	NAMA SALURAN	L0	S0	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max
	BLOK D	m	Lahan	Jam	km	Saluran	km/s	jam	jam	jam
D2	D.D2.α.1	37.5	0.0002	0.141	0.2138	0.000235	0.479	0.45	0.59	0.59
	D.D2.β.1	37.5	0.0002	0.141	0.2138	0.000235	0.479	0.45	0.59	
D4	D.D4.α.2	35	0.0002	0.133	0.1998	0.000235	0.479	0.42	0.55	0.55
	D.D4.β.2	35	0.0002	0.133	0.1998	0.000235	0.479	0.42	0.55	
D78	D.D78.α.3	30	0.0002	0.118	0.1517	0.000235	0.479	0.32	0.44	0.70
	D.D78.□.4	35.5	0.0002	0.135	0.1407	0.000235	0.479	0.29	0.43	
	D.D78.β.5	35.5	0.0002	0.135	0.2703	0.000235	0.479	0.56	0.70	
D6	D.D6.α.6	30	0.0002	0.118	0.2138	0.000235	0.479	0.45	0.57	0.57
	D.D6.β.6	30	0.0002	0.118	0.2138	0.000235	0.479	0.45	0.57	
D1	D.D1.α.7	37.5	0.0002	0.141	0.2232	0.000235	0.479	0.47	0.61	0.61
	D.D1.β.7	37.5	0.0002	0.141	0.2084	0.000235	0.479	0.44	0.58	

NO	NAMA SALURAN	L0	S0	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max
D3	D.D3.α.8	35	0.0002	0.133	0.2110	0.000235	0.479	0.44	0.57	0.57
	D.D3.β.8	35	0.0002	0.133	0.1988	0.000235	0.479	0.42	0.55	
	Max D1	37.5	0.0002	0.141	0.2232	0.000235	0.479	0.47	0.61	
D5	D.D5.α.9	37.5	0.0002	0.141	0.2290	0.000235	0.479	0.48	0.62	0.62
	D.D5.β.9	37.5	0.0002	0.141	0.2123	0.000235	0.479	0.44	0.58	
	Max D3	37.5	0.0002	0.141	0.2232	0.000235	0.479	0.47	0.61	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 18 Tabel t0 Saluran Tersier Blok F

NO	NAMA SALURAN	L0	S0	t0	L	S0	V	tf	tc	tc max
	BLOK F	m	Lahan	Jam	km	Saluran	km/s	jam	jam	jam
F3	F.F3.α.1	22.5	0.0002	0.095	0.2376	0.00015	0.866	0.27	0.37	0.37
	F.F3.β.1	20.5	0.0002	0.088	0.2376	0.00015	0.866	0.27	0.36	
F1	F.F1.α.2	22.5	0.0002	0.095	0.2062	0.00015	0.943	0.22	0.31	0.31
	F.F1.β.2	22.5	0.0002	0.095	0.2058	0.00015	0.944	0.22	0.31	
F2	F.F2.α.3	20.5	0.0002	0.088	0.2011	0.00015	0.957	0.21	0.30	0.30
	F.F2.β.3	20.5	0.0002	0.088	0.1739	0.00015	1.044	0.17	0.25	
F4	F.F4.α.4	20.5	0.0002	0.088	0.2287	0.00015	0.886	0.26	0.35	0.35
	F.F4.β.4	20.5	0.0002	0.088	0.2218	0.00015	0.902	0.25	0.33	

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.9 Perhitungan TF

Contoh perhitungan waktu konsentrasi pada saluran sekunder pada TC 1 adalah sebagai berikut :

$$tf = \frac{L}{V}$$

$$tf = \frac{0.21}{0.366}$$

$$tf = 0.56$$

Tabel 4. 19 Tabel TF Saluran Sekunder Sungai Kendal

No	Nama Saluran	L	S0	V	tf
	SUNGGAI KENDAL	km	Saluran	km/s	jam
TC 1	TC MAX B3	0.21	0.00015	0.36	0.5600
	TF B3-TC1	0.009	0.00015	6.17	0.0014
TC 2	TC MAX a	0.38	0.00015	0.37	0.0003
	TF (1-TC 2)	0.034	0.00015	2.75	0.0125
	TC 1		0.00015		
	TF (TC 1 -TC 2)	0.036	0.00015	2.66	0.0136
TC 3	TC MAX B1	0.23	0.00015	0.37	0.63
	TC (2 - TC 3)	0.009	0.00015	6.17	0.0014
	TC 2		0.00015		
	TF (TC 2 - TC 3)	0.025	0.00015	3.29	0.0077
TC 4	TC MAX B2	0.25	0.00015	0.37	0.68
	TF (4 - TC 4)	0.095	0.00015	1.49	0.0634
	TC 3		0.00015		
	TF (TF 3 - TC 4)	0.354	0.00015	0.68	0.5205

No	Nama Saluran	L	S0	V	tf
TC 5	TC MAX D2	0.21	0.00015	0.48	0.45
	TF (2 - TC 5)	0.01	0.00015	5.79	0.0017
	TC 4		0.00015		
	TF (TC 4 - TC 5)	0.835	0.00015	0.407	2.0498
TC 6	TC MAX D4	0.20	0.00015	0.48	0.42
	TF (2 - TC 6)	0.009	0.00015	6.172	0.0014
	TC 5		0.00015		
	TF (TC 5 - TC 6)	0.082	0.00015	1.639	0.0500
TC 7	TC MAX D7	0.15	0.00015	0.48	0.32
	TF (3 - TC 7)	0.009	0.00015	6.172	0.0014
	TC 6		0.00015		
	TF (TC 6 - TC 7)	0.009	0.00015	5.849	0.0016
TC 8	TC MAX D8	0.27	0.00015	0.48	0.56
	TF (4 - TC 8)	0.009	0.00015	6.172	0.0014
	TC MAX D6	0.21	0.00015	0.48	0.45
	TF (5 - TC 8)	0.009	0.00015	6.172	0.0014
	TC 7		0.00015		
	TF (TC 7 - TC 8)	0.077	0.00015	1.700	0.0453
TC 9	TC MAX DPRD	0.240	0.00024	0.859	0.28
	TF (1 - TC 9)	0.615	0.00024	0.640	0.9623
	TC 8		0.00024		
	TF (TC 8 - TC 9)	0.034	0.00024	3.639	0.0093

No	Nama Saluran	L	S0	V	tf
TC 10	TC MAX D5	0.23	0.00015	0.48	0.48
	TF (9 - TF 10)	0.061	0.00015	1.946	0.0316
	TC 9		0.00015		
	TF (TC 9 - TC 10)	0.152	0.00015	1.129	0.1349
TC 11	TC MAX F1	0.21	0.00015	0.94	0.22
	TF (2 - TC 11)	0.009	0.00015	6.172	0.0014
	TC MAX F3	0.24	0.00015	0.87	0.27
	TF (1 - TC 11)	0.009	0.00015	6.172	0.0014
	TC 10		0.00015		
	TF (TC 10 - TC 11)	0.061	0.00015	1.954	0.0313
TC 12	TC MAX F2	0.20	0.00015	0.96	0.2100
	TF (3 - TC 12)	0.009	0.00015	6.172	0.00145
	TC MAX F4	0.23	0.00015	0.89	0.2600
	TF (4 - TC 12)	0.009	0.00015	6.172	0.0014
	TC 11		0.00015		
	TF (TC 11 - TC 12)	0.032	0.00015	2.830	0.0116

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.10 Perhitungan TC

$$tc = to + tf$$

Keterangan:

Tc = Waktu Konsentrasi (Jam)

T0 = overland flow time (inlet time), waktu yang diperlukan air hujan mengalir di permukaan untuk sampai di inlet (Jam)

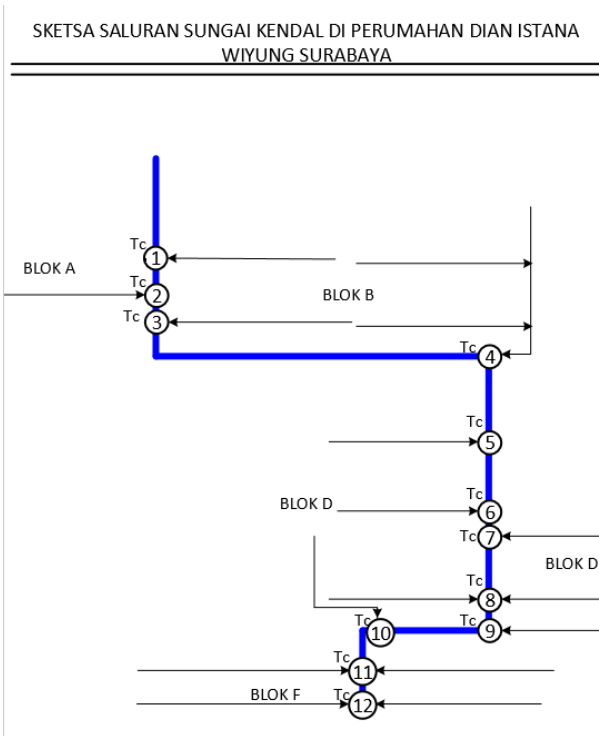
Tf = channel flow time, waktu yang diperlukan air mengalir sepanjang saluran sampai di outlet (Jam)

Sebelum Perhitungan Intensitas, diperlukan tc max saluran dengan membandingkan nilai tc yang keluar pada saluran sebelumnya dengan saluran yang ditinjau.

Berikut contoh perhitungan dan skema jaringan tc max pada saluran sekunder Sungai Kendal :

- Titik 1
Tc Max B3 + Tf (1-Tc 1) = TC 1
- Titik 2
Tc Max a + Tf (5+Tc 2)
Tc 1 + Tf(Tc 1 – Tc 2) } TC 2
- Titik 3
Tc Max B1 + Tf (2- Tc 3)
Tc 2 + Tf (Tc 2 – Tc 3) } TC 3
- Titik 4
Tc Max B2 + Tf (4- Tc 4)
Tc 3 + Tf (Tc 3 – Tc 4) } TC 4
- Titik 5
Tc Max D2 + Tf(1- Tc 5)
Tc 4 + Tf (Tc 4 – Tc 5) } TC 5

- Titik 6
 $Tc \text{ Max } D4 + Tf (2 - Tc 6)$
 $Tc 5 + Tf (Tc 5 - Tc 6)$ } TC 6
- Titik 7
 $Tc \text{ Max } D7 + Tf (3 - Tc 7)$
 $Tc 6 + Tf (Tc 6 - Tf 7)$ } TC 7
- Titik 8
 $Tc \text{ Max } D8 + Tf (4 - Tc 8)$
 $Tc \text{ Max } D6 + Tf (5 - Tc 8)$ } TC 8
 $Tc 7 + Tf (Tc 7 - Tc 8)$
- Titik 9
 $Tc \text{ Max } DPRD + Tf (1 - Tc 9)$
 $Tc 8 + Tf (Tc 8 - Tc 9)$ } TC 9
- Titik 10
 $Tc \text{ Max } D5 + Tf (9 + Tc 10)$
 $Tc 9 + Tf (Tc 9 - Tc 10)$ } TC 10
- Titik 11
 $Tc \text{ Max } F1 + Tf (2 - Tc 11)$
 $Tc \text{ Max } F3 + Tf (1 - Tc)$ } TC 11
 $Tc 10 + Tf (Tc 10 - Tc 11)$
- Titik 12
 $Tc \text{ Max } F2 + Tf (3 - Tc 12)$
 $Tc \text{ Max } F4 + Tf (4 - Tc 12)$ } TC 12
 $Tc 11 + Tf (Tc 11 - Tc 12)$



Gambar 4. 3 Skema Jaringan Saluran Sekunder Sungai Kendal

Selanjutnya hasil perhitungan T_c Max Saluran Sekunder Sungai Kendal dapat dilihat pada Tabel 4.20 **Tabel Perhitungan t_c max Saluran Sekunder Sungai Kendal**

Tabel 4. 20 Tabel Perhitungan tc max Saluran Sekunder Sungai Kendal

No	Nama Saluran	t0	tf	tc	tc max
SUNGAI KENDAL		jam	jam	jam	jam
TC 1	TC MAX B3	0.14	0.56	0.70	0.71
	TF B3-TC1		0.00145	0.00145	
TC 2	TC MAX a	0.55	0.0003	0.55	0.57
	TF (1-TC 2)		0.0125	0.0125	
	TC 1			0.71	0.72
	TF (TC 1 -TC 2)		0.0136	0.0136	
TC 3	TC MAX B1	0.25	0.63	0.88	0.88
	TC (2 - TC 3)		0.00145	0.00145	
	TC 2			0.72	0.73
	TF (TC 2 - TC 3)		0.0077	0.0077	
TC 4	TC MAX B2	0.15	0.68	0.83	0.89
	TF (4 - TC 4)		0.0634	0.0634	
	TC 3			0.88	1.76
	TF (TF 3 - TC 4)		0.5205	0.8750	
TC 5	TC MAX D2	0.14	0.45	0.59	0.59
	TF (2 - TC 5)		0.0017	0.0017	
	TC 4			1.76	3.81
	TF (TC 4 - TC 5)		2.0498	2.0498	

No	Nama Saluran	t0	tf	tc	tc max
TC 6	TC MAX D4	0.13	0.42	0.55	0.55
	TF (2 - TC 6)		0.0014	0.0014	
	TC 5			3.81	3.86
	TF (TC 5 - TC 6)		0.0500	0.0500	
TC 7	TC MAX D7	0.12	0.32	0.44	0.44
	TF (3 - TC 7)		0.0014	0.0014	
	TC 6			3.86	3.86
	TF (TC 6 - TC 7)		0.0016	0.0016	
TC 8	TC MAX D8	0.13	0.56	0.70	0.70
	TF (4 - TC 8)		0.0014	0.0014	
	TC MAX D6	0.12	0.45	0.57	0.57
	TF (5 - TC 8)		0.0014	0.0014	
	TC 7			3.86	3.90
	TF (TC 7 - TC 8)		0.0453	0.0453	
TC 9	TC MAX DPRD	0.13	0.28	0.42	1.38
	TF (1 - TC 9)		0.9623	0.9623	
	TC 8			3.90	3.91
	TF (TC 8 - TC 9)		0.0093	0.0093	

No	Nama Saluran	t0	tf	tc	tc max
TC 10	TC MAX D5	0.14	0.48	0.62	0.65
	TF (9 - TF 10)		0.0316	0.0316	
	TC 9			3.9049	4.03
	TF (TC 9 - TC 10)		0.1349	0.1349	
TC 11	TC MAX F1	0.09	0.22	0.31	0.31
	TF (2 - TC 11)		0.0014	0.0014	
	TC MAX F3	0.09	0.27	0.37	0.37
	TF (1 - TC 11)		0.0014	0.0014	
	TC 10			4.0398	4.07
	TF (TC 10 - TC 11)		0.0313	0.0313	
TC 12	TC MAX F2	0.09	0.21	0.30	0.30
	TF (3 - TC 12)		0.0014	0.0014	
	TC MAX F4	0.09	0.26	0.35	0.35
	TF (4 - TC 12)		0.0014	0.0014	
	TC 11			4.0711	4.08
	TF (TC 11 - TC 12)		0.0116	0.01165	

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.11 Koefisien Pengaliran (C)

Perhitungan koefisien pengaliran berdasarkan luas daerah tangkapan hujan dan tata guna lahan wilayah tersebut. Untuk nilai koefisien pengaliran (C) yang diambil untuk beberapa tata guna lahan yang ditinjau sebagai berikut :

Jenis Daerah	Koefisien Aliran	Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran
Daerah Perdagangan Kota Sekitar kita	0,70-0,95 0,50-0,70	Jalan Aspal Aspal dan beton Batu bata dan batako	0,75-0,95 0,70-0,85
Daerah Pemukiman Satu rumah	0,30-0,50	Atap Rumah	0,70-0,95
Banyak Rumah, terpisah	0,40-0,60	Halaman berumput, tanah pasir	0,05-0,10
Banyak Rumah, rapat	0,60-0,75	Datar, 2%	0,10-0,15
Pemukiman, pinggiran Kota	0,25-0,40	Rata-rata, 2-7 %	0,15-0,20
Apartemen	0,50-0,70	Curam, 7 % atau lebih	
Daerah Industri		Halaman berumput, tanah pasir padat	
Ringan	0,50-0,80	Datar, 2 %	0,13-0,17
Padat	0,60-0,90	Rata-Rata, 2-7 %	0,18-0,22
Lapangan, kuburan dan sejenisnya	0,10-0,25	Curam, 7 % atau lebih	0,25-0,35
Halaman, jalan kereta api dan sejenisnya	0,20-0,35		
Lahan tidak terpelihara	0,10-0,30		

Sumber: Schwab, et.al 1981, arsyad 2006

Berikut adalah contoh perhitungan koefisien pengaliran eksisting pada Saluran Blok A

Diketahui :

Luas total sub DAS (A) = 0.0558 km², terdiri dari:

Pemukiman = 0.0526 km²; C= 0.60

Fasilitas Umum = 0.0032 km²; C=0.25

Maka, dapat dihitung Koefisien Pengaliran Gabungan (Cgab):

$$C_{gabungan} = \sum \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$C_{gabungan} = \sum \frac{0.0132 + 0.0023 + 0.0090 + 0.0146}{0.0188 + 0.0032 + 0.0129 + 0.0208}$$

$$C_{gabungan} = 0.6942$$

Tabel 4. 21 Tabel Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

No	Nama Sub Das	Tata Guna Lahan	C	Luas Lahan	C Xa	C Gab	
1	Sal. Blok B Petak B3	Daerah Pemukiman	0.7	0.0097	0.0068	0.6942	
2	Tc 1	Daerah Pemukiman	0.7	0.0097	0.0068		
3	Sal. Blok A Petak D	Daerah Pemukiman	0.7	0.0188	0.0132		
4	Sal. Blok A Petak C	Daerah Pemukiman	0.7	0.0032	0.0023		
5	Sal. Blok A Petak B	Daerah Pemukiman	0.6	0.0129	0.0090		
6	Sal. Blok A Petak A	Daerah Pemukiman	0.7	0.0208	0.0146		
7	Tc 2	Daerah Pemukiman	6	0.0655	0.3932		6.0000
8	Sal. Blok B Petak B1	Daerah Pemukiman	0.7	0.0086	0.0060		0.7000
9	Tc 3	Daerah Pemukiman	0.7	0.0742	0.0519		0.7000
10	Sal. Blok B Petak B4	Daerah Pemukiman	0.7	0.0104	0.0073		0.7000
11	Sal. Blok B Petak B2	Daerah Pemukiman	0.7	0.0086	0.0060		

No	Nama Sub Das	Tata Guna Lahan	C	Luas Lahan	C Xa	C Gab
12	Tc 4	Daerah Pemukiman	0.7	0.0932	0.0652	0.7000
13	Sal. Blok D Petak D2	Daerah Pemukiman	0.7	0.0109	0.0076	0.7000
14	Tc 5	Daerah Pemukiman	0.7	0.1040	0.0728	0.7000
15	Sal. Blok D Petak D4	Daerah Pemukiman	0.7	0.0109	0.0076	0.7000
16	Tc 6	Daerah Pemukiman	0.7	0.1149	0.0804	0.7000
17	Sal. Blok D Petak D78	Daerah Pemukiman	0.7	0.0117	0.0082	0.7000
18	Tc 7	Daerah Pemukiman	0.7	0.1266	0.0886	0.7000
19	Sal. Blok D Petak D6	Daerah Pemukiman	0.7	0.0113	0.0079	0.7000
20	Tc 8	Daerah Pemukiman	0.7	0.1379	0.0965	0.7000
21	Sal. Blok D Petak D1	Daerah Pemukiman	0.7	0.0109	0.0076	
22	Sal. Blok D Petak D3	Daerah Pemukiman	0.7	0.0109	0.0076	0.7000
23	Sal. Blok D Petak D5	Daerah Pemukiman	0.7	0.0113	0.0079	
24	Tc 9	Daerah Pemukiman	0.7	0.1709	0.1196	0.7000
25	Sal. Blok C Petak C0	Daerah Pemukiman	0.7	0.0039	0.0027	
26	Sal. Blok C Petak C1	Daerah Pemukiman	0.7	0.0104	0.0073	0.6736
27	Sal. Blok C Petak C2	Daerah Pemukiman	0.7	0.0079	0.0055	

No	Nama Sub Das	Tata Guna Lahan	C	Luas Lahan	C Xa	C Gab
28	Sal. Blok C Petak C3	Daerah Pemukiman	0.7	0.0113	0.0079	
29	Sal. Blok C Petak C4	Daerah Pemukiman	0.7	0.0100	0.0070	
30	Sal. Blok C Petak C5	Daerah Pemukiman	0.7	0.0080	0.0056	
31	Sal. Blok C Petak C11	Daerah Pemukiman	0.7	0.0095	0.0066	
32	Sal. Blok C Petak C12	Daerah Pemukiman	0.7	0.0063	0.0044	
33	Sal. Blok C Petak C7	Daerah Pemukiman	0.7	0.0077	0.0054	
34	Sal. Blok C Petak C8	Daerah Pemukiman	0.7	0.0049	0.0034	
35	Sal. Blok C Petak C9	Daerah Pemukiman	0.7	0.0093	0.0065	
36	Sal. Blok C Petak Dprd	Daerah Pemukiman	0.6	0.0319	0.0191	
37	Tc 10	Daerah Pemukiman	0.7	0.2918	0.2042	0.7000
38	Sal. Blok F Petak 3	Daerah Pemukiman	0.6	0.0085	0.0051	0.6000
39	Sal. Blok F Petak 1	Daerah Pemukiman	0.6	0.0066	0.0040	
40	Tc 11	Daerah Pemukiman	0.6	0.3070	0.1842	0.6000
41	Sal. Blok F Petak 4	Daerah Pemukiman	0.6	0.0080	0.0048	0.6000
42	Sal. Blok F Petak 2	Daerah Pemukiman	0.6	0.0080	0.0048	
43	Tc 12	Daerah Pemukiman	0.6	0.3229	0.1938	0.6000

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.12 Analisa Intensitas Hujan

Besarnya Intensitas Hujan berbeda-beda. Waktu curah hujan sangat mempengaruhi besar kecilnya intensitas hujan. Untuk menghitung intensitas hujan dapat menggunakan rumus dari Dr.Mononobe sebagai berikut:

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

Keterangan:

I = Intensitas hujan (*mm/jam*)

R24 = Curah hujan harian rata-rata pada periode ulang tertentu (mm)

- Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 2 tahun

Intensitas hujan ulang 2 tahun digunakan untuk mengetahui debit rencana 2 tahun. Dengan menggunakan Curah hujan harian rata-rata maksimum periode ulang 2 tahun metode Long-Pearson Type III untuk mendesign saluran tersier drainase perkotaan. Berikut contoh perhitungan intensitas hujan periode 2 tahun di saluran tersier Saluran Blok D5 sebagai berikut :

$$I_2 = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I_2 = \frac{94.63}{24} x \left(\frac{24}{0.77} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I_2 = 39.05$$

Selanjutnya perhitungan intensitas Hujan Periode Ulang 2 Tahun Dapat Dilihat Pada Tabel 4.28 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q2 untuk saluran tersier.

Tabel 4. 22 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q2 untuk saluran tersier

No	Nama Saluran	R24	tc	I
1	Sal. Blok A Petak a	94.63	0.55	48.60
2	Sal. Blok A Petak b	94.63	0.55	48.60
3	Sal. Blok A Petak c	94.63	0.54	49.57
4	Sal. Blok A Petak d	94.63	0.54	49.57
5	Sal. Blok B Petak B1	94.63	0.88	35.68
6	Sal. Blok B Petak B2	94.63	0.89	35.46
7	Sal. Blok B Petak B3	94.63	0.70	41.46
8	Sal. Blok B Petak B4	94.63	0.83	37.15
9	Sal. Blok C Petak C0	94.63	0.41	59.43
10	Sal. Blok C Petak C1	94.63	0.37	63.18
11	Sal. Blok C Petak C2	94.63	0.37	63.18
12	Sal. Blok C Petak C3	94.63	0.53	50.38
13	Sal. Blok C Petak C4	94.63	0.53	50.38
14	Sal. Blok C Petak C5	94.63	0.53	50.38
16	Sal. Blok C Petak C7	94.63	0.44	56.76
17	Sal. Blok C Petak C8	94.63	0.36	65.19
18	Sal. Blok C Petak C9	94.63	0.48	53.56
19	Sal. Blok C Petak CL1	94.63	0.41	59.41
20	Sal. Blok C Petak CL2	94.63	0.44	56.74
21	Sal. Blok C Petak DPRD	94.63	0.42	58.54

No	Nama Saluran	R24	tc	I
22	Sal. Blok D Petak D1	94.63	0.61	45.77
23	Sal. Blok D Petak D2	94.63	0.59	46.78
24	Sal. Blok D Petak D3	94.63	0.61	45.77
25	Sal. Blok D Petak D4	94.63	0.55	48.82
26	Sal. Blok D Petak D5	94.63	0.62	45.17
27	Sal. Blok D Petak D6	94.63	0.57	47.99
28	Sal. Blok D Petak D78	94.63	0.70	41.63
29	Sal. Blok F Petak 1	94.63	0.31	71.08
30	Sal. Blok F Petak 2	94.63	0.30	73.46
31	Sal. Blok F Petak 3	94.63	0.37	63.74
32	Sal. Blok F Petak 4	94.63	0.35	66.50

Sumber : Hasil Perhitungan

- Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 5 tahun

Intensitas hujan ulang 5 tahun digunakan untuk mengetahui debit rencana 5 tahun. Dengan menggunakan Curah hujan harian rata-rata maksimum periode ulang 5 tahun metode Long-Pearson Type III untuk mendesign saluran tersier drainase perkotaan. Berikut contoh perhitungan intensitas hujan periode 5 tahun di saluran tersier Saluran TC 1 sebagai berikut :

$$I_5 = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I_5 = \frac{108.24}{24} x \left(\frac{24}{0.71} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I_5 = 47.15$$

Selanjutnya perhitungan intensitas hujan periode ulang 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.29 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q5 untuk saluran sekunder

Tabel 4. 23 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q5 untuk saluran sekunder

No	Nama Saluran	R24	tc	I
1	TC 1	108.24	0.71	47.36
2	TC 2	108.24	0.72	46.76
3	TC 3	108.24	0.88	40.77
4	TC 4	108.24	1.76	25.76
5	TC 5	108.24	3.81	15.39
6	TC 6	108.24	3.86	15.26
7	TC 7	108.24	3.86	15.25
8	TC 8	108.24	3.90	15.13
9	TC 9	108.24	3.91	15.11
10	TC 10	108.24	4.04	14.79
11	TC 11	108.24	4.07	14.72
12	TC 12	108.24	4.08	14.69

Sumber : Hasil Perhitungan

- Perhitungan Intensitas Hujan Periode Ulang 10 tahun

Intensitas hujan ulang 10 tahun digunakan untuk mengetahui debit rencana 10 tahun. Dengan menggunakan Curah hujan harian rata-rata maksimum periode ulang 10 tahun metode Long-Pearson Type III untuk mendesign saluran tersier drainase

$$I_{10} = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

perkotaan. Berikut contoh perhitungan intensitas hujan periode 10 tahun di saluran tersier Saluran TC 1 sebagai berikut :

$$I_{10} = \frac{116.12}{24} x \left(\frac{24}{0.71} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I_{10} = 50.80$$

Selanjutnya perhitungan intensitas hujan periode ulang 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.30 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q10 untuk saluran sekunder

Tabel 4. 24 Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan Q10 untuk saluran sekunder

No	Nama Saluran	R24	tc	I
1	TC 1	116.12	0.71	50.80
2	TC 2	116.12	0.72	50.16
3	TC 3	116.12	0.88	43.74
4	TC 4	116.12	1.76	27.64
5	TC 5	116.12	3.81	16.51
6	TC 6	116.12	3.86	16.37
7	TC 7	116.12	3.86	16.36
8	TC 8	116.12	3.90	16.23
9	TC 9	116.12	3.91	16.21
10	TC 10	116.12	4.04	15.87
11	TC 11	116.12	4.07	15.79
12	TC 12	116.12	4.08	15.76

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3.13 Perhitungan Debit Kapasitas Saluran

Perhitungan debit kapasitas saluran dapat di hitung dari Data Curah Hujan. Diketahui penampang Saluran Trapesium. Dengan Perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4. 25 Tabel perhitungan debit untuk saluran tersier

No	Nama Saluran	A	I ₂	C	Q
		km ²	mm/jam		m ³ /dt
1	Sal. Blok B Petak B3	0.0097	41.46	0.70	0.28
2	Sal. Blok A Petak d	0.0188	49.57	0.67	0.63
3	Sal. Blok A Petak c	0.0032	49.57	0.67	0.11
4	Sal. Blok A Petak b	0.0129	48.60	0.67	0.42
5	Sal. Blok A Petak a	0.0208	48.60	0.67	0.68
6	Sal. Blok B Petak B1	0.0086	35.68	0.70	0.22
7	Sal. Blok B Petak B4	0.0104	37.15	0.70	0.27
8	Sal. Blok B Petak B2	0.0086	35.46	0.70	0.21
9	Sal. Blok D Petak D2	0.0109	46.78	0.70	0.36
10	Sal. Blok D Petak D4	0.0109	48.82	0.70	0.37
11	Sal. Blok D Petak D78	0.0117	41.63	0.70	0.34
12	Sal. Blok D Petak D6	0.0113	47.99	0.70	0.38
13	Sal. Blok D Petak D1	0.0109	45.77	0.70	0.35
14	Sal. Blok D Petak D3	0.0109	45.77	0.70	0.35

No	Nama Saluran	A	I2	C	Q
		km2	mm/jam		m3/dt
15	Sal. Blok D Petak D5	0.0113	45.17	0.70	0.36
16	Sal. Blok C Petak C0	0.0039	59.43	0.67	0.16
17	Sal. Blok C Petak C1	0.0104	63.18	0.67	0.44
18	Sal. Blok C Petak C2	0.0079	63.18	0.67	0.34
19	Sal. Blok C Petak C3	0.0113	50.38	0.67	0.38
20	Sal. Blok C Petak C4	0.0100	50.38	0.67	0.34
21	Sal. Blok C Petak C5	0.0080	50.38	0.67	0.27
22	Sal. Blok C Petak CL1	0.0095	59.41	0.67	0.38
23	Sal. Blok C Petak CL2	0.0063	56.74	0.67	0.24
24	Sal. Blok C Petak C7	0.0077	56.76	0.67	0.30
25	Sal. Blok C Petak C8	0.0049	65.19	0.67	0.21
26	Sal. Blok C Petak C9	0.0093	53.56	0.67	0.34
27	Sal. Blok C Petak DPRD	0.0319	58.54	0.67	1.26
28	Sal. Blok F Petak 3	0.0085	63.74	0.60	0.33
29	Sal. Blok F Petak 1	0.0066	71.08	0.60	0.28
30	Sal. Blok F Petak 4	0.0080	66.50	0.60	0.32
31	Sal. Blok F Petak 2	0.0080	73.46	0.60	0.35
Jumlah Q2					11.25

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 26 Tabel Perhitungan Debit untuk saluran Sekunder

No	Nama Saluran	A	I5	C	Q
		km2	mm/jam		m3/dt
1	TC 1	0.0097	47.36	0.7	0.3227
2	TC 2	0.0655	46.76	6	18.3855
3	TC 3	0.0742	40.77	0.7	2.1163
4	TC 4	0.0932	25.76	0.7	1.6804
5	TC 5	0.1040	15.39	0.7	1.1208
6	TC 6	0.1149	15.26	0.7	1.2270
7	TC 7	0.1266	15.25	0.7	1.3519
8	TC 8	0.1379	15.13	0.7	1.4608
9	TC 9	0.1709	15.11	0.7	1.8073
10	TC 10	0.2918	14.79	0.7	3.0217
11	TC 11	0.3070	14.72	0.6	2.7107
12	TC 12	0.3229	14.69	0.6	2.8463
Jumlah Q5					38.0513

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 27 Tabel Perhitungan debit untuk saluran Sekunder

No	Nama Saluran	A	I10	C	Q
		km2	mm/jam		m3/dt
1	TC 1	0.0097	50.80	0.7	0.3462
2	TC 2	0.0655	50.16	6	19.7234

No	Nama Saluran	A	I10	C	Q
		km2	mm/jam		m3/dt
3	TC 3	0.0742	43.74	0.7	2.2703
4	TC 4	0.0932	27.64	0.7	1.8027
5	TC 5	0.1040	16.51	0.7	1.2023
6	TC 6	0.1149	16.37	0.7	1.3163
7	TC 7	0.1266	16.36	0.7	1.4503
8	TC 8	0.1379	16.23	0.7	1.5671
9	TC 9	0.1709	16.21	0.7	1.9389
10	TC 10	0.2918	15.87	0.7	3.2416
11	TC 11	0.3070	15.79	0.6	2.9080
12	TC 12	0.3229	15.76	0.6	3.0534
Jumlah Q10					40.8204

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika digunakan untuk perencanaan dimensi saluran drainase yang dapat menampung limpasan baik dari segi hidrolis maupun dari elevasi di lapangan. Sehingga dapat direncanakan bentuk dan dimensi saluran yang dapat digunakan untuk menampung debit rencana.

4.2.1 Perencanaan Saluran Drainase

Untuk merencanakan saluran drainase, beberapa rumus yang dipakai adalah sebagai berikut.

1. Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

1. Luas Penampang

$$A = (b + (m \times h)) h$$

2. Keliling Basah Penampang

$$P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1}$$

3. Jari – jari Hidrolis Penampang

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

Lebar Atas Penampang

$$T = b + (2 \times m \times h)$$

2. Kecepatan Aliran (v)

Untuk menghitung kecepatan aliran untuk perencanaan kapasitas saluran, digunakanlah rumus – rumus kecepatan aliran sebagai berikut .

a) Manning

Rumus Manning yang banyak digunakan pada pengaliran di saluran terbuka, juga berlaku untuk pengaliran di pipa. Rumus tersebut mempunyai bentuk:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Jari – jari hidrolis

I = Kemiringan dasar saluran

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) dapat dilihat pada Tabel 2. 28 Harga Koefisien Manning berikut:

Tabel 4. 28 Harga Koefisien Manning

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Min	Normal	Max
Beton				
1	* Gorong - gorong lurus dan bebas dari kotoran	0.010	0.011	0.013
	* Gorong - gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran / gangguan	0.011	0.013	0.014
	* Beton dipoles	0.011	0.012	0.014
	* Saluran pembuang dengan bak kontrol	0.013	0.015	0.017
Tanah, lurus dan seragam				
2	* Bersih baru	0.016	0.018	0.020
	* Bersih telah melapuk	0.018	0.022	0.025
	* Berkerikil	0.022	0.025	0.030
	* Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0.022	0.027	0.033
Saluran alam				
3	* Bersih lurus	0.025	0.030	0.033
	* Bersih, berkelok - kelok	0.033	0.040	0.045
	* Banyak tanaman pengganggu	0.050	0.070	0.080
	* Dataran banjir berumput pendek - tinggi	0.025	0.030	0.035
	* Saluran di belukar	0.035	0.050	0.070

Sumber : Suripin, 2004: 145

b) Debit Aliran (Q)

Untuk menghitung besarnya debit pada saluran, maka digunakanlah persamaan kontinuitas dengan rumusan sebagai berikut

$$Q = A \times v$$

Dimana :

A = Luas penampang saluran (m^2)

v = Kecepatan aliran (m / detik)

Q = Debit saluran (m^3 / detik)

Dari hasil survey yang sudah dilakukan, maka didapatkan dimensi saluran eksisting yang dijabarkan pada Tabel 4. 30 Tabel Dimensi Saluran Eksisting:

Tabel 4. 29 Tabel Dimensi Saluran Eksisting

No	Nama Penampang	Bentuk Saluran	Lebar Dasar b (m)	Elv Dasar	Lebar Puncak B (m)	Elv Puncak	Sedimen (m)	Elv Sedimen	H Air (m)	Elv H air
1	Potongan 2	Trapesium	4.40	-1.36	7.00	2.14	0.60	-0.76	0.90	-0.46
2	Potongan 1	Trapesium	4.40	-1.75	7.00	2.15	0.90	-0.85	1.40	-0.35
3	Potongan 3	Trapesium	4.40	-1.93	7.00	1.97	0.80	-1.13	1.50	-0.53
4	Potongan 4	Trapesium	4.40	-1.75	7.00	2.15	0.80	-0.95	1.40	-0.35
5	Potongan 5	Trapesium	4.40	-2.04	7.00	1.86	0.55	-1.49	1.40	-0.64
6	Potongan 6	Trapesium	4.40	-2.01	7.00	1.89	0.35	-1.66	1.40	-0.61
7	Potongan 7	Trapesium	3.47	-1.56	7.00	2.15	0.20	-1.36	0.60	-0.96
8	Potongan 8	Trapesium	2.98	-1.25	7.00	2.68	0.32	-0.93	1.02	-0.23
9	Potongan 9	Trapesium	4.40	-3.51	7.00	1.30	1.20	-2.31	1.80	-1.71
10	Potongan 10	Trapesium	4.40	-3.12	7.00	1.91	0.60	-2.52	1.20	-1.72
11	Potongan 11	Trapesium	4.60	-2.63	7.00	1.32	1.00	-1.63	1.65	-0.98

No	Nama Penampang	Bentuk Saluran	Lebar Dasar b (m)	Elv Dasar	Lebar Puncak B (m)	Elv Puncak	Sedimen (m)	Elv Sedimen	H Air (m)	Elv H air
12	Potongan 12	Trapesium	4.60	-2.90	7.00	1.05	1.00	-1.90	1.65	-1.25
13	Potongan 13	Trapesium	2.30	-1.87	3.10	1.18	0.50	-1.37	1.15	-0.72
14	Potongan 14	Trapesium	2.30	-2.92	3.10	0.58	0.65	-2.27	1.60	-1.32
15	Potongan 15	Trapesium	2.30	-3.12	3.10	0.58	0.65	-2.47	1.80	-1.32

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 30 Tabel Perhitungan Volume dan Kapasitas Fullbank Saluran

Nama Penampang	b dasar (m)	B puncak (m)	H (m)	m	A (m ²)	P (m)	R (m)	I	n	V (m/s)	Qfbc (m ³ /s)
Potongan 2	4.40	7.00	3.50	0.531	21.91	12.33	1.78	0.00738	0.014	9.02	197.60
Potongan 1	4.40	7.00	3.90	0.472	24.34	13.03	1.87	0.00222	0.014	5.12	124.59
Potongan 3	4.40	7.00	3.90	0.470	24.30	13.02	1.87	0.00268	0.014	5.61	136.44

Nama Penampang	b dasar (m)	B puncak (m)	H (m)	m	A (m²)	P (m)	R (m)	I	n	V (m/s)	Qfbc (m³/s)
Potongan 4	4.40	7.00	3.90	0.470	24.30	13.02	1.87	0.00317	0.014	6.11	148.52
Potongan 5	4.40	7.00	3.90	0.470	24.30	13.02	1.87	0.00040	0.014	2.16	52.56
Potongan 6	4.40	7.00	3.90	0.470	24.30	13.02	1.87	0.00445	0.014	7.24	176.03
Potongan 7	3.47	7.00	3.71	0.330	14.81	30.51	0.49	0.00552	0.014	3.27	48.43
Potongan 8	2.98	7.00	3.93	0.438	18.48	11.56	1.60	0.03786	0.014	19.03	351.73
Potongan 9	4.40	7.00	4.71	0.384	29.24	14.49	2.02	0.00750	0.014	9.90	289.44
Potongan 10	4.40	7.00	4.31	0.425	26.86	13.77	1.95	0.00513	0.014	8.00	215.00
Potongan 11	4.60	7.00	3.95	0.437	24.99	13.22	1.89	0.00211	0.014	5.03	125.66
Potongan 12	4.60	7.00	3.95	0.437	24.99	13.22	1.89	0.00919	0.014	10.49	262.09
Potongan 13	2.30	3.10	3.05	0.400	6.59	8.50	0.78	0.01966	0.014	8.44	55.63
Potongan 14	2.30	3.10	3.50	0.343	4.63	7.43	0.62	0.00732	0.014	4.45	20.59
Potongan 15	2.30	3.10	3.70	0.324	6.48	9.75	0.66	0.10470	0.014	17.58	113.90

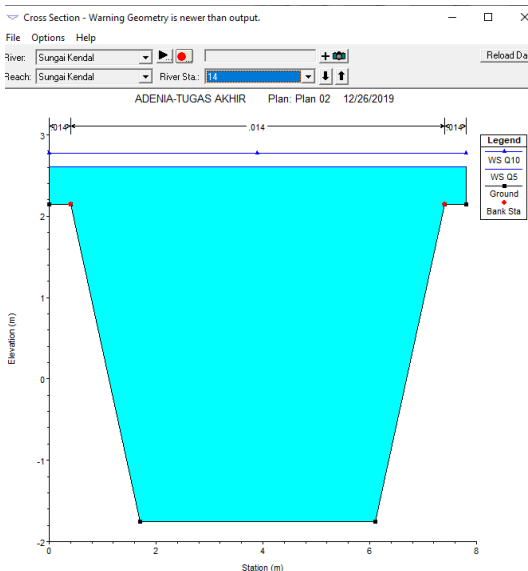
Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2 Analisa HEC-RAS

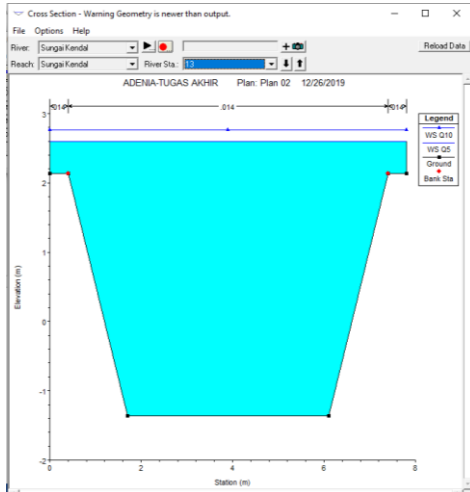
Berikut penggunaan Model HEC-RAS Pengendalian Banjir Sungai: Seperti telah dijelaskan sebelumnya, tujuan analisis hidraulika dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur dan profil muka air sungai terhadap banjir dengan suatu kala ulang tertentu, sehingga dapat diketahui tinggi muka air maksimum yang terjadi di sepanjang sungai yang ditinjau. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi:

- hitungan profil muka air aliran permanen,
- simulasi aliran tak permanen,
- hitungan transpor sedimen, dan
- hitungan kualitas air.

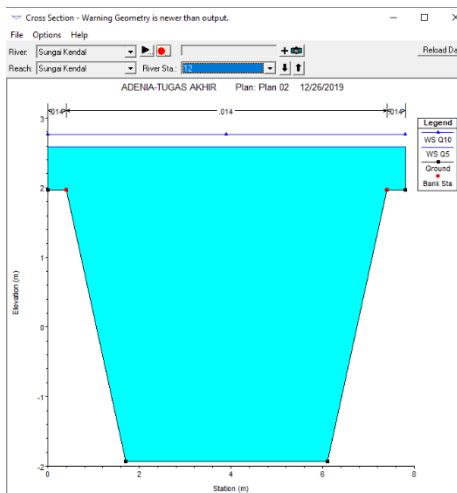
Berikut Permodelan Hec-Ras sesuai dengan Kondisi Eksisting Saluran Sungai Kendal:



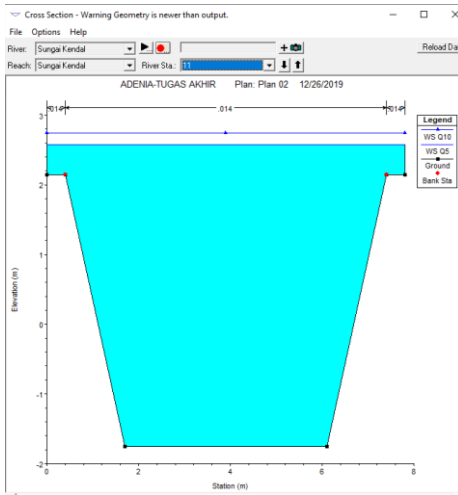
Gambar 4. 4 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 1
Sumber : Hasil Perhitungan



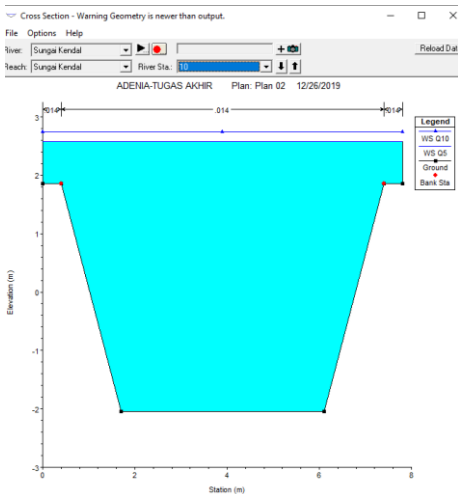
Gambar 4. 5 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 2
Sumber : Hasil Perhitungan



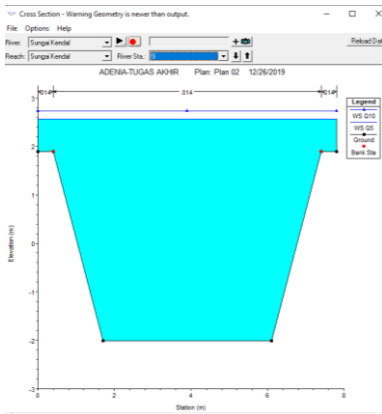
Gambar 4. 6 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 3
Sumber : Hasil Perhitungan



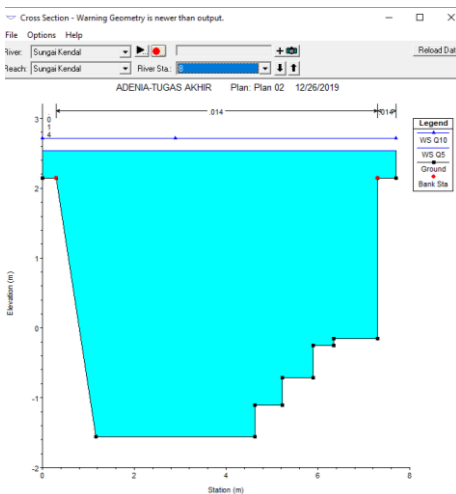
Gambar 4. 7 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 4
Sumber : Hasil Perhitungan



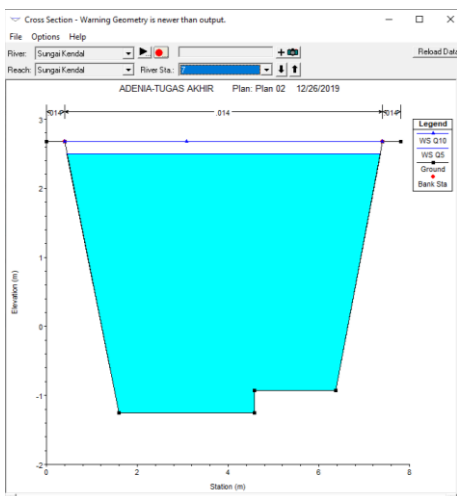
Gambar 4. 8 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 5
Sumber : Hasil Perhitungan



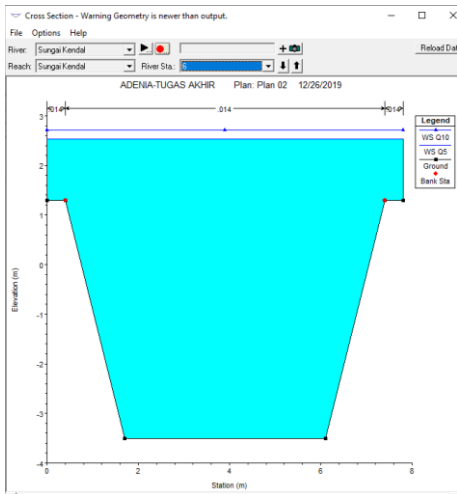
Gambar 4. 9 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 6
Sumber : Hasil Perhitungan



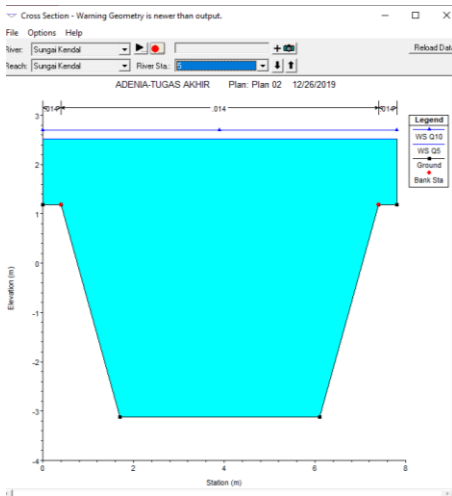
Gambar 4. 10 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 7
Sumber : Hasil Perhitungan



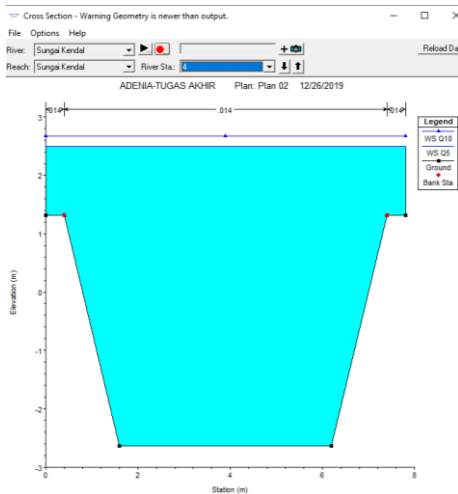
Gambar 4. 11 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 8
Sumber : Hasil Perhitungan



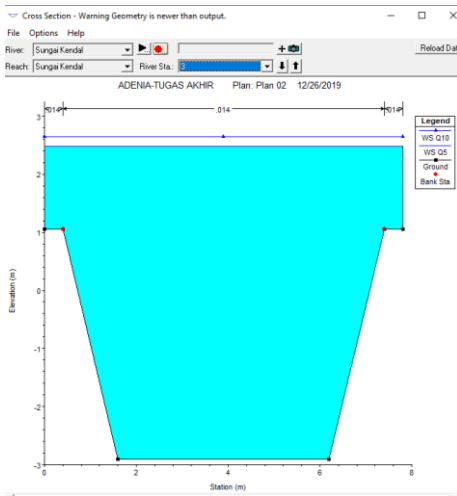
Gambar 4. 12 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 9
Sumber : Hasil Perhitungan



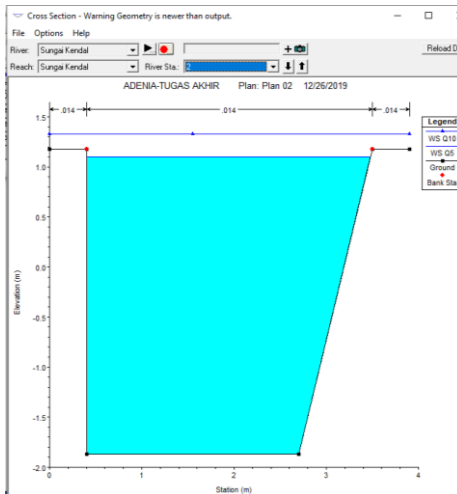
Gambar 4. 13 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 10
Sumber : Hasil Perhitungan



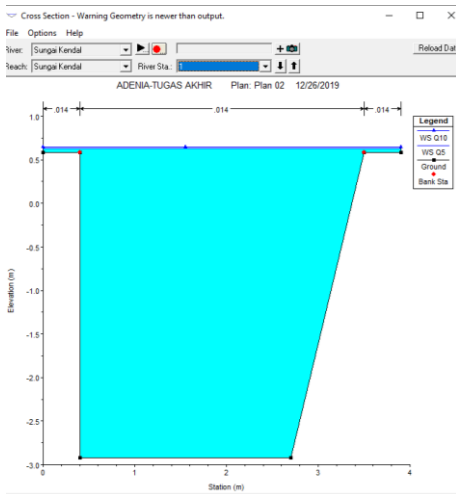
Gambar 4. 14 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 11
Sumber Hasil Perhitungan



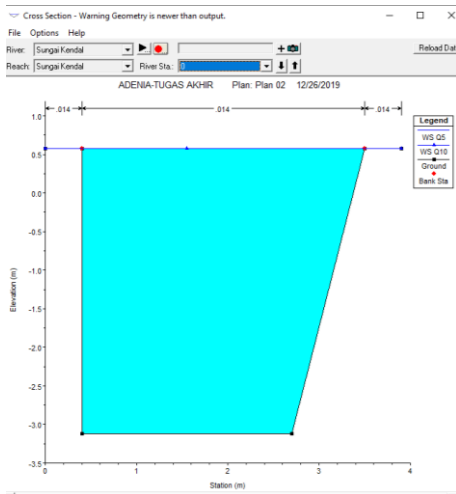
Gambar 4. 15 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 12
Sumber : Hasil Perhitungan



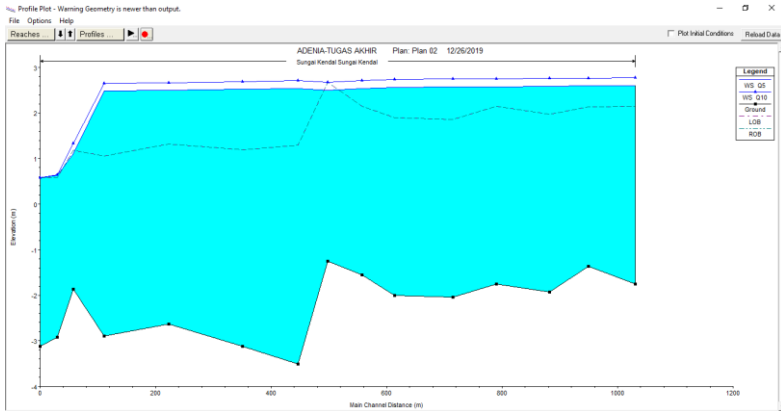
Gambar 4. 16 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 13
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 17 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 14
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 18 Gambar Design Saluran Eksisting Potongan 15
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 19 Gambar Potongan Memanjang Saluran Sungai Kendal

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3 Metode Empiris

Metode ini sama dengan metode rasional, tetapi hubungan Antara debit dan intensitas hujan diturunkan menurut persamaan sistematis. Metode empiris yang akan digunakan yaitu Unit Hidrograf Nakayasu.

Dalam perhitungan hidrograf nakayasu menggunakan perhitungan sebagai berikut:

4.3.1 Perhitungan Nakayasu Dian Istana

Rumus rata-rata curah hujan pada jam ke t:

$$Rt_t = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{t}$$

Hujan terpusat selama 4 jam

$$Rt_1 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{1} = 0.630 R_{24}$$

$$Rt_2 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{2} = 0.397 R_{24}$$

$$Rt_3 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{3} = 0.303 R_{24}$$

$$Rt_4 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{4} = 0.250 R_{24}$$

$$Rt_5 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{5} = 0.215 R_{24}$$

Tabel 4. 31 rata-rata hujan harian sampai ke-t

No.	t (jam)	Rt (mm)
1	1	0.630
2	2	0.397
3	3	0.303
4	4	0.250
5	5	0.215

Sumber: Hasil Perhitungan

Distribusi hujan

$$Rt_1 = Rt_1 \cdot 4 = 0.630 R_{24}$$

$$Rt_2 = 2Rt_2 - 1Rt_1 = 0.164 R_{24}$$

$$Rt_3 = 3Rt_3 - 2Rt_2 = 0.115 R_{24}$$

$$Rt_4 = 4Rt_4 - 3Rt_3 = 0.091 R_{24}$$

$$Rt_5 = 5Rt_5 - 4Rt_4 = 0.077 R_{24}$$

Tabel 4. 32 Tabel Rata-rata hujan pada jam ke-t

No.	t (jam)	Rt (mm)	t x Rt	(t-1) x R_(t-1) ¹⁾	R't (mm)
1	1	0.630	0.630	0	0.630
2	2	0.397	0.794	0.630	0.164
3	3	0.303	0.909	0.794	0.115
4	4	0.250	1.000	0.909	0.091
5	5	0.215	1.077	1.000	0.077

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumus Perhitungan R't :

$$R't = t x Rt - (t - 1)R_{(t-1)}$$

Tabel 4. 33 Tabel Hujan Efektif untuk Curah Hujan rencana dengan periode ulang (T) tahun metode Log Pearson Type III

Periode Ulang (T)	Curah hujan rencana (Xt) (mm)	C	Curah hujan efektif (Ref) (mm)
2	94.63	0.700	66.24
5	108.24		75.77
10	116.12		81.29
25	125.15		87.61
50	131.35		91.95
100	137.18		96.03

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumus menghitung Curah hujan efektif (Ref) :

$$Reff = C \times Xt$$

Tabel 4. 34 Tabel Perhitungan hujan rencana efektif jam-jaman

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) (%)	Curah Hujan jam-jaman (mm)					
		2th	5th	10th	25th	50th	100th
1	0.630	41.73	47.73	51.21	55.19	57.92	60.49
2	0.164	10.85	12.41	13.31	14.34	15.06	15.72
3	0.115	7.61	8.70	9.34	10.06	10.56	11.03
4	0.091	6.06	6.93	7.43	8.01	8.41	8.78
5	0.077	5.11	5.85	6.28	6.76	7.10	7.42

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumus menghitung Curah Hujan Jam-jaman:

$$\text{Hujan jam-jaman} = Rt \times Reff$$

Perhitungan Debit Banjir Metode Nakayasu Tiap DAS

Diketahui :

Panjang sungai (L)	=	1.1	km
Luas DAS (A)	=	0.54	km ²
Koefisien pengaliran	=	0.700	
Hujan Satuan (Ro)	=	1	mm
α	=	3	karena untuk daerah pengaliran biasa

1. Tenggang waktu antara hujan sampai debit puncak (t_g) dikarenakan $L < 15$, maka

$$t_g = 0,21 L^{0.7} = 0.224 \text{ jam}$$

2. Satuan waktu hujan (t_r) karena $0 < t_r < 1$, maka diasumsikan $t_r = 0.5 t_g$

$$t_r = 0.5 t_g = 0.168 \text{ jam}$$

3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$T_p = t_g + 0,8 T_r = 0.359 \text{ jam}$$

4. Penurunan debit puncak sampai 30% ($T_{0,3}$)

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g = 0.673 \text{ jam}$$

5. Debit puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6 \times (0,3 T_p + T_{0,3})} = 0.134 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

1. Untuk lengkung naik :

$$t \leq T_p$$

$$t \leq 0.36 \text{ jam}$$

2. Untuk lengkung turun I

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

$$0.36 \leq t \leq 1.03 \text{ jam}$$

3. Untuk lengkung turun II

$$T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1.5 T_{0,3}$$

$$1.03 \leq t \leq 2.04 \text{ jam}$$

4. Untuk lengkung turun III

$$t \geq T_p + T_{0,3} + 1.5 T_{0,3}$$

$$t \geq 2.04 \text{ jam}$$

Dari persamaan diatas, maka hasil waktu lengkung hidrograf setelah dimasukkan dalam persamaan hidrograf satuan nakayasu dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4. 35 Persamaan Hidrograf Satuan Nakayasu

No	Karakteristik	Notasi	Awal		Akhir	
			(jam)		(Jam)	
			Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
1	Lengkung naik	Qd0	0	0	T_p	0.359
2	Lengkung turun tahap I	Qd1	T_p	0.359	$T_p + T_{0,3}$	1.033
3	Lengkung turun tahap II	Qd2	$T_p + T_{0,3}$	1.033	$T_p + 2,5T_{0,3}$	2.043
4	Lengkung turun tahap III	Qd3	$T_p + 2,5T_{0,3}$	2.043	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 36 Tabel Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu

No	Karakteristik	Notasi	Persamaan
1	Lengkung naik	Qd0	$Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$
2	Lengkung turun tahap I	Qd1	$Q_p \times 0.3^{(t - T_p)/T_{0,3}}$
3	Lengkung turun tahap II	Qd2	$Q_p \times 0.3^{[(t - T_p) + (0.5T_{0,3})]/(1.5T_{0,3})}$

No	Karakteristik	Notasi	Persamaan
4	Lengkung turun tahap III	Qd3	$Qp \times 0.3 \times \frac{[(t - Tp) + (1.5T)]}{2T_{0.3}}$

Tabel 4. 37 Tabel Unit Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

t (Jam)	Notasi	Qt m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
0.00		0.000	
0.05		0.001	0.000030
0.10		0.006	0.000186
0.15		0.017	0.000569
0.20	Qd0	0.033	0.001238
0.25		0.056	0.002232
0.30		0.087	0.003589
0.36		0.135	0.006672
0.40		0.125	0.005202
0.45		0.114	0.005980
0.50	Qd1	0.104	0.005469
0.65		0.080	0.013830
0.70		0.073	0.003825
0.75		0.067	0.003498
0.80		0.061	0.003199
0.85		0.056	0.002925
0.90		0.051	0.002675
1.00		0.043	0.004693
1.06		0.038	0.002434
1.10		0.037	0.001512
1.15		0.035	0.001807
1.20	Qd2	0.033	0.001702
1.25		0.031	0.001604

t (Jam)	Notasi	Qt m³/detik	$\sum Q x \frac{\Delta t}{2}$
1.30		0.029	0.001511
1.35		0.028	0.001424
1.40		0.026	0.001341
1.45		0.025	0.001264
1.50		0.023	0.001191
1.55		0.022	0.001122
1.60		0.021	0.001057
1.65		0.019	0.000996
1.70		0.018	0.000938
1.75		0.017	0.000884
1.80		0.016	0.000833
1.85		0.015	0.000784
1.90		0.014	0.000739
1.95		0.014	0.000696
2.00		0.013	0.000656
2.05		0.012	0.000618
2.10		0.011	0.000582
2.15		0.011	0.000557
2.20		0.011	0.000538
2.25		0.010	0.000514
2.30		0.010	0.000492
2.35		0.009	0.000470
2.40	Qd3	0.009	0.000450
2.45		0.008	0.000430
2.50		0.008	0.000411
2.55		0.008	0.000393
2.60		0.007	0.000376
2.65		0.007	0.000360

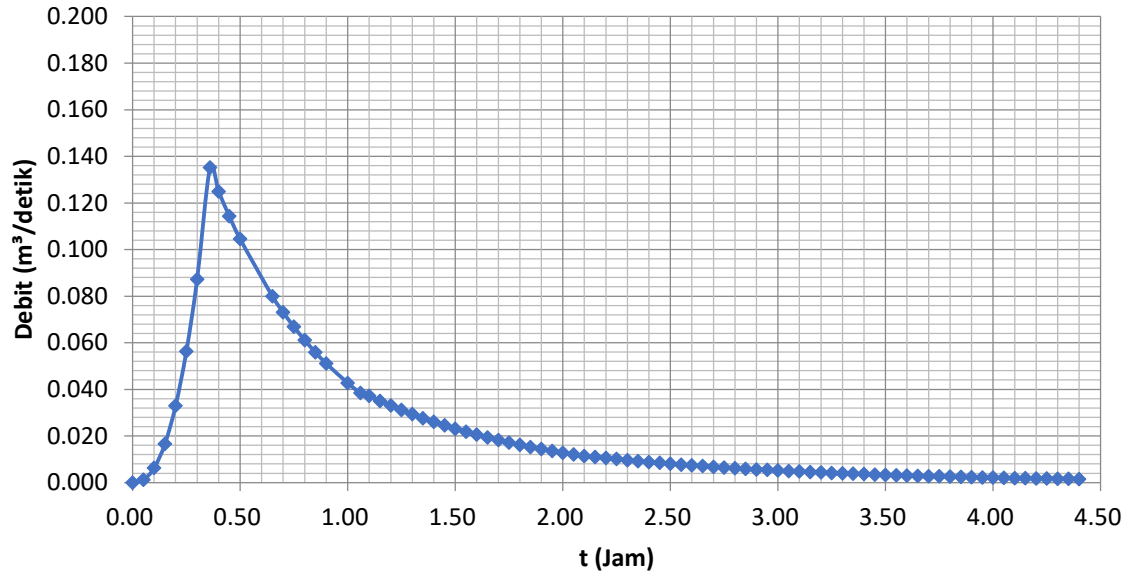
t (Jam)	Notasi	Qt m³/detik	$\sum Q x \frac{\Delta t}{2}$
2.70		0.007	0.000344
2.75		0.006	0.000329
2.80		0.006	0.000314
2.85		0.006	0.000301
2.90		0.006	0.000288
2.95		0.005	0.000275
3.00		0.005	0.000263
3.05		0.005	0.000251
3.10		0.005	0.000240
3.15		0.004	0.000230
3.20		0.004	0.000220
3.25		0.004	0.000210
3.30		0.004	0.000201
3.35		0.004	0.000192
3.40		0.004	0.000184
3.45		0.003	0.000176
3.50		0.003	0.000168
3.55		0.003	0.000161
3.60		0.003	0.000154
3.65		0.003	0.000147
3.70		0.003	0.000141
3.75		0.003	0.000135
3.80		0.003	0.000129
3.85		0.002	0.000123
3.90		0.002	0.000118
3.95		0.002	0.000112
4.00		0.002	0.000108
4.05		0.002	0.000103

t (Jam)	Notasi	Qt m³/detik	$\sum Q x \frac{\Delta t}{2}$
4.10		0.002	0.000098
4.15		0.002	0.000094
4.20		0.002	0.000090
4.25		0.002	0.000086
4.30		0.002	0.000082
4.45		0.001	0.000072
4.50		0.001	0.000069
4.55		0.001	0.000066
4.60		0.001	0.000063
4.65		0.001	0.000060
4.70		0.001	0.000058
4.75		0.001	0.000055
4.80		0.001	0.000053
4.85		0.001	0.000050
4.90		0.001	0.000048
4.95		0.001	0.000046
5.00		0.001	0.000044
5.05		0.001	0.000042
5.10		0.001	0.000040
5.15		0.001	0.000038
5.20		0.001	0.000037
5.25		0.001	0.000035
5.30		0.001	0.000034
5.35		0.001	0.000032
5.40		0.001	0.000031
5.45		0.001	0.000029
5.50		0.001	0.000028
5.55		0.001	0.000027

t (Jam)	Notasi	Qt m³/detik	$\sum Q x \frac{\Delta t}{2}$
5.60		0.001	0.000026
5.65		0.000	0.000025
5.70		0.000	0.000024
5.75		0.000	0.000023
5.80		0.000	0.000022
5.85		0.000	0.000021
5.90		0.000	0.000020
5.95		0.000	0.000019
6.00		0.000	0.000018

Sumber : Hasil Perhitungan

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu



Sumber : Perhitungan Sendiri

Tabel 4. 38 Tabel Hidrograf Banjir Q2

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
0.00	0.000	0.00					0.00
0.05	0.001	0.05					0.05
0.10	0.006	0.26					0.26
0.15	0.017	0.69					0.69
0.20	0.033	1.38					1.38
0.25	0.056	2.35					2.35
0.30	0.087	3.64					3.64
0.36	0.135	5.64					5.64
0.40	0.125	5.21					5.21
0.45	0.114	4.77					4.77
0.50	0.104	4.36					4.36
0.65	0.080	3.33					3.33
0.70	0.073	3.05					3.05
0.75	0.067	2.79					2.79
0.80	0.061	2.55					2.55
0.85	0.056	2.33					2.33
0.90	0.051	2.13					2.13
1.00	0.043	1.78	0.000				1.78
1.06	0.038	1.60	0.025				1.63

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m ³ /detik)
1.10	0.037	1.55	0.040				1.59
1.15	0.035	1.46	0.057				1.52
1.20	0.033	1.38	0.072				1.45
1.25	0.031	1.30	0.084				1.38
1.30	0.029	1.22	0.095				1.32
1.35	0.028	1.15	0.105				1.26
1.40	0.026	1.09	0.113				1.20
1.45	0.025	1.02	0.120				1.14
1.50	0.023	0.96	0.125				1.09
1.55	0.022	0.91	0.130				1.04
1.60	0.021	0.86	0.133				0.99
1.65	0.019	0.81	0.136				0.94
1.70	0.018	0.76	0.138				0.90
1.75	0.017	0.72	0.139				0.86
1.80	0.016	0.67	0.140				0.81
1.85	0.015	0.64	0.140				0.78
1.90	0.014	0.60	0.140				0.74
1.95	0.014	0.56	0.139				0.70
2.00	0.013	0.53	0.138	0.000			0.67
2.05	0.012	0.50	0.130	0.005			0.64

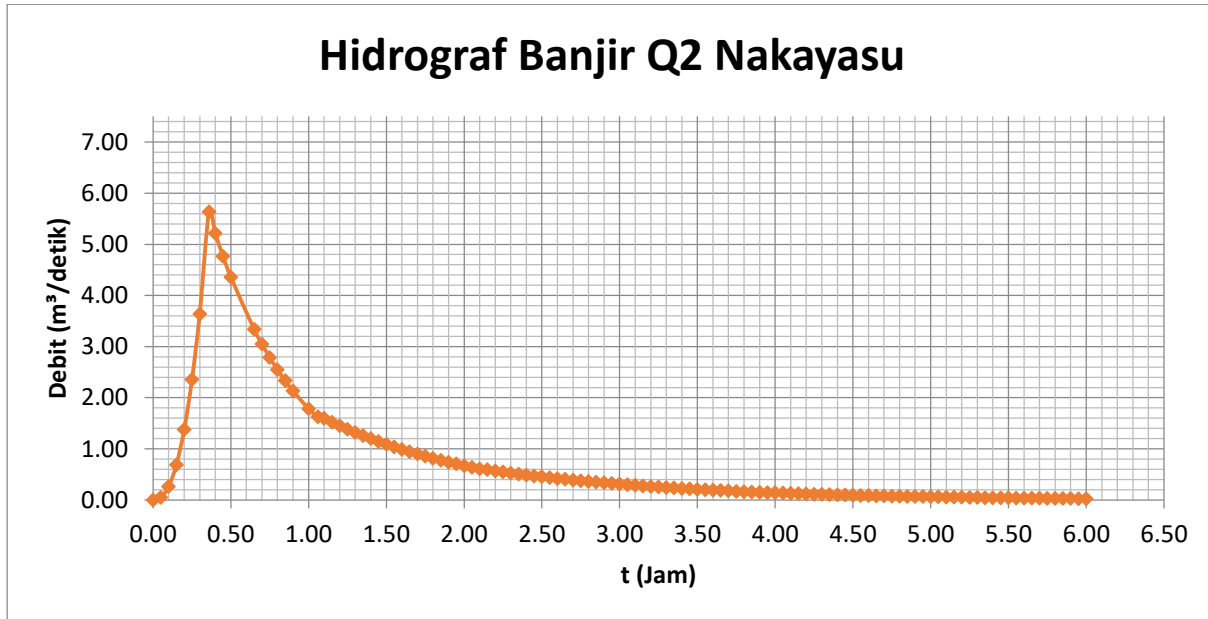
t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
2.10	0.011	0.47	0.123	0.009			0.60
2.15	0.011	0.46	0.119	0.013			0.59
2.20	0.011	0.44	0.114	0.016			0.57
2.25	0.010	0.42	0.109	0.019			0.55
2.30	0.010	0.40	0.104	0.022			0.53
2.35	0.009	0.38	0.100	0.024			0.51
2.40	0.009	0.37	0.095	0.027			0.49
2.45	0.008	0.35	0.091	0.029			0.47
2.50	0.008	0.34	0.087	0.031			0.45
2.55	0.008	0.32	0.083	0.032			0.44
2.60	0.007	0.31	0.080	0.034			0.42
2.65	0.007	0.29	0.076	0.035			0.40
2.70	0.007	0.28	0.073	0.036			0.39
2.75	0.006	0.27	0.070	0.037			0.37
2.80	0.006	0.26	0.067	0.037			0.36
2.85	0.006	0.25	0.064	0.038			0.35
2.90	0.006	0.23	0.061	0.038			0.33
2.95	0.005	0.22	0.058	0.039			0.32
3.00	0.005	0.21	0.056	0.039	0.000		0.31
3.05	0.005	0.21	0.053	0.037	0.001		0.30

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m ³ /detik)
3.10	0.005	0.20	0.051	0.036	0.003		0.29
3.15	0.004	0.19	0.049	0.034	0.004		0.27
3.20	0.004	0.18	0.047	0.033	0.005		0.26
3.25	0.004	0.17	0.045	0.031	0.006		0.25
3.30	0.004	0.16	0.043	0.030	0.007		0.24
3.35	0.004	0.16	0.041	0.029	0.008		0.23
3.40	0.004	0.15	0.039	0.027	0.009		0.23
3.45	0.003	0.14	0.037	0.026	0.009		0.22
3.50	0.003	0.14	0.036	0.025	0.010		0.21
3.55	0.003	0.13	0.034	0.024	0.010		0.20
3.60	0.003	0.13	0.033	0.023	0.011		0.19
3.65	0.003	0.12	0.031	0.022	0.011		0.18
3.70	0.003	0.11	0.030	0.021	0.012		0.18
3.75	0.003	0.11	0.029	0.020	0.012		0.17
3.80	0.003	0.10	0.027	0.019	0.012		0.16
3.85	0.002	0.10	0.026	0.018	0.012		0.16
3.90	0.002	0.10	0.025	0.017	0.013		0.15
3.95	0.002	0.09	0.024	0.017	0.013		0.15
4.00	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.000	0.14
4.05	0.002	0.08	0.022	0.015	0.012	0.001	0.13

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
4.10	0.002	0.08	0.021	0.015	0.012	0.001	0.13
4.15	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.001	0.12
4.20	0.002	0.07	0.019	0.013	0.011	0.002	0.12
4.25	0.002	0.07	0.018	0.013	0.010	0.002	0.11
4.30	0.002	0.07	0.017	0.012	0.010	0.002	0.11
4.35	0.002	0.06	0.017	0.012	0.009	0.003	0.10
4.40	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.003	0.10
4.45	0.001	0.06	0.015	0.011	0.009	0.003	0.10
4.50	0.001	0.06	0.015	0.010	0.008	0.003	0.09
4.55	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.004	0.09
4.60	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.004	0.09
4.65	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.004	0.08
4.70	0.001	0.05	0.012	0.009	0.007	0.004	0.08
4.75	0.001	0.04	0.012	0.008	0.007	0.004	0.08
4.80	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.004	0.07
4.85	0.001	0.04	0.011	0.007	0.006	0.004	0.07
4.90	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.004	0.07
4.95	0.001	0.04	0.010	0.007	0.005	0.004	0.06
5.00	0.001	0.04	0.009	0.007	0.005	0.004	0.06
5.05	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
5.10	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
5.15	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.05
5.20	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
5.25	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.004	0.05
5.30	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
5.35	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
5.40	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
5.45	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.50	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.55	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.60	0.001	0.02	0.005	0.004	0.003	0.003	0.04
5.65	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.002	0.03
5.70	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.002	0.03
5.75	0.000	0.02	0.005	0.003	0.003	0.002	0.03
5.80	0.000	0.02	0.005	0.003	0.003	0.002	0.03
5.85	0.000	0.02	0.004	0.003	0.002	0.002	0.03
5.90	0.000	0.02	0.004	0.003	0.002	0.002	0.03
5.95	0.000	0.02	0.004	0.003	0.002	0.002	0.03
6.00	0.000	0.01	0.004	0.003	0.002	0.002	0.03

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 39 Tabel Hidrograf Banjir Q5

t	Q5	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
0.00	0.000	0.00					0.00
0.05	0.001	0.06					0.06
0.10	0.006	0.30					0.30
0.15	0.017	0.79					0.79
0.20	0.033	1.57					1.57
0.25	0.056	2.69					2.69
0.30	0.087	4.16					4.16
0.36	0.135	6.45					6.45
0.40	0.125	5.96					5.96
0.45	0.114	5.45					5.45
0.50	0.104	4.99					4.99
0.65	0.080	3.81					3.81
0.70	0.073	3.49					3.49
0.75	0.067	3.19					3.19
0.80	0.061	2.92					2.92
0.85	0.056	2.67					2.67
0.90	0.051	2.44					2.44
1.00	0.043	2.04	0.000				2.04
1.06	0.038	1.83	0.029				1.86

t	Q5	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
1.10	0.037	1.78	0.046				1.82
1.15	0.035	1.67	0.065				1.74
1.20	0.033	1.58	0.082				1.66
1.25	0.031	1.49	0.097				1.58
1.30	0.029	1.40	0.109				1.51
1.35	0.028	1.32	0.120				1.44
1.40	0.026	1.24	0.129				1.37
1.45	0.025	1.17	0.137				1.31
1.50	0.023	1.10	0.143				1.25
1.55	0.022	1.04	0.149				1.19
1.60	0.021	0.98	0.153				1.13
1.65	0.019	0.92	0.156				1.08
1.70	0.018	0.87	0.158				1.03
1.75	0.017	0.82	0.160				0.98
1.80	0.016	0.77	0.160				0.93
1.85	0.015	0.73	0.161				0.89
1.90	0.014	0.68	0.160				0.84
1.95	0.014	0.64	0.159				0.80
2.00	0.013	0.61	0.158	0.000			0.77
2.05	0.012	0.57	0.149	0.005			0.73

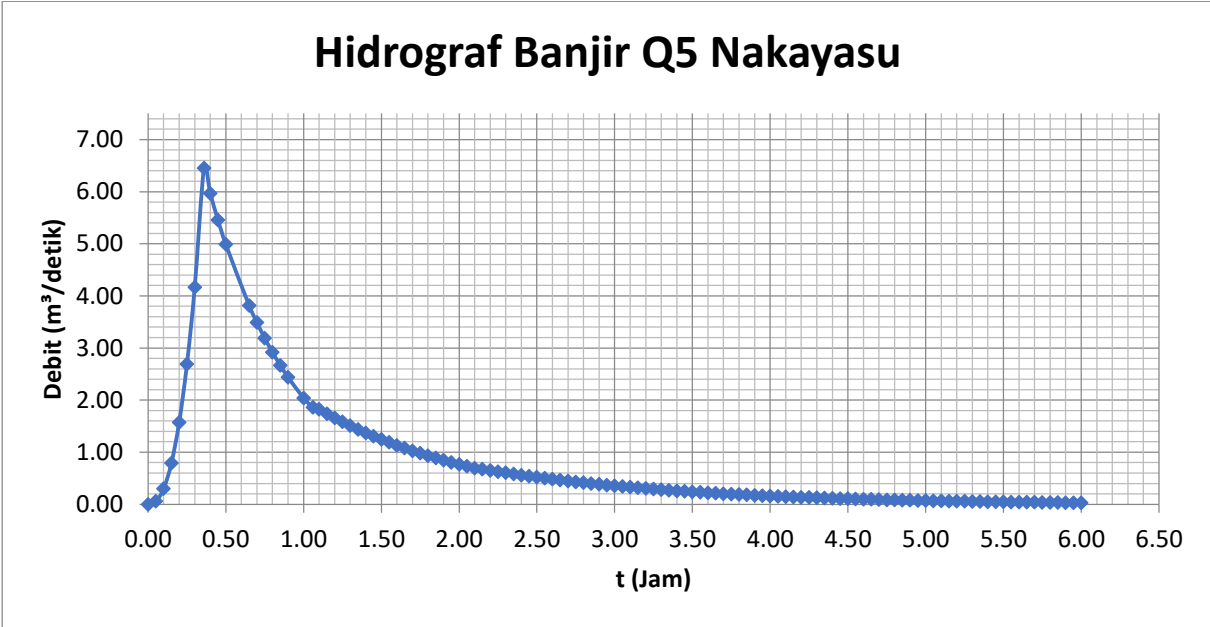
t	Q5	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
2.10	0.011	0.54	0.140	0.010			0.69
2.15	0.011	0.52	0.136	0.014			0.68
2.20	0.011	0.50	0.130	0.018			0.65
2.25	0.010	0.48	0.125	0.022			0.63
2.30	0.010	0.46	0.119	0.025			0.60
2.35	0.009	0.44	0.114	0.028			0.58
2.40	0.009	0.42	0.109	0.031			0.56
2.45	0.008	0.40	0.104	0.033			0.54
2.50	0.008	0.38	0.100	0.035			0.52
2.55	0.008	0.37	0.095	0.037			0.50
2.60	0.007	0.35	0.091	0.038			0.48
2.65	0.007	0.34	0.087	0.040			0.46
2.70	0.007	0.32	0.083	0.041			0.45
2.75	0.006	0.31	0.080	0.042			0.43
2.80	0.006	0.29	0.076	0.043			0.41
2.85	0.006	0.28	0.073	0.043			0.40
2.90	0.006	0.27	0.070	0.044			0.38
2.95	0.005	0.26	0.067	0.044			0.37
3.00	0.005	0.25	0.064	0.045	0.000		0.35
3.05	0.005	0.23	0.061	0.043	0.002		0.34

t	Q5	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
3.10	0.005	0.22	0.058	0.041	0.003		0.33
3.15	0.004	0.21	0.056	0.039	0.005		0.31
3.20	0.004	0.21	0.053	0.037	0.006		0.30
3.25	0.004	0.20	0.051	0.036	0.007		0.29
3.30	0.004	0.19	0.049	0.034	0.008		0.28
3.35	0.004	0.18	0.047	0.033	0.009		0.27
3.40	0.004	0.17	0.045	0.031	0.010		0.26
3.45	0.003	0.16	0.043	0.030	0.011		0.25
3.50	0.003	0.16	0.041	0.029	0.011		0.24
3.55	0.003	0.15	0.039	0.027	0.012		0.23
3.60	0.003	0.14	0.037	0.026	0.013		0.22
3.65	0.003	0.14	0.036	0.025	0.013		0.21
3.70	0.003	0.13	0.034	0.024	0.013		0.20
3.75	0.003	0.13	0.033	0.023	0.014		0.19
3.80	0.003	0.12	0.031	0.022	0.014		0.19
3.85	0.002	0.11	0.030	0.021	0.014		0.18
3.90	0.002	0.11	0.029	0.020	0.014		0.17
3.95	0.002	0.10	0.027	0.019	0.014		0.17
4.00	0.002	0.10	0.026	0.018	0.015	0.000	0.16
4.05	0.002	0.10	0.025	0.018	0.014	0.001	0.15

t	Q5	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
4.10	0.002	0.09	0.024	0.017	0.013	0.001	0.15
4.15	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.002	0.14
4.20	0.002	0.08	0.022	0.015	0.012	0.002	0.14
4.25	0.002	0.08	0.021	0.015	0.012	0.002	0.13
4.30	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.003	0.12
4.35	0.002	0.07	0.019	0.013	0.011	0.003	0.12
4.40	0.001	0.07	0.018	0.013	0.010	0.003	0.11
4.45	0.001	0.07	0.017	0.012	0.010	0.004	0.11
4.50	0.001	0.06	0.017	0.012	0.009	0.004	0.11
4.55	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.004	0.10
4.60	0.001	0.06	0.015	0.011	0.009	0.004	0.10
4.65	0.001	0.06	0.015	0.010	0.008	0.004	0.09
4.70	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.005	0.09
4.75	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.005	0.09
4.80	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.005	0.08
4.85	0.001	0.05	0.012	0.009	0.007	0.005	0.08
4.90	0.001	0.04	0.012	0.008	0.007	0.005	0.08
4.95	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
5.00	0.001	0.04	0.011	0.007	0.006	0.005	0.07
5.05	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07

t	Q5	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
5.10	0.001	0.04	0.010	0.007	0.005	0.005	0.06
5.15	0.001	0.04	0.009	0.007	0.005	0.004	0.06
5.20	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
5.25	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
5.30	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.05
5.35	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
5.40	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.004	0.05
5.45	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
5.50	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
5.55	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
5.60	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.65	0.000	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.70	0.000	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.75	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.003	0.04
5.80	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.002	0.03
5.85	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.002	0.03
5.90	0.000	0.02	0.005	0.003	0.003	0.002	0.03
5.95	0.000	0.02	0.005	0.003	0.003	0.002	0.03
6.00	0.000	0.02	0.004	0.003	0.002	0.002	0.03

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 40 Tabel Hidrograf Banjir Q10

t	Q10	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
0.00	0.000	0.00					0.00
0.05	0.001	0.06					0.06
0.10	0.006	0.32					0.32
0.15	0.017	0.85					0.85
0.20	0.033	1.69					1.69
0.25	0.056	2.88					2.88
0.30	0.087	4.47					4.47
0.36	0.135	6.92					6.92
0.40	0.125	6.40					6.40
0.45	0.114	5.85					5.85
0.50	0.104	5.35					5.35
0.65	0.080	4.09					4.09
0.70	0.073	3.74					3.74
0.75	0.067	3.42					3.42
0.80	0.061	3.13					3.13
0.85	0.056	2.86					2.86
0.90	0.051	2.62					2.62
1.00	0.043	2.19	0.000				2.19
1.06	0.038	1.97	0.031				2.00

t	Q10	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m ³ /detik)
1.10	0.037	1.91	0.050				1.95
1.15	0.035	1.80	0.070				1.87
1.20	0.033	1.69	0.088				1.78
1.25	0.031	1.59	0.104				1.70
1.30	0.029	1.50	0.117				1.62
1.35	0.028	1.41	0.129				1.54
1.40	0.026	1.33	0.139				1.47
1.45	0.025	1.26	0.147				1.40
1.50	0.023	1.18	0.154				1.34
1.55	0.022	1.11	0.159				1.27
1.60	0.021	1.05	0.164				1.21
1.65	0.019	0.99	0.167				1.16
1.70	0.018	0.93	0.170				1.10
1.75	0.017	0.88	0.171				1.05
1.80	0.016	0.83	0.172				1.00
1.85	0.015	0.78	0.172				0.95
1.90	0.014	0.73	0.172				0.91
1.95	0.014	0.69	0.171				0.86
2.00	0.013	0.65	0.169	0.000			0.82
2.05	0.012	0.61	0.160	0.006			0.78

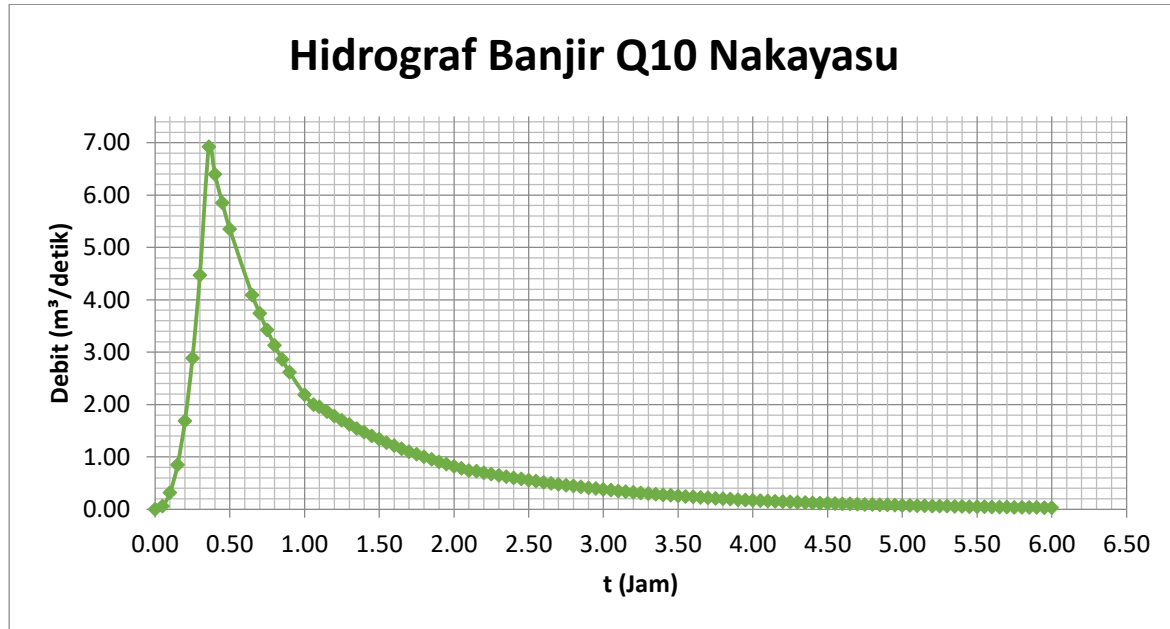
t	Q10	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m ³ /detik)
2.10	0.011	0.58	0.150	0.011			0.74
2.15	0.011	0.56	0.146	0.015			0.72
2.20	0.011	0.54	0.140	0.020			0.70
2.25	0.010	0.51	0.134	0.023			0.67
2.30	0.010	0.49	0.128	0.027			0.65
2.35	0.009	0.47	0.122	0.030			0.62
2.40	0.009	0.45	0.117	0.033			0.60
2.45	0.008	0.43	0.112	0.035			0.58
2.50	0.008	0.41	0.107	0.038			0.56
2.55	0.008	0.39	0.102	0.039			0.54
2.60	0.007	0.38	0.098	0.041			0.52
2.65	0.007	0.36	0.094	0.043			0.50
2.70	0.007	0.34	0.089	0.044			0.48
2.75	0.006	0.33	0.086	0.045			0.46
2.80	0.006	0.31	0.082	0.046			0.44
2.85	0.006	0.30	0.078	0.047			0.43
2.90	0.006	0.29	0.075	0.047			0.41
2.95	0.005	0.28	0.072	0.048			0.39
3.00	0.005	0.26	0.068	0.048	0.000		0.38
3.05	0.005	0.25	0.065	0.046	0.002		0.36

t	Q10	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m ³ /detik)
3.10	0.005	0.24	0.063	0.044	0.003		0.35
3.15	0.004	0.23	0.060	0.042	0.005		0.34
3.20	0.004	0.22	0.057	0.040	0.006		0.32
3.25	0.004	0.21	0.055	0.038	0.008		0.31
3.30	0.004	0.20	0.052	0.037	0.009		0.30
3.35	0.004	0.19	0.050	0.035	0.010		0.29
3.40	0.004	0.18	0.048	0.034	0.011		0.28
3.45	0.003	0.18	0.046	0.032	0.012		0.27
3.50	0.003	0.17	0.044	0.031	0.012		0.26
3.55	0.003	0.16	0.042	0.029	0.013		0.25
3.60	0.003	0.15	0.040	0.028	0.013		0.24
3.65	0.003	0.15	0.038	0.027	0.014		0.23
3.70	0.003	0.14	0.037	0.026	0.014		0.22
3.75	0.003	0.13	0.035	0.025	0.015		0.21
3.80	0.003	0.13	0.033	0.023	0.015		0.20
3.85	0.002	0.12	0.032	0.022	0.015		0.19
3.90	0.002	0.12	0.031	0.021	0.015		0.19
3.95	0.002	0.11	0.029	0.021	0.016		0.18
4.00	0.002	0.11	0.028	0.020	0.016	0.000	0.17
4.05	0.002	0.10	0.027	0.019	0.015	0.001	0.16

t	Q10	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m ³ /detik)
4.10	0.002	0.10	0.026	0.018	0.014	0.001	0.16
4.15	0.002	0.09	0.024	0.017	0.014	0.002	0.15
4.20	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.002	0.15
4.25	0.002	0.09	0.022	0.016	0.013	0.003	0.14
4.30	0.002	0.08	0.021	0.015	0.012	0.003	0.13
4.35	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.003	0.13
4.40	0.001	0.08	0.020	0.014	0.011	0.004	0.12
4.45	0.001	0.07	0.019	0.013	0.010	0.004	0.12
4.50	0.001	0.07	0.018	0.013	0.010	0.004	0.11
4.55	0.001	0.07	0.017	0.012	0.010	0.004	0.11
4.60	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.005	0.10
4.65	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.005	0.10
4.70	0.001	0.06	0.015	0.011	0.008	0.005	0.10
4.75	0.001	0.06	0.014	0.010	0.008	0.005	0.09
4.80	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.005	0.09
4.85	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.005	0.09
4.90	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.005	0.08
4.95	0.001	0.05	0.012	0.008	0.007	0.005	0.08
5.00	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.08
5.05	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07

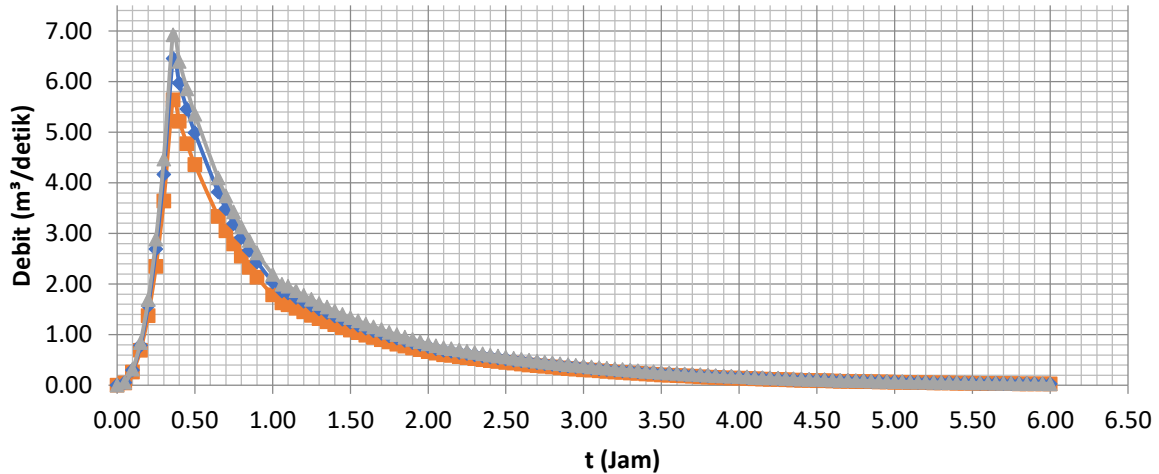
t	Q10	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m ³ /detik)
5.10	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07
5.15	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07
5.20	0.001	0.04	0.010	0.007	0.005	0.005	0.06
5.25	0.001	0.04	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
5.30	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
5.35	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.06
5.40	0.001	0.03	0.008	0.006	0.004	0.004	0.05
5.45	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
5.50	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
5.55	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
5.60	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
5.65	0.000	0.02	0.006	0.004	0.004	0.003	0.04
5.70	0.000	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.75	0.000	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.80	0.000	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
5.85	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.003	0.04
5.90	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.002	0.03
5.95	0.000	0.02	0.005	0.003	0.003	0.002	0.03
6.00	0.000	0.02	0.005	0.003	0.003	0.002	0.03

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan

Hidrograf Banjir Q2, Q5, Q10 Nakayasu



Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Menggunakan Nakayasu merupakan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Dari Tabel dan grafik yang sudah dihitung, didapatkan Tabel 4.39 Hasil Perhitungan Curah Hujan Nakayasu:

Tabel 4. 41 Tabel Hasil Perhitungan Curah Hujan Nakayasu

No	Hujan ke-	Curah Hujan jam-jaman (mm)		
		Q2	Q5	Q10
1	1	41.73	47.73	51.21
2	2	10.85	12.41	13.31
3	3	7.61	8.70	9.34
4	4	6.06	6.93	7.43
5	5	5.11	5.85	6.28
	Qp	5.64	6.45	6.92
	Jumlah Volume	106.0	121.3	0.2
	Jumlah Volume Kumulatif	211.8	242.3	0.4

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.2 Menghitung Debit tambahan dari Saluran Perumahan Bukit Golf & Graha Family menggunakan metode Nakayasu

Rumus rata-rata curah hujan pada jam ke t:

$$Rt_t = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{t}$$

Hujan terpusat selama 4 jam

$$Rt_1 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{1} = 0.630 R_{24}$$

$$Rt_2 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{2} = 0.397 R_{24}$$

$$Rt_3 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{3} = 0.303 R_{24}$$

$$Rt_4 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{4} = 0.250 R_{24}$$

$$Rt_5 = \frac{R_{24}}{4} \times \frac{4^{\frac{2}{3}}}{5} = 0.215 R_{24}$$

Tabel 4. 42 Tabel rata-rata hujan harian sampai ke- t

No.	t (jam)	Rt (mm)
1	1	0.630
2	2	0.397
3	3	0.303
4	4	0.250
5	5	0.215

Sumber: Hasil Perhitungan

Distribusi hujan

$$Rt_1 = Rt_1 \cdot 4 = 0.630 R_{24}$$

$$Rt_2 = 2Rt_2 - 1Rt_1 = 0.164 R_{24}$$

$$Rt_3 = 3Rt_3 - 2Rt_2 = 0.115 R_{24}$$

$$Rt_4 = 4Rt_4 - 3Rt_3 = 0.091 R_{24}$$

$$Rt_5 = 5Rt_5 - 4Rt_4 = 0.077 R_{24}$$

Tabel 4. 43 Tabel Rata-rata hujan pada jam ke-t

No.	t (jam)	Rt (mm)	t x Rt	(t-1) x R _(t-1)	R't (mm)
1	1	0.630	0.630	0	0.630
2	2	0.397	0.794	0.630	0.164
3	3	0.303	0.909	0.794	0.115
4	4	0.250	1.000	0.909	0.091
5	5	0.215	1.077	1.000	0.077

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumus Perhitungan R't : $R't = t \times Rt - (t - 1)R_{(t-1)}$

Tabel 4. 44 Tabel Hujan Efektif untuk Curah Hujan rencana dengan periode ulang (T) tahun metode Log Pearson Type III

Periode Ulang (T)	Curah hujan rencana (Xt) (mm)	C	Curah hujan efektif (Ref) (mm)
2	94.63	0.700	66.24
5	108.24		75.77
10	116.12		81.29
25	125.15		87.61
50	131.35		91.95
100	137.18		96.03

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumus menghitung Curah hujan efektif (Ref) :

$$Reff = C \times Xt$$

Tabel 4. 45 Tabel Perhitungan hujan rencana efektif jam-jaman

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) (%)	Curah Hujan jam-jaman (mm)					
		2th	5th	10th	25th	50th	100th
1	0.630	41.73	47.73	51.21	55.19	57.92	60.49
2	0.164	10.85	12.41	13.31	14.34	15.06	15.72
3	0.115	7.61	8.70	9.34	10.06	10.56	11.03
4	0.091	6.06	6.93	7.43	8.01	8.41	8.78
5	0.077	5.11	5.85	6.28	6.76	7.10	7.42

Sumber : Hasil Perhitungan

Rumus menghitung Curah Hujan Jam-jaman:

$$\text{Hujan jam-jaman} = Rt \times Reff$$

Perhitungan Debit Banjir Metode Nakayasu Tiap DAS

Diketahui:

Diketahui

Panjang sungai (L) = 3.1 km

Luas DAS (A) = 3.10 km²

Koefisien pengaliran = 0.700

Hujan Satuan (Ro) = 1 mm

α = 3 karena untuk daerah pengaliran biasa

1. Tenggang waktu antara hujan sampai debit puncak (t_g) dikarenakan $L < 15$, maka

$$t_g = 0,21 L^{0.7} = 0.464 \text{ jam}$$

2. Satuan waktu hujan (t_r) karena $0 < t_r < 1$, maka diasumsikan $t_r = 0.5 t_g$

$$t_r = 0.5 t_g = 0.348 \text{ jam}$$

3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$T_p = t_g + 0,8 T_r = 0.742 \text{ jam}$$

4. Penurunan debit puncak sampai 30% ($T_{0,3}$)

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g = 1.391 \text{ jam}$$

5. Debit puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3,6 \times (0,3 T_p + T_{0,3})} = 0.374 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

1. Untuk lengkung naik :

$$t \leq T_p$$

$$t \leq 0.74 \text{ jam}$$

2. Untuk lengkung turun I

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

$$0.74 \leq t \leq 2.13 \text{ Jam}$$

3. Untuk lengkung turun II

$$T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1.5 T_{0,3}$$

$$2.13 \leq t \leq 4.22 \text{ jam}$$

4. Untuk lengkung turun III

$$t \geq T_p + T_{0,3} + 1.5 T_{0,3}$$

$$t \geq 4.22 \text{ jam}$$

Dari persamaan diatas, maka hasil waktu lengkung hidrograf setelah dimasukkan dalam persamaan hidrograf satuan nakayasu dapat dilihat pada Tabel berikut:

No	Karakteristik	Notasi	Awal		Akhir	
			(jam)		(Jam)	
			Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
1	Lengkung naik	Qd0	0	0	Tp	0.742
2	Lengkung turun tahap I	Qd1	Tp	0.742	Tp + T _{0,3}	2.133
3	Lengkung turun tahap II	Qd2	Tp + T _{0,3}	2.133	Tp + 2,5T _{0,3}	4.219
4	Lengkung turun tahap III	Qd3	Tp + 2,5T _{0,3}	4.219	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 46 Tabel Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu

No	Karakteristik	Notasi	Persamaan
1	Lengkung naik	Qd0	$Qp \left(\frac{t}{Tp} \right)^{2,4}$
2	Lengkung turun tahap I	Qd1	$Qp \times 0.3^{(t - Tp)/T_{0.3}}$
3	Lengkung turun tahap II	Qd2	$Qp \times 0.3^{[(t - Tp) + (0.5T_{0.3})]/(1.5T_{0.3})}$
4	Lengkung turun tahap III	Qd3	$Qp \times 0.3 \times \frac{[(t - Tp) + (1.5T_{0.3})]}{2T_{0.3}}$

Tabel 4. 47 Tabel unit hidrograf satuan sintetik nakayasu

t (Jam)	Notasi	Qt m³/detik	$\sum Q x \frac{\Delta t}{2}$
0.00		0.000	
0.05		0.001	0.000014
0.10		0.003	0.000091
0.15		0.008	0.000278
0.20		0.016	0.000603
0.25		0.027	0.001088
0.30		0.043	0.001750
0.35	Qd0	0.062	0.002603
0.40		0.085	0.003661
0.45		0.113	0.004935
0.50		0.145	0.006438
0.55		0.182	0.008179
0.60		0.225	0.010168
0.65		0.272	0.012415
0.70		0.325	0.014928
0.74		0.371	0.013929
0.80		0.355	0.021800
0.85	Qd1	0.340	0.017386
0.90		0.326	0.016650

t (Jam)	Notasi	Q_t $m^3/detik$	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
0.95		0.312	0.015944
1.00		0.299	0.015269
1.05		0.286	0.014622
1.10		0.274	0.014003
1.15		0.262	0.013410
1.20		0.251	0.012842
1.25		0.241	0.012298
1.30		0.230	0.011777
1.35		0.221	0.011278
1.40		0.211	0.010800
1.45		0.202	0.010343
1.50		0.194	0.009905
1.55		0.186	0.009485
1.60		0.178	0.009084
1.65		0.170	0.008699
1.70		0.163	0.008330
1.75		0.156	0.007977
1.80		0.149	0.007640
1.85		0.143	0.007316
1.90		0.137	0.007006

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
1.95		0.131	0.006709
2.00		0.126	0.006425
2.05		0.120	0.006153
2.10		0.115	0.005892
2.13		0.112	0.003415
2.20		0.108	0.007705
2.25		0.105	0.005314
2.30		0.102	0.005163
2.35		0.099	0.005016
2.40		0.096	0.004873
2.45		0.093	0.004735
2.50		0.091	0.004600
2.55	Qd2	0.088	0.004469
2.60		0.086	0.004342
2.65		0.083	0.004219
2.70		0.081	0.004099
2.75		0.078	0.003982
2.80		0.076	0.003869
2.85		0.074	0.003759
2.90		0.072	0.003652

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
2.95		0.070	0.003548
3.00		0.068	0.003447
3.05		0.066	0.003349
3.10		0.064	0.003254
3.15		0.062	0.003161
3.20		0.061	0.003071
3.25		0.059	0.002984
3.30		0.057	0.002899
3.35		0.056	0.002817
3.40		0.054	0.002737
3.45		0.052	0.002659
3.50		0.051	0.002583
3.55		0.049	0.002510
3.60		0.048	0.002438
3.65		0.047	0.002369
3.70		0.045	0.002302
3.75		0.044	0.002236
3.80		0.043	0.002172
3.85		0.042	0.002111
3.90		0.040	0.002051

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
3.95		0.039	0.001992
4.00		0.038	0.001936
4.05		0.037	0.001881
4.10		0.036	0.001827
4.15		0.035	0.001775
4.22		0.034	0.002401
4.30		0.032	0.002643
4.35		0.032	0.001606
4.40		0.031	0.001572
4.45		0.030	0.001538
4.50		0.030	0.001505
4.55		0.029	0.001473
4.60	Qd3	0.029	0.001441
4.65		0.028	0.001410
4.70		0.027	0.001380
4.75		0.027	0.001351
4.80		0.026	0.001322
4.85		0.026	0.001293
4.90		0.025	0.001266
4.95		0.025	0.001239

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
5.00		0.024	0.001212
5.05		0.023	0.001186
5.10		0.023	0.001161
5.15		0.022	0.001136
5.20		0.022	0.001112
5.25		0.022	0.001088
5.30		0.021	0.001065
5.35		0.021	0.001042
5.40		0.020	0.001019
5.45		0.020	0.000998
5.50		0.019	0.000976
5.55		0.019	0.000955
5.60		0.018	0.000935
5.65		0.018	0.000915
5.70		0.018	0.000895
5.75		0.017	0.000876
5.80		0.017	0.000857
5.85		0.017	0.000839
5.90		0.016	0.000821
5.95		0.016	0.000803

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
6.00		0.016	0.000786
6.05		0.015	0.000769
6.10		0.015	0.000753
6.15		0.015	0.000737
6.20		0.014	0.000721
6.25		0.014	0.000706
6.30		0.014	0.000691
6.35		0.013	0.000676
6.40		0.013	0.000661
6.45		0.013	0.000647
6.50		0.013	0.000633
6.55		0.012	0.000620
6.60		0.012	0.000606
6.65		0.012	0.000593
6.70		0.011	0.000581
6.75		0.011	0.000568
6.80		0.011	0.000556
6.85		0.011	0.000544
6.90		0.011	0.000533
6.95		0.010	0.000521

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
7.00		0.010	0.000510
7.05		0.010	0.000499
7.10		0.010	0.000488
7.15		0.009	0.000478
7.20		0.009	0.000468
7.25		0.009	0.000458
7.30		0.009	0.000448
7.35		0.009	0.000438
7.40		0.008	0.000429
7.45		0.008	0.000420
7.50		0.008	0.000411
7.55		0.008	0.000402
7.60		0.008	0.000393
7.65		0.008	0.000385
7.70		0.007	0.000377
7.75		0.007	0.000369
7.80		0.007	0.000361
7.85		0.007	0.000353
7.90		0.007	0.000346
7.95		0.007	0.000338

t (Jam)	Notasi	Qt m³/detik	$\sum Q x \frac{\Delta t}{2}$
8.00		0.007	0.000331
8.05		0.006	0.000324
8.10		0.006	0.000317
8.15		0.006	0.000310
8.20		0.006	0.000303
8.25		0.006	0.000297
8.30		0.006	0.000291
8.35		0.006	0.000284
8.40		0.006	0.000278
8.45		0.005	0.000272
8.50		0.005	0.000266
8.55		0.005	0.000261
8.60		0.005	0.000255
8.65		0.005	0.000250
8.70		0.005	0.000244
8.75		0.005	0.000239
8.80		0.005	0.000234
8.85		0.005	0.000229
8.90		0.004	0.000224
8.95		0.004	0.000219

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
9.00		0.004	0.000215
9.05		0.004	0.000210
9.10		0.004	0.000206
9.15		0.004	0.000201
9.20		0.004	0.000197
9.25		0.004	0.000193
9.30		0.004	0.000188
9.35		0.004	0.000184
9.40		0.004	0.000181
9.45		0.003	0.000177
9.50		0.003	0.000173
9.55		0.003	0.000169
9.60		0.003	0.000166
9.65		0.003	0.000162
9.70		0.003	0.000159
9.75		0.003	0.000155
9.80		0.003	0.000152
9.85		0.003	0.000149
9.90		0.003	0.000145
9.95		0.003	0.000142

t (Jam)	Notasi	Qt m ³ /detik	$\sum Q x \frac{\Delta t}{2}$
10.00		0.003	0.000139
10.05		0.003	0.000136
10.10		0.003	0.000133
10.15		0.003	0.000130
10.20		0.003	0.000128
10.25		0.002	0.000125
10.30		0.002	0.000122
10.35		0.002	0.000120
10.40		0.002	0.000117
10.45		0.002	0.000115
10.50		0.002	0.000112
10.55		0.002	0.000110
10.60		0.002	0.000107
10.65		0.002	0.000105
10.70		0.002	0.000103
10.75		0.002	0.000101
10.80		0.002	0.000098
10.85		0.002	0.000096
10.90		0.002	0.000094
10.95		0.002	0.000092

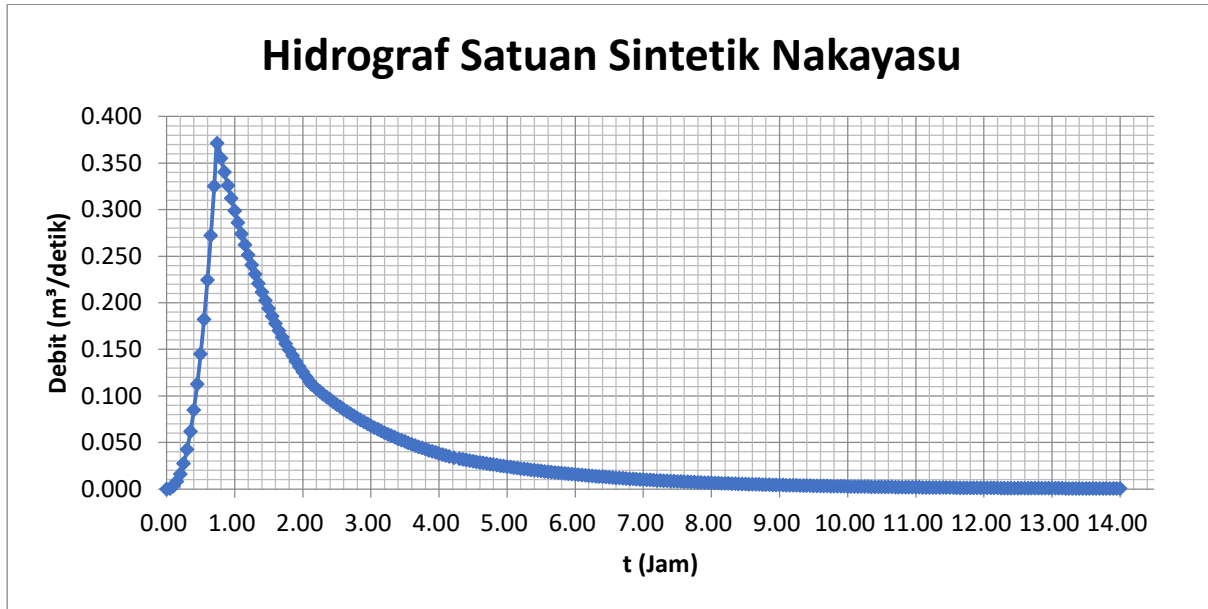
t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
11.00		0.002	0.000090
11.05		0.002	0.000088
11.10		0.002	0.000086
11.15		0.002	0.000085
11.20		0.002	0.000083
11.25		0.002	0.000081
11.30		0.002	0.000079
11.35		0.002	0.000078
11.40		0.002	0.000076
11.45		0.001	0.000074
11.50		0.001	0.000073
11.55		0.001	0.000071
11.60		0.001	0.000070
11.65		0.001	0.000068
11.70		0.001	0.000067
11.75		0.001	0.000065
11.80		0.001	0.000064
11.85		0.001	0.000063
11.90		0.001	0.000061
11.95		0.001	0.000060

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
12.00		0.001	0.000059
12.05		0.001	0.000057
12.10		0.001	0.000056
12.15		0.001	0.000055
12.20		0.001	0.000054
12.25		0.001	0.000053
12.30		0.001	0.000051
12.35		0.001	0.000050
12.40		0.001	0.000049
12.45		0.001	0.000048
12.50		0.001	0.000047
12.55		0.001	0.000046
12.60		0.001	0.000045
12.65		0.001	0.000044
12.70		0.001	0.000043
12.75		0.001	0.000042
12.80		0.001	0.000041
12.85		0.001	0.000041
12.90		0.001	0.000040
12.95		0.001	0.000039

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
13.00		0.001	0.000038
13.05		0.001	0.000037
13.10		0.001	0.000036
13.15		0.001	0.000036
13.20		0.001	0.000035
13.25		0.001	0.000034
13.30		0.001	0.000033
13.35		0.001	0.000033
13.40		0.001	0.000032
13.45		0.001	0.000031
13.50		0.001	0.000031
13.55		0.001	0.000030
13.60		0.001	0.000029
13.65		0.001	0.000029
13.70		0.001	0.000028
13.75		0.001	0.000027
13.80		0.001	0.000027
13.85		0.001	0.000026
13.90		0.001	0.000026
13.95		0.000	0.000025

t (Jam)	Notasi	Q_t m ³ /detik	$\sum Q \times \frac{\Delta t}{2}$
14.00		0.000	0.000025
		Jumlah	0.583329
		Kontrol α	0.677415

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 48 Tabel Hidrograf banjir Q2

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
0.00	0.000	0.00					0.00
0.05	0.001	0.02					0.02
0.10	0.003	0.13					0.13
0.15	0.008	0.34					0.34
0.20	0.016	0.67					0.67
0.25	0.027	1.15					1.15
0.30	0.043	1.78					1.78
0.35	0.062	2.57					2.57
0.40	0.085	3.54					3.54
0.45	0.113	4.70					4.70
0.50	0.145	6.05					6.05
0.55	0.182	7.60					7.60
0.60	0.225	9.37					9.37
0.65	0.272	11.35					11.35
0.70	0.325	13.56					13.56
0.74	0.371	15.50					15.50
0.80	0.355	14.82					14.82
0.85	0.340	14.20	0.000				14.20
0.90	0.326	13.59	-0.353				13.24

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
1.05	0.286	11.94	0.155				12.09
1.10	0.274	11.43	0.297				11.73
1.15	0.262	10.95	0.427				11.38
1.20	0.251	10.49	0.545				11.03
1.25	0.241	10.04	0.652				10.69
1.30	0.230	9.62	0.750				10.37
1.35	0.221	9.21	0.838				10.05
1.40	0.211	8.82	0.917				9.74
1.45	0.202	8.45	0.988				9.43
1.50	0.194	8.09	1.051				9.14
1.55	0.186	7.74	1.107				8.85
1.60	0.178	7.42	1.157				8.57
1.65	0.170	7.10	1.200				8.30
1.70	0.163	6.80	1.238				8.04
1.75	0.156	6.51	1.270				7.78
1.80	0.149	6.24	1.297				7.53
1.85	0.143	5.97	1.553	0.000			7.53
1.90	0.137	5.72	1.487	-			7.10
1.95	0.131	5.48	1.424	-	0.104		6.85
				-	0.050		

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
2.10	0.115	4.81	1.251	0.088			6.15
2.13	0.112	4.69	1.218	0.111			6.02
2.20	0.108	4.50	1.169	0.164			5.83
2.25	0.105	4.37	1.136	0.199			5.71
2.30	0.102	4.25	1.104	0.232			5.58
2.35	0.099	4.13	1.072	0.263			5.46
2.40	0.096	4.01	1.042	0.292			5.34
2.45	0.093	3.89	1.012	0.320			5.23
2.50	0.091	3.78	0.983	0.345			5.11
2.55	0.088	3.68	0.955	0.369			5.00
2.60	0.086	3.57	0.928	0.391			4.89
2.65	0.083	3.47	0.902	0.411			4.78
2.70	0.081	3.37	0.876	0.430			4.68
2.75	0.078	3.28	0.851	0.448			4.57
2.80	0.076	3.18	0.827	0.464			4.47
2.85	0.074	3.09	0.804	0.564	0.000		4.46
2.90	0.072	3.00	0.781	0.548	- 0.044		4.29
2.95	0.070	2.92	0.759	0.532	- 0.021		4.19
3.00	0.068	2.84	0.737	0.517	0.000		4.09

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
3.15	0.062	2.60	0.676	0.474	0.057		3.81
3.20	0.061	2.53	0.657	0.461	0.073		3.72
3.25	0.059	2.45	0.638	0.448	0.089		3.63
3.30	0.057	2.38	0.620	0.435	0.104		3.54
3.35	0.056	2.32	0.602	0.422	0.118		3.46
3.40	0.054	2.25	0.585	0.410	0.131		3.38
3.45	0.052	2.19	0.568	0.399	0.143		3.30
3.50	0.051	2.12	0.552	0.387	0.154		3.22
3.55	0.049	2.06	0.537	0.376	0.165		3.14
3.60	0.048	2.01	0.521	0.366	0.175		3.07
3.65	0.047	1.95	0.506	0.355	0.184		2.99
3.70	0.045	1.89	0.492	0.345	0.192		2.92
3.75	0.044	1.84	0.478	0.335	0.200		2.85
3.80	0.043	1.79	0.464	0.326	0.207		2.78
3.85	0.042	1.74	0.451	0.317	0.252	0.000	2.76
3.90	0.040	1.69	0.438	0.308	0.245	-0.021	2.66
3.95	0.039	1.64	0.426	0.299	0.238	-0.010	2.59
4.00	0.038	1.59	0.414	0.290	0.231	0.000	2.53
4.05	0.037	1.55	0.402	0.282	0.225	0.009	2.46
4.10	0.036	1.50	0.391	0.274	0.218	0.018	2.40

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
4.30	0.032	1.35	0.352	0.247	0.197	0.050	2.20
4.35	0.032	1.33	0.345	0.242	0.192	0.057	2.16
4.40	0.031	1.30	0.337	0.237	0.188	0.064	2.12
4.45	0.030	1.27	0.330	0.231	0.184	0.070	2.09
4.50	0.030	1.24	0.323	0.227	0.180	0.076	2.05
4.55	0.029	1.22	0.316	0.222	0.176	0.082	2.01
4.60	0.029	1.19	0.309	0.217	0.173	0.088	1.98
4.65	0.028	1.16	0.303	0.212	0.169	0.093	1.94
4.70	0.027	1.14	0.296	0.208	0.165	0.098	1.91
4.75	0.027	1.12	0.290	0.203	0.162	0.103	1.87
4.80	0.026	1.09	0.284	0.199	0.158	0.107	1.84
4.85	0.026	1.07	0.278	0.195	0.155	0.111	1.81
4.90	0.025	1.04	0.272	0.191	0.152	0.128	1.79
4.95	0.025	1.02	0.266	0.186	0.148	0.125	1.75
5.00	0.024	1.00	0.260	0.182	0.145	0.123	1.71
5.05	0.023	0.98	0.255	0.179	0.142	0.120	1.67
5.10	0.023	0.96	0.249	0.175	0.139	0.117	1.64
5.15	0.022	0.94	0.244	0.171	0.136	0.115	1.60
5.20	0.022	0.92	0.239	0.167	0.133	0.112	1.57
5.25	0.022	0.90	0.233	0.164	0.130	0.110	1.54

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
5.40	0.020	0.84	0.219	0.153	0.122	0.103	1.44
5.45	0.020	0.82	0.214	0.150	0.120	0.101	1.41
5.50	0.019	0.81	0.209	0.147	0.117	0.099	1.38
5.55	0.019	0.79	0.205	0.144	0.114	0.097	1.35
5.60	0.018	0.77	0.201	0.141	0.112	0.095	1.32
5.65	0.018	0.76	0.196	0.138	0.110	0.093	1.29
5.70	0.018	0.74	0.192	0.135	0.107	0.091	1.26
5.75	0.017	0.72	0.188	0.132	0.105	0.089	1.24
5.80	0.017	0.71	0.184	0.129	0.103	0.087	1.21
5.85	0.017	0.69	0.180	0.126	0.101	0.085	1.18
5.90	0.016	0.68	0.176	0.124	0.098	0.083	1.16
5.95	0.016	0.66	0.172	0.121	0.096	0.081	1.13
6.00	0.016	0.65	0.169	0.118	0.094	0.080	1.11
6.05	0.015	0.64	0.165	0.116	0.092	0.078	1.09
6.10	0.015	0.62	0.162	0.113	0.090	0.076	1.06
6.15	0.015	0.61	0.158	0.111	0.088	0.075	1.04
6.20	0.014	0.60	0.155	0.109	0.086	0.073	1.02
6.25	0.014	0.58	0.151	0.106	0.085	0.071	1.00
6.30	0.014	0.57	0.148	0.104	0.083	0.070	0.97
6.35	0.013	0.56	0.145	0.102	0.081	0.068	0.95

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
6.50	0.013	0.52	0.136	0.095	0.076	0.064	0.89
6.55	0.012	0.51	0.133	0.093	0.074	0.063	0.87
6.60	0.012	0.50	0.130	0.091	0.073	0.061	0.86
6.65	0.012	0.49	0.127	0.089	0.071	0.060	0.84
6.70	0.011	0.48	0.125	0.087	0.070	0.059	0.82
6.75	0.011	0.47	0.122	0.086	0.068	0.058	0.80
6.80	0.011	0.46	0.119	0.084	0.067	0.056	0.79
6.85	0.011	0.45	0.117	0.082	0.065	0.055	0.77
6.90	0.011	0.44	0.114	0.080	0.064	0.054	0.75
6.95	0.010	0.43	0.112	0.078	0.062	0.053	0.74
7.00	0.010	0.42	0.109	0.077	0.061	0.052	0.72
7.05	0.010	0.41	0.107	0.075	0.060	0.051	0.70
7.10	0.010	0.40	0.105	0.074	0.059	0.049	0.69
7.15	0.009	0.39	0.103	0.072	0.057	0.048	0.67
7.20	0.009	0.39	0.100	0.070	0.056	0.047	0.66
7.25	0.009	0.38	0.098	0.069	0.055	0.046	0.65
7.30	0.009	0.37	0.096	0.067	0.054	0.045	0.63
7.35	0.009	0.36	0.094	0.066	0.053	0.044	0.62
7.40	0.008	0.35	0.092	0.065	0.051	0.043	0.61
7.45	0.008	0.35	0.090	0.063	0.050	0.042	0.59

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
7.60	0.008	0.32	0.084	0.059	0.047	0.040	0.56
7.65	0.008	0.32	0.083	0.058	0.046	0.039	0.54
7.70	0.007	0.31	0.081	0.057	0.045	0.038	0.53
7.75	0.007	0.30	0.079	0.055	0.044	0.037	0.52
7.80	0.007	0.30	0.077	0.054	0.043	0.037	0.51
7.85	0.007	0.29	0.076	0.053	0.042	0.036	0.50
7.90	0.007	0.29	0.074	0.052	0.041	0.035	0.49
7.95	0.007	0.28	0.073	0.051	0.041	0.034	0.48
8.00	0.007	0.27	0.071	0.050	0.040	0.033	0.47
8.05	0.006	0.27	0.069	0.049	0.039	0.033	0.46
8.10	0.006	0.26	0.068	0.048	0.038	0.032	0.45
8.15	0.006	0.26	0.067	0.047	0.037	0.031	0.44
8.20	0.006	0.25	0.065	0.046	0.036	0.031	0.43
8.25	0.006	0.25	0.064	0.045	0.036	0.030	0.42
8.30	0.006	0.24	0.062	0.044	0.035	0.029	0.41
8.35	0.006	0.23	0.061	0.043	0.034	0.029	0.40
8.40	0.006	0.23	0.060	0.042	0.033	0.028	0.39
8.45	0.005	0.22	0.058	0.041	0.033	0.028	0.38
8.50	0.005	0.22	0.057	0.040	0.032	0.027	0.38
8.55	0.005	0.22	0.056	0.039	0.031	0.026	0.37

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
8.70	0.005	0.20	0.052	0.037	0.029	0.025	0.34
8.75	0.005	0.20	0.051	0.036	0.029	0.024	0.34
8.80	0.005	0.19	0.050	0.035	0.028	0.024	0.33
8.85	0.005	0.19	0.049	0.034	0.027	0.023	0.32
8.90	0.004	0.19	0.048	0.034	0.027	0.023	0.32
8.95	0.004	0.18	0.047	0.033	0.026	0.022	0.31
9.00	0.004	0.18	0.046	0.032	0.026	0.022	0.30
9.05	0.004	0.17	0.045	0.032	0.025	0.021	0.30
9.10	0.004	0.17	0.044	0.031	0.025	0.021	0.29
9.15	0.004	0.17	0.043	0.030	0.024	0.020	0.28
9.20	0.004	0.16	0.042	0.030	0.024	0.020	0.28
9.25	0.004	0.16	0.041	0.029	0.023	0.019	0.27
9.30	0.004	0.16	0.040	0.028	0.023	0.019	0.27
9.35	0.004	0.15	0.040	0.028	0.022	0.019	0.26
9.40	0.004	0.15	0.039	0.027	0.022	0.018	0.25
9.45	0.003	0.15	0.038	0.027	0.021	0.018	0.25
9.50	0.003	0.14	0.037	0.026	0.021	0.017	0.24
9.55	0.003	0.14	0.036	0.025	0.020	0.017	0.24
9.60	0.003	0.14	0.036	0.025	0.020	0.017	0.23
9.65	0.003	0.13	0.035	0.024	0.019	0.016	0.23

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
9.80	0.003	0.13	0.033	0.023	0.018	0.015	0.21
9.85	0.003	0.12	0.032	0.022	0.018	0.015	0.21
9.90	0.003	0.12	0.031	0.022	0.017	0.015	0.21
9.95	0.003	0.12	0.031	0.021	0.017	0.014	0.20
10.00	0.003	0.11	0.030	0.021	0.017	0.014	0.20
10.05	0.003	0.11	0.029	0.021	0.016	0.014	0.19
10.10	0.003	0.11	0.029	0.020	0.016	0.013	0.19
10.15	0.003	0.11	0.028	0.020	0.016	0.013	0.18
10.20	0.003	0.11	0.027	0.019	0.015	0.013	0.18
10.25	0.002	0.10	0.027	0.019	0.015	0.013	0.18
10.30	0.002	0.10	0.026	0.018	0.015	0.012	0.17
10.35	0.002	0.10	0.026	0.018	0.014	0.012	0.17
10.40	0.002	0.10	0.025	0.018	0.014	0.012	0.17
10.45	0.002	0.09	0.025	0.017	0.014	0.012	0.16
10.50	0.002	0.09	0.024	0.017	0.013	0.011	0.16
10.55	0.002	0.09	0.024	0.017	0.013	0.011	0.15
10.60	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.011	0.15
10.65	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.011	0.15
10.70	0.002	0.08	0.022	0.015	0.012	0.010	0.15
10.75	0.002	0.08	0.022	0.015	0.012	0.010	0.14

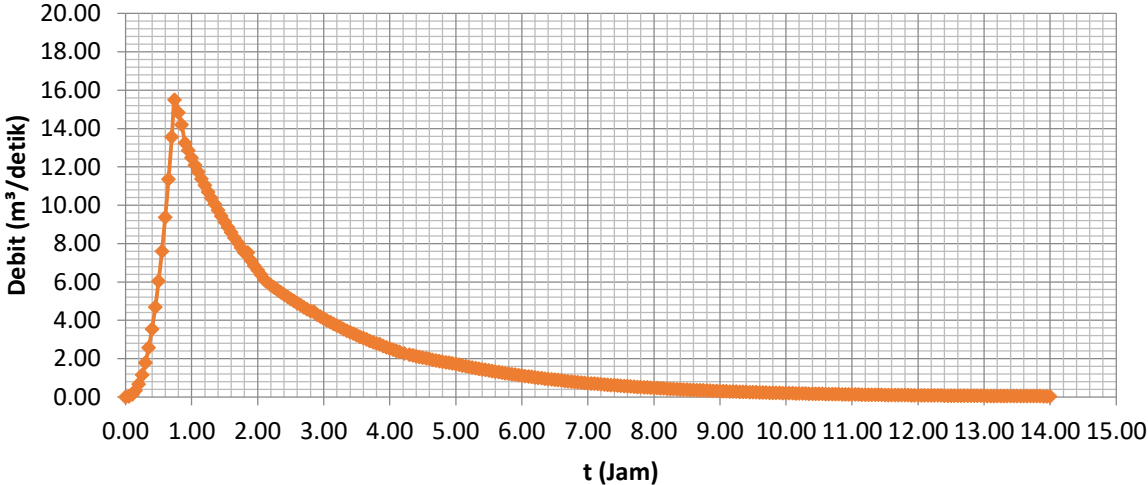
t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
10.90	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.010	0.13
10.95	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.009	0.13
11.00	0.002	0.07	0.019	0.014	0.011	0.009	0.13
11.05	0.002	0.07	0.019	0.013	0.011	0.009	0.12
11.10	0.002	0.07	0.019	0.013	0.010	0.009	0.12
11.15	0.002	0.07	0.018	0.013	0.010	0.009	0.12
11.20	0.002	0.07	0.018	0.012	0.010	0.008	0.12
11.25	0.002	0.07	0.017	0.012	0.010	0.008	0.11
11.30	0.002	0.07	0.017	0.012	0.010	0.008	0.11
11.35	0.002	0.06	0.017	0.012	0.009	0.008	0.11
11.40	0.002	0.06	0.016	0.011	0.009	0.008	0.11
11.45	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.008	0.10
11.50	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.007	0.10
11.55	0.001	0.06	0.015	0.011	0.009	0.007	0.10
11.60	0.001	0.06	0.015	0.010	0.008	0.007	0.10
11.65	0.001	0.06	0.015	0.010	0.008	0.007	0.10
11.70	0.001	0.06	0.014	0.010	0.008	0.007	0.09
11.75	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.007	0.09
11.80	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.006	0.09
11.85	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.006	0.09

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
12.00	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.006	0.08
12.05	0.001	0.05	0.012	0.009	0.007	0.006	0.08
12.10	0.001	0.05	0.012	0.008	0.007	0.006	0.08
12.15	0.001	0.05	0.012	0.008	0.007	0.006	0.08
12.20	0.001	0.04	0.012	0.008	0.006	0.005	0.08
12.25	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.30	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.35	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.40	0.001	0.04	0.011	0.007	0.006	0.005	0.07
12.45	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07
12.50	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07
12.55	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07
12.60	0.001	0.04	0.010	0.007	0.005	0.005	0.06
12.65	0.001	0.04	0.009	0.007	0.005	0.004	0.06
12.70	0.001	0.04	0.009	0.007	0.005	0.004	0.06
12.75	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
12.80	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
12.85	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
12.90	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
12.95	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.05

t	Q2	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	41.73	10.85	7.61	6.06	5.11	(m³/detik)
13.10	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
13.15	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
13.20	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.004	0.05
13.25	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.30	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.35	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.40	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.45	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
13.50	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
13.55	0.001	0.02	0.006	0.005	0.004	0.003	0.04
13.60	0.001	0.02	0.006	0.004	0.004	0.003	0.04
13.65	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
13.70	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
13.75	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
13.80	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
13.85	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
13.90	0.001	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
13.95	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.003	0.04
14.00	0.000	0.02	0.005	0.004	0.003	0.002	0.03

Sumber : Hasil Perhitungan

Hidrograf Banjir Q2 Nakayasu



Sumber : Hasil Prhitungan

Tabel 4. 49 Tabel Hidrograf Banjir Q5

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
0.00	0.000	0.00					0.00
0.05	0.001	0.03					0.03
0.10	0.003	0.15					0.15
0.15	0.008	0.38					0.38
0.20	0.016	0.77					0.77
0.25	0.027	1.31					1.31
0.30	0.043	2.03					2.03
0.35	0.062	2.94					2.94
0.40	0.085	4.05					4.05
0.45	0.113	5.37					5.37
0.50	0.145	6.92					6.92
0.55	0.182	8.70					8.70
0.60	0.225	10.72					10.72
0.65	0.272	12.99					12.99
0.70	0.325	15.52					15.52
0.74	0.371	17.73					17.73
0.80	0.355	16.96					16.96
0.85	0.340	16.24	0.000				16.24
0.90	0.326	15.55	- 0.404				15.15

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
0.95	0.312	14.89	- 0.194				14.70
1.00	0.299	14.26	0.000				14.26
1.05	0.286	13.66	0.177				13.83
1.10	0.274	13.08	0.340				13.42
1.15	0.262	12.52	0.488				13.01
1.20	0.251	11.99	0.624				12.62
1.25	0.241	11.49	0.746				12.23
1.30	0.230	11.00	0.858				11.86
1.35	0.221	10.53	0.958				11.49
1.40	0.211	10.09	1.049				11.14
1.45	0.202	9.66	1.130				10.79
1.50	0.194	9.25	1.202				10.45
1.55	0.186	8.86	1.266				10.13
1.60	0.178	8.48	1.323				9.81
1.65	0.170	8.12	1.373				9.50
1.70	0.163	7.78	1.416				9.20
1.75	0.156	7.45	1.452				8.90
1.80	0.149	7.14	1.484				8.62
1.85	0.143	6.83	1.776	0.000			8.61

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
1.90	0.137	6.54	1.701	- 0.119			8.13
1.95	0.131	6.27	1.629	- 0.057			7.84
2.00	0.126	6.00	1.560	0.000			7.56
2.05	0.120	5.75	1.494	0.052			7.29
2.10	0.115	5.50	1.430	0.100			7.03
2.13	0.112	5.36	1.394	0.127			6.88
2.20	0.108	5.15	1.338	0.188			6.67
2.25	0.105	5.00	1.300	0.228			6.53
2.30	0.102	4.86	1.263	0.266			6.39
2.35	0.099	4.72	1.227	0.301			6.25
2.40	0.096	4.59	1.192	0.334			6.11
2.45	0.093	4.45	1.158	0.366			5.98
2.50	0.091	4.33	1.125	0.395			5.85
2.55	0.088	4.20	1.093	0.422			5.72
2.60	0.086	4.09	1.062	0.447			5.59
2.65	0.083	3.97	1.032	0.470			5.47
2.70	0.081	3.86	1.002	0.492			5.35
2.75	0.078	3.75	0.974	0.512			5.23
2.80	0.076	3.64	0.946	0.531			5.12

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m ³ /detik)
2.85	0.074	3.54	0.919	0.645	0.000		5.10
2.90	0.072	3.44	0.893	0.626	- 0.050		4.91
2.95	0.070	3.34	0.868	0.609	- 0.024		4.79
3.00	0.068	3.24	0.843	0.591	0.000		4.68
3.05	0.066	3.15	0.819	0.575	0.023		4.57
3.10	0.064	3.06	0.796	0.558	0.044		4.46
3.15	0.062	2.97	0.773	0.542	0.065		4.35
3.20	0.061	2.89	0.751	0.527	0.084		4.25
3.25	0.059	2.81	0.730	0.512	0.102		4.15
3.30	0.057	2.73	0.709	0.497	0.119		4.05
3.35	0.056	2.65	0.689	0.483	0.135		3.96
3.40	0.054	2.57	0.669	0.469	0.149		3.86
3.45	0.052	2.50	0.650	0.456	0.163		3.77
3.50	0.051	2.43	0.632	0.443	0.176		3.68
3.55	0.049	2.36	0.614	0.431	0.189		3.59
3.60	0.048	2.29	0.596	0.418	0.200		3.51
3.65	0.047	2.23	0.579	0.406	0.210		3.42
3.70	0.045	2.17	0.563	0.395	0.220		3.34
3.75	0.044	2.10	0.547	0.384	0.229		3.26

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
3.80	0.043	2.04	0.531	0.373	0.237		3.19
3.85	0.042	1.99	0.516	0.362	0.288	0.000	3.15
3.90	0.040	1.93	0.501	0.352	0.280	- 0.024	3.04
3.95	0.039	1.87	0.487	0.342	0.272	- 0.011	2.96
4.00	0.038	1.82	0.473	0.332	0.264	0.000	2.89
4.05	0.037	1.77	0.460	0.323	0.257	0.011	2.82
4.10	0.036	1.72	0.447	0.313	0.250	0.021	2.75
4.15	0.035	1.67	0.434	0.305	0.242	0.031	2.68
4.22	0.034	1.60	0.417	0.292	0.233	0.043	2.59
4.30	0.032	1.55	0.403	0.283	0.225	0.057	2.52
4.35	0.032	1.52	0.394	0.277	0.220	0.065	2.47
4.40	0.031	1.48	0.386	0.271	0.215	0.073	2.43
4.45	0.030	1.45	0.377	0.265	0.211	0.080	2.39
4.50	0.030	1.42	0.369	0.259	0.206	0.087	2.34
4.55	0.029	1.39	0.361	0.254	0.202	0.094	2.30
4.60	0.029	1.36	0.354	0.248	0.198	0.100	2.26
4.65	0.028	1.33	0.346	0.243	0.193	0.106	2.22
4.70	0.027	1.30	0.339	0.238	0.189	0.112	2.18
4.75	0.027	1.28	0.332	0.233	0.185	0.117	2.14

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
4.80	0.026	1.25	0.324	0.228	0.181	0.122	2.10
4.85	0.026	1.22	0.317	0.223	0.177	0.127	2.07
4.90	0.025	1.20	0.311	0.218	0.173	0.147	2.04
4.95	0.025	1.17	0.304	0.213	0.170	0.143	2.00
5.00	0.024	1.14	0.298	0.209	0.166	0.140	1.96
5.05	0.023	1.12	0.291	0.204	0.163	0.137	1.92
5.10	0.023	1.10	0.285	0.200	0.159	0.134	1.87
5.15	0.022	1.07	0.279	0.196	0.156	0.131	1.83
5.20	0.022	1.05	0.273	0.191	0.152	0.129	1.80
5.25	0.022	1.03	0.267	0.187	0.149	0.126	1.76
5.30	0.021	1.01	0.261	0.183	0.146	0.123	1.72
5.35	0.021	0.98	0.256	0.179	0.143	0.121	1.68
5.40	0.020	0.96	0.250	0.176	0.140	0.118	1.65
5.45	0.020	0.94	0.245	0.172	0.137	0.115	1.61
5.50	0.019	0.92	0.240	0.168	0.134	0.113	1.58
5.55	0.019	0.90	0.234	0.164	0.131	0.111	1.54
5.60	0.018	0.88	0.229	0.161	0.128	0.108	1.51
5.65	0.018	0.86	0.225	0.158	0.125	0.106	1.48
5.70	0.018	0.85	0.220	0.154	0.123	0.104	1.45
5.75	0.017	0.83	0.215	0.151	0.120	0.101	1.41

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
5.80	0.017	0.81	0.210	0.148	0.118	0.099	1.38
5.85	0.017	0.79	0.206	0.144	0.115	0.097	1.35
5.90	0.016	0.78	0.202	0.141	0.113	0.095	1.33
5.95	0.016	0.76	0.197	0.138	0.110	0.093	1.30
6.00	0.016	0.74	0.193	0.135	0.108	0.091	1.27
6.05	0.015	0.73	0.189	0.132	0.105	0.089	1.24
6.10	0.015	0.71	0.185	0.130	0.103	0.087	1.22
6.15	0.015	0.70	0.181	0.127	0.101	0.085	1.19
6.20	0.014	0.68	0.177	0.124	0.099	0.083	1.16
6.25	0.014	0.67	0.173	0.121	0.097	0.082	1.14
6.30	0.014	0.65	0.169	0.119	0.095	0.080	1.12
6.35	0.013	0.64	0.166	0.116	0.093	0.078	1.09
6.40	0.013	0.62	0.162	0.114	0.091	0.077	1.07
6.45	0.013	0.61	0.159	0.111	0.089	0.075	1.04
6.50	0.013	0.60	0.155	0.109	0.087	0.073	1.02
6.55	0.012	0.59	0.152	0.107	0.085	0.072	1.00
6.60	0.012	0.57	0.149	0.104	0.083	0.070	0.98
6.65	0.012	0.56	0.146	0.102	0.081	0.069	0.96
6.70	0.011	0.55	0.143	0.100	0.080	0.067	0.94
6.75	0.011	0.54	0.140	0.098	0.078	0.066	0.92

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
6.80	0.011	0.53	0.137	0.096	0.076	0.064	0.90
6.85	0.011	0.51	0.134	0.094	0.075	0.063	0.88
6.90	0.011	0.50	0.131	0.092	0.073	0.062	0.86
6.95	0.010	0.49	0.128	0.090	0.071	0.060	0.84
7.00	0.010	0.48	0.125	0.088	0.070	0.059	0.82
7.05	0.010	0.47	0.123	0.086	0.068	0.058	0.81
7.10	0.010	0.46	0.120	0.084	0.067	0.057	0.79
7.15	0.009	0.45	0.117	0.082	0.066	0.055	0.77
7.20	0.009	0.44	0.115	0.081	0.064	0.054	0.76
7.25	0.009	0.43	0.112	0.079	0.063	0.053	0.74
7.30	0.009	0.42	0.110	0.077	0.061	0.052	0.72
7.35	0.009	0.41	0.108	0.075	0.060	0.051	0.71
7.40	0.008	0.41	0.105	0.074	0.059	0.050	0.69
7.45	0.008	0.40	0.103	0.072	0.058	0.049	0.68
7.50	0.008	0.39	0.101	0.071	0.056	0.048	0.66
7.55	0.008	0.38	0.099	0.069	0.055	0.047	0.65
7.60	0.008	0.37	0.097	0.068	0.054	0.046	0.64
7.65	0.008	0.36	0.094	0.066	0.053	0.045	0.62
7.70	0.007	0.36	0.092	0.065	0.052	0.044	0.61
7.75	0.007	0.35	0.090	0.063	0.051	0.043	0.60

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
7.80	0.007	0.34	0.089	0.062	0.049	0.042	0.58
7.85	0.007	0.33	0.087	0.061	0.048	0.041	0.57
7.90	0.007	0.33	0.085	0.059	0.047	0.040	0.56
7.95	0.007	0.32	0.083	0.058	0.046	0.039	0.55
8.00	0.007	0.31	0.081	0.057	0.045	0.038	0.53
8.05	0.006	0.31	0.079	0.056	0.044	0.037	0.52
8.10	0.006	0.30	0.078	0.055	0.043	0.037	0.51
8.15	0.006	0.29	0.076	0.053	0.043	0.036	0.50
8.20	0.006	0.29	0.074	0.052	0.042	0.035	0.49
8.25	0.006	0.28	0.073	0.051	0.041	0.034	0.48
8.30	0.006	0.27	0.071	0.050	0.040	0.034	0.47
8.35	0.006	0.27	0.070	0.049	0.039	0.033	0.46
8.40	0.006	0.26	0.068	0.048	0.038	0.032	0.45
8.45	0.005	0.26	0.067	0.047	0.037	0.032	0.44
8.50	0.005	0.25	0.065	0.046	0.037	0.031	0.43
8.55	0.005	0.25	0.064	0.045	0.036	0.030	0.42
8.60	0.005	0.24	0.063	0.044	0.035	0.030	0.41
8.65	0.005	0.24	0.061	0.043	0.034	0.029	0.40
8.70	0.005	0.23	0.060	0.042	0.033	0.028	0.39
8.75	0.005	0.23	0.059	0.041	0.033	0.028	0.39

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
8.80	0.005	0.22	0.057	0.040	0.032	0.027	0.38
8.85	0.005	0.22	0.056	0.039	0.031	0.027	0.37
8.90	0.004	0.21	0.055	0.039	0.031	0.026	0.36
8.95	0.004	0.21	0.054	0.038	0.030	0.025	0.35
9.00	0.004	0.20	0.053	0.037	0.029	0.025	0.35
9.05	0.004	0.20	0.052	0.036	0.029	0.024	0.34
9.10	0.004	0.19	0.050	0.035	0.028	0.024	0.33
9.15	0.004	0.19	0.049	0.035	0.028	0.023	0.32
9.20	0.004	0.19	0.048	0.034	0.027	0.023	0.32
9.25	0.004	0.18	0.047	0.033	0.026	0.022	0.31
9.30	0.004	0.18	0.046	0.032	0.026	0.022	0.30
9.35	0.004	0.17	0.045	0.032	0.025	0.021	0.30
9.40	0.004	0.17	0.044	0.031	0.025	0.021	0.29
9.45	0.003	0.17	0.043	0.030	0.024	0.020	0.29
9.50	0.003	0.16	0.042	0.030	0.024	0.020	0.28
9.55	0.003	0.16	0.042	0.029	0.023	0.020	0.27
9.60	0.003	0.16	0.041	0.029	0.023	0.019	0.27
9.65	0.003	0.15	0.040	0.028	0.022	0.019	0.26
9.70	0.003	0.15	0.039	0.027	0.022	0.018	0.26
9.75	0.003	0.15	0.038	0.027	0.021	0.018	0.25

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
9.80	0.003	0.14	0.037	0.026	0.021	0.018	0.25
9.85	0.003	0.14	0.036	0.026	0.020	0.017	0.24
9.90	0.003	0.14	0.036	0.025	0.020	0.017	0.23
9.95	0.003	0.13	0.035	0.024	0.020	0.016	0.23
10.00	0.003	0.13	0.034	0.024	0.019	0.016	0.22
10.05	0.003	0.13	0.033	0.023	0.019	0.016	0.22
10.10	0.003	0.13	0.033	0.023	0.018	0.015	0.22
10.15	0.003	0.12	0.032	0.022	0.018	0.015	0.21
10.20	0.003	0.12	0.031	0.022	0.018	0.015	0.21
10.25	0.002	0.12	0.031	0.022	0.017	0.014	0.20
10.30	0.002	0.12	0.030	0.021	0.017	0.014	0.20
10.35	0.002	0.11	0.029	0.021	0.016	0.014	0.19
10.40	0.002	0.11	0.029	0.020	0.016	0.014	0.19
10.45	0.002	0.11	0.028	0.020	0.016	0.013	0.19
10.50	0.002	0.11	0.028	0.019	0.015	0.013	0.18
10.55	0.002	0.10	0.027	0.019	0.015	0.013	0.18
10.60	0.002	0.10	0.026	0.018	0.015	0.012	0.17
10.65	0.002	0.10	0.026	0.018	0.014	0.012	0.17
10.70	0.002	0.10	0.025	0.018	0.014	0.012	0.17
10.75	0.002	0.10	0.025	0.017	0.014	0.012	0.16

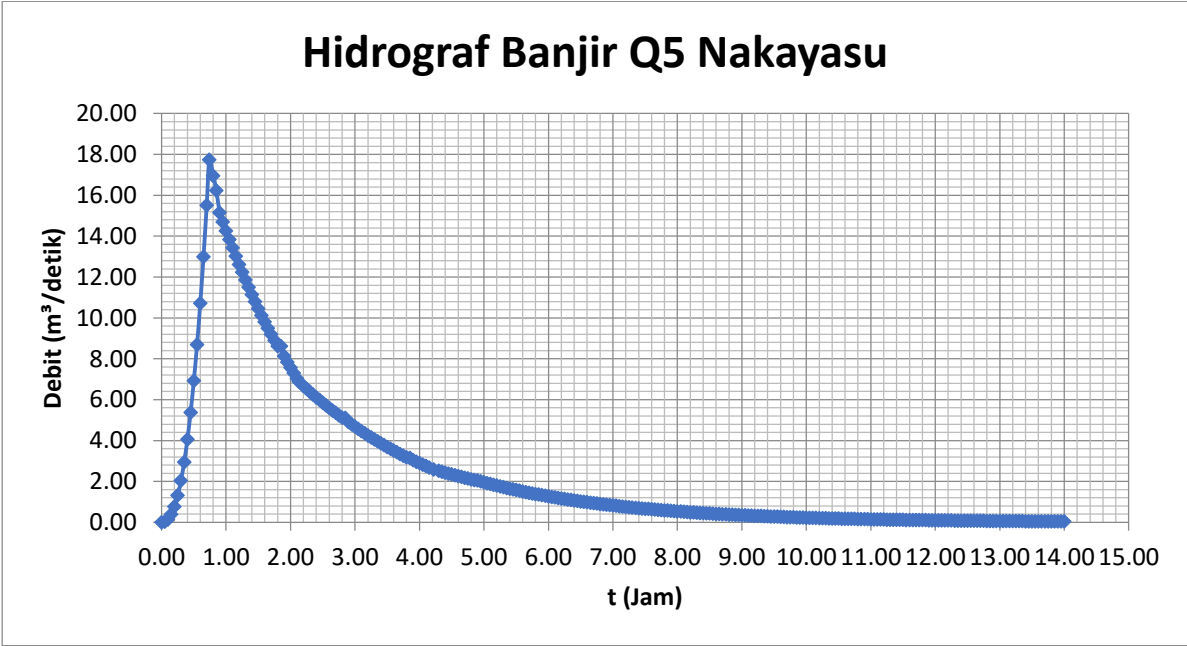
t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
10.80	0.002	0.09	0.024	0.017	0.013	0.011	0.16
10.85	0.002	0.09	0.024	0.017	0.013	0.011	0.16
10.90	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.011	0.15
10.95	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.011	0.15
11.00	0.002	0.09	0.022	0.016	0.012	0.010	0.15
11.05	0.002	0.08	0.022	0.015	0.012	0.010	0.14
11.10	0.002	0.08	0.021	0.015	0.012	0.010	0.14
11.15	0.002	0.08	0.021	0.015	0.012	0.010	0.14
11.20	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.010	0.13
11.25	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.009	0.13
11.30	0.002	0.07	0.019	0.014	0.011	0.009	0.13
11.35	0.002	0.07	0.019	0.013	0.011	0.009	0.13
11.40	0.002	0.07	0.019	0.013	0.010	0.009	0.12
11.45	0.001	0.07	0.018	0.013	0.010	0.009	0.12
11.50	0.001	0.07	0.018	0.013	0.010	0.008	0.12
11.55	0.001	0.07	0.017	0.012	0.010	0.008	0.11
11.60	0.001	0.07	0.017	0.012	0.010	0.008	0.11
11.65	0.001	0.06	0.017	0.012	0.009	0.008	0.11
11.70	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.008	0.11
11.75	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.008	0.11

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m³/detik)
11.80	0.001	0.06	0.016	0.011	0.009	0.007	0.10
11.85	0.001	0.06	0.015	0.011	0.009	0.007	0.10
11.90	0.001	0.06	0.015	0.011	0.008	0.007	0.10
11.95	0.001	0.06	0.015	0.010	0.008	0.007	0.10
12.00	0.001	0.06	0.014	0.010	0.008	0.007	0.09
12.05	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.007	0.09
12.10	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.006	0.09
12.15	0.001	0.05	0.013	0.009	0.008	0.006	0.09
12.20	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.006	0.09
12.25	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.006	0.08
12.30	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.006	0.08
12.35	0.001	0.05	0.012	0.009	0.007	0.006	0.08
12.40	0.001	0.05	0.012	0.008	0.007	0.006	0.08
12.45	0.001	0.05	0.012	0.008	0.007	0.006	0.08
12.50	0.001	0.04	0.012	0.008	0.006	0.005	0.08
12.55	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.60	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.65	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.70	0.001	0.04	0.011	0.007	0.006	0.005	0.07
12.75	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m ³ /detik)
12.80	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07
12.85	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07
12.90	0.001	0.04	0.010	0.007	0.005	0.005	0.06
12.95	0.001	0.04	0.010	0.007	0.005	0.004	0.06
13.00	0.001	0.04	0.009	0.007	0.005	0.004	0.06
13.05	0.001	0.04	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
13.10	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
13.15	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
13.20	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
13.25	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.06
13.30	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.05
13.35	0.001	0.03	0.008	0.006	0.004	0.004	0.05
13.40	0.001	0.03	0.008	0.006	0.004	0.004	0.05
13.45	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
13.50	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
13.55	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.60	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.65	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.70	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.75	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m ³ /detik)	47.73	12.41	8.70	6.93	5.85	(m ³ /detik)
13.80	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
13.85	0.001	0.02	0.006	0.005	0.004	0.003	0.04
13.90	0.001	0.02	0.006	0.004	0.004	0.003	0.04
13.95	0.000	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04
14.00	0.000	0.02	0.006	0.004	0.003	0.003	0.04

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 50 Tabel Hidrograf Banjir Q10

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
0.00	0.000	0.00					0.00
0.05	0.001	0.03					0.03
0.10	0.003	0.16					0.16
0.15	0.008	0.41					0.41
0.20	0.016	0.82					0.82
0.25	0.027	1.41					1.41
0.30	0.043	2.18					2.18
0.35	0.062	3.15					3.15
0.40	0.085	4.34					4.34
0.45	0.113	5.76					5.76
0.50	0.145	7.42					7.42
0.55	0.182	9.33					9.33
0.60	0.225	11.50					11.50
0.65	0.272	13.93					13.93
0.70	0.325	16.64					16.64
0.74	0.371	19.02					19.02
0.80	0.355	18.19					18.19
0.85	0.340	17.42	0.000				17.42
0.90	0.326	16.68	-0.434				16.25

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
1.05	0.286	14.65	0.190				14.84
1.10	0.274	14.03	0.365				14.40
1.15	0.262	13.44	0.524				13.96
1.20	0.251	12.87	0.669				13.54
1.25	0.241	12.32	0.801				13.12
1.30	0.230	11.80	0.920				12.72
1.35	0.221	11.30	1.028				12.33
1.40	0.211	10.82	1.125				11.95
1.45	0.202	10.36	1.212				11.58
1.50	0.194	9.92	1.290				11.21
1.55	0.186	9.50	1.359				10.86
1.60	0.178	9.10	1.419				10.52
1.65	0.170	8.72	1.473				10.19
1.70	0.163	8.35	1.519				9.87
1.75	0.156	7.99	1.558				9.55
1.80	0.149	7.65	1.592				9.25
1.85	0.143	7.33	1.905	0.000			9.24
1.90	0.137	7.02	1.825	- 0.128			8.72
1.95	0.131	6.72	1.747	- 0.061			8.41

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
2.10	0.115	5.90	1.535	0.108			7.55
2.13	0.112	5.75	1.495	0.136			7.38
2.20	0.108	5.52	1.435	0.201			7.16
2.25	0.105	5.36	1.394	0.244			7.00
2.30	0.102	5.21	1.354	0.285			6.85
2.35	0.099	5.06	1.316	0.323			6.70
2.40	0.096	4.92	1.279	0.359			6.56
2.45	0.093	4.78	1.242	0.392			6.41
2.50	0.091	4.64	1.207	0.423			6.27
2.55	0.088	4.51	1.172	0.452			6.14
2.60	0.086	4.38	1.139	0.479			6.00
2.65	0.083	4.26	1.107	0.505			5.87
2.70	0.081	4.14	1.075	0.528			5.74
2.75	0.078	4.02	1.045	0.550			5.61
2.80	0.076	3.90	1.015	0.570			5.49
2.85	0.074	3.79	0.986	0.692	0.000		5.47
2.90	0.072	3.69	0.958	0.672	-0.054		5.26
2.95	0.070	3.58	0.931	0.653	-0.026		5.14
3.00	0.068	3.48	0.904	0.634	0.000		5.02
3.05	0.066	3.38	0.879	0.616	0.025		4.90

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
3.20	0.061	3.10	0.806	0.565	0.090		4.56
3.25	0.059	3.01	0.783	0.549	0.109		4.45
3.30	0.057	2.93	0.761	0.534	0.127		4.35
3.35	0.056	2.84	0.739	0.518	0.144		4.24
3.40	0.054	2.76	0.718	0.504	0.160		4.14
3.45	0.052	2.68	0.698	0.489	0.175		4.05
3.50	0.051	2.61	0.678	0.475	0.189		3.95
3.55	0.049	2.53	0.658	0.462	0.202		3.86
3.60	0.048	2.46	0.640	0.449	0.214		3.76
3.65	0.047	2.39	0.621	0.436	0.226		3.67
3.70	0.045	2.32	0.604	0.424	0.236		3.59
3.75	0.044	2.26	0.587	0.412	0.246		3.50
3.80	0.043	2.19	0.570	0.400	0.255		3.42
3.85	0.042	2.13	0.554	0.388	0.309	0.000	3.38
3.90	0.040	2.07	0.538	0.377	0.300	- 0.025	3.26
3.95	0.039	2.01	0.523	0.367	0.292	- 0.012	3.18
4.00	0.038	1.95	0.508	0.356	0.284	0.000	3.10
4.05	0.037	1.90	0.493	0.346	0.276	0.012	3.02
4.10	0.036	1.84	0.479	0.336	0.268	0.023	2.95

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
4.30	0.032	1.66	0.432	0.303	0.241	0.061	2.70
4.35	0.032	1.63	0.423	0.297	0.236	0.070	2.65
4.40	0.031	1.59	0.414	0.290	0.231	0.078	2.61
4.45	0.030	1.56	0.405	0.284	0.226	0.086	2.56
4.50	0.030	1.52	0.396	0.278	0.221	0.093	2.51
4.55	0.029	1.49	0.388	0.272	0.217	0.101	2.47
4.60	0.029	1.46	0.379	0.266	0.212	0.107	2.43
4.65	0.028	1.43	0.371	0.261	0.207	0.114	2.38
4.70	0.027	1.40	0.363	0.255	0.203	0.120	2.34
4.75	0.027	1.37	0.356	0.249	0.199	0.126	2.30
4.80	0.026	1.34	0.348	0.244	0.194	0.131	2.26
4.85	0.026	1.31	0.341	0.239	0.190	0.137	2.22
4.90	0.025	1.28	0.333	0.234	0.186	0.157	2.19
4.95	0.025	1.25	0.326	0.229	0.182	0.154	2.15
5.00	0.024	1.23	0.319	0.224	0.178	0.151	2.10
5.05	0.023	1.20	0.312	0.219	0.174	0.147	2.05
5.10	0.023	1.18	0.306	0.214	0.171	0.144	2.01
5.15	0.022	1.15	0.299	0.210	0.167	0.141	1.97
5.20	0.022	1.13	0.293	0.205	0.163	0.138	1.93
5.25	0.022	1.10	0.286	0.201	0.160	0.135	1.88

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
5.40	0.020	1.03	0.268	0.188	0.150	0.127	1.77
5.45	0.020	1.01	0.263	0.184	0.147	0.124	1.73
5.50	0.019	0.99	0.257	0.180	0.144	0.121	1.69
5.55	0.019	0.97	0.252	0.176	0.140	0.119	1.65
5.60	0.018	0.95	0.246	0.173	0.137	0.116	1.62
5.65	0.018	0.93	0.241	0.169	0.135	0.114	1.58
5.70	0.018	0.91	0.236	0.165	0.132	0.111	1.55
5.75	0.017	0.89	0.231	0.162	0.129	0.109	1.52
5.80	0.017	0.87	0.226	0.158	0.126	0.106	1.49
5.85	0.017	0.85	0.221	0.155	0.123	0.104	1.45
5.90	0.016	0.83	0.216	0.152	0.121	0.102	1.42
5.95	0.016	0.81	0.212	0.148	0.118	0.100	1.39
6.00	0.016	0.80	0.207	0.145	0.116	0.098	1.36
6.05	0.015	0.78	0.203	0.142	0.113	0.096	1.33
6.10	0.015	0.76	0.198	0.139	0.111	0.094	1.30
6.15	0.015	0.75	0.194	0.136	0.108	0.092	1.28
6.20	0.014	0.73	0.190	0.133	0.106	0.090	1.25
6.25	0.014	0.71	0.186	0.130	0.104	0.088	1.22
6.30	0.014	0.70	0.182	0.128	0.102	0.086	1.20
6.35	0.013	0.68	0.178	0.125	0.099	0.084	1.17

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
6.50	0.013	0.64	0.167	0.117	0.093	0.079	1.10
6.55	0.012	0.63	0.163	0.114	0.091	0.077	1.07
6.60	0.012	0.61	0.160	0.112	0.089	0.075	1.05
6.65	0.012	0.60	0.156	0.110	0.087	0.074	1.03
6.70	0.011	0.59	0.153	0.107	0.085	0.072	1.01
6.75	0.011	0.58	0.150	0.105	0.084	0.071	0.98
6.80	0.011	0.56	0.146	0.103	0.082	0.069	0.96
6.85	0.011	0.55	0.143	0.101	0.080	0.068	0.94
6.90	0.011	0.54	0.140	0.098	0.078	0.066	0.92
6.95	0.010	0.53	0.137	0.096	0.077	0.065	0.90
7.00	0.010	0.52	0.134	0.094	0.075	0.063	0.88
7.05	0.010	0.51	0.131	0.092	0.073	0.062	0.86
7.10	0.010	0.49	0.129	0.090	0.072	0.061	0.85
7.15	0.009	0.48	0.126	0.088	0.070	0.059	0.83
7.20	0.009	0.47	0.123	0.086	0.069	0.058	0.81
7.25	0.009	0.46	0.121	0.085	0.067	0.057	0.79
7.30	0.009	0.45	0.118	0.083	0.066	0.056	0.78
7.35	0.009	0.44	0.115	0.081	0.064	0.054	0.76
7.40	0.008	0.43	0.113	0.079	0.063	0.053	0.74
7.45	0.008	0.43	0.111	0.078	0.062	0.052	0.73

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
7.60	0.008	0.40	0.104	0.073	0.058	0.049	0.68
7.65	0.008	0.39	0.101	0.071	0.057	0.048	0.67
7.70	0.007	0.38	0.099	0.070	0.055	0.047	0.65
7.75	0.007	0.37	0.097	0.068	0.054	0.046	0.64
7.80	0.007	0.37	0.095	0.067	0.053	0.045	0.62
7.85	0.007	0.36	0.093	0.065	0.052	0.044	0.61
7.90	0.007	0.35	0.091	0.064	0.051	0.043	0.60
7.95	0.007	0.34	0.089	0.062	0.050	0.042	0.59
8.00	0.007	0.34	0.087	0.061	0.049	0.041	0.57
8.05	0.006	0.33	0.085	0.060	0.048	0.040	0.56
8.10	0.006	0.32	0.083	0.059	0.047	0.039	0.55
8.15	0.006	0.31	0.082	0.057	0.046	0.039	0.54
8.20	0.006	0.31	0.080	0.056	0.045	0.038	0.53
8.25	0.006	0.30	0.078	0.055	0.044	0.037	0.51
8.30	0.006	0.29	0.077	0.054	0.043	0.036	0.50
8.35	0.006	0.29	0.075	0.053	0.042	0.035	0.49
8.40	0.006	0.28	0.073	0.051	0.041	0.035	0.48
8.45	0.005	0.28	0.072	0.050	0.040	0.034	0.47
8.50	0.005	0.27	0.070	0.049	0.039	0.033	0.46
8.55	0.005	0.26	0.069	0.048	0.038	0.032	0.45

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
8.70	0.005	0.25	0.064	0.045	0.036	0.030	0.42
8.75	0.005	0.24	0.063	0.044	0.035	0.030	0.41
8.80	0.005	0.24	0.062	0.043	0.034	0.029	0.41
8.85	0.005	0.23	0.060	0.042	0.034	0.028	0.40
8.90	0.004	0.23	0.059	0.041	0.033	0.028	0.39
8.95	0.004	0.22	0.058	0.041	0.032	0.027	0.38
9.00	0.004	0.22	0.057	0.040	0.032	0.027	0.37
9.05	0.004	0.21	0.055	0.039	0.031	0.026	0.36
9.10	0.004	0.21	0.054	0.038	0.030	0.026	0.36
9.15	0.004	0.20	0.053	0.037	0.030	0.025	0.35
9.20	0.004	0.20	0.052	0.036	0.029	0.024	0.34
9.25	0.004	0.20	0.051	0.036	0.028	0.024	0.33
9.30	0.004	0.19	0.050	0.035	0.028	0.023	0.33
9.35	0.004	0.19	0.049	0.034	0.027	0.023	0.32
9.40	0.004	0.18	0.048	0.033	0.027	0.022	0.31
9.45	0.003	0.18	0.047	0.033	0.026	0.022	0.31
9.50	0.003	0.18	0.046	0.032	0.025	0.021	0.30
9.55	0.003	0.17	0.045	0.031	0.025	0.021	0.29
9.60	0.003	0.17	0.044	0.031	0.024	0.021	0.29
9.65	0.003	0.16	0.043	0.030	0.024	0.020	0.28

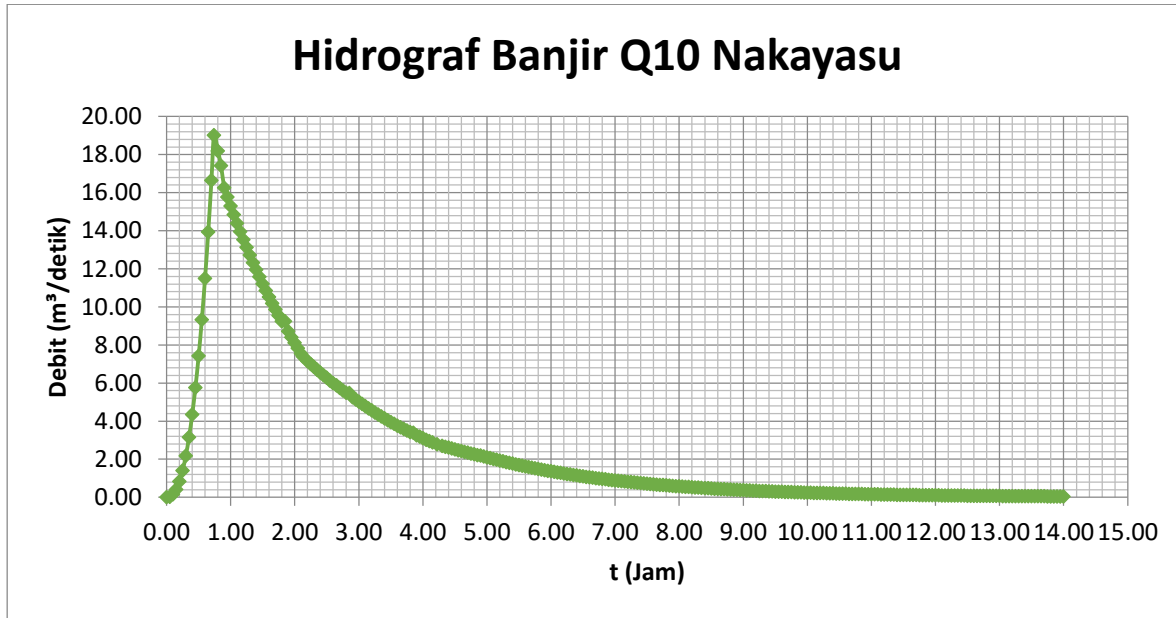
t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
9.80	0.003	0.15	0.040	0.028	0.022	0.019	0.26
9.85	0.003	0.15	0.039	0.027	0.022	0.018	0.26
9.90	0.003	0.15	0.038	0.027	0.021	0.018	0.25
9.95	0.003	0.14	0.037	0.026	0.021	0.018	0.25
10.00	0.003	0.14	0.037	0.026	0.020	0.017	0.24
10.05	0.003	0.14	0.036	0.025	0.020	0.017	0.24
10.10	0.003	0.14	0.035	0.025	0.020	0.017	0.23
10.15	0.003	0.13	0.034	0.024	0.019	0.016	0.23
10.20	0.003	0.13	0.034	0.024	0.019	0.016	0.22
10.25	0.002	0.13	0.033	0.023	0.018	0.016	0.22
10.30	0.002	0.12	0.032	0.023	0.018	0.015	0.21
10.35	0.002	0.12	0.032	0.022	0.018	0.015	0.21
10.40	0.002	0.12	0.031	0.022	0.017	0.015	0.20
10.45	0.002	0.12	0.030	0.021	0.017	0.014	0.20
10.50	0.002	0.11	0.030	0.021	0.016	0.014	0.19
10.55	0.002	0.11	0.029	0.020	0.016	0.014	0.19
10.60	0.002	0.11	0.028	0.020	0.016	0.013	0.19
10.65	0.002	0.11	0.028	0.019	0.015	0.013	0.18
10.70	0.002	0.10	0.027	0.019	0.015	0.013	0.18
10.75	0.002	0.10	0.026	0.019	0.015	0.012	0.17

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
10.90	0.002	0.10	0.025	0.017	0.014	0.012	0.16
10.95	0.002	0.09	0.024	0.017	0.014	0.011	0.16
11.00	0.002	0.09	0.024	0.017	0.013	0.011	0.16
11.05	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.011	0.15
11.10	0.002	0.09	0.023	0.016	0.013	0.011	0.15
11.15	0.002	0.09	0.022	0.016	0.012	0.011	0.15
11.20	0.002	0.08	0.022	0.015	0.012	0.010	0.14
11.25	0.002	0.08	0.021	0.015	0.012	0.010	0.14
11.30	0.002	0.08	0.021	0.015	0.012	0.010	0.14
11.35	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.010	0.13
11.40	0.002	0.08	0.020	0.014	0.011	0.009	0.13
11.45	0.001	0.08	0.020	0.014	0.011	0.009	0.13
11.50	0.001	0.07	0.019	0.013	0.011	0.009	0.13
11.55	0.001	0.07	0.019	0.013	0.010	0.009	0.12
11.60	0.001	0.07	0.018	0.013	0.010	0.009	0.12
11.65	0.001	0.07	0.018	0.013	0.010	0.008	0.12
11.70	0.001	0.07	0.018	0.012	0.010	0.008	0.12
11.75	0.001	0.07	0.017	0.012	0.010	0.008	0.11
11.80	0.001	0.06	0.017	0.012	0.009	0.008	0.11
11.85	0.001	0.06	0.016	0.012	0.009	0.008	0.11

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
12.00	0.001	0.06	0.015	0.011	0.009	0.007	0.10
12.05	0.001	0.06	0.015	0.011	0.008	0.007	0.10
12.10	0.001	0.06	0.015	0.010	0.008	0.007	0.10
12.15	0.001	0.06	0.014	0.010	0.008	0.007	0.10
12.20	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.007	0.09
12.25	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.007	0.09
12.30	0.001	0.05	0.014	0.010	0.008	0.006	0.09
12.35	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.006	0.09
12.40	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.006	0.09
12.45	0.001	0.05	0.013	0.009	0.007	0.006	0.08
12.50	0.001	0.05	0.012	0.009	0.007	0.006	0.08
12.55	0.001	0.05	0.012	0.009	0.007	0.006	0.08
12.60	0.001	0.05	0.012	0.008	0.007	0.006	0.08
12.65	0.001	0.04	0.012	0.008	0.007	0.005	0.08
12.70	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.75	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.80	0.001	0.04	0.011	0.008	0.006	0.005	0.07
12.85	0.001	0.04	0.011	0.007	0.006	0.005	0.07
12.90	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07
12.95	0.001	0.04	0.010	0.007	0.006	0.005	0.07

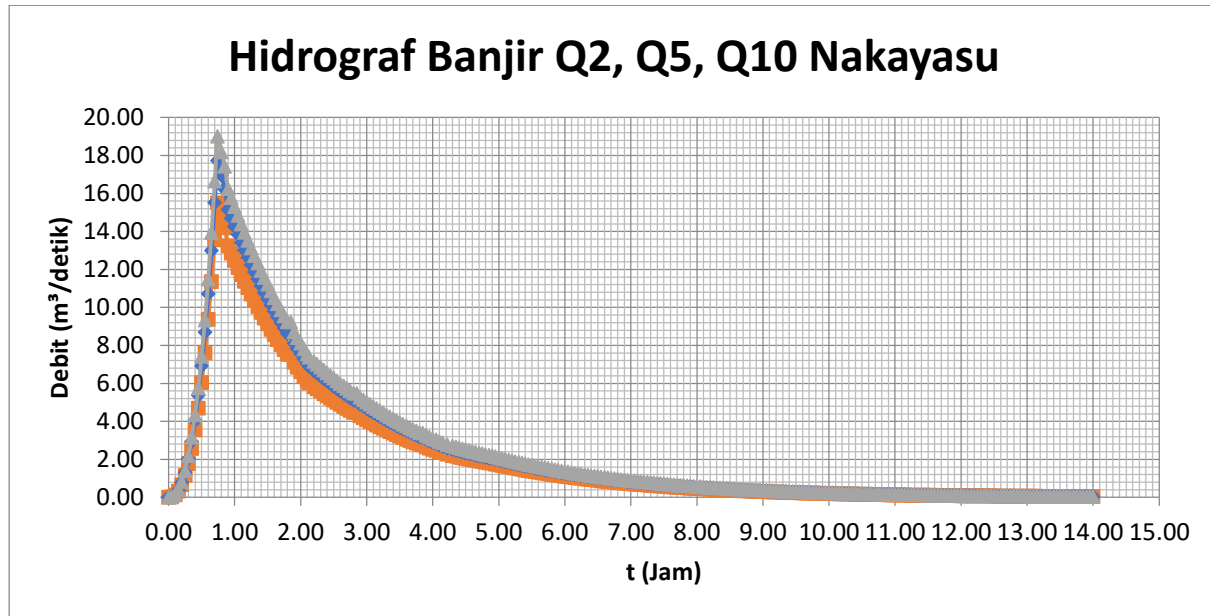
t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	Q
(jam)	(m³/detik)	51.21	13.31	9.34	7.43	6.28	(m³/detik)
13.10	0.001	0.04	0.010	0.007	0.005	0.005	0.06
13.15	0.001	0.04	0.009	0.007	0.005	0.004	0.06
13.20	0.001	0.04	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
13.25	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
13.30	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
13.35	0.001	0.03	0.009	0.006	0.005	0.004	0.06
13.40	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.06
13.45	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.05
13.50	0.001	0.03	0.008	0.006	0.005	0.004	0.05
13.55	0.001	0.03	0.008	0.006	0.004	0.004	0.05
13.60	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
13.65	0.001	0.03	0.008	0.005	0.004	0.004	0.05
13.70	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.75	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.80	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.85	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.05
13.90	0.001	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
13.95	0.000	0.03	0.007	0.005	0.004	0.003	0.04
14.00	0.000	0.02	0.006	0.005	0.004	0.003	0.04

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan

Diagram Hidrograf Banjir Q2, Q5 dan Q10 Nakayasu



Sumber : Hasil Perhitungan

4. Perhitungan Kapasitas Pompa dan kapasitas Long Storage

Perencanaan Kapasitas Pompa pada Perumahan Dian Istana 1 buah dengan Debit rencana pompa 1,5 m³/detik. Perencanaan ini menggunakan perhitungan Nakayasu Q10 untuk Saluran Sungai Kendal yang merupakan Saluran Sekunder

Tabel 4. 51 Perhitungan Pompa

Pompa	Koefisien Kinerja	Q pompa
1	0.9	1.5
Q 10	Q total	ΔQ
m³/dt	m³/dt	m³/dt
0.00	1.35	1.35
0.06	1.35	1.29
0.32	1.35	1.03
0.85	1.35	0.50
1.69	1.35	-0.34
2.88	1.35	-1.53
4.47	1.35	-3.12
6.92	1.35	-5.57
6.40	1.35	-5.05
5.85	1.35	-4.50
5.35	1.35	-4.00
4.09	1.35	-2.74
3.74	1.35	-2.39
3.42	1.35	-2.07
3.13	1.35	-1.78
2.86	1.35	-1.51

Pompa 1 Q 10 m³/dt	Koefisien Kinerja 0.9 Q total m³/dt	Q pompa 1.5 ΔQ m³/dt
2.62	1.35	-1.27
2.19	1.35	-0.84
2.00	1.35	-0.65
1.95	1.35	-0.60
1.87	1.35	-0.52
1.78	1.35	-0.43
1.70	1.35	-0.35
1.62	1.35	-0.27
1.54	1.35	-0.19
1.47	1.35	-0.12
1.40	1.35	-0.05
1.34	1.35	0.01
1.27	1.35	0.08
1.21	1.35	0.14
1.16	1.35	0.19
1.10	1.35	0.25
1.05	1.35	0.30
1.00	1.35	0.35
0.95	1.35	0.40
0.91	1.35	0.44
0.86	1.35	0.49

Pompa 1 Q 10 m³/dt	Koefisien Kinerja 0.9 Q total m³/dt	Q pompa 1.5 ΔQ m³/dt
0.82	1.35	0.53
0.78	1.35	0.57
0.74	1.35	0.61
0.72	1.35	0.63
0.70	1.35	0.65
0.67	1.35	0.68
0.65	1.35	0.70
0.62	1.35	0.73
0.60	1.35	0.75
0.58	1.35	0.77
0.56	1.35	0.79
0.54	1.35	0.81
0.52	1.35	0.83
0.50	1.35	0.85
0.48	1.35	0.87
0.46	1.35	0.89
0.44	1.35	0.91
0.43	1.35	0.92
0.41	1.35	0.94
0.39	1.35	0.96
0.38	1.35	0.97

Pompa 1 Q 10 m³/dt	Koefisien Kinerja 0.9 Q total m³/dt	Q pompa 1.5 ΔQ m³/dt
0.36	1.35	0.99
0.35	1.35	1.00
0.34	1.35	1.01
0.32	1.35	1.03
0.31	1.35	1.04
0.30	1.35	1.05
0.29	1.35	1.06
0.28	1.35	1.07
0.27	1.35	1.08
0.26	1.35	1.09
0.25	1.35	1.10
0.24	1.35	1.11
0.23	1.35	1.12
0.22	1.35	1.13
0.21	1.35	1.14
0.20	1.35	1.15
0.19	1.35	1.16
0.19	1.35	1.16
0.18	1.35	1.17
0.17	1.35	1.18
0.16	1.35	1.19

Pompa 1 Q 10 m³/dt	Koefisien Kinerja 0.9 Q total m³/dt	Q pompa 1.5 ΔQ m³/dt
0.16	1.35	1.19
0.15	1.35	1.20
0.15	1.35	1.20
0.14	1.35	1.21
0.13	1.35	1.22
0.13	1.35	1.22
0.12	1.35	1.23
0.12	1.35	1.23
0.11	1.35	1.24
0.11	1.35	1.24
0.10	1.35	1.25
0.10	1.35	1.25
0.10	1.35	1.25
0.09	1.35	1.26
0.09	1.35	1.26
0.09	1.35	1.26
0.08	1.35	1.27
0.08	1.35	1.27

Sumber : Hasil Perhitungan

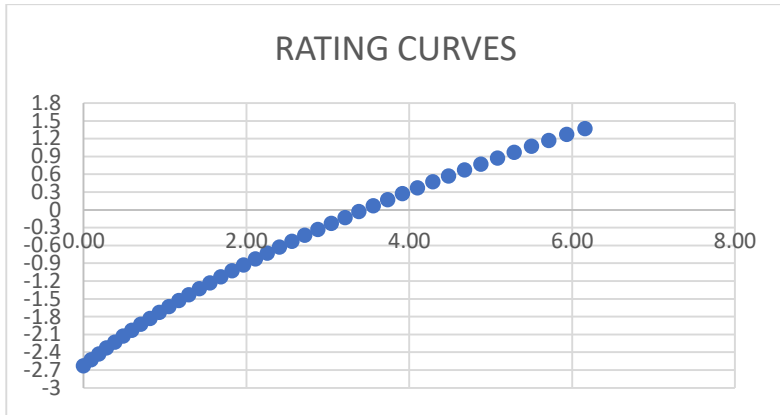
4.4.1 Perhitungan Tinggi Muka Air Pada Perencanaan Pompa

Tabel 4. 52 Tabel Perhitungan Tinggi Muka Air

ELV (m)	H (m)	A (m²)	P (m)	I (m)	R (m)	V (m³)	Q (m³/dtk)
-2.63	0	0.0	0.0	0.0000211	0	0.0	0.00
-2.53	0.10	0.5	1.0	0.0000211	0.5	0.2	0.09
-2.43	0.20	0.9	2.0	0.0000211	0.5	0.2	0.19
-2.33	0.30	1.4	3.0	0.0000211	0.5	0.2	0.28
-2.23	0.40	1.9	4.0	0.0000211	0.5	0.2	0.38
-2.13	0.50	2.4	5.0	0.0000211	0.5	0.2	0.49
-2.03	0.60	2.9	6.0	0.0000211	0.5	0.2	0.59
-1.93	0.70	3.4	7.0	0.0000211	0.5	0.2	0.70
-1.83	0.80	4.0	8.0	0.0000211	0.5	0.2	0.81
-1.73	0.90	4.5	9.0	0.0000211	0.5	0.2	0.93
-1.63	1.00	5.0	10.0	0.0000211	0.5	0.2	1.05
-1.53	1.10	5.6	11.0	0.0000211	0.5	0.2	1.17
-1.43	1.20	6.1	12.0	0.0000211	0.5	0.2	1.29
-1.33	1.30	6.7	13.1	0.0000211	0.5	0.2	1.42
-1.23	1.40	7.3	14.1	0.0000211	0.5	0.2	1.55
-1.13	1.50	7.9	15.1	0.0000211	0.5	0.2	1.69
-1.03	1.60	8.5	16.1	0.0000211	0.5	0.2	1.82
-0.93	1.70	9.1	17.1	0.0000211	0.5	0.2	1.97
-0.83	1.80	9.7	18.1	0.0000211	0.5	0.2	2.11
-0.73	1.90	10.3	19.1	0.0000211	0.5	0.2	2.26
-0.63	2.00	10.9	20.1	0.0000211	0.5	0.2	2.41
-0.53	2.10	11.6	21.1	0.0000211	0.5	0.2	2.56

ELV (m)	H (m)	A (m²)	P (m)	I (m)	R (m)	V (m³)	Q (m³/dtk)
-0.43	2.20	12.2	22.1	0.0000211	0.6	0.2	2.72
-0.33	2.30	12.9	23.1	0.0000211	0.6	0.2	2.88
-0.23	2.40	13.6	24.1	0.0000211	0.6	0.2	3.04
-0.13	2.50	14.2	25.1	0.0000211	0.6	0.2	3.21
-0.03	2.60	14.9	26.1	0.0000211	0.6	0.2	3.38
0.07	2.70	15.6	27.1	0.0000211	0.6	0.2	3.56
0.17	2.80	16.3	28.1	0.0000211	0.6	0.2	3.73
0.27	2.90	17.0	29.1	0.0000211	0.6	0.2	3.92
0.37	3.00	17.7	30.1	0.0000211	0.6	0.2	4.10
0.47	3.10	18.5	31.1	0.0000211	0.6	0.2	4.29
0.57	3.20	19.2	32.1	0.0000211	0.6	0.2	4.48
0.67	3.30	19.9	33.1	0.0000211	0.6	0.2	4.68
0.77	3.40	20.7	34.1	0.0000211	0.6	0.2	4.88
0.87	3.50	21.5	35.1	0.0000211	0.6	0.2	5.08
0.97	3.60	22.2	36.1	0.0000211	0.6	0.2	5.29
1.07	3.70	23.0	37.2	0.0000211	0.6	0.2	5.50
1.17	3.80	23.8	38.2	0.0000211	0.6	0.2	5.72
1.27	3.90	24.6	39.2	0.0000211	0.6	0.2	5.93
1.37	4.00	25.4	40.2	0.0000211	0.6	0.2	6.16

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan

Dari perhitungan Elv Saluran Sungai Kendal Potongan 11 pada Tabel 4. 53 Tabel Perhitungan Tinggi Muka Air maka dapat diketahui Elv Saluran Sungai Kendal dan Waktu (t) pada saat Debit air memenuhi Tampungan Long Storage, dengan tabel 4. 53 Perhitungan Debit Inflow dan Outflow perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4. 54 Perhitungan Debit Inflow dan Outflow

t (jam)	Debit (m3/dt)		Volume (m3)		Komulatif		Delta
	Hujan	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	
0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.05	0.06	0.0	10.9	0.0	10.9	0.0	-10.9
0.10	0.32	0.0	57.6	0.0	68.5	0.0	-68.5
0.15	0.85	0.0	152.4	0.0	220.8	0.0	-220.8
0.20	1.69	0.0	303.9	0.0	524.8	0.0	-524.8
0.25	2.88	0.0	519.2	0.0	1043.9	0.0	-1043.9
0.30	4.47	0.0	804.2	0.0	1848.1	0.0	-1848.1
0.36	6.92	0.0	1494.7	0.0	3342.8	0.0	-3342.8
0.40	6.40	0.0	921.3	0.0	4264.2	0.0	-4264.2
0.45	5.85	0.0	1053.2	0.0	5317.3	0.0	-5317.3
0.50	5.35	0.0	963.1	0.0	6280.5	0.0	-6280.5
0.65	4.09	0.0	2209.7	0.0	8490.2	0.0	-8490.2
0.70	3.74	0.0	673.6	0.0	9163.8	0.0	-9163.8

t (jam)	Debit (m ³ /dt)		Volume (m ³)		Komulatif		Delta
	Hujan	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	
0.75	3.42	0.0	616.0	0.0	9779.8	0.0	-9779.8
0.80	3.13	0.0	563.3	0.0	10343.1	0.0	-10343.1
0.85	2.86	0.0	515.2	0.0	10858.3	0.0	-10858.3
0.90	2.62	0.0	471.1	0.0	11329.4	0.0	-11329.4
1.00	2.19	0.0	788.0	0.0	12117.4	0.0	-12117.4
1.06	2.00	0.0	431.3	0.0	12548.7	0.0	-12548.7
1.10	1.95	0.0	281.5	0.0	12830.2	0.0	-12830.2
1.15	1.87	1.4	335.7	243.0	13166.0	243.0	-12923.0
1.20	1.78	1.4	320.3	243.0	13486.2	486.0	-13000.2
1.25	1.70	1.4	305.5	243.0	13791.7	729.0	-13062.7
1.30	1.62	1.4	291.3	243.0	14083.0	972.0	-13111.0
1.35	1.54	1.4	277.8	243.0	14360.8	1215.0	-13145.8
1.40	1.47	1.4	264.8	243.0	14625.6	1458.0	-13167.6
1.45	1.40	1.4	252.4	243.0	14878.1	1701.0	-13177.1

t (jam)	Debit (m3/dt)		Volume (m3)		Komulatif		Delta
	Hujan	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	
1.50	1.34	1.4	240.6	243.0	15118.7	1944.0	-13174.7
1.55	1.27	1.4	229.3	243.0	15347.9	2187.0	-13160.9
1.60	1.21	1.4	218.5	243.0	15566.4	2430.0	-13136.4
1.65	1.16	1.4	208.2	243.0	15774.6	2673.0	-13101.6
1.70	1.10	1.4	198.3	243.0	15972.9	2916.0	-13056.9
1.75	1.05	1.4	188.9	243.0	16161.7	3159.0	-13002.7
1.80	1.00	1.4	179.9	243.0	16341.6	3402.0	-12939.6
1.85	0.95	1.4	171.3	243.0	16512.9	3645.0	-12867.9
1.90	0.91	1.4	163.1	243.0	16676.0	3888.0	-12788.0
1.95	0.86	1.4	155.3	243.0	16831.3	4131.0	-12700.3
2.00	0.82	1.4	147.8	243.0	16979.2	4374.0	-12605.2
2.05	0.78	1.4	140.3	243.0	17119.5	4617.0	-12502.5
2.10	0.74	1.4	133.1	243.0	17252.6	4860.0	-12392.6
2.15	0.72	1.4	130.4	243.0	17383.0	5103.0	-12280.0

t (jam)	Debit (m ³ /dt)		Volume (m ³)		Komulatif		Delta
	Hujan	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	
2.20	0.70	1.4	125.6	243.0	17508.6	5346.0	-12162.6
2.25	0.67	1.4	121.0	243.0	17629.6	5589.0	-12040.6
2.30	0.65	1.4	116.5	243.0	17746.0	5832.0	-11914.0
2.35	0.62	1.4	112.2	243.0	17858.2	6075.0	-11783.2
2.40	0.60	1.4	108.0	243.0	17966.2	6318.0	-11648.2
2.45	0.58	1.4	104.0	243.0	18070.2	6561.0	-11509.2
2.50	0.56	1.4	100.1	243.0	18170.3	6804.0	-11366.3
2.55	0.54	1.4	96.4	243.0	18266.6	7047.0	-11219.6
2.60	0.52	1.4	92.8	243.0	18359.4	7290.0	-11069.4
2.65	0.50	1.4	89.3	243.0	18448.7	7533.0	-10915.7
2.70	0.48	1.4	86.0	243.0	18534.7	7776.0	-10758.7
2.75	0.46	1.4	82.8	243.0	18617.5	8019.0	-10598.5
2.80	0.44	1.4	79.7	243.0	18697.1	8262.0	-10435.1
2.85	0.43	1.4	76.7	243.0	18773.8	8505.0	-10268.8

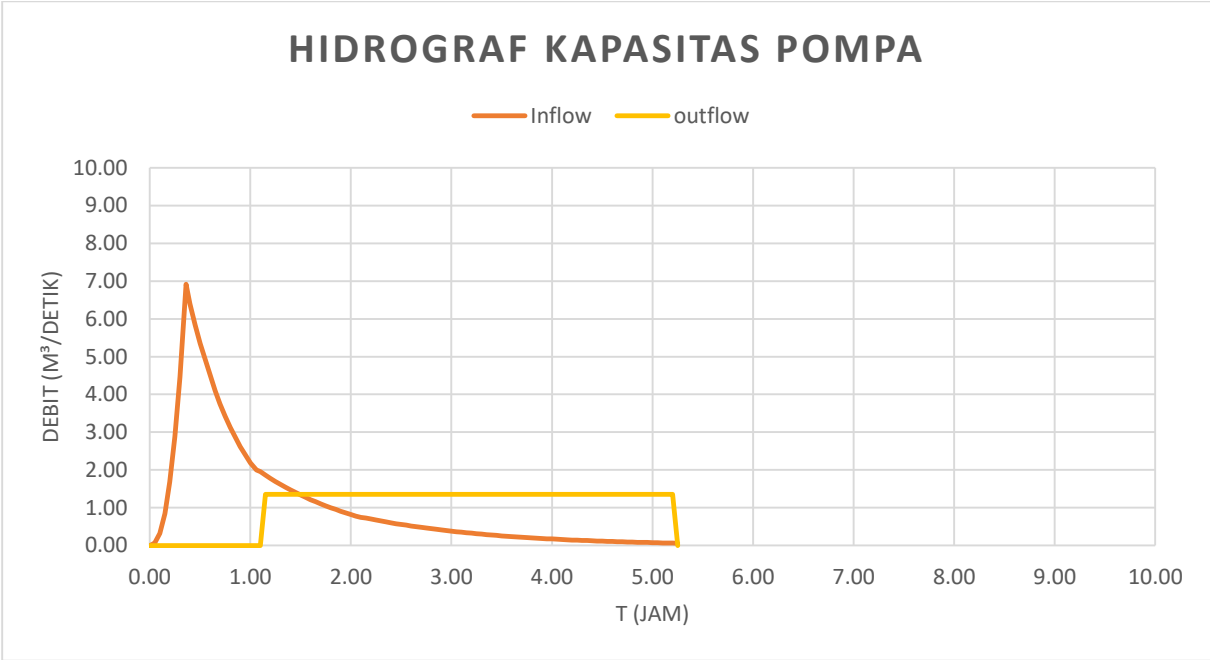
t (jam)	Debit (m ³ /dt)		Volume (m ³)		Komulatif		Delta
	Hujan	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	
2.90	0.41	1.4	73.8	243.0	18847.6	8748.0	-10099.6
2.95	0.39	1.4	71.0	243.0	18918.6	8991.0	-9927.6
3.00	0.38	1.4	68.3	243.0	18987.0	9234.0	-9753.0
3.05	0.36	1.4	65.7	243.0	19052.7	9477.0	-9575.7
3.10	0.35	1.4	63.1	243.0	19115.8	9720.0	-9395.8
3.15	0.34	1.4	60.7	243.0	19176.5	9963.0	-9213.5
3.20	0.32	1.4	58.3	243.0	19234.8	10206.0	-9028.8
3.25	0.31	1.4	56.0	243.0	19290.8	10449.0	-8841.8
3.30	0.30	1.4	53.9	243.0	19344.7	10692.0	-8652.7
3.35	0.29	1.4	51.7	243.0	19396.4	10935.0	-8461.4
3.40	0.28	1.4	49.7	243.0	19446.2	11178.0	-8268.2
3.45	0.27	1.4	47.8	243.0	19493.9	11421.0	-8072.9
3.50	0.26	1.4	45.9	243.0	19539.9	11664.0	-7875.9
3.55	0.25	1.4	44.1	243.0	19584.0	11907.0	-7677.0

t (jam)	Debit (m ³ /dt)		Volume (m ³)		Komulatif		Delta
	Hujan	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	
3.60	0.24	1.4	42.4	243.0	19626.4	12150.0	-7476.4
3.65	0.23	1.4	40.7	243.0	19667.1	12393.0	-7274.1
3.70	0.22	1.4	39.1	243.0	19706.2	12636.0	-7070.2
3.75	0.21	1.4	37.6	243.0	19743.8	12879.0	-6864.8
3.80	0.20	1.4	36.1	243.0	19779.9	13122.0	-6657.9
3.85	0.19	1.4	34.7	243.0	19814.7	13365.0	-6449.7
3.90	0.19	1.4	33.3	243.0	19848.0	13608.0	-6240.0
3.95	0.18	1.4	32.0	243.0	19880.0	13851.0	-6029.0
4.00	0.17	1.4	30.8	243.0	19910.8	14094.0	-5816.8
4.05	0.16	1.4	29.5	243.0	19940.3	14337.0	-5603.3
4.10	0.16	1.4	28.4	243.0	19968.7	14580.0	-5388.7
4.15	0.15	1.4	27.2	243.0	19995.9	14823.0	-5172.9
4.20	0.15	1.4	26.1	243.0	20022.1	15066.0	-4956.1
4.25	0.14	1.4	25.1	243.0	20047.1	15309.0	-4738.1

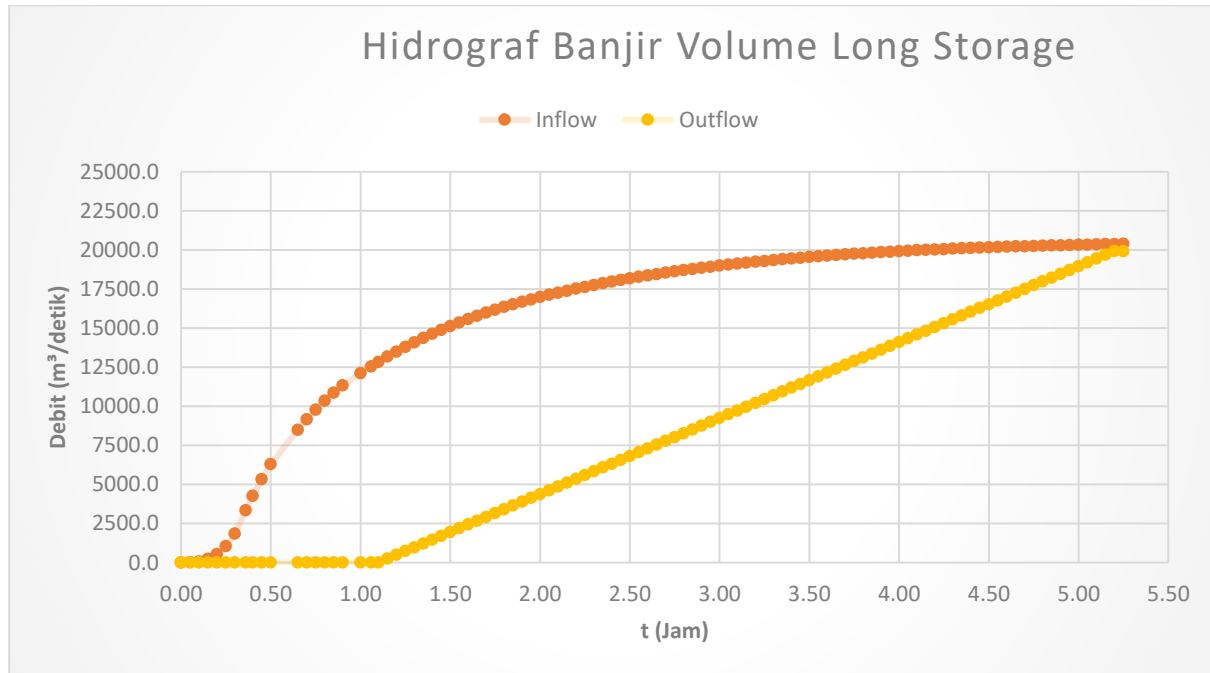
t (jam)	Debit (m3/dt)		Volume (m3)		Komulatif		Delta
	Hujan	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	
4.30	0.13	1.4	24.1	243.0	20071.2	15552.0	-4519.2
4.35	0.13	1.4	23.1	243.0	20094.3	15795.0	-4299.3
4.40	0.12	1.4	22.2	243.0	20116.5	16038.0	-4078.5
4.45	0.12	1.4	21.3	243.0	20137.8	16281.0	-3856.8
4.50	0.11	1.4	20.4	243.0	20158.3	16524.0	-3634.3
4.55	0.11	1.4	19.6	243.0	20177.9	16767.0	-3410.9
4.60	0.10	1.4	18.8	243.0	20196.7	17010.0	-3186.7
4.65	0.10	1.4	18.1	243.0	20214.8	17253.0	-2961.8
4.70	0.10	1.4	17.3	243.0	20232.1	17496.0	-2736.1
4.75	0.09	1.4	16.7	243.0	20248.8	17739.0	-2509.8
4.80	0.09	1.4	16.0	243.0	20264.8	17982.0	-2282.8
4.85	0.09	1.4	15.3	243.0	20280.1	18225.0	-2055.1
4.90	0.08	1.4	14.7	243.0	20294.8	18468.0	-1826.8
4.95	0.08	1.4	14.1	243.0	20309.0	18711.0	-1598.0

t (jam)	Debit (m ³ /dt)		Volume (m ³)		Komulatif		Delta
	Hujan	Outflow	Inflow	Outflow	Inflow	Outflow	
5.00	0.08	1.4	13.6	243.0	20322.5	18954.0	-1368.5
5.05	0.07	1.4	13.0	243.0	20335.5	19197.0	-1138.5
5.10	0.07	1.4	12.4	243.0	20347.9	19440.0	-907.9
5.15	0.07	1.4	11.9	243.0	20359.8	19683.0	-676.8
5.20	0.06	1.4	11.3	243.0	20371.1	19926.0	-445.1
5.25	0.06	0.0	10.8	0.0	20382.0	19926.0	-456.0

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Perhitungan

tabel 4. 55 Tabel Operasional Pompa

Pompa	Volume		Waktu Op	Δt	Elevasi	
	Sal. Dian Istana	Long Storage			Sal. Dian Istana	Long Storage
1	0.00	0.0	0.00	0.05	0.00	0
1	10.91	0.0	0.05	0.05	-2.53	0
1	57.58	0.0	0.10	0.05	-2.33	0
1	152.36	0.0	0.15	0.05	-1.83	0
1	303.90	0.0	0.20	0.05	-1.13	0
1	519.18	0.0	0.25	0.05	-0.33	0
1	804.17	1848.1	0.30	0.06	0.57	-1.81
1	1494.74	3342.8	0.36	0.04	1.71	-1.74
1	921.32	4264.2	0.40	0.05	1.48	-1.71
1	1053.18	5317.3	0.45	0.05	1.23	-1.67
1	963.12	6280.5	0.50	0.15	1.01	-1.65
1	2209.75	8490.2	0.65	0.05	0.36	-1.59
1	673.60	9163.8	0.70	0.05	0.17	-1.57
1	616.00	9779.8	0.75	0.05	-0.01	-1.56
1	563.33	10343.1	0.80	0.05	-0.18	-1.54
1	515.16	10858.3	0.85	0.05	-0.34	-1.53
1	471.11	11329.4	0.90	0.10	-0.49	-1.52
1	787.97	12117.4	1.00	0.06	-0.78	-1.50
1	431.32	12548.7	1.06	0.04	-0.91	-1.49
1	281.52	12830.2	1.10	0.05	-0.94	-1.49
1	335.74	13166.0	1.15	0.05	-1.00	-1.48
1	320.27	13486.2	1.20	0.05	-1.06	-1.48
1	305.47	13791.7	1.25	0.05	-1.12	-1.47
1	291.31	14083.0	1.30	0.05	-1.18	-1.47
1	277.77	14360.8	1.35	0.05	-1.24	-1.46
1	264.82	14625.6	1.40	0.05	-1.29	-1.46

Pompa	Volume		Waktu Op	Δt	Elevasi	
	Sal. Dian Istana	Long Storage			Sal. Dian Istana	Long Storage
1	252.44	14878.1	1.45	0.05	-1.35	-1.45
1	240.60	15118.7	1.50	0.05	-1.40	-1.45
1	229.29	15347.9	1.55	0.05	-1.45	-1.44
1	218.48	15566.4	1.60	0.05	-1.49	-1.44
1	208.16	15774.6	1.65	0.05	-1.54	-1.43
1	198.29	15972.9	1.70	0.05	-1.58	-1.43
1	188.88	16161.7	1.75	0.05	-1.63	-1.43
1	179.89	16341.6	1.80	0.05	-1.67	-1.42
1	171.30	16512.9	1.85	0.05	-1.71	-1.42
1	163.11	16676.0	1.90	0.05	-1.75	-1.42
1	155.29	16831.3	1.95	0.05	-1.79	-1.42
1	147.83	16979.2	2.00	0.05	-1.82	-1.41
1	140.29	17119.5	2.05	0.05	-1.86	-1.41
1	133.12	17252.6	2.10	0.05	-1.90	-1.41
1	130.42	17383.0	2.15	0.05	-1.91	-1.40
1	125.60	17508.6	2.20	0.05	-1.93	-1.40
1	120.95	17629.6	2.25	0.05	-1.96	-1.40
1	116.47	17746.0	2.30	0.05	-1.98	-1.40
1	112.16	17858.2	2.35	0.05	-2.00	-1.40
1	107.99	17966.2	2.40	0.05	-2.02	-1.39
1	103.98	18070.2	2.45	0.05	-2.04	-1.39
1	100.11	18170.3	2.50	0.05	-2.06	-1.39
1	96.38	18266.6	2.55	0.05	-2.08	-1.39
1	92.78	18359.4	2.60	0.05	-2.10	-1.39
1	89.32	18448.7	2.65	0.05	-2.12	-1.39
1	85.98	18534.7	2.70	0.05	-2.14	-1.39
1	82.76	18617.5	2.75	0.05	-2.16	-1.38

Pompa	Volume		Waktu Op	Δt	Elevasi	
	Sal. Dian Istana	Long Storage			Sal. Dian Istana	Long Storage
1	79.66	18697.1	2.80	0.05	-2.17	-1.38
1	76.67	18773.8	2.85	0.05	-2.19	-1.38
1	73.79	18847.6	2.90	0.05	-2.20	-1.38
1	71.02	18918.6	2.95	0.05	-2.22	-1.38
1	68.35	18987.0	3.00	0.05	-2.23	-1.38
1	65.69	19052.7	3.05	0.05	-2.25	-1.38
1	63.13	19115.8	3.10	0.05	-2.26	-1.38
1	60.67	19176.5	3.15	0.05	-2.27	-1.38
1	58.31	19234.8	3.20	0.05	-2.29	-1.37
1	56.04	19290.8	3.25	0.05	-2.30	-1.37
1	53.85	19344.7	3.30	0.05	-2.31	-1.37
1	51.75	19396.4	3.35	0.05	-2.33	-1.37
1	49.73	19446.2	3.40	0.05	-2.34	-1.37
1	47.78	19493.9	3.45	0.05	-2.35	-1.37
1	45.91	19539.9	3.50	0.05	-2.36	-1.37
1	44.12	19584.0	3.55	0.05	-2.37	-1.37
1	42.39	19626.4	3.60	0.05	-2.38	-1.37
1	40.73	19667.1	3.65	0.05	-2.39	-1.37
1	39.13	19706.2	3.70	0.05	-2.40	-1.37
1	37.60	19743.8	3.75	0.05	-2.41	-1.37
1	36.12	19779.9	3.80	0.05	-2.41	-1.37
1	34.71	19814.7	3.85	0.05	-2.42	-1.37
1	33.34	19848.0	3.90	0.05	-2.43	-1.37
1	32.03	19880.0	3.95	0.05	-2.44	-1.36
1	30.77	19910.8	4.00	0.05	-2.45	-1.36
1	29.54	19940.3	4.05	0.05	-2.45	-1.36
1	28.36	19968.7	4.10	0.05	-2.46	-1.36

Pompa	Volume		Waktu Op	Δt	Elevasi	
	Sal. Dian Istana	Long Storage			Sal. Dian Istana	Long Storage
1	27.22	19995.9	4.15	0.05	-2.47	-1.36
1	26.13	20022.1	4.20	0.05	-2.47	-1.36
1	25.09	20047.1	4.25	0.05	-2.48	-1.36
1	24.08	20071.2	4.30	0.05	-2.49	-1.36
1	23.11	20094.3	4.35	0.05	-2.49	-1.36
1	22.19	20116.5	4.40	0.05	-2.50	-1.36
1	21.30	20137.8	4.45	0.05	-2.50	-1.36
1	20.44	20158.3	4.50	0.05	-2.51	-1.36
1	19.62	20177.9	4.55	0.05	-2.51	-1.36
1	18.83	20196.7	4.60	0.05	-2.52	-1.36
1	18.08	20214.8	4.65	0.05	-2.52	-1.36
1	17.35	20232.1	4.70	0.05	-2.52	-1.36
1	16.65	20248.8	4.75	0.05	-2.53	-1.36
1	15.98	20264.8	4.80	0.05	-2.53	-1.36
1	15.34	20280.1	4.85	0.05	-2.54	-1.36
1	14.72	20294.8	4.90	0.05	-2.54	-1.36
1	14.13	20309.0	4.95	0.05	-2.54	-1.36
1	13.56	20322.5	5.00	0.05	-2.55	-1.36
1	12.97	20335.5	5.05	0.05	-2.55	-1.36
1	12.40	20347.9	5.10	0.05	-2.55	-1.36
1	11.86	20359.8	5.15	0.05	-2.56	-1.36
1	11.34	20371.1	5.20	0.05	-2.56	-1.36
1	10.84	20382.0	5.25	0.05	-2.56	-1.36
1	10.37	20392.3	5.30	0.05	-2.57	0.00

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan:

1. Kapasitas pompa yang digunakan 1.5 m³/dtk.
2. Pompa mulai dinyalakan pada saat Saluran Sungai Kendal di elevasi -1.00.
3. Pompa dimatikan pada saat Tampungan Long Storage pada elevasi -1.80 dengan pertimbangan mendekati dasar saluran Long Storage.

4.4.2 Penampang Saluran Long Storage Berbentuk Segiempat

- a) Luas Penampang

$$A = b \times h$$

- b) Keliling Basah Penampang

$$P = b + (2 \times h)$$

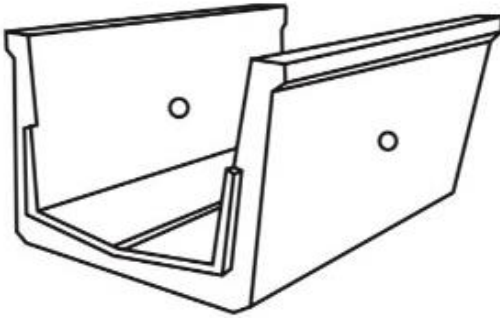
- c) Jari – jari Hidrolis Penampang

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

4.4.3 Perencanaan Kapasitas Long Storage dengan bantuan Pompa

1. Perhitungan perencanaan design Long Storage
Volume yang ditampung = 13.177 m³ (perhitungan volume ini didapatkan dari Tabel 4. 54 Perhitungan Debit Inflow dan Outflow)

Design Box Culvert dengan contoh perencanaan sebagai berikut :



Gambar 4. 20 Contoh U-Ditch

Sumber : Terraconblock.com

Direncanakan: Panjang Saluran = 1000 m

Lebar Saluran = 7 m (dengan 2 box culvert
masing-masing lebar 3.5 m

Tinggi Saluran = 2 m

Maka Volume yang dapat ditampung dari design rencana :

$$volume = p \times l \times t$$

$$volume = 1000 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$volume = 14000 \text{ m}^3$$

2. Perhitungan Daya Pompa

Sistem drainase yang tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai faktor pendorong, maka perlu dilengkapi dengan pompa. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampung banjir maupun langsung dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi. Besarnya daya yang diperlukan pompa untuk memompa air, dengan rumus :

$$\text{Daya pompa} = \frac{Q \times hp \times \gamma}{76} \text{ (satuan pk)}$$

$$\text{Daya pompa} = \frac{Q \times hp \times \gamma \times g}{1000} \text{ (satuan kwh)}$$

Dimana :

D = Daya pompa (hp)

Q = Debit yang dialirkan (m^3 / dtk)

γ = Berat jenis zat cair

hp = Tambahan energi per satuan zat cair yang diberikan pompa

Contoh perhitungan pada saat Volume max:

$$\text{Daya pompa} = \frac{3.07 \times 1.8 \times 1000}{76} = 72.68 \text{ pk}$$

$$\text{Daya pompa} = \frac{3.07 \times 1.8 \times 1000 \times 9.8}{1000} = 54.13 \text{ kwh}$$

Q outflow (m3/dtk)	γ (1000 kg/m3)	hp	Gravitasi	Daya Pompa	
				pk	kwh
1.89	1000	1.80	9.80	44.66	33.26
1.79	1000	1.80	9.80	42.40	31.58
1.71	1000	1.80	9.80	40.49	30.15
1.64	1000	1.80	9.80	38.85	28.93
1.58	1000	1.80	9.80	37.43	27.88
1.53	1000	1.80	9.80	36.18	26.95
1.48	1000	1.80	9.80	35.09	26.13
1.44	1000	1.80	9.80	34.11	25.41
1.40	1000	1.80	9.80	33.24	24.76
1.37	1000	1.80	9.80	32.46	24.17
1.34	1000	1.80	9.80	31.75	23.64
1.31	1000	1.80	9.80	31.10	23.16
1.29	1000	1.80	9.80	30.51	22.72
1.27	1000	1.80	9.80	29.97	22.32
1.24	1000	1.80	9.80	29.47	21.95
1.23	1000	1.80	9.80	29.01	21.61
1.21	1000	1.80	9.80	28.59	21.29
1.19	1000	1.80	9.80	28.20	21.00
1.17	1000	1.80	9.80	27.83	20.73
1.16	1000	1.80	9.80	27.49	20.47
1.15	1000	1.80	9.80	27.16	20.23
1.13	1000	1.80	9.80	26.86	20.01
1.12	1000	1.80	9.80	26.58	19.80
1.11	1000	1.80	9.80	26.32	19.60
1.10	1000	1.80	9.80	26.07	19.41
1.09	1000	1.80	9.80	25.83	19.24

Q outflow (m3/dtk)	γ (1000 kg/m3)	hp	Gravitasi	Daya Pompa	
				pk	kwh
1.08	1000	1.80	9.80	25.60	19.07
1.07	1000	1.80	9.80	25.39	18.91
1.06	1000	1.80	9.80	25.19	18.76
1.06	1000	1.80	9.80	25.00	18.62
1.05	1000	1.80	9.80	24.82	18.48
1.04	1000	1.80	9.80	24.64	18.36
1.03	1000	1.80	9.80	24.48	18.23
1.03	1000	1.80	9.80	24.32	18.12
1.02	1000	1.80	9.80	24.17	18.00
1.01	1000	1.80	9.80	24.03	17.90
1.01	1000	1.80	9.80	23.89	17.79
1.00	1000	1.80	9.80	23.76	17.69
1.00	1000	1.80	9.80	23.63	17.60
0.99	1000	1.80	9.80	23.51	17.51
0.99	1000	1.80	9.80	23.39	17.42
0.98	1000	1.80	9.80	23.28	17.34
0.98	1000	1.80	9.80	23.17	17.26
0.97	1000	1.80	9.80	23.07	17.18
0.97	1000	1.80	9.80	22.97	17.11
0.97	1000	1.80	9.80	22.87	17.03
0.96	1000	1.80	9.80	22.78	16.96
0.96	1000	1.80	9.80	22.69	16.90
0.95	1000	1.80	9.80	22.60	16.83
0.95	1000	1.80	9.80	22.51	16.77
0.95	1000	1.80	9.80	22.43	16.71
0.94	1000	1.80	9.80	22.35	16.65

Q outflow (m ³ /dtk)	γ (1000 kg/m ³)	hp	Gravitasi	Daya Pompa	
				pk	kwh
0.94	1000	1.80	9.80	22.28	16.59
0.94	1000	1.80	9.80	22.20	16.54
0.93	1000	1.80	9.80	22.13	16.48
0.93	1000	1.80	9.80	22.06	16.43
0.93	1000	1.80	9.80	22.00	16.38
0.93	1000	1.80	9.80	21.93	16.33
0.92	1000	1.80	9.80	21.87	16.29
0.92	1000	1.80	9.80	21.80	16.24
0.92	1000	1.80	9.80	21.74	16.20
0.92	1000	1.80	9.80	21.69	16.15
0.91	1000	1.80	9.80	21.63	16.11
0.91	1000	1.80	9.80	21.57	16.07
0.91	1000	1.80	9.80	21.52	16.03
0.91	1000	1.80	9.80	21.47	15.99
0.90	1000	1.80	9.80	21.42	15.95
0.90	1000	1.80	9.80	21.37	15.91
0.90	1000	1.80	9.80	21.32	15.88
0.90	1000	1.80	9.80	21.27	15.84
0.90	1000	1.80	9.80	21.23	15.81
0.89	1000	1.80	9.80	21.18	15.78
0.89	1000	1.80	9.80	21.14	15.74

Sumber : Hasil Perhitungan

3. Perencanaan Buk Antara Saluran Sungai Kendal dan Long Storage

Perencanaan Buk pada hulu Long Storage dilakukan untuk mencegah Debit pada Saluran Sungai Kendal masuk ke tampungan Long Storage. Perencanaan tinggi Buk disesuaikan dengan Volume banjir pada saat keadaan maksimal / penuh. Dengan perhitungan seperti berikut :

$$\text{tinggi Buk} = \frac{\text{Volume yang ditampung}}{\text{panjang saluran} \times \text{lebar saluran}}$$

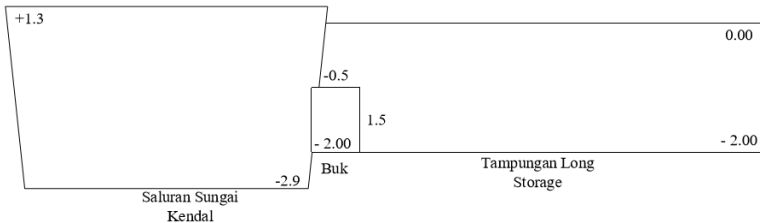
$$\text{tinggi Buk} = \frac{13.177 \text{ m}^3}{1000 \text{ m} \times 7 \text{ m}}$$

$$\text{tinggi Buk} = 1.5 \text{ m}$$

Maka tinggi buk 1.5m terletak di Elv -0.5 m dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Elv Buk} = -2.9 \text{ m} + 0.9 \text{ m} + 1.5 \text{ m} = -0.5 \text{ m}$$

Dengan design rencana sebagai berikut :



Gambar 4. 21 Design Rencana tinggi buk

Sumber : Hasil Perhitungan

BAB 5

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan data curah hujan 20 tahun maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Debit banjir rencana 2 tahun = 11.25 m³/dtk

Debit banjir rencana 5 tahun = 38.05 m³/dtk

Debit banjir rencana 10 tahun = 40.82 m³/dtk

Setelah diruning HEC-RAS terjadi banjir di beberapa titik yaitu Potongan 1, Potongan 2, Potongan 3, Potongan 4, Potongan 5, Potongan 6, Potongan 7, Potongan 9, Potongan 10, Potongan 11, Potongan 12 dan Potongan 13. Hal ini membuat air meluap sebesar $V = 13.177$ m³ ke Pemukiman maka solusi yang direncanakan untuk permasalahan ini yaitu dengan Perencanaan Long Storage.

2. Perencanaan Long Storage direncanakan pada jalan akses masuk Perumahan Dian Istana berupa Box Culvert dengan Panjang Saluran = 1000 m, Lebar Saluran = 7 m (dengan 2 box culvert masing-masing memiliki lebar 3.5 m), Tinggi Saluran 2 m dengan kapasitas $V = 14.000$ m³. Dengan Panjang Saluran 800 m dibutuhkan 1667 buah Box Culvert.

3. Sistem operasi pada pompa menggunakan 1 buah pompa dengan kapasitas $Q = 1.5$ m³/dtk. Pengoperasian pompa dimulai (*on*) ketika Elv Debit banjir di Saluran Sungai Kendal sudah mencapai -1.00 dan dalam keadaan tersebut Elv di Long Storage -1.48. Pengoperasian pompa di akhiri (*off*) pada saat Long Storage Elv -1.80 dengan pertimbangan mendekati dasar saluran.

5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil perhitungan dan analisis ini adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan data hujan yang cukup akan menghindari terjadinya kesalahan analisis distribusi persebaran data.
2. Perlu adanya perawatan berkala untuk Long Storage dan pompa agar sistem berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPPEKO,K. S., 2019.a. *Catchment Area*, Surabaya: s.n.
- BAPPEKO,K. S., 2019.b. *Peta Persebaran Genangan Surabaya*: s.n.
- BAPPEKO,K. S., 2019.c. *Peta Kawasan Rawan Bencana*, Surabaya: s.n.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *SNI 2415 : 2016 Tata cara perhitungan debit banjir rencana*. Jakarta .
- Hadisusanto. Nugroho. (2010). *Aplikasi Hidrologi* . Malang : Jogja Mediautama.
- Rahmanata , Handi Firmansyah. 2017, *Perencanaan Bozem dan Pompa Di Kawasan Hilir Kali Kandangan Surabaya Barat*. Surabaya : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan* . Yogyakarta : Andi Offset.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Bandung : Penerbit Nova.
- Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta : Graha Ilmu Yogyakarta.Triatmodjo, 2008

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Purworejo, 1 Desember 1997, merupakan anak tunggal dari Alm. Bapak Didit Sujatmoyo dan Ibu Ida Suliati. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Bayangkari Kota Kediri, SDN Mojoroto 1 Kota Kediri, SMPN 4 Kota Kediri dan SMAN 2 Kota Kediri. Setelah lulus dari SMAN tahun 2016, penulis mengikuti Tes mandiri Vokasi dan diterima di Jurusan Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil-FV pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 10111600000022. Lulus dari D3 Teknik Infrastruktur Sipil tahun 2020 dengan Judul Tugas Akhir **“Pengendalian Banjir Di Kawasan Pemukiman Dian Istana Wiyung Surabaya”**.

Di jurusan Teknik Infrastruktur Sipil ini Penulis mengambil bidang Bangunan Air. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan Seminar yang di selenggarakan oleh Jurusan Diploma Teknik Infrastruktur Sipil dan Tim AD-HOC di Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS). Penulis juga mengikuti Sertifikasi yang diselenggarakan oleh Kementerian PUPR mengenai Pembekalan dan Uji Sertifikasi K3 dengan kerjasama LPJK (Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 1996

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
2	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	36
3	0	46	0	48	0	0	0	0	0	0	0	66
4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	20	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
6	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
7	20	28	0	30	0	0	0	0	0	0	0	38
8	28	40	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0
9	0	50	24	0	0	0	0	0	0	0	70	0
10	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	28	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	12	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0
13	30	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	40	46	0	0	0	7	0	0	0	0	0	8
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
16	0	30	0	0	0	25	0	0	0	0	45	50
17	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	50	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	50	0	0	7	0	0	0	0	0	58	0
21	0	14	0	40	0	0	0	0	0	0	20	0
22	50	20	42	15	0	0	0	0	0	0	28	0
23	54	50	0	0	0	0	0	0	0	16	0	8
24	60	50	0	0	0	0	0	0	0	0	8	40
25	0	42	40	0	0	6	0	0	0	0	0	66
26	0	52	28	0	0	0	0	0	36	0	10	63
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
30	0		0	0	0	0	0	0	14	0	0	0
31	36		0		0		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 1997

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
2	15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
3	55	0	41	42	0	0	0	0	0	0	0	20
4	10	0	15	0	0	0	0	0	0	14	0	0
5	79	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	15
6	50	14	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7
7	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	29	16
8	0	38	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
9	63	19	0	9	12	0	0	0	0	40	0	56
10	0	0	21	2	7	0	0	0	0	0	0	11
11	17	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	20
12	12	7	0	0	0	12	0	0	0	0	0	27
13	10	95	0	25	0	15	0	0	0	0	0	0
14	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
15	8	12	14	0	0	0	0	0	0	0	15	30
16	6	25	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0
17	20	70	0	15	0	0	0	0	0	0	30	0
18	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
19	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20	9
22	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	40
23	20	25	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15
24	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
28	20	14	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0		14	10	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0		0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0		4		0		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2001

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	31	40	36	0	22	0	0	0	0	0	0
2	0	72	26	0	0	36	0	0	0	0	0	10
3	0	0	0	0	0	10	0	0	0	4	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	6	86	0	0	0	0	0	0	5	11	0
6	38	38	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	18	0	20	48	0	0	0	0	0	0	0	0
8	8	8	0	20	0	0	0	0	0	0	15	0
9	10	0	0	0	0	62	0	0	0	63	0	0
10	0	0	0	0	0	0	2	0	0	17	0	0
11	0	22	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	3	23	6	0	0	16	0	0	0	0	0
13	0	0	0	4	0	0	4	0	0	10	0	46
14	34	0	55	18	0	0	0	0	0	13	0	0
15	24	0	19	0	0	0	0	0	0	0	17	0
16	26	0	22	24	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	19	0	0	0	8	0	0	0	40	52
18	15	0	0	6	0	0	0	0	0	0	28	68
19	70	13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	22
20	0	0	0	0	0	0	8	0	0	9	0	50
21	90	0	52	0	0	0	0	0	0	4	0	54
22	50	0	48	0	0	0	16	0	0	0	0	3
23	45	0	42	32	0	0	4	0	0	0	0	0
24	0	31	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	40	0	0	0	0	0	0	0	0	2	26	0
26	30	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
27	0	32	30	0	28	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	20
29	28		0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
30	15		0	0	0	0	0	0	0	0	27	19
31	10		0		0		0	0		0		6

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2002

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	5
2	22	0	0	10	2	0	0	0	0	0	0	3
3	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
4	73	13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
6	12	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	90	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
8	6	3	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	5	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	7
10	0	15	62	0	24	0	0	0	0	0	0	0
11	2	0	20	0	5	0	0	0	0	0	0	0
12	0	8	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	71
14	17	12	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6
15	48	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0
16	4	11	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
17	16	14	0	13	0	0	0	0	0	0	0	4
18	13	0	21	17	0	0	0	0	0	0	0	0
19	13	0	5	22	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
22	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
23	25	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	41
25	19	36	10	12	0	0	0	0	0	0	40	13
26	8	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	10	33	6	0	0	0	0	0	0	0	5	99
28	40	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
29	51		12	0	0	0	0	0	0	0	3	2
30	113		29	0	8	0	0	0	0	0	0	3
31	0		13		0		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2003

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
2	5	9	0	17	27	0	0	0	0	0	3	0
3	37	10	12	0	0	2	0	0	0	0	0	0
4	0	9	37	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	32	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	4	2	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0
7	5	0	17.5	0	9.5	0	0	0	0	0	0	0
8	0	6	0	11	13	0	0	0	0	0	0	0
9	5	21	8	9	16	0	0	0	0	0	0	0
10	4	18	64	38	12	0	0	0	0	0	0	0
11	3	34	78	3	0	0	0	0	0	0	0	0
12	24	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0
13	13	0	2	5	18	2	0	0	0	0	0	0
14	12	16	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
15	7	41	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
16	0	3	98	0	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0
18	0	0	1	2	0	7	0	0	0	2	54	0
19	0	16	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
20	34	0	9	6	0	41	0	0	0	0	0	0
21	26	0	31	0	0	0	0	1	0	0	0	0
22	3	0	12	0	0	5	0	0	0	0	32	0
23	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
25	9	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	27	0
27	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	4	0
28	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	0
29	8		36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	29		0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
31	30		0		0		0	0		51		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2004

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	42	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	2	21	0	0	0	0	0	0	0	0	8
3	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	17
4	0	32	41	12	0	0	0	0	0	0	0	15
5	2	2	103	8	0	0	0	0	0	0	0	0
6	55	0	19	0	8	0	0	0	0	0	0	0
7	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	19	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
10	11	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	14
11	8	0	25	67	0	16	0	0	0	0	0	0
12	27	0	41	0	11	0	0	0	0	0	0	9
13	0	0	18	31	0	0	0	0	0	0	0	17
14	13	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1	44	0	0	0	0	0	0	0	0	12
16	0	5	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0
17	9	3	3	0	31	0	0	0	0	0	0	0
18	0	2	36	16	0	0	0	0	0	0	0	0
19	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7
20	0	14	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	31	12	9	0	11	0	0	0	0	0	0	19
22	0	54	11	0	0	0	0	0	0	0	0	7
23	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	49	0	0	4	0	0	0	0	0	0	27
25	6	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	8	9	0	24	0	0	0	0	0	0	28	18
27	43	5	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0
28	2	13	6	7	12	0	0	0	0	0	9	45
29	18	32	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0
30	4		27	0	0	0	0	0	0	0	3	0
31	48		31		0		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2005

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	79	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	42
2	0	0	12	27	52	0	0	0	0	0	0	34
3	0	53	41	0	0	0	0	5	0	0	0	7
4	17	27	63	67	0	0	0	0	0	0	0	3
5	11	0	54	23	14	3	0	0	0	0	0	0
6	28	0	11	0	0	61	20	0	0	0	0	0
7	10	0	87	7	95	57	0	0	0	0	0	74
8	36	0	16	53	0	57	6	0	0	0	0	0
9	0	103	35	0	0	0	3	0	0	0	0	0
10	31	46	33	3	0	0	0	0	0	0	0	8
11	69	0	0	12	7	0	37	0	7	0	4	0
12	0	22	0	9	0	0	71	0	0	0	0	0
13	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0	86
14	17	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
15	5	6	38	44	0	5	0	0	0	23	0	46
16	21	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
17	3	8	28	0	0	0	0	0	0	0	0	34
18	0	33	7	0	0	0	0	0	0	0	0	11
19	25	0	25	0	0	0	0	0	0	40	0	0
20	36	0	0	0	0	0	0	0	0	26	47	8
21	3	34	32	0	0	16	0	0	0	0	4	31
22	12	36	36	0	0	7	0	0	0	0	0	6
23	0	62	0	0	0	0	0	0	0	27	0	29
24	0	12	26	0	0	0	0	0	0	12	114	0
25	0	44	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
26	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
27	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
28	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	5
29	9		3	6	0	8	0	0	0	0	0	24
30	0		11	0	0	0	0	0	0	0	0	16
31	0		0		0		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2006

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	5	27	19	14	63	7	0	0	0	0	0	0
2	14	39	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	6	32	0	0	3	0	0	0	0	0	31
4	63	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	18	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0	19
6	33	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3	18	110	0	11	0	0	0	0	0	0	0
8	21	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0
9	0	69	0	57	14	0	0	0	0	0	0	0
10	0	65	0	11	34	0	0	0	0	0	0	0
11	42	43	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	21	0	19	59	0	0	0	0	0	0	0	0
13	27	64	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	54	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	3	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	8	3	25	0	5	0	0	0	0	0	0	1
17	3	43	0	8	0	0	0	0	0	0	0	19
18	0	25	51	0	0	0	0	0	0	0	0	11
19	0	81	47	0	0	0	0	0	0	0	0	11
20	0	42	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	15	40	16	0	0	0	0	0	0	0	14
22	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
23	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
24	72	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	1
25	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	5	0	59	24	0	0	0	0	0	0	24
27	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	6	15
28	30	3	17	0	0	0	0	0	0	0	13	0
29	3		59	0	4	0	0	0	0	0	0	13
30	0		0	54	9	0	0	0	0	0	0	57
31	16		16		14		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2007

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	12	82	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	5	12	20	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	16	3	9	0	0	0	0	0	0	4	5
4	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	3	64
5	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
6	0	26	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4
7	0	19	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	3	23	0	0	0	0	0	0	0	5
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2
12	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	12	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	14	9	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
18	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
19	39	14	4	11	0	0	0	0	0	0	0	19
20	0	1	2	35	6	2	0	0	0	0	0	0
21	0	5	96	16	0	10	0	0	0	0	0	83
22	45	41	0	3	72	0	0	0	0	0	0	41
23	21	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
24	49	43	0	66	0	0	0	0	0	0	0	38
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
26	0	13	0	11	0	0	0	0	0	0	0	69
27	13	18	0	14	0	0	0	0	0	0	0	3
28	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
30	7		27	0	0	0	0	0	0	0	29	6
31	5		61		10		0	0		0		7

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2008

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	0	27	44	0	0	0	0	0	0	0	0
2	51	0	61	0	31	0	0	0	0	0	61	6
3	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	11	7
4	21	14	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	12	16	0	9	0	0	0	0	0	22	0
6	16	4	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0
7	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	6	79
8	0	20	13	0	0	0	0	0	0	0	4	15
9	0		54	27	0	0	0	0	0	0	0	0
10	7	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0
12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
14	0	4	23	0	0	0	0	0	0	0	0	9
15	31	0	25	31	0	0	0	0	0	0	0	43
16	73	21	0	0	0	0	0	0	0	0	4	39
17	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	58
18	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0
20	0	0	61	21	0	0	0	0	0	0	43	0
21	4	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	29	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0
23	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	12	0	0	0	0	0	0	9	6	0
25	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	61	0
26	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	27	28
27	5	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	39
28	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	6	81
29	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	4		0	0	0	0	0	0	0	0	21	0
31	26		0		0		0		45			33

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2009

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	12	31	19	59	0	6	0	0	0	0	0	0
2	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	16	12	32	11	0	5	0	0	0	0	0	0
4	5	6	5	0	0	3	0	0	0	0	0	3
5	27	0	49	0	0	4	0	0	0	0	0	0
6	7	0	52	5	0	0	0	0	0	0	0	5
7	12	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	78	47	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	4	0	37	41	0	0	0	0	0	0
11	7	12	19	0	32	4	0	0	0	0	0	0
12	36	0	47	0	14	0	0	0	0	0	0	0
13	1	0	0	6	25	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
15	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
16	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
17	23	6	67	5	7	0	0	0	0	0	0	22
18	0	9	0	11	29	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	19	26	0	0	0	0	0	0	0
20	0	17	18	0	21	0	0	0	0	0	0	12
21	5	12	0	16	0	0	0	0	0	0	0	4
22	0	76	0	12	0	0	0	0	0	0	47	0
23	0	14	0	0	48	0	0	0	0	0	0	17
24	77	16	0	0	10	0	0	0	0	0	0	32
25	0	8	0	0	17	0	0	0	0	0	12	0
26	0	69	0	0	28	0	0	0	0	0	0	27
27	3	0	0	7	19	0	0	0	0	0	41	3
28	4	51	0	8	8	0	0	0	0	0	8	0
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	7	37
30	4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	69		0	0	47		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2010

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	24	0	48	36	7	0	0	0	0	0	13	114
2	17	9	41	7	0	0	0	0	0	0	9	5
3	0	52	0	27	9	0	7	0	0	0	7	92
4	0	48	8	0	27	9	0	0	0	0	0	18
5	43	18	4	0	5	17	2	0	0	0	0	0
6	8	87	29	25	0	0	0	0	14	0	48	49
7	29	26	18	0	0	57	0	0	10	0	62	0
8	0	0	3	2	12	8	0	0	5	5	0	0
9	0	0	9	5	17	12	0	0	0	47	0	5
10	26	12	37	0	14	0	12	0	0	4	12	42
11	21	0	0	10	17	12	0	0	0	0	7	0
12	12	0	0	51	2	0	0	0	12	0	0	7
13	11	26	0	12	21	11	0	0	4	0	0	0
14	0	7	0	19	5	0	0	0	2	0	18	12
15	0	24	0	16	14	0	0	0	0	61	0	5
16	0	0	0	51	7	9	0	0	0	6	0	8
17	0	9	10	7	11	0	0	0	0	0	24	16
18	0	6	6	18	0	7	0	0	4	0	0	0
19	0	27	43	0	0	0	0	0	7	0	0	3
20	37	81	0	0	14	0	0	0	0	11	3	6
21	48	88	0	0	3	0	0	0	2	18	0	0
22	32	0	0	12	6	0	0	0	0	0	14	0
23	54	0	8	3	28	0	0	0	7	0	0	11
24	52	0	48	43	34	0	0	12	13	0	5	0
25	3	83	73	14	31	0	0	0	20	0	9	0
26	2	64	48	19	0	0	11	0	0	0	14	27
27	11	0	7	5	0	0	2	0	0	0	0	33
28	13	0	0	37	0	0	14	0	0	0	0	0
29	0		0	32	0	0	0	0	0	4	0	0
30	0		0	35	0	0	0	0	0	0	7	18
31	0		15		12		0	0		46		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2011

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	28	81	18	18	20	0	0	0	0	0	0	0
2	5	32	51	51	11	0	0	0	0	0	0	0
3	17	12	10	10	45	0	0	0	0	0	8	68
4	5	28	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	7	0	0	10	0	0	0	0	0	31	0
6	12	0	18	18	9	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15
8	8	21	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
9	5	17	0	0	2	0	0	0	0	0	102	0
10	30	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0
11	0	0	34	34	0	0	0	0	0	0	0	0
12	8	22	10	10	36	0	0	0	0	0	9	13
13	9	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	29	58	10	10	19	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	8	0	0	11	0	0	0	0	0	0	20
17	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	13	13	0	0	0	0	0	0	16	28
19	0	31	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0
20	14	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
21	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
22	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
24	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
25	17	0	43	43	0	0	0	0	0	0	0	22
26	41	17	9	9	0	0	0	0	0	0	0	38
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
28	14	0	0	0	4	0	0	0	0	0	10	0
29	12		29	29	0	12	0	0	0	0	0	0
30	26		37	37	0	0	0	0	0	11	11	0
31	37		0		0		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2012

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	102	8	7	37	0	0	0	0	0	0	0	41
2	9	24	0	14	0	0	0	0	0	0	0	32
3	0	11	0	0	12	0	0	0	0	0	0	40
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	51	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	63
6	24	8	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	67	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	32	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
11	0	27	17	0	0	0	0	0	0	0	0	29
12	4	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	12	0	24	0	0	0	0	0	0	0
15	52	7	0	23	19	0	0	0	0	0	0	31
16	63	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	16
18	12	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
19	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
20	53	3	0	0	0	0	0	0	0	0	39	12
21	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	24
22	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	6	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	9	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	48
27	0	0	37	5	0	0	0	0	0	0	0	73
28	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
29	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	22
30	89		0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
31	21		0		0		0	0		0		28

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2013

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	40	8	0	39	13	0	0	0	0	0	0	7
2	26	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	11	8	0	0	11	71	0	0	0	0	0
4	61	0	12	10	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
6	9	8	13	37	0	19	0	0	0	0	0	0
7	24	67	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	26	28	0	0	0	0	0	0	11
9	0	4	12	0	19	11	0	0	0	0	0	7
10	0	12	18	22	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	27	23	0	0	0	0	0	0	0	0	8
12	0	22	37	0	22	0	0	0	0	0	0	9
13	0	9	23	12	0	8	0	0	0	0	0	14
14	0	0	26	6	39	38	0	0	0	0	0	19
15	41	7	31	22	0	18	0	0	0	0	0	47
16	0	35	28	27	0	0	0	0	0	0	4	43
17	0	16	22	0	0	22	0	0	0	0	11	38
18	24	0	20	0	0	32	0	0	0	0	5	39
19	35	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	41
20	0	0	0	7	6	0	0	0	0	0	16	8
21	29	0	0	10	15	0	0	0	0	0	0	22
22	33	0	0	0	11	0	0	0	0	0	8	19
23	17	0	0	97	23	0	0	0	0	0	8	41
24	0	9	12	0	71	0	8	0	0	0	0	0
25	12	17	0	0	0	0	14	0	0	0	45	0
26	0	14	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
27	77	49	0	0	45	19	0	0	0	0	0	0
28	64	16	57	0	25	47	0	0	0	0	11	0
29	50		28	0	0	0	0	0	0	0	23	0
30	0		0	8	0	0	0	0	0	0	9	0
31	0		0		0		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2014

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	6	22	21	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	11	24	23	0	0	0	0	0	0	0	15
3	34	17	24	23	0	0	0	0	0	0	0	0
4	62	0	38	37	0	0	0	0	0	0	0	2
5	7	0	71	70	0	0	0	0	0	0	0	21
6	11	0	16	15	0	0	11	0	0	0	0	44
7	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
8	5	0	41	14	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	26	10	0	0	0	0	0	0	0	26
10	21	5	49	13	0	20	0	0	0	0	0	1.5
11	0	0	12	0	0	6	0	0	0	0	0	8
12	11	8	22	12	0	36	0	0	0	0	0	0
13	0	0	58	0	22	0	0	0	0	0	0	0
14	0	21	79	12	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	23	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	22	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	49	7	0	0	37	0	0	0	0	18	0
18	0	17	0	0	0	30	0	0	0	0	0	41.5
19	0	11	11	4	0	3.5	0	0	0	0	0	85.5
20	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
21	0	41	3	6	0	0	8.5	0	0	0	0	42.5
22	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	17
23	0	31	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10
24	0	0	0	28	14	0	0	0	0	0	0	15
25	0	0	0	0	17	0	33.5	0	0	0	7	28
26	36	7	0	50	0	0	0	0	0	0	0	12
27	21	0	0	18	0	0	0	0	0	0	31	28
28	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
29	8		21	0	0	0	0	0	0	0	6	0
30	6		19	4.5	0	10.5	0	0	0	0	0	5
31	0		11		0		0	0		0		0

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2015

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	30	0	29	0	45	0	0	0	0	0	tad	0
2	0	22	19.5	15	4	0	0	0	0	0	tad	0
3	0	5	2	23	52.5	0	0	0	0	0	tad	0
4	7	20	10	7.5	7.5	0	0	0	0	0	tad	19
5	0	0	70	10	0	0	0	0	0	0	tad	30
6	0	0	15	3	0	0	0	0	0	0	tad	61
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	tad	29
8	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	tad	0
9	0	56.5	0	0	0	13	0	0	0	0	tad	0
10	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	tad	0
11	0	0	4.5	0	0	0	0	0	0	0	tad	0
12	0	57	0	6	0	0	0	0	0	0	tad	0
13	22.5	5	0	35	0	0	0	0	0	0	tad	0
14	0	35	13.5	23	0	0	0	0	0	0	tad	0
15	0	45	9	19	0	0	0	0	0	0	tad	53
16	0	23	39	0	0	0	0	0	0	0	tad	0
17	0	16	35	0	0	0	0	0	0	0	tad	0
18	41	5	15	30	0	0	0	0	0	0	tad	0
19	37.5	12.5	10	16	0	0	0	0	0	0	tad	3
20	0	13	9	16	0	0	0	0	0	0	tad	0
21	1.5	27	15	26	0	0	0	0	0	0	tad	15.5
22	23	39.5	22	0	0	0	0	0	0	0	tad	0
23	27	0	11	0	0	0	0	0	0	0	tad	0
24	27.5	0	0	14	20	0	0	0	0	0	tad	0
25	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	tad	0
26	0	0	5	0	10	0	0	0	0	0	tad	0
27	0	25	0	4.5	5.5	0	0	0	0	0	tad	20
28	21	37.5	0	11	0	0	0	0	0	0	tad	65
29	0		0	13	0	0	0	0	0	0	tad	68.5
30	15		0	0	0	0	0	0	0	0	tad	11
31	25		7		0		0		0			15

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2016

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0	0	0	3	0	5.5	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2.5	4	2	0	0	0	0	40	0	94
3	0	0	6.5	0	0	0	2	0	0	31	0	38
4	26	37	31	11	0	0	0	0	4	0	0	0
5	0	25	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	7	18	0	0	0	1	4	3	0	0	42
7	0	27	0	0	13	5	0	0	0	0	0	12
8	0	51	0	0	15	4.5	0	0	0	84	19	3
9	9	29	3.5	0	0	0	0	0	0	61	0	0
10	0	6	2.5	7	22	0	5	0	0	20	0	0
11	7	0	6.5	3	4	0	4	0	0	15	3	4
12	0	7	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	19
13	8.5	10	13	0	0	0	0	7	0	23	19.5	0
14	0	5	9	36	0	12.5	17.5	10	0	0	0	37
15	0	17	13	29	9	0	19	8	0	0	0	0
16	0	7.5	20	10.5	17	3	11	0	0	0	0	0
17	0	8.5	0	5.5	2	13	9	0	0	0	32.5	0
18	0	14	0	0	33.5	5	7	0	3	0	25	0
19	0	11	19	0	0	2	3	0	0	0	0	43
20	0	32	7	23	36	0	5	0	1	0	0	0
21	11	31	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
22	17	27	4	0	3	1.5	2	0	0	0	0	0
23	0	25	28.5	20	11	0	0	0	19	44	23	0
24	0	51	19	0	4.5	5	0	0	16	0	42	0
25	0	76	0	0	0	0	7	0	6	0	0	0
26	3.5	13	0	0	15	0	0	0	38	0	15	50
27	1.5	35	8	0	13	4.5	0	0	0	30	0	13
28	0	11	3.5	0	9	11	5	0	0	0	0	27
29	0	0	0	0	7	10	3	2	0	0	6	23
30	0		12.5	0	10	0	0	0	0	0	53	26
31	5		0		87		0	0		0		17

Tabel Data Curah Hujan Harian Stasiun Gunung Sari Tahun 2017

TGL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	8	45	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
2	15	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	75	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	9	0
5	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	21
6	0	0	28	10	0	3	0	0	0	0	0	12
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	25
8	0	0	0	3	10	5	0	0	0	0	0	37
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
10	0	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	21
11	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	3	12
12	96	28	4	0	0	2	0	0	0	0	2	0
13	25	0	30	3	0	0	0	0	0	0	35	2
14	10	0	34	5	0	0	0	0	0	0	0	63
15	15	30	0	15	0	0	0	0	0	0	6	0
16	15	31	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
17	0	15	4	0	0	0	0	0	0	0	24	52
18	0	29	0	8	0	0	4	0	0	0	20	66
19	6.5	5	6	7	0	0	0	0	0	0	0	7
20	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7
21	32	0	0	15	0	8	0	0	0	0	2	1
22	21	0	0	2	0	0	0	0	0	25	30	0
23	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0
24	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0
25	0	0	33	15	0	0	0	0	0	4	16	0
26	0	0	70	3	0	20	0	0	2	17	5	6
27	2	0	0	0	8	0	4	0	2	0	22	4
28	4	0	2	0	0	0	8	0	4	0	25	0
29	52		0	0	2	0	0	0	7	0	5	0
30	10		4	0	5	0	0	0	0	0	10	41
31	0		0		0		0	0	0	0		0

Dokumentasi Survey Saluran Sungai Kendal



Gambar 1 Saluran Sungai Kendal pada Potongan 1
Sumber : Hasil Survey



Gambar 2 Saluran Sungai Kendal pada Potongan 3
Sumber : Hasil Survey



Gambar 3 Pintu Air yang terletak diantara Dian Istana dan Graha Family

Sumber : Hasil Survey



Gambar 4 *Gutter Inlet* di Kawasan Perumahan Dian Istana

Sumber : Hasil Survey



Gambar 5 Curb Inlet di Kawasan Perumahan Dian Istana
Sumber : Hasil Survey



Gambar 6 Saluran Graha Family
Sumber : Hasil Survey