

TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR KOTA TURIKALE

KECAMATAN TURIKALE KABUPATEN MAROS



Disusun Oleh:

Adhitya Ponco Prawira

45 15 041 041

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA

MAKASSAR

2021



UNIVERSITAS BOSOWA
Jl. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452901 – 452789
Fax. 452949 Website : www.universitasbosowa.ac.id
Makassar – Sulawesi Selatan - Indonesia

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir :

“STUDI PENGENDALIAN BANJIR KOTA TURIKALE KECAMATAN TURIKALE KABUPATEN MAROS”

Disusun dan diajukan oleh :

Nama : Adhitya Ponco Prawira

NIM : 45 15 041 041

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing

Pembimbing 1 : Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, M.T.

Pembimbing 2 : Ir. Hj. Satriawati C, M.Sp.

Makassar,

Juli 2021

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ridwan, S.T., M.Si
NIDN. 09-101271-01

Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, M.T.
NIDN. 09-041265-02



UNIVERSITAS BOSOWA
Jl. Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452901 – 452789
Fax. 452949 Website : www.universitasbosowa.ac.id
Makassar – Sulawesi Selatan - Indonesia

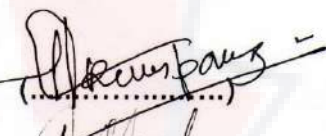
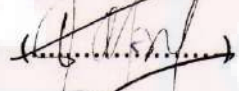


LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. A666/FT/UNIBOS/VIII/2021 Tanggal 26 Agustus 2021, Perihal Pengangkatan panitia dan tim penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Jum'at / 27 Agustus 2021
N a m a : **Adhitya Ponco Prawira**
No.Stambuk : **45 15 041 041**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan tim pengujian ujian sarjana strata satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex. Officio) : **Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, M.T.** 
Sekretaris (Ex. Officio) : **Ir. Hj. Satriawati Cangara, M.Sp** 
Anggota : **Ir. Burhanuddin Badrun, M.Sp** 
Dr. Suryani Syahrir, S.T., M.T. 

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar




Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN.09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil
Univ. Bosowa Makassar




Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.
NIDN.00-010565-02

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Adhitya Ponco Prawira**
Nomor Stambuk : 45 15 041 041
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Studi pengendalian banjir Kota Turikale
Kecamatan Turikale Kabupaten Maros

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau hasil pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mediadakan/mengalih formatkan, mengelolah dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Agustus 2021

Yang Menyatakan,


Adhitya Ponco Prawira



PRAKATA

Puji dan syukur dipersembahkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**STUDI PENGENDALIAN BANJIR KOTA TURIKALE KECAMATAN TURIKALE KABUPATEN MAROS**” yang merupakan salah satu syarat diajukan untuk menyelesaikan studi S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya penulis ucapkan pada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada :

Allah SWT yang memberikan kesehatan serta kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Ibu dan Ayah tercinta atas segala kasih sayang, cinta dan segala dukungan yang selama ini diberikan, baik spritual maupun materil.

Bapak Prof. Dr. H. M. Saleh Pallu, M.Eng. selaku Rektor Universitas Bosowa.

Bapak Dr. Ridwan, S.T., M.Si. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa sekaligus dosen

pembimbing I, atas segala kesabaran dan waktu yang telah diluangkan senantiasa selalu memberikan arahan dan bimbingan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.

Ibu Ir. Hj. Satriawati C, M.Sp. selaku dosen pembimbing II, atas segala keikhlasannya untuk selalu memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini.

Bapak Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si. selaku penasehat akademik, yang senantiasa menerima dan memberi solusi kepada penulis dalam berbagai kendala selama ini.

Seluruh dosen, asisten laboratorium serta staf Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa atas segala arahan dan bantuannya.

Teman Se-angkatan yang memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terkhusus anggota La Borong yang selalu mensupport dalam penyusunan tugas akhir ini.

Rekan-rekan Lembaga Se-Fakultas Teknik Universitas Bosowa, terkhusus anggota Bengkel Seni Teknik serta anggota Himpunan Mahasiswa Sipil, atas dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak pernah luput dari kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang ketekniksipilan.

Makassar, 24 Agustus 2021

Penulis

Adhitya Ponco Prawira



STUDI PENGENDALIAN BANJIR KOTA TURIKALE KECAMATAN TURIKALE KABUPATEN MAROS DENGAN METODE HIDROGRAF SATUAN SINTETIS NAKAYASU

Adhitya Ponco Prawira¹⁾, A. Rumpang Yusuf²⁾, Satriawati Cangara³⁾

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa
Jl. Jenderal Urip Sumoharjo KM. 4, Sinrijala, Panakkukang, Makassar,
Sulawesi Selatan, 90231.
E-mail: adhityaponcoprawira@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab dan bagaimana pengendalian banjir yang tepat di Kota Turikale Kabupaten Maros. Penelitian ini dilakukan di Kota Turikale Kecamatan Turikale Kabupaten Maros dan dimulai pada Januari 2021. Jenis penelitian ialah kuantitatif deskriptif pendekatan studi kasus. Objek penelitian ialah sungai Maros dan sungai Tomalia.

Hasil penelitian ini diketahui, penyebab banjir di Kota Turikale ialah peluapan sungai dengan debit banjir $2278.3 \text{ m}^3/\text{s}$ dari intensitas hujan 131.35 mm/h pada periode 100 tahun. Pengendalian banjir yang tepat ialah pembuatan kolam retensi dengan volume kolam $3\,105\,289.18 \text{ m}^3$.

Kata Kunci: debit banjir, pengendalian banjir, kolam retensi.

**STUDY OF FLOOD CONTROL OF TURIKALE CITY
TURIKALE DISTRICT OF MAROS DISTRICT WITH
NAKAYASU SYNTHETIC UNIT HYDROGRAPH METHOD**

Adhitya Ponco Prawira¹⁾, A. Rumpang Yusuf²⁾, Satriawati Cangara³⁾

*Civil Engineering, Faculty of Engineering, Bosowa University
Street Jenderal Urip Sumoharjo KM. 4, Sinrijala, Panakkukang, Makassar,
South Sulawesi, 90231.*

E-mail: adhityaponcoprawira@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to determine the causes and how to properly control floods in Turikale City, Maros Regency. This research was conducted in Turikale City, Turikale District, Maros Regency and began in January 2021. The type of research is descriptive quantitative with a case study approach. The object of research is the Maros river and the Tomalia river.

The results of this study are known, The cause of flooding in Turikale City is river overflow with a flood discharge of 2278.3 m³/s from a rain intensity of 131.35 mm/h in a period of 100 years. Proper flood control is the creation of a retention pond with a pool volume of 3 105 289.18 m³.

Keywords: flood discharge, flood control, retention pond.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGAJUAN SEMINAR AKHIR.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	I-3
I.3. Maksud dan Tujuan	I-3
I.3.1. Maksud Penelitian	I-3
I.3.2. Tujuan Penelitian	I-3
I.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	I-4
I.4.1. Ruang Lingkup	I-4

I.4.2. Batasan Masalah	I-4
I.5. Sistematika Penulisan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	2
II.1. Sungai	2
II.2. Banjir	2
II.2.1. Definisi Banjir	II-2
II.2.2. Penyebab Banjir	II-6
II.2.3. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Banjir	II-11
II.2.4. Pengendalian Banjir	II-12
II.2.5. Frekuensi Banjir	II-38
II.3. Analisis Data Curah Hujan	II-17
II.3.1. Distribusi Frekuensi dan Hujan Periode Ulang	II-17
II.3.2. Pengujian Dengan Uji Chi-Kuadrat.....	II-23
II.3.3. Intensitas Curah Hujan.....	II-29
II.3.4. Pemilihan Metode Intensitas Curah Hujan.....	II-32
II.4. Analisis Debit Banjir Rencana	
Menggunakan <i>HSS Nakayasu</i>	II-35
II.5. Analisis Debit Sungai	II-38
BAB III METODE PENELITIAN	3
III.1. Jenis Penelitian.....	3
III.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	3
III.3. Objek Penelitian	III-2

III.4. Sumber Data	III-2
III.4.1. Data Primer	III-2
III.4.2. Data Sekunder	III-3
III.5. Tahap dan Prosedur Penelitian	III-3
III.5.1. Persiapan	III-4
III.5.2. Pengumpulan Data	III-4
III.5.3. Pengolahan Data	III-4
III.5.4. Kesimpulan	III-5
III.6. Bagan Alur Penelitian	III-6
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	4
VI.1. Analisis Frekuensi Curah Hujan	4
VI.1.1. Metode E.J. Gumbel	IV-2
VI.1.2. Metode Log Pearson Type III	IV-5
VI.2. Uji Chi-Kuadrat	IV-8
VI.2.1. Chi-Kuadrat → Metode E.J. Gumbel	IV-9
VI.2.2. Chi-Kuadrat → Metode Log Pearson Type III	IV-12
VI.3. Analisis Intensitas Curah Hujan	IV-15
VI.3.1. Metode <i>Van breen</i>	IV-15
VI.3.2. Metode <i>Haspers</i> dan <i>Der Weduwen</i>	IV-17
VI.4. Penentuan Metode Intensitas Curah Hujan	IV-19
VI.4.1. Rumus <i>Talbot</i>	IV-19
VI.4.2. Rumus <i>Sherman</i>	IV-25

VI.4.3. Rumus <i>Ishiguro</i>	IV-32
VI.4.4. Perbandingan Metode Intensitas Curah Hujan Menggunakan Rumus <i>Talbot</i> , <i>Sherman</i> dan <i>Ishiguro</i>	IV-38
VI.5. Analisis Debit Banjir Rencana	IV-43
VI.5.1. Metode <i>HSS Nakayasu</i>	IV-43
VI.5.2. Perhitungan Debit Sungai Maros	IV-47
VI.5.3. Perhitungan Debit Sungai Tomalia	IV-51
VI.6. Penentuan Pengendalian Banjir	IV-54
VI.6.1. Perhitungan Volume Kolam Retensi	IV-55
VI.6.2. Skema Pengendalian Banjir	IV-57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	5
V.1 Kesimpulan	5
V.2 Saran	5
DAFTAR PUSTAKA	xxii
LAMPIRAN	xxiv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan sampel (n) dengan Y_n dan S_n	II-20
Tabel 2.2 Hubungan periode ulang (t) dengan varian reduksi (Y_t)	II-21
Tabel 2.3 Nilai K terhadap C_s	II-23
Tabel 2.4 Tabel distribusi X^2	II-26
Tabel 4.1 Data curah hujan harian	4
Tabel 4.2 Hasil perhitungan untuk memperoleh probabilitas curah hujan harian maksimal	IV-3
Tabel 4.3 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode Gumbel	IV-5
Tabel 4.4 Transformasi data kedalam harga-harga logaritma	IV-6
Tabel 4.5 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode Log Pearson Type III	IV-8
Tabel 4.6 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode E.J. Gumbel dan Log Pearson type III	IV-8
Tabel 4.7 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode E.J. Gumbel	IV-11
Tabel 4.8 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode Log Pearson Type III	IV-14
Tabel 4.9 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode E.J. Gumbel dan Log Pearson Type III	IV-15

Tabel 4.10 Hasil perhitungan intensitas hujan dengan metode Van Breen	IV-17
Tabel 4.11 Hasil perhitungan intensitas hujan dengan metode Haspers dan Der Weduwen	IV-18
Tabel 4.12 Hasil perhitungan Rumus Talbot → Metode Van Breen	IV-21
Tabel 4.13 Hasil perhitungan Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen	IV-24
Tabel 4.14 Hasil perhitungan Rumus Sherman → Metode Van Breen	IV-27
Tabel 4.15 Hasil perhitungan Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen	IV-30
Tabel 4.16 Hasil perhitungan Rumus Ishiguro → Metode Van Breen	IV-33
Tabel 4.17 Hasil perhitungan Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen	IV-37
Tabel 4.18 Deviasi metode Van Breen periode ulang 10 tahun	IV-38
Tabel 4.19 Deviasi metode Van Breen periode ulang 25 tahun	IV-39
Tabel 4.20 Deviasi metode Van Breen periode ulang 50 tahun	IV-39
Tabel 4.21 Deviasi metode Van Breen periode ulang 100 tahun ...	IV-40
Tabel 4.22 Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang 10 tahun	IV-40

Tabel 4.23 Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen	
periode ulang 25 tahun	IV-41
Tabel 4.24 Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen	
periode ulang 50 tahun	IV-41
Tabel 4.25 Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen	
periode ulang 100 tahun	IV-42
Tabel 4.26 Deviasi antara data terukur dengan	
data hasil rencana	IV-42
Tabel 4.27 Hujan efektif tiap periode ulang hujan	IV-43
Tabel 4.28 Perhitungan kenaikan dan penurunan	
debit banjir HSS Nakayasu	IV-44
Tabel 4.29 Analisis debit banjir periode 10, 25, 50, 100 tahun	IV-45
Tabel 4.30 Data pengukuran kecepatan arus permukaan	
sungai Maros	IV-47
Tabel 4.31 Data pengukuran kedalaman sungai Maros	IV-48
Tabel 4.32 Data pengukuran kecepatan arus permukaan	
sungai Tomalia	IV-51
Tabel 4.33 Data pengukuran Kedalaman sungai Tomalia	IV-52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Zona Pemasok Sedimen	II-24
Gambar 2.2 Potongan penampang sungai	II-40
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	III-3
Gambar 4.1 Potongan penampang Sungai Maros	IV-47
Gambar 4.2 Potongan penampang Sungai Maros	IV-51
Gambar 4.3 Skema pengendalian banjir	IV-57
Gambar 5.1 Lokasi pembangunan kolam retensi	V-2

UNIVERSITAS

BOSOWA

DAFTAR NOTASI

λ	: Panjang <i>meander</i> .
Φ	: Sudut arah lengkungan.
α	: Jumlah parameter.
α	: Parameter hidrograf.
a,b,c	: Parameter.
A	: Luas Penampang (m ²).
A'	: Luas penampang basah (m ²).
A''	: Luas penampang kering (m ²).
a	: Lebar talud (m).
A	: Amplitudo.
A	: Luas daerah pengaliran (Km ²).
AWLR	: <i>Automatic water level recorder</i> .
BPBD	: Badan Penanggulangan Bencana Daerah.
BMKG	: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
BBWS	: Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan – Jeneberang.
b	: Lebar permukaan air (m).
b1	: Lebar penampang kering (m).
C	: Koefisien limpasan.
CHHM	: Curah Hujan Harian Max.
C _s	: Koefisien Skewnes / kemencengan.

DAS	: Daerah aliran sungai.
db	: Derajat kebebasan.
E_i	: Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya.
H_0	: Frekuensi setiap kategori memenuhi suatu nilai/perbandingan.
H_1	: Ada kategori yang tidak memenuhi nilai/perbandingan tersebut.
h	: Kedalaman kolam,
Ha	: Hektar.
HSS	: Hidrograf satuan sintetis.
I	: Intensitas hujan (mm/jam).
IDF	: <i>Intensity-Duration-Frequency Curve</i> .
I_T	: Intensitas curah hujan pada suatu periode ulang (T tahun).
K	: Koefisien pelampung.
K	: Faktor frekuensi.
K	: Karakteristik distribusi log pearson type III.
Km	: Kilo meter.
Km ²	: Kilo meter persegi.
L	: Panjang sungai (Km).
L	: Panjang lintasan (m).
m ³ /s	: Meter kubik per detik.

m/s	: Meter per detik.
m^3	: Meter kubik
m^2	: Meter persegi.
m	: Meter.
mm	: Mili meter.
mm/jam	: Mili meter per jam.
n	: Lamanya pengamatan (jumlah sampel).
n	: Jumlah data.
N	: Jumlah sub-kelompok dalam satu grup (jumlah kelas).
O_i	: Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.
$P(x)$: Peluang dari variabel X.
PUPR	: Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang
Q	: Debit sungai (m^3/s).
$Q'; Z'$: Luas penampang (segment) m^2 .
R	: Tinggi hujan (mm).
R, R_i	: Curah hujan menurut <i>Haspers</i> dan <i>Der Weduwen</i> .
R_T	: Tinggi curah hujan pada periode ulang T (mm/hari).
R_{24}	: Curah hujan harian maksimum (mm/24jam).
r_c	: Jari-jari <i>meander</i> .

R_0	: Hujan rata-rata setiap jam (mm/jam).
R_0	: Curah hujan spesifik (mm).
R_t	: Intensitas hujan dalam t jam (mm/jam).
R_{24}	: Hujan harian efektif (mm).
s	: Detik.
S	: Standar deviasi.
S_n	: Deviasi standar dari reduksi variat (<i>standart deviation of the reduced variat</i>), nilainya tergantung dari jumlah data (n).
T	: Waktu dari mulai hujan (jam).
t	: Waktu konsentrasi hujan (mm).
T_p	: <i>Peak time</i> (jam).
T_g	: <i>Time lag</i> (jam).
T_r	: Satuan waktu curah hujan
t	: Periode ulang. (tahun)
t	: Kecepatan rata-rata sampel (s).
t	: Tinggi talud (m).
t	: Durasi curah hujan dalam satuan jam.
t	: Lamanya hujan (jam).
V	: Kecepatan aliran (m/s).
V_p	: Kecepatan arus permukaan (m/s).
W_m	: Lebar <i>meander</i> .
X	: Nilai variabel X.

$X = \text{Log } X_t$: Banjir dengan suatu nilai probabilitas tertentu.

$\bar{X} = \overline{\text{Log } X}$: Nilai rata-rata variat (Curah Hujan).

\bar{X} : Nilai rata-rata variat (curah hujan).

X^2 : Nilai chi-kuadrat.

X_i : Curah hujan Max. (mm).

X_t : Curah hujan rencana dalam periode ulang t tahun (mm).

Y_n : Nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduced variated*) nilainya tergantung dari jumlah data (n).

Y_t : Nilai reduksi dari variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kota pada dasarnya merupakan desa yang berkembang, dan dalam perkembangannya, terjadi perubahan-perubahan baik fisik maupun sosial budaya masyarakatnya, sehingga menjadikan kota lebih dinamis. Kota sering diartikan sebagai keseluruhan unsur-unsur bangunan, jalan dan sejumlah manusia di suatu tempat tertentu. Kesatuan dari keseluruhan unsur-unsur tersebut pada akhirnya akan menentukan corak terhadap manusianya.

Perkembangan suatu kota secara fisik dapat dinilai dari meningkatnya jumlah sarana dan prasarana dan infrastrukturnya yang secara langsung maupun tidak langsung terkait dengan berubahnya penggunaan tanah. Perubahan penggunaan tanah yang pada awalnya bersifat pedesaan, kini berubah menjadi wilayah urban (perkotaan).

Dalam kaitannya dengan siklus hidrologi, memperlihatkan bahwa karakteristik tanah pedesaan mampu mengendalikan proses sirkulasi hujan secara alamiah karena daya dukung kemampuan tanah terhadap resapannya berbeda dengan penggunaan tanah di perkotaan, karena padatnya bangunan pancang dan beton hingga menyebabkan pengaturan air secara alamiah relatif terganggu dan

dicirikan oleh besaran laju limpasan air, bahkan karena kurang mampunya daya tampung aliran (saluran drainase dan badan sungai) sering menyebabkan genangan / banjir.

Kota-kota di Indonesia pada umumnya terletak pada wilayah dataran banjir, baik di pinggir sungai maupun di tepi pantai. Pembangunan pemukiman pada wilayah-wilayah dataran banjir secara ekonomis cukup memberikan rangsangan keminatan bagi penghuninya. Namun demikian lokasi pemukiman yang cukup strategis sering memiliki resiko besar terhadap genangan / banjir. Hal ini mengingatkan bahwa pemilihan lokasi lebih cenderung pada kantong-kantong air atau lahan basah yang dialih fungsikan menjadi kompleks pemukiman. Oleh karena itu banjir tidak selayaknya hanya dilihat dari sisi bencana yang terjadi, akan tetapi lebih bijaksana apabila ditinjau dari keruangan alamiahnya.

Kota Turikale merupakan Ibukota Kab. Maros di Provinsi Sulawesi Selatan yang pertumbuhannya cukup pesat dari berbagai aspek, salah satunya dari segi tata kota yang semakin padat. Akan tetapi, hampir tiap tahunnya mengalami bencana banjir bahkan pada tahun 2019 merupakan banjir terparah yang pernah terjadi di Kota Turikale.

Dari latarbelakang dan kasus diatas, akan dilakukan studi untuk mengetahui penyebab dan bentuk pengendalian dari kasus tersebut. Maka pada kesempatan ini, peneliti mengangkat judul

“Studi Pengendalian Banjir Kota Turikale Kecamatan Turikale Kabupaten Maros”.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Seberapa besar debit banjir yang terjadinya di Kota Turikale Kab. Maros?
- 2) Penanggulangan apa yang dilakukan untuk mengatasi debit banjir di Kota Turikale Kab. Maros?

I.3 Maksud dan Tujuan

I.3.1. Maksud pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Menghitung debit banjir di Kota Turikale Kab. Maros.
- 2) Menentukan penanggulangan yang dilakukan untuk mengatasi banjir di Kota Turikale Kab. Maros.

I.3.2. Tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Mengetahui seberapa besar debit banjir di Kota Turikale Kab. Maros.
- 2) Mengetahui pengendalian banjir yang tepat di Kota Turikale Kab. Maros.

I.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

I.4.1. Ruang Lingkup

Pada penelitian ini, ruang lingkup yang dibahas sebagai berikut:

- 1) Perhitungan curah hujan harian max. yang terjadi di Kota Turikale selama 10 tahun terakhir.
- 2) Perhitungan rencana Intensitas Curah Hujan di Kota Turikale selama 100 tahun.
- 3) Perhitungan debit air Sungai Maros dan Sungai Tomalia di Kota Turikale.
- 4) Perhitungan debit air luapan Sungai Maros dan Sungai Tomalia selama 100 tahun di Kota Turikale.
- 5) Membuat skenario permodelan pengendalian banjir di Kota Turikale

I.4.2. Batasan Masalah

Penelitian ini lebih mengarah ke latar belakang dan permasalahan yang telah ditemukan, maka dibuatlah batasan-batasan masalah yang berkaitan sehingga tidak dibahas diantaranya:

- 1) Kondisi sistem drainase Kota Turikale.
- 2) Kondisi tata guna lahan.

I.5 Sistematika Penulisan

Tata cara penulisan pada penelitian ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, ruang lingkup dan batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas teori-teori dasar berdasarkan tinjauan pustaka mengenai pokok bahasan beserta teori tentang berbagai metode yang digunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri dari: jenis penelitian, lokasi penelitian, sumber data, tahap & prosedur penelitian dan bagan alur penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan hasil penelitian secara sistematis dengan menggunakan metode penelitian yang telah ditetapkan untuk selanjutnya diadakan pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menyajikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang merupakan penutup dari penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sungai

II.1.1. Defenisi Sungai

Menurut Triatmodjo, (2008:103) sungai adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan dipermukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya.

Menurut Wardani, (2018) proses terjadinya sungai adalah air yang berada di permukaan daratan, baik air hujan, mata air, maupun cairan gletser, akan mengalir melalui sebuah saluran menuju ke tempat yang lebih rendah. Namun, secara proses alamiah aliran ini mengikis daerah-daerah yang dilaluinya. Akibatnya, saluran ini semakin lama semakin lebar dan Panjang dan terbentuklah sungai.

II.2 Banjir

Kasus banjir pada tiap-tiap wilayah mempunyai pemicu yang berbeda-beda, oleh sebab itu untuk mengetahui pemicu banjir pada suatu daerah diperlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang tepat dibarengi dengan filosofi sebab-akibat agar penelitian tidak melenceng dari rumusan masalah yang dibuat untuk diselesaikan.

II.2.1. Definisi Banjir

Banjir di definisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi (Rahayu dkk, 2009). Banjir adalah ancaman musiman yang terjadi apabila meluapnya tubuh air dari saluran yang ada dan menggenangi wilayah sekitarnya. Banjir merupakan ancaman alam yang paling sering terjadi dan paling banyak merugikan, baik dari segi kemanusiaan maupun ekonomi (IDEP,2007).

Banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya. (Suripin,"Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan").

Banjir merupakan peristiwa dimana daratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung. Selain itu terjadinya banjir juga dapat disebabkan oleh limpasan air permukaan (*runoff*) yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai. Terjadinya bencana banjir juga disebabkan oleh rendahnya kemampuan infiltrasi tanah, sehingga menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Banjir dapat terjadi akibat naiknya permukaan air lantaran curah hujan yang diatas normal, perubahan suhu, tanggul/bendungan yang bobol, pencairan salju yang cepat, terhambatnya aliran air di tempat lain” (Ligak, 2008).

Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan air yang disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek. Sedangkan di bagian hilir arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang.

Menurut Suripin (2004), Sumber banjir dapat

dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

1) Banjir kiriman

Aliran banjir yang datang dari daerah hulu di luar kawasan yang tergenang. Hal ini dapat terjadi jika hujan yang terjadi di daerah hulu menimbulkan aliran banjir yang melebihi kapasitas sungainya atau banjir kanal yang ada sehingga ada limpasan.

2) Banjir lokal

Genangan air yang timbul akibat hujan yang jatuh di daerah itu sendiri. Hal ini dapat terjadi kalau hujan melebihi kapasitas drainase yang ada.

3) Banjir rob

Banjir yang terjadi baik akibat aliran langsung air pasang dan/atau air balik dari saluran drainase akibat terhambat oleh air pasang.

Beberapa karakteristik yang berkaitan dengan banjir, di antaranya:

- 1) Banjir dapat datang secara tiba-tiba dengan intensitas besar namun dapat langsung mengalir.
 - 2) Banjir datang secara perlahan namun intensitas hujannya sedikit.
 - 3) Pola banjirnya musiman.
 - 4) Banjir datang secara perlahan namun dapat menjadi
-

genangan yang lama di daerah depresi.

5) Akibat yang ditimbulkan adalah terjadinya genangan, erosi, dan sedimentasi. Sedangkan akibat lainnya adalah terisolasinya daerah pemukiman dan diperlukan evakuasi penduduk.

Implikasi banjir dapat dibedakan menjadi implikasi fisik, sosial, dan ekonomi. Implikasi fisik dapat berupa fisik alami dan fisik bangunan. Implikasi fisik alami berupa rusak atau tergenangnya lahan permukiman, lahan pertanian, dan kawasan industri. Implikasi fisik bangunan dapat berupa rusak/robohnya fasilitas umum (gedung sekolah, perkantoran, rumah sakit, pasar), bangunan rumah penduduk, bangunan industri, rusaknya sarana transportasi (jalan, jembatan rusak/hanyut), dan rusaknya jaringan irigasi atau drainase kota. Implikasi sosial dapat berupa terganggunya kegiatan masyarakat di bidang pendidikan, kesehatan dan komunikasi (Kodotie, 2002 dalam Suhandini, 2011).

Berdasarkan Undang-undang No.24 Tahun 2007, Bencana banjir didefinisikan sebagai peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat. Bencana dapat disebabkan baik oleh faktor alam dan/atau faktor non- alam maupun faktor manusia

sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Istilah banjir terkadang bagi sebagian orang disamakan dengan genangan, sehingga penyampaian informasi terhadap bencana banjir di suatu wilayah menjadi kurang akurat. Genangan adalah luapan air yang hanya terjadi dalam hitungan jam setelah hujan mulai turun. Genangan terjadi akibat meluapnya air hujan pada saluran pembuangan sehingga menyebabkan air terkumpul dan tertahan pada suatu wilayah dengan tinggi muka air 5 hingga >20 cm. Sedangkan banjir adalah meluapnya air hujan dengan debit besar yang tertahan pada suatu wilayah yang rendah dengan tinggi muka air 30 hingga > 200 cm.

II.2.2. Penyebab Banjir

Menurut Robert J. Kodoatie dan Sugiyanto (2002), faktor penyebab terjadinya banjir dapat diklasifikasikan dalam dua kategori, yaitu banjir alami dan banjir oleh tindakan manusia. Banjir akibat alami dipengaruhi oleh curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase dan pengaruh air pasang.

Sedangkan banjir akibat aktivitas manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan-

perubahan lingkungan seperti : perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kawasan pemukiman di sekitar bantaran, rusaknya drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, rusaknya hutan (vegetasi alami), dan perencanaan sistem pengendali banjir yang tidak tepat. Peraturan Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 28 tahun 2015 tentang penetapan garis sempadan sungai dan garis sempadan danau pada pasal 5 berbunyi;

a) Paling sedikit berjarak 10 (sepuluh) meter dari tepi kiri dan kanan palung sungai sepanjang alur sungai, dalam hal kedalaman sungai kurang dari atau sama dengan 3 (tiga) meter.

b) Paling sedikit berjarak 15 (lima belas) meter dari tepi kiri dan kanan palung sungai sepanjang alur sungai, dalam hal kedalaman sungai lebih dari 3 (tiga) meter sampai dengan 20 (dua puluh) meter.

c) Paling sedikit berjarak 30 (tiga puluh) meter dari tepi kiri dan kanan palung sungai sepanjang alur sungai, dalam hal kedalaman sungai lebih dari 20 (dua puluh) meter.

1) Yang termasuk sebab-sebab alami penyebab banjir di antaranya adalah:

a) Pengaruh Air Pasang

Air pasang laut memperlambat aliran sungai ke laut. Pada waktu banjir bersamaan dengan air pasang yang tinggi maka tinggi genangan atau banjir menjadi besar karena terjadi aliran balik (*backwater*).

b) Curah hujan

Curah hujan dapat mengakibatkan banjir apabila turun dengan intensitas tinggi, durasi lama, dan terjadi pada daerah yang luas.

c) Pengaruh Fisiografi

Fisiografi atau geografi fisik sungai seperti bentuk, fungsi dan kemiringan daerah aliran sungai (DAS), kemiringan sungai, geometrik hidrolis (bentuk penampang seperti lebar, kedalaman, potongan memanjang, material dasar sungai), lokasi sungai dll, merupakan hal-hal yang mempengaruhi terjadinya banjir.

d) Erosi dan Sedimentasi

Erosi dan sedimentasi di DAS berpengaruh terhadap pengurangan kapasitas penampang sungai. Erosi dan sedimentasi menjadi problem klasik sungai-sungai di Indonesia. Besarnya

sedimentasi akan mengurangi kapasitas saluran, sehingga timbul genangan dan banjir di sungai.

e) Menurunnya Kapasitas Sungai

Pengurangan kapasitas aliran banjir pada sungai dapat disebabkan oleh pengendapan yang berasal dari erosi DAS dan erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai yang dikarenakan tidak adanya vegetasi penutup dan penggunaan lahan yang tidak tepat.

f) Kapasitas Drainase Yang Tidak Memadai

Hampir semua kota-kota di Indonesia mempunyai drainase daerah genangan yang tidak memadai, sehingga kota-kota tersebut sering menjadi langganan banjir di musim hujan.

2) Yang termasuk sebab-sebab yang timbul akibat faktor manusia adalah:

a) Menurunnya fungsi DAS di bagian hulu sebagai daerah resapan Kemampuan DAS, khususnya di bagian hulu untuk meresapkan air / menahan air hujan semakin berkurang oleh berbagai sebab, seperti penggundulan hutan, usaha pertanian yang kurang tepat, perluasan kota, dan perubahan tata guna lahan lainnya. Hal tersebut dapat memperburuk

masalah banjir karena dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas banjir.

b) Kawasan Kumuh

Perumahan kumuh yang terdapat di sepanjang tepian sungai merupakan penghambat aliran. Luas penampang aliran sungai akan berkurang akibat pemanfaatan bantaran untuk pemukiman kumuh warga. Masalah kawasan kumuh dikenal sebagai faktor penting terhadap masalah banjir daerah perkotaan.

c) Sampah

Ketidaksiplinan masyarakat yang membuang sampah langsung ke sungai bukan pada tempat yang ditentukan dapat mengakibatkan naiknya muka air banjir.

d) Bendung dan Bangunan Lain

Bendung dan bangunan lain seperti pilar jembatan dapat meningkatkan elevasi muka air banjir karena efek aliran balik (*backwater*).

e) Kerusakan Bangunan Pengendali Banjir

Pemeliharaan yang kurang memadai dari bangunan pengendali banjir sehingga menimbulkan

kerusakan dan akhirnya menjadi tidak berfungsi dapat meningkatkan kuantitas banjir

f) Perencanaan Sistem Pengendalian Banjir Tidak Tepat

Beberapa sistem pengendalian banjir memang dapat mengurangi kerusakan akibat banjir kecil sampai sedang, tetapi mungkin dapat menambah kerusakan selama banjir-banjir yang besar. Sebagai contoh bangunan tanggul sungai yang tinggi. Limpasan pada tanggul pada waktu terjadi banjir yang melebihi banjir rencana dapat menyebabkan keruntuhan tanggul, hal ini menimbulkan kecepatan aliran air menjadi sangat besar yang melalui bobolnya tanggul sehingga menimbulkan banjir yang besar.

II.2.3. Fakto-faktor Yang Mempengaruhi Banjir

Faktor yang mempengaruhi banjir disuatu wilayah antara lain :

- 1) Hujan, dimana dalam jangka waktu yang panjang atau besarnya hujan selama sehari-hari.
- 2) Erosi tanah, dimana menyisakan batuan yang menyebabkan air hujan mengalir deras diatas permukaan

tanah tanpa terjadi resapan.

- 3) Buruknya penanganan sampah yaitu menyumbatnya saluran - saluran air sehingga tubuh air meluap dan membanjiri daerah sekitarnya.
- 4) Pembangunan tempat pemukiman dimana tanah kosong diubah menjadi jalan atau tempat parkir yang menyebabkan hilangnya daya serap air hujan. Pembangunan tempat pemukiman bisa menyebabkan meningkatnya risiko banjir sampai 6 kali lipat dibanding tanah terbuka yang biasanya mempunyai daya serap tinggi.
- 5) Bendungan dan saluran air yang rusak dimana menyebabkan banjir terutama pada saat hujan deras yang panjang.
- 6) Keadaan tanah dan tanaman dimana tanah yang ditumbuhi banyak ancaman mempunyai daya serap air yang besar.
- 7) Di daerah bebatuan dimana daya serap air sangat kurang sehingga bisa menyebabkan banjir kiriman atau banjir bandang. (IDEP, 2007)

Banjir yang terjadi dapat menimbulkan beberapa kerugian (Eko, 2003),diantaranya adalah:

- 1) Bangunan akan rusak atau hancur akibat daya terjang air banjir, terseret arus, terkikis genangan air, longsornya

tanah di seputar/di bawah pondasi.

- 2) Hilangnya harta benda dan korban nyawa.
- 3) Rusaknya tanaman pangan karena genangan air.
- 4) Pencemaran tanah dan air karena arus air membawa lumpur, minyak dan bahan-bahan lainnya.

II.2.4. Pengendalian Banjir

Pada hakekatnya pengendalian banjir merupakan suatu yang kompleks. Dimensi rekayasanya (*engineering*) melibatkan banyak disiplin ilmu teknik antara lain: hidrologi, hidraulika, erosi DAS, teknik sungai, morfologi & sedimentasi sungai, rekayasa sistem pengendalian banjir, sistem drainase kota, bangunan air dll. Di samping itu suksesnya program pengendalian banjir juga tergantung dari aspek lainnya yang menyangkut sosial, ekonomi, lingkungan, institusi, kelembagaan, hukum dan lainnya. Politik juga merupakan aspek yang penting, bahkan kadang menjadi paling penting. Dukungan politik yang kuat dari berbagai instansi baik eksekutif (Pemerintah), legislatif (DPR/DPRD) dan yudikatif akan sangat berpengaruh kepada solusi banjir kota.

Pada dasarnya kegiatan pengendalian banjir adalah suatu kegiatan yang meliputi aktivitas sebagai berikut:

- 1) Mengenali besarnya debit banjir.
- 2) Mengisolasi daerah genangan banjir.
- 3) Mengurangi tinggi elevasi air banjir.

Pengendalian banjir pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun yang penting adalah dipertimbangkan secara keseluruhan dan dicari sistem yang paling optimal.

Kegiatan pengendalian banjir menurut lokasi/daerah pengendaliannya dapat dikelompokkan menjadi dua:

- 1) Bagian hulu: yaitu dengan membangun dam pengendali banjir yang dapat memperlambat waktu tiba banjir dan menurunkan besarnya debit banjir, pembuatan waduk lapangan yang dapat mengubah pola hidrograf banjir dan penghijauan di Daerah Aliran Sungai.
- 2) Bagian hilir: yaitu dengan melakukan perbaikan alur sungai dan tanggul, sudetan pada alur yang kritis, pembuatan alur pengendali banjir atau *flood way*, pemanfaatan daerah genangan untuk *retarding basin* dsb.

Sedangkan menurut teknis penanganan pengendalian banjir dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- 1) Pengendalian banjir secara teknis (metode struktur).
- 2) Pengendalian banjir secara non teknis (metode non-struktur).



Semua kegiatan tersebut dilakukan pada prinsipnya dengan tujuan:

- Menurunkan serta memperlambat debit banjir di hulu, sehingga tidak mengganggu daerah-daerah peruntukan di sepanjang sungai.
- Mengalirkan debit banjir ke laut secepat mungkin dengan kapasitas cukup di bagian hilir.
- Menambah atau memperbesar dimensi tampang alur sungai.
- Memperkecil nilai kekasaran alur sungai.
- Pelurusan atau pemendekan alur sungai pada sungai berbelok atau *bermeander*. Pelurusan ini harus sangat hati-hati dan minimal harus mempertimbangkan geomorfologi sungai.

f) Pengendalian transpor sedimen.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis bangunan pengendalian banjir adalah sebagai berikut:

- a) Pengaruh regim sungai terutama erosi dan sedimentasi (degradasi dan aggradasi sungai) dan hubungannya dengan biaya pemeliharaan.
- b) Kebutuhan perlindungan erosi di daerah kritis.
- c) Pengaruh bangunan terhadap lingkungan.
- d) Perkembangan pembangunan daerah.
- e) Pengaruh bangunan terhadap kondisi aliran di sebelah hulu dan sebelah hilirnya.

1) Metode Struktur

a) Bangunan Pengendali Banjir.

Metode struktur pengendalian banjir untuk Bangunan Pengendali Banjir diantaranya adalah:

- ⇒ Bendungan/waduk (dam),
 - ⇒ *Groundsill*,
 - ⇒ Kolam retensi,
 - ⇒ Retarding basin,
 - ⇒ Pembuatan *check dam* (penangkap sedimen),
 - ⇒ Pembuatan polder,
 - ⇒ Bangunan pengurang kemiringan sungai,
-

b) Sistem Pengaturan dan Perbaikan Sungai.

Metode struktur pengendalian banjir untuk

sistem jaringan sungai diantaranya adalah:

- ⇒ *River improvement* (perbaikan/peningkatan sungai),
- ⇒ Tanggul,
- ⇒ Sudetan (*by pass/short-cut*),
- ⇒ *Floodway*,
- ⇒ Sistem Drainase Khusus.

2) Metode Non-Struktur.

a) Umum.

Analisis pengendalian banjir dengan tidak menggunakan bangunan pengendali akan memberikan pengaruh cukup baik terhadap regim sungai. Contoh aktifitas penanganan tanpa bangunan adalah sebagai berikut:

- ⇒ Pengelolaan DAS.
- ⇒ Pengaturan tata guna lahan.
- ⇒ Pengendalian erosi.
- ⇒ Pengembangan dan pengaturan daerah banjir.
- ⇒ Penanganan kondisi darurat.
- ⇒ Peramalan dan sistem peringatan banjir.
- ⇒ Asuransi.

II.3 Analisis Data Curah Hujan

II.3.1. Distribusi Frekuensi dan Hujan Periode Ulang

1) Metode *E.J. Gumbel*

Metode *E.J. Gumbel* pada umumnya digunakan untuk analisis data ekstrim, misalnya untuk analisis frekuensi hujan. Peluang kumulatif dari distribusi gumbel ialah;

Persamaan garis lurus untuk distribusi gumbel menggunakan persamaan empiris, sebagai berikut;

$$X_t = \bar{X} + K \times S, \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana;

X_t : Curah hujan rencana dalam periode ulang t tahun (mm),

\bar{X} : Nilai rata-rata variat (curah hujan),

$$S : \text{Standar deviasi, } = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \dots\dots(2.2)$$

$$K : \text{Faktor frekuensi, } = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}, \dots\dots(2.3)$$

X_i : Curah hujan Max. (mm),

Y_n : Nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduced variated*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), (*Tabel 2.1*),

S_n : Deviasi standar dari reduksi variat (*standart deviation of the reduced variat*),

nilainya tergantung dari jumlah data (n)
(Tabel 2.1),

Y_t : Nilai reduksi dari variat dari variabel
(Tabel 2.2) yang diharapkan terjadi pada
periode ulang tertentu, dapat dihitung
dengan rumus:

$$Y_t = -1n \left[-1n \frac{t-1}{t} \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan t = periode ulang,

n : Lamanya pengamatan (jumlah
sampel).

Tabel 2.1 Hubungan sampel (n) dengan Y_n dan S_n

Sampel	Y_n	S_n	Sampel	Y_n	S_n	Sampel	Y_n	S_n
10	0,4952	0,9496	41	0,544	1,1436	72	0,56	1,187
11	0,4996	0,9676	42	0,545	1,1458	73	0,56	1,188
12	0,504	0,9833	43	0,545	1,148	74	0,56	1,189
13	0,5035	0,9971	44	0,546	1,1499	75	0,56	1,19
14	0,51	1,0095	45	0,546	1,1519	76	0,56	1,191
15	0,5128	1,0206	46	0,547	1,1538	77	0,56	1,192
16	0,5157	1,0316	47	0,547	1,1557	78	0,56	1,192
17	0,5181	1,0411	48	0,548	1,1574	79	0,56	1,193
18	0,5202	1,0493	49	0,548	1,159	80	0,56	1,194
19	0,522	1,0565	50	0,549	1,1607	81	0,56	1,195
20	0,5236	1,0628	51	0,549	1,1623	82	0,57	1,195
21	0,5252	1,0696	52	0,549	1,1638	83	0,56	1,196
22	0,5268	1,0754	53	0,55	1,1658	84	0,56	1,197
23	0,5283	1,0811	54	0,55	1,1667	85	0,56	1,197
24	0,5296	1,0864	55	0,55	1,1181	86	0,56	1,199
25	0,5309	1,0915	56	0,551	1,1696	87	0,56	1,199
26	0,532	1,0861	57	0,551	1,1708	88	0,56	1,199
27	0,5332	1,1004	58	0,552	1,1721	89	0,56	1,2
28	0,5343	1,1047	59	0,552	1,1734	92	0,56	1,202
29	0,5353	1,1086	60	0,552	1,1747	93	0,56	1,203
30	0,5362	1,1124	61	0,553	1,1759	94	0,56	1,203
31	0,5371	1,1159	62	0,553	1,177	95	0,99	1,204
32	0,538	1,1193	63	0,553	1,1782	96	0,56	1,204
33	0,5388	1,1226	64	0,554	1,1793	97	0,56	1,205
34	0,5396	1,1255	65	0,554	1,1803	98	0,56	1,206
35	0,5402	1,1287	66	0,554	1,1814	99	0,56	1,206
36	0,541	1,1313	67	0,554	1,1824	100	0,56	1,207
37	0,5418	1,1339	68	0,555	1,1834			
38	0,5424	1,1363	69	0,555	1,1844			
39	0,543	1,1388	70	0,555	1,1854			
40	0,5436	1,1413	71	0,552	1,1854			

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.2 Hubungan periode ulang (t) dengan varian reduksi (Y_t).

Periode ulang	Reduced variate
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

2) Metode Log Pearson Type III

Distribusi log pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai extrem. Cara yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi log pearson adalah dengan mengkonversikan rangkaian datanya menjadi logaritmis. Terdapat 12 buah cara pearson, namun hanya cara log pearson tipe III yang sering digunakan dalam analisis hidrologi persamaan fungsi kerapatan peluangnya adalah :

$$P(x) = \frac{1}{(a)^r} (b) \left(x - \frac{c}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{x-c}{a}\right)}, \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana;

$P(x)$: Peluang dari variabel X

X : Nilai variabel X

a,b,c : Parameter

Bentuk komulatif dari distribusi log-pearson tipe III dengan nilai variabelnya X apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmis (*logarithmic probability paper*) akan merupakan model matematik persamaan garis lurus :

$$X = \bar{X} + K S, \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana;

$X = g X_t$: Banjir dengan suatu nilai probabilitas tertentu,

$\bar{X} = \overline{\text{Log } X}$: Nilai rata-rata variat (Curah Hujan),

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}, \dots\dots\dots(2.7)$$

S : Standar deviasi,

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}\}^2}{n-1}}, \dots\dots\dots(2.8)$$

C_s : Koefisien Skewnes / kemencengan,

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}, \dots\dots\dots(2.9)$$

K : Karakteristik distribusi log pearson type III, nilainya dapat dilihat pada tabel (2.3) yang disesuaikan dengan nilai C_s .

Tabel 2.3 Nilai K terhadap C_s

Koefisien C_s atau G	Interval kejadian, tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (%)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	0,666	0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	0,696	0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889
2,4	-0,832	0,725	0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-3,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,6	-3,705	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-4,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber: Suripin, 2004)

II.3.2. Pengujian Dengan Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat adalah pengujian hipotesis mengenai perbandingan antara:

Frekuensi observasi; benar-benar terjadi / actual / hasil

percobaan (O), Dengan,-

Frekuensi harapan ; harapan / ekspektasi / hasil

perhitungan secara teoritis (E).

Misalnya:

- 1) Sebuah dadu setimbang dilempar sekali (1 kali) berapa nilai ekspektasi sisi-1, sisi-2, sisi-3, sisi-4, sisi-5 dan sisi-6 muncul?

Kategori	Sisi-1	Sisi-2	Sisi-3	Sisi-4	Sisi-5	Sisi-6
Frekuensi ekspektasi (E)	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6

- 2) Sebuah dadu setimbang dilempar 120 kali berapa nilai ekspektasi sisi-1, sisi-2, sisi-3, sisi-4, sisi-5 dan sisi-6 muncul?

Kategori	Sisi-1	Sisi-2	Sisi-3	Sisi-4	Sisi-5	Sisi-6
Frekuensi ekspektasi (E)	20*)	20	20	20	20	20

*) setiap kategori memiliki frekuensi ekspektasi yang

sama yaitu : $1/6 \times 120 = 20$

Apakah data observasi akan sama dengan ekspektasi?
Apakah jika anda melempar dadu 120 kali maka pasti setiap sisi akan muncul sebanyak 20 kali?

Coba lempar dadu sebanyak 120 kali, catat hasilnya, berapa frekuensi kemunculan setiap sisi? Catatan saudara tersebut adalah frekuensi observasi.

1) Bentuk Distribusi Chi-Kuadrat (χ^2)

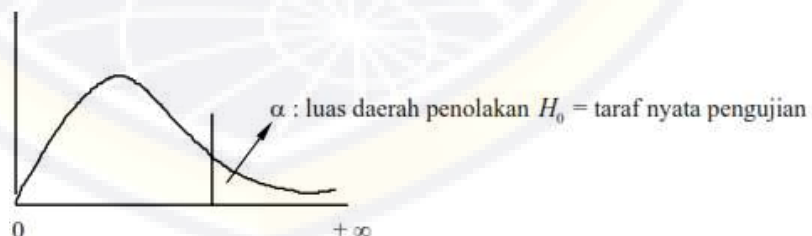
Nilai χ^2 adalah nilai kuadrat karena itu nilai χ^2 selalu positif. Bentuk distribusi χ^2 tergantung dari derajat kebebasan (db) / *degree of freedom*. (Tabel)

Contohnya :

Berapa nilai χ^2 untuk db = 5 dengan $\alpha = 0.010$? \rightarrow ()

Berapa nilai χ^2 untuk db = 17 dengan $\alpha = 0.005$? \rightarrow ()

Pengertian α pada Uji χ^2 sama dengan pengujian hipotesis yang lain, yaitu luas daerah penolakan H_0 atau taraf nyata pengujian.



Gambar 2.1 Zona Pemasok Sedimen

Tabel 2.4 Tabel distribusi X^2

α		0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
db	1	2.70554	3.84146	5.02390	6.63489	7.87940
	2	4.60518	5.99148	7.37778	9.21035	10.59653
	3	6.25139	7.81472	9.34840	11.34488	12.83807
	4	7.77943	9.48773	11.14326	13.27670	14.86017
	5	9.23635	11.07048	12.83249	15.08632	16.74965
	6	10.64464	12.59158	14.44935	16.81187	18.54751
	7	12.01703	14.06713	16.01277	18.47532	20.27774
	8	13.36156	15.50731	17.53454	20.09016	21.95486
	9	14.68366	16.91896	19.02278	21.66605	23.58927
	10	15.98717	18.30703	20.48320	23.20929	25.18805
	11	17.27501	19.67515	21.92002	24.72502	26.75686
	12	18.54934	21.02606	23.33666	26.21696	28.29966
	13	19.81193	22.36203	24.73558	27.68818	29.81932
	14	21.06414	23.68478	26.11893	29.14116	31.31943
	15	22.30712	24.99580	27.48836	30.57795	32.80149
	16	23.54182	26.29622	28.84532	31.99986	34.26705
	17	24.76903	27.58710	30.19098	33.40872	35.71838
	18	25.98942	28.86932	31.52641	34.80524	37.15639
	19	27.20356	30.14351	32.85234	36.19077	38.58212
	20	28.41197	31.41042	34.16958	37.56627	39.99686
	21	29.61509	32.67056	35.47886	38.93223	41.40094
	22	30.81329	33.92446	36.78068	40.28945	42.79566
	23	32.00689	35.17246	38.07561	41.63833	44.18139
	24	33.19624	36.41503	39.36406	42.97978	45.55836
	25	34.38158	37.65249	40.64650	44.31401	46.92797
	26	35.56316	38.88513	41.92314	45.64164	48.28978
	27	36.74123	40.11327	43.19452	46.96284	49.64504
	28	37.91591	41.33715	44.46079	48.27817	50.99356
	29	39.08748	42.55695	45.72228	49.58783	52.33550
	30	40.25602	43.77295	46.97922	50.89218	53.67187

(Sumber: Thomas, Uji X^2)

2) Penggunaan Chi-Kuadrat (X^2)

Uji χ^2 dapat digunakan untuk :

- a) Uji Kecocokan = Uji kebaikan-suai (*Goodness of fit test*),
- b) Uji Kebebasan,

c) Uji beberapa proporsi. → Prinsip pengerjaan (b) dan (c) sama saja

Perhitungan menggunakan Chi Kuadrat dilakukan guna menentukan curah hujan maksimum yang paling sesuai untuk digunakan. Untuk menentukan metode yang digunakan dilakukan uji kecocokan dengan metode Chi Kuadrat. Selanjutnya hasil kecocokan ini dibandingkan diantara dua metode yang digunakan sebagai bahan analisa penentuan curah hujan harian maksimum.

Uji Chi Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah metode yang digunakan dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisa. Pengambilan keputusan ini menggunakan parameter X^2 karena itu disebut uji chi kuadrat. Nilai dari parameter X^2 itu dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}, \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana;

X^2 : Nilai Chi-Kuadrat

E_i : Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya,

O_i : Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama,

N : Jumlah sub-kelompok dalam satu grup

(jumlah kelas)

$$E_i = \frac{n}{N}, \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana;

n : Jumlah data.

$$db = N - (\alpha + 1), \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana;

db : Derajat kebebasan,

α : Jumlah parameter,

Menurut McCuen (2003), jika nilai rerata dan deviasi standar digunakan dalam perhitungan, maka terdapat dua parameter. Sehingga nilai α untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2. Tetapi jika nilai rerata dan deviasi standar didapatkan dari penelitian atau data sebelumnya maka nilai α untuk uji Chi-Kuadrat adalah 0.

Menurut Meylan dkk (2011), pada masing-masing kelas, jumlah data minimum adalah 5. Sehingga untuk menentukan jumlah kelas (N) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$N = \frac{n}{5}, \dots\dots\dots(2.13)$$

Pengujian Chi-Kuadrat selanjutnya membandingkan antara Chi-Kuadrat yang didapatkan dengan Chi-Kritik.

Nilai Chi-Kritik tergantung dari derajat kebebasan (db) dan tingkat signifikansinya.

3) Penetapan Hipotesis awal dan hipotesis alternatif

H_0 : Frekuensi setiap kategori memenuhi suatu nilai/perbandingan.

H_1 : Ada kategori yang tidak memenuhi nilai/perbandingan tersebut.

Misalnya;

H_0 : Dadu setimbang \rightarrow semua sisi akan muncul = 20 kali

H_1 : Dadu tidak setimbang \rightarrow ada sisi yang muncul \neq 20 kali.

Nilai α = 5% = 0.05 (Tabel 2.4)

K = 6

db = $K - 1 = 5$

db = 5; $\alpha = 0.05 \rightarrow X^2$ tabel db; α (Tabel 2.4)

X^2 tabel = 11.0705

Wilayah kritis = Penolakan H_0 jika X^2 hitung > X^2 tabel

X^2 hitung >

11.0705

kategori :	o_i	e_i	$(o_i - e_i)$	$(o_i - e_i)^2$	$(o_i - e_i)^2 / e_i$
sisi-1	20	20	0	0	0
sisi-2	22	20	2	4	0.20
sisi-3	17	20	-3	9	0.45
sisi-4	18	20	-2	4	0.20
sisi-5	19	20	-1	1	0.05
sisi-6	24	20	4	16	0.80
Σ	120	120	-----	-----	1.70

X^2 hitung = 1.70

Kesimpulan:

- X^2 hitung (1.70) < X^2 tabel (11.0705)
- Nilai X^2 hitung ada di daerah penerimaan H_0
- H_0 diterima; pernyataan dadu setimbang diterima.

II.3.3. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan menyatakan besarnya curah hujan dalam jangka pendek yang memberikan gambaran deras hujan perjam.

Untuk mengelolah data curah hujan menjadi intensitas hujan digunakan cara statistik dari data pengamatan durasi hujan yang terjadi. Dan apabila tidak dijumpai data untuk setiap durasi hujan, maka diperlukan pendekatan secara empiris dengan berpedoman kepada durasi 60 menit dan pada curah hujan harian maksimum yang terjadi setiap tahun. Cara lain yang digunakan adalah dengan mengambil

pola intensitas hujan untuk kota lain yang memiliki kondisi hampir sama. Untuk merubah curah hujan menjadi intensitas hujan dapat digunakan metode diantaranya:

1) Metode *Van breen*

Penurunan rumus yang dilakukan oleh *Van breen* di Indonesia didasarkan atas anggapan bahwa lamanya durasi hujan yang terjadi di Pulau Jawa selama 4 jam dengan hujan efektif sebesar 90% dari jumlah curah hujan selama 24 jam. Dengan persamaan sebagai berikut (Asy'ari, 2008):

$$I = \frac{90\% \times R_{24}}{4}, \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

I : Intensitas hujan (mm/jam)

*R*₂₄ :Curah hujan harian maksimum (mm/24jam).

Dengan persamaan di atas dapat dibuat suatu kurva intensitas durasi hujan dimana *Van breen* mengambil kota Jakarta sebagai basis untuk kurva IDF. Kurva ini dapat memberikan kecendrungan bentuk kurva untuk daerah lainnya di Indonesia. Berdasarkan pola kurva *Van breen* untuk kota Jakarta, besarnya intensitas hujan dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_T = \frac{54R_T + 0.007R_T^2}{t_c + 0.3R_t}, \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana:

I_T : Intensitas curah hujan pada suatu periode ulang (T tahun),

R_T : Tinggi curah hujan pada periode ulang T (mm/hari).

2) Metode *Haspers* dan *Der Weduwen*

Metode ini berasal dari kecenderungan curah hujan harian yang dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa curah hujan memiliki distribusi yang simetris dengan durasi curah hujan lebih kecil dari 1 jam dan durasi curah hujan kecil dari 1 sampai 24 jam (Melinda, 2007).

Perhitungan intensitas curah hujan dengan menggunakan metode *Haspers* dan *Der Weduwen* adalah sebagai berikut:

$$R_i = X_t \left(\frac{1218t+54}{X_t(1-t)+1272t} \right), \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

$$R = \sqrt{\frac{11300t}{t+3.12} \left[\frac{R_i}{100} \right]}, \dots\dots\dots(2.17)$$

$$I = \frac{R}{t}, \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

t : Durasi curah hujan dalam satuan jam.

X_t : Curah hujan dengan maksimum yang terpilih.

R, R_i : Curah hujan menurut *Haspers* dan *Der Weduwen*

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

II.3.4. Pemilihan Metode Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Adapun rumus umum intensitas hujan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R}{t}, \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

I : Intensitas Hujan (mm/jam),

R : Tinggi hujan (mm)

t : Lamanya hujan (jam)

Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar kala ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Kala ulang adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan dinyatakan dalam lengkung IDF (*Intensity-Duration-Frequency Curve*). Diperlukan data hujan jangka pendek,

misalnya 5, 10, 30 menit dan jam-jaman untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari pos penakar hujan otomatis. Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari beberapa persamaan, antara lain rumus *Talbot*, *Sherman* dan *Ishiguro*.

1) Rumus *Talbot*

Rumus *Talbot* dikemukakan oleh professor *Talbot* pada tahun 1881. Rumus ini banyak digunakan di Jepang karena mudah diterapkan. Tetapan-tetapan *a* dan *b* ditentukan dengan harga-harga terukur. Adapun rumus tersebut :

$$I = \frac{a}{t+b}, \dots\dots\dots(2.20)$$

$$a = \frac{\sum[I \times t] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times t] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}, \dots\dots\dots(2.21)$$

$$b = \frac{\sum[I] \times \sum[I \times t] - \sum n \times \sum[I^2 \times t]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}, \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

I : Intensitas hujan (mm/jam),

t : Lamanya hujan (jam),

n : Data.

2) Rumus Sherman

Rumus *Sherman* dikemukakan oleh professor *Sherman* pada tahun 1905. Rumus ini mungkin cocok untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam. Adapun rumus tersebut:

$$I = \frac{a}{t^b}, \dots\dots\dots(2.23)$$

$$a = \left[\frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \right]^{10}, \dots\dots(2.24)$$

$$b = \frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t] - \sum n \times \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]}, \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana:

- I : Intensitas hujan (mm/jam),
- t : Lamanya hujan (jam),
- n : Data.

3) Rumus Ishiguro

Rumus *Ishiguro* ini dikemukakan oleh *Dr. Ishiguro* tahun 1953. Adapun rumus tersebut :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b}, \dots\dots\dots(2.26)$$

$$a = \frac{\sum[I \times \sqrt{t}] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times \sqrt{t}] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}, \dots\dots\dots(2.27)$$

$$b = \frac{\sum[I] \times \sum[I \times \sqrt{t}] - \sum n \times \sum[I^2 \times \sqrt{t}]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}, \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana:

- I : Intensitas hujan (mm/jam),

t : Lamanya hujan (jam),

n : Data.

II.4 Analisis Debit Banjir Rencana menggunakan *HSS Nakayasu*

Debit adalah air yang mengalir melalui suatu saluran dalam satu satuan waktu. Maka debit banjir adalah banyaknya air yang mengalir melalui saluran atau sungai yang diukur dalam ($m^3/detik$).

Debit banjir rencana adalah debit banjir terbesar disungai atau saluran alamiah dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan atau masih dapat ditahan oleh suatu bangunan air.

Salah satu cara untuk menghitung debit banjir rencana adalah dengan menggunakan metode hidrograf *Nakayasu*. Dimana Hidrograf adalah diagram yang menggambarkan variasi debit atau permukaan air menurut waktu. Sedangkan hidrograf satuannya adalah suatu limpasan langsung yang di akibatkan oleh suatu volume hujan efektif, yang terbagi dalam ruang dan waktu Hidrograf satuan klasik tidak bisa dibuat karena tidak ada alat atau keterbatasan alat dan tidak ada AWLR. Oleh karena itu, dibuatlah hidrograf satuan sintesis/ tiruan. Hidrograf satuan sintesis adalah hidrograf satuan yang diturunkan karena tidak mempunyai data AWLR dan data hujan pada setiap jam (karena alat yang digunakan adalah untuk mengukur hujan secara manual atau harian).

Metode *Nakayasu* membentuk unit hidrograf secara umum ditentukan oleh curah hujan dalam waktu tertentu (atau standar) maka perlu diperhatikan bagaimana curah hujan harian dapat dipecah-pecahkan menjadi sejumlah komponen curah hujan yang sesuai dengan *unit duration* atau standar yang ditentukan dalam teori yang dipakai.

$$R_0 = \frac{R_{24}}{t}, \dots\dots\dots(2.29)$$

$$R_t = R \left(\frac{5}{T}\right)^{\frac{2}{3}}, \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana ;

R_0 : Hujan rata-rata setiap jam (mm/jam)

R_t : Intensitas hujan dalam t jam (mm/jam)

R_{24} : Hujan harian efektif (mm)

T : Waktu dari mulai hujan (jam)

t : Waktu konsentrasi hujan (mm)

Prosedur perhitungan hidrograf satuan metode *Nakayasu* adalah sebagai berikut:

$$T_p = T_g + T_r, \dots\dots\dots(2.31)$$

$$T_g = 0.4 + 0.058L \text{ (Untuk } L > 15\text{Km)}, \dots\dots\dots(2.32)$$

$$T_g = 0.21L^{0.27} \text{ (Untuk } L < 15 \text{ Km)}, \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana;

T_p : *Peak time* (jam)

T_g : *Time lag* (jam)

T_r : Satuan waktu curah hujan (0.5 s/d 1) x $T_g \rightarrow$
 $0.5 T_g - T_g$ (jam) ,(2.34)

L : Panjang sungai (Km)

Debit puncak banjir

$$Q_p = \frac{C \times A \times R_0}{3.6 + (0.3 T_p + T_{0.3})}, \dots\dots\dots(2.35)$$

$$T_{0.3} = \alpha \times T_g, \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana;

A : Luas daerah pengaliran (Km²)

C : Koefisien limpasan

R_0 : Curah hujan spesifik (mm)

α : Parameter hidrograf

$$\alpha = \frac{1}{T_g} \times 0.47(AL)^{0.25}, \dots\dots\dots(2.37)$$

Perhitungan unit hidrograf

Pada kurva naik $0 \leq t \leq T_p$

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4}, \dots\dots\dots(2.38)$$

Pada kurva turun 1 $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0.3})$

$$Q_t = Q_p \times 0.3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0.3}} \right), \dots\dots\dots(2.39)$$

Pada kurva turun 2

$(T_p + T_{0.3}) \leq t \leq T_p + T_{0.3} + (1.5 \times T_{0.3})$

$$Q_t = Q_p \times 0.3 \left(\frac{t - T_p + 0.5 T_{0.3}}{T_{0.3}} \right), \dots\dots\dots(2.40)$$

Pada kurva turun 3 $T_p + T_{0.3} + (1.5 \times T_{0.3}) \leq t$

$$Q_t = Q_p \times 0.3^{\left(\frac{t-T_p+1.5T_{0.3}}{2T_{0.3}}\right)}, \dots\dots\dots(2.41)$$

II.5 Analisis Debit Sungai

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m³/s). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak,2002).

Debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai. Pengukurannya dilakukan tiap hari, atau dengan pengertian yang lain debit atau aliran sungai adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/s).

Sungai dari satu atau beberapa aliran sumber air yang berada di ketinggian, umpamanya disebuah puncak bukit atau gunung yg tinggi, dimana air hujan sangat banyak jatuh di daerah itu, kemudian terkumpul dibagian yang cekung, lama kelamaan dikarenakan sudah terlalu penuh, akhirnya mengalir keluar melalui bagian bibir cekungan yang paling mudah tergerus air.

Selanjutnya air itu akan mengalir di atas permukaan tanah yang paling rendah, mungkin mula mula merata, namun karena ada bagian- bagian dipermukaan tanah yg tidak begitu keras, maka mudahlah terkikis, sehingga menjadi alur-alur yang tercipta makin hari makin panjang, seiring dengan makin deras dan makin seringnya air mengalir di alur itu.

Semakin panjang dan semakin dalam, alur itu akan berbelok, atau bercabang, apabila air yang mengalir disitu terhalang oleh batu sebesar alur itu, atau batu yang banyak, demikian juga dengan sungai di bawah permukaan tanah, terjadi dari air yang mengalir dari atas, kemudian menemukan bagian-bagan yang dapat di tembus ke bawah permukaan tanah dan mengalir ke arah dataran rendah yg rendah. lama kelamaan sungai itu akan semakin lebar.

Debit sungai dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = V \times A , \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana :

Q :Debit sungai (m³/s)

V : Kecepatan aliran (m/s)

A : Luas Penampang (m²)

Kecepatan arus permukaan (metode pelampung) dapat dihitung dengan:

$$V_p = \frac{L}{t} , \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

V_p : Kecepatan arus permukaan (m/s)

L : Panjang lintasan (m)

t : Kecepatan rata-rata sampel (s)

Kecepatan aliran dapat dihitung dengan:

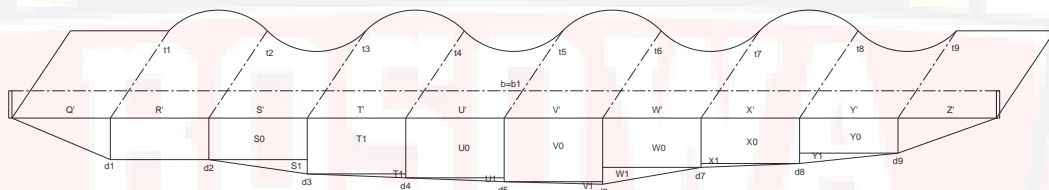
$$V = K \times V_p \text{ ,(2.44)}$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran (m/s)

K : Koefisien pelampung

Luas penampang basah sungai dapat dihitung dengan:



Gambar 2.2 Potongan penampang sungai

$$A' = Q'+R'+S'+T'+U'+V'+W'+X'+Y'+Z' \text{ ,(2.45)}$$

Dimana :

A' : Luas penampang basah (m²)

$Q';Z'$: Luas penampang (segment) m²

Luas penampang kering dapat dihitung dengan:

$$A'' = \frac{1}{2} (b+b1)t \text{ ,(2.46)}$$

Dimana :

b : Lebar permukaan air (m)

$b1$: Lebar penampang kering (m)

a : Lebar talud (m)

t : Tinggi talud (m)

Luas penampang keseluruhan dapat dihitung dengan:

$$A = A' + A'' \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana :

A : Luas penampang (m²)



BAB III

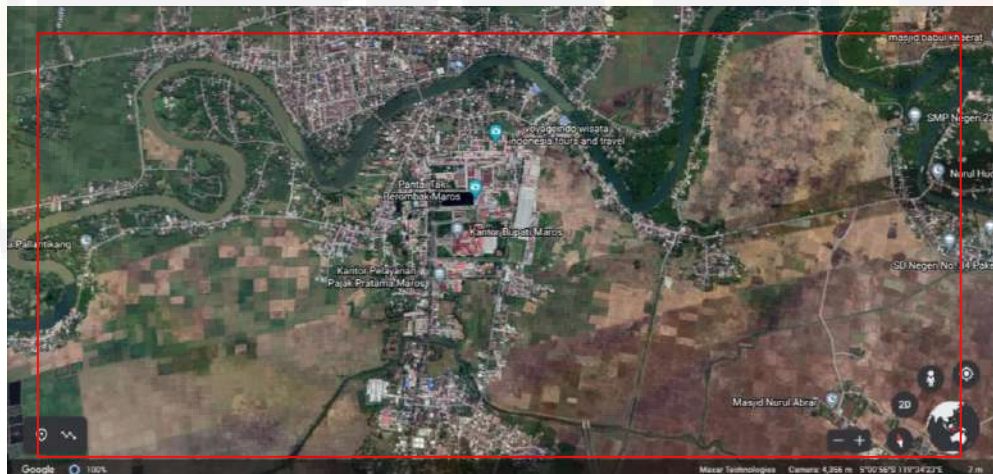
METODE PENELITIAN

III.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah kuantitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Kuantitatif deskriptif adalah jenis penelitian yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya.

III.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Kota Turikale Kab. Maros Sulawesi Selatan, dan dimulai dari bulan Januari 2021.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

III.3 Sumber Data

Peneliti mengelompokkan sumber data ke dalam 2 bagian yaitu:

III.3.1. Data primer

Sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. Menggunakan data primer karena peneliti mengumpulkan sendiri data-data yang dibutuhkan yang bersumber langsung dari objek pertama yang akan diteliti.

Daftar data primer pada penelitian ini:

- 1) Luas penampang, debit dan kecepatan aliran Sungai Maros.
- 2) Luas penampang debit dan kecepatan aliran Sungai Tomalia.

Teknik pengambilan data menggunakan metode pelampung untuk menghitung kecepatan aliran sungai, metode jangkar untuk menghitung kedalaman sungai dan metode pengukuran panjang tinggi untuk menghitung luas penampang.

III.3.2. Data Sekunder

Data yang didapatkan dengan menghubungi instansi-instansi yang terkait dengan penanggulangan banjir seperti, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kab. Maros, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kab. Maros.

Daftar data sekunder sebagai berikut:

- 1) Curah hujan max. harian Kota Turikale.
- 2) Peta lokasi dampak banjir Kota Turikale.
- 3) Peta dan luas DAS Sungai Maros.
- 4) Panjang Sungai Tomalia dan Sungai Maros.

III.4 Tahap dan Prosedur Penelitian

Suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

III.4.1. Persiapan,

Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan

topik penelitian. Kemudian menentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data.

III.4.2. Pengumpulan Data,

Data yang diperlukan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a) Curah hujan harian Max. 10 tahun terakhir.
- b) Luas penampang, kecepatan aliran Sungai Maros dan Sungai Tomalia.
- c) Peta lokasi dampak banjir.
- d) Peta DAS Sungai Maros.
- e) Panjang Sungai Tomalia dan Sungai Maros.

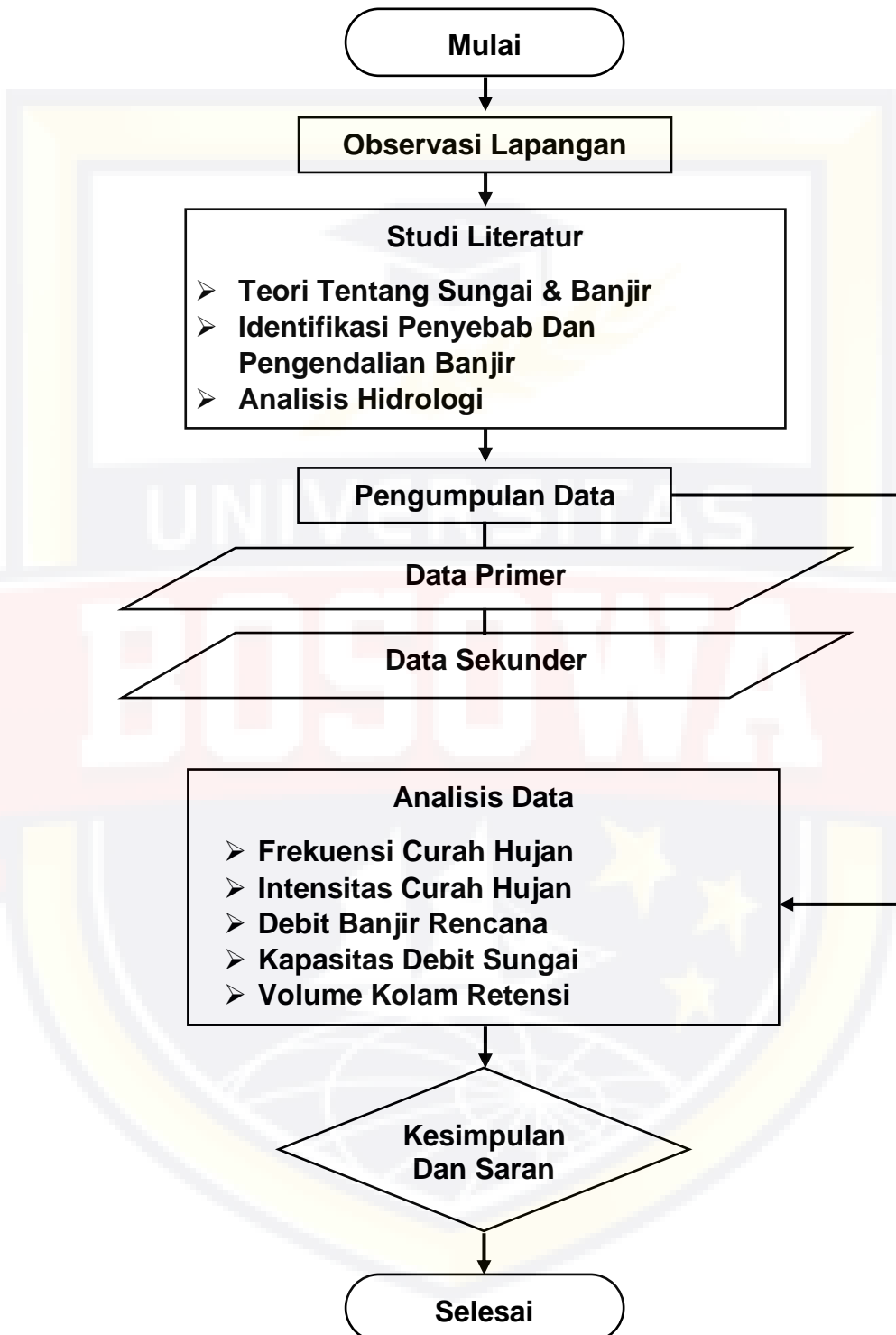
III.4.3. Pengolahan Data,

Pada tahap ini, semua data yang diperoleh baik data primer maupun sekunder diolah sesuai dengan analisis penelitian.

III.4.4. Kesimpulan,

Kesimpulan disebut juga pengambilan keputusan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisa dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian. Tahapan penelitian secara skematis dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada point 3.6. Bagan Alur Penelitian.

III.5 Bagan Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi rata-rata sekali setiap n tahun. Kejadian pada suatu kurun waktu tertentu tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun tetapi terdapat suatu kemungkinan ini adalah minimum.

Tabel 4.1 Data curah hujan harian

TAHUN	JANUARI	FEBRUARI	MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI	
2011	127	89	124	50	132	34	50	
2012	99	115	107	70	72	8	1	
2013	84	75	110	53	47	25	16	
2014	127.6	59	79.7	115.6	37.4	14.6	23.6	
2015	114.9	87.8	120.6	95	39.9	34.4	-	
2016	49.5	93.8	96.9	46	52.4	29.7	24.8	
2017	73.5	91.8	44.6	113.1	42.1	40.6	10.2	
2018	150.1	80.9	93.6	55.7	43.5	37.3	21	
2019	133	66.6	39.8	58.7	25.4	61.1	4.3	
2020	136.5	99.5	105.7	25.1	71.8	23.7	23.7	
TAHUN	AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DESEMBER	MIN	MAX	RATA-RATA
2011	22	90	60	64	129	22	132	80.9
2012	-	-	58	91	112	1	115	73.3
2013	-	1	56	41	72	1	110	52.7
2014	4.2	-	-	54.8	145.6	4.2	145.6	66.2
2015	0	-	-	20.3	119	0	120.6	70.2
2016	4.7	25.2	87.7	43.8	127	4.7	127	56.8
2017	21.7	82.5	35.3	72.8	151.8	10.2	151.8	65.0

2018	1.4	5.5	56.9	58.9	105.8	1.4	150.1	59.2
2019	-	-	-	17.4	69	4.3	133	52.8
2020	5.5	28.5	60.9	72	135.7	5.5	136.5	65.7

(Sumber: BMKG)

IV.1.1. Metode *E.J. Gumbel*

Metode *E.J. Gumbel* adalah metode distribusi eksponensial yang sekaligus telah menggunakan kurva asimetris kerapatan dan dihitung dengan persamaan rumus (2.1) setelah menghitung nilai faktor frekuensi (K) dan Standar deviasi (S).

Penggunaan metode *E.J. Gumbel* dikarenakan metode ini sangat cocok digunakan untuk menghitung data ekstrime seperti frekuensi hujan dengan data curah hujan minimal 10 tahun.

- Menghitung nilai \bar{X} ; Rata-rata X_i ,

$$\bar{X} = \sum X_i \div n = 1321.6 \div 10 = 132.16$$

(*) $\sum X_i$: Total X_i ,

n : Jumlah sampel/data.

- Menghitung nilai $X_i - \bar{X}$, Contoh 2011

$$X_i - \bar{X} = 132 - 132 = -0.16, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai $(X_i - \bar{X})^2$, Contoh 2011

$$(X_i - \bar{X})^2 = -0.16^2 = 0.026, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai $(X_i - \bar{X})^3$, Contoh 2011

$$(X_i - \bar{X})^3 = -0.16^3 = -0.0041, \text{ dst.}$$

➤ Menghitung nilai $(X_i - \bar{X})^4$, Contoh 2011

$$(X_i - \bar{X})^4 = -0.16^4 = 0.00066, \text{ dst.}$$

➤ Menghitung nilai S, Standar deviasi,

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \dots\dots\dots(2.2)$$

$$= \sqrt{\frac{1853.6}{10-1}} = 14.35$$

Tabel 4.2 Hasil perhitungan untuk memperoleh probabilitas curah hujan harian maksimal

TAHUN (n)	X_i (mm)	\bar{X}	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2011	132	132.16	-0.16	0.026	-0.0041	0.00066
2012	115	132.16	-17.2	294.5	-5053.0	86710.0
2013	110	132.16	-22.2	491.1	-10882.0	241145.4
2014	145.6	132.16	13.4	180.6	2427.7	32628.5
2015	120.6	132.16	-11.6	133.6	-1544.8	17857.9
2016	127	132.16	-5.2	26.6	-137.4	708.9
2017	151.8	132.16	19.6	385.7	7575.7	148787.3
2018	150.1	132.16	17.9	321.8	5773.9	103583.3
2019	133	132.16	0.8	0.7	0.6	0.5
2020	136.5	132.16	4.3	18.8	81.7	354.8
JUMLAH				1853.6	-1757.6	631776.7
					S	14.35
					n	10

(Sumber: Hasil Perhitungan)

➤ $Y_n = 0.4952$

➤ $S_n = 0.9496$

➤ $Y_t \rightarrow t_{10} = 2.251$

$$\rightarrow t_{25} = 3.1993$$

$$\rightarrow t_{50} = 3.9028$$

$$\rightarrow t_{100} = 4.6012$$

(*) Y_n ; Nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduced variate*) nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada tabel (2.1),

S_n ; Deviasi standar dari reduksi variat (*standard deviation of the reduced variat*), nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel (2.1),

Y_t ; Nilai reduksi variat. Nilainya dapat dilihat pada tabel (2.2)

- Menghitung nilai K ; Faktor frekuensi, Contoh K_{10} , (2.3)

$$K_{10} = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} = \frac{(2.251 - 0.4952)}{0.9496} = 1.849, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai X_t ; Curah hujan dalam periode ulang (tahun), Contoh X_{10} , (2.1)

$$\begin{aligned} X_t &= \bar{X} + K \times S \\ &= 132.16 + (1.849 \times 14.35) = 158.695 \text{ mm, dst.} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode E.J. Gumbel

TAHUN (t)	Y_n	S_n	Y_t	K	S	\bar{X}	X_t/mm
10	0.4952	0.9496	2.251	1.849	14.35	132.16	158.695

25	0.4952	0.9496	3.1993	2.8476	14.35	132.16	173.026
50	0.4952	0.9496	3.9028	3.5885	14.35	132.16	183.658
100	0.4952	0.9496	4.6012	4.3239	14.35	132.16	194.213

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.1.2. Metode Log Pearson Type III

Cara yang akan digunakan untuk pemakaian distribusi Log Pearson Type III adalah dengan mengkonfersikan rangkaian bentuk komulatif dari distribusi Log Pearson Type III dengan nilai varitetnya X , apabila digambarkan pada kertas peluang logaritma (*Logaritma Probability Paper*) akan merupakan model matematik persamaan garis lurus.

Dalam Perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan metode Log Pearson Type III sebelum masuk perhitungan, terlebih dahulu melakukan transformasi data asli kedalam harga-harga logaritma.

- Menghitung nilai $\text{Log } X_i$ untuk tiap sampel → tabel logaritma,
- Menghitung $\overline{\text{Log } X}$; Rata-rata $\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i$, (2.7)

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}(X_i)}{n} = \frac{21.188}{10} = 2.119$$

- Menghitung $\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}$, Contoh $\text{Log } X_i$ 2011

$$\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X} = 2.121 - 2.119 = 0.002, \text{ dst.}$$

- Menghitung $(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$, Contoh $\text{Log } X_i$ 2011

$$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2 = (2.121 - 2.119)^2$$

$$= 0.0000032854, \text{ dst}$$

- Menghitung $(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3$, Contoh $\text{Log } X_i$ 2011

$$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3 = (2.121 - 2.119)^3$$

$$= 0.00000000596, \text{ dst.}$$

- Menghitung S; Standar deviasi, (2.8)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}\}^2}{n-1}} = \frac{0.0204769423}{10-1} = 0.002$$

- Menghitung C_s ; Koefisien skewnes / Kemencengan, (2.9)

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$= \frac{-0.00018698275}{(10-1)(10-2)0.008^3} = -1.4E-11$$

Tabel 4.4 Transformasi data kedalam harga-harga logaritma

TAHUN	X_i	$\text{Log } X_i$	$\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}$	$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$	$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3$	
2011	132	2.121	0.002	0.00000328540836	0.00000000596	
2012	115	2.061	-0.058	0.0033713725	-0.00019575376	
2013	110	2.041	-0.077	0.0059859121	-0.00046312210	
2014	146	2.163	0.044	0.0019713612	0.00008752846	
2015	121	2.081	-0.037	0.0013998114	-0.00005237262	
2016	127	2.104	-0.015	0.0002237310	-0.00000334649	
2017	152	2.181	0.063	0.0039075513	0.00024426264	
2018	150	2.176	0.058	0.0033199873	0.00019129544	
2019	133	2.124	0.005	0.0000259109	0.00000013189	
JUMLAH		21.188	0.000	0.0204769423	-0.00018698275	
					n	10

$\overline{\text{Log } X}$	2.119
S	0.002
C_s	-1.4E-11

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Menentukan nilai K; Karakteristik distribusi (Tabel 2.3)
 - $K_{10} = 1.041$
 - $K_{25} = 1.198$
 - $K_{50} = 1.27$
 - $K_{100} = 1.318$
- Menghitung nilai $\text{Log } X_t$; Logaritma nilai curah hujan periode ulang (tahun), Contoh $\text{Log } X_{10}$, (2.6)

$$\text{Log } X_{10} = \overline{\text{Log } X} + (K \times S)$$

$$= 2.119 + (1.041 \times 0.002) = 2.120887, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai X_t ; Nilai curah hujan periode ulang (tahun), Contoh X_{10} ,

$$X_{10} = 10^{\text{Log } X_{10}}$$

$$= 10^{2.120887} = 132.095 \text{ mm, dst.}$$

Tabel 4.5 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode Log Pearson Type III.

TAHUN (t)	K	S	$\overline{\text{Log } X}$	$\text{Log } X_t$	X_t
10	1.041	0.002	2.119	2.120887	132.095
25	1.198	0.002	2.119	2.121208	132.193

50	1.27	0.002	2.119	2.121355	132.238
100	1.318	0.002	2.119	2.121453	132.267

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.2 Uji Chi Kuadrat

Perhitungan curah hujan rencana dengan kedua metode tersebut (metode *E.J. Gumbel* dan metode Log Pearson Type III) diatas akan memberikan hasil yang berbeda, sehingga diperlukan pengujian kesesuaian hasil. Uji kesesuaian dilakukan dengan metode Uji Chi-Kuadrat.

Tabel 4.6 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode *E.J. Gumbel* dan Log Pearson type III.

TAHUN (n)	X_i (mm)	TAHUN PERIODE ULANG (t)	E.J. GUMBEL	Log Pearson Type III
2011	132	10	158.695	132.095
2012	115	25	173.026	132.193
2013	110	50	183.658	132.238
2014	146	100	194.213	132.267
2015	121			
2016	127			
2017	152			
2018	150			
2019	133			
2020	137			
JUMLAH	1322			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pada pengujian Chi-Kuadrat, data dibuat menjadi beberapa kelas. Pada masing-masing kelas minimal mempunyai frekuensi 5.

Oleh karena jumlah data 10, maka sesuai dengan persamaan (2.13), data dibagi menjadi 2 kelas.

Nilai db dengan persamaan (2.12) dapat dicari. Untuk jumlah parameter (α) = 2, yaitu rerata dan deviasi standar dan terdapat 2 kelas maka nilai db'nya adalah -1. Karena pembagian 2 kelas akan mengakibatkan nilai derajat kebebasan -1, maka untuk analisa dibagi menjadi 4 kelas. Sehingga nilai db adalah 1. Hal inilah yang menjadikan kelemahan uji Chi-Kuadrat dengan data yang sedikit.

Pembagian kelas (interval) berdasarkan rentang probabilitasnya, yaitu $0 < P \leq 0.25$, $0.25 < P \leq 0.50$, $0.50 < P \leq 0.75$, $0.75 < P \leq 0.999$.

IV.2.1. Chi-Kuadrat – Metode *E.J. Gumbel*

Perhitungan untuk distribusi *E.J. Gumbel* dibagi menjadi 4 kelas. Batas probabilitas tiap-tiap kelas adalah 0.25, 0.50, 0.75 dan 0.999. Pada batas tersebut selanjutnya dianalisa nilai yang diharapkan.

- Menghitung X^2 tabel db; α (tabel 2.4)
 - Nilai $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$
 - Nilai $\alpha = 2$
 - Nilai db = $N - (\alpha+1) = 4 - (2+1) = 1$
 - Nilai X^2 tabel db; $\alpha = 3.841$ (Tabel 2.4)

- Pembagian X_t kedalam tiap kelas (interval),

$$\text{Nilai Interval} = \frac{\text{Max } X_t - \text{Min } X_i}{N} = \frac{194.212 - 110}{4} = 21.053$$

Jadi, batas tiap kelasnya (110 sampai 194.212) ialah 21.053. Misalnya interval $0 < P \leq 0.25$, dimana; $0 \rightarrow 110$ dan $0.25 \rightarrow 25\%$ dari $\text{Max } X_t - \text{Min } X_i$ (84.213) ialah 21.053 kemudian + $\text{Min } X_i$ (110). Maka, nilai untuk interval $0 < P \leq 0.25$ adalah $110 < P \leq 131.053$, *dst.*

- Menentukan nilai O_i ; Frekuensi yang terbaca pada kelas,

Misalnya, berapa nilai O_i pada interval $0 < P \leq 0.25$ ($110 < P \leq 131.053$) terhadap X_i ? Maka nilai O_i ialah 4 (110;115;120.6;127), *dst.*

- Menentukan nilai E_i ; Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya. (teoritis), (2.11)

$$E_i = \frac{n}{N} = \frac{10}{4} = 2.5$$

- Menghitung nilai $(O_i - E_i)$, Contoh $0 < P \leq 0.25$ ($O_i - E_i$)

$$(O_i - E_i) = 4 - 2.5 = 1.5, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai $(O_i - E_i)^2$, Contoh $0 < P \leq 0.25$

$$(O_i - E_i)^2,$$

$$(O_i - E_i)^2 = 1.5^2 = 2.25, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$, Contoh $0 < P \leq 0.25 \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{2.25}{2.5} = 0.9, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai X^2 ; Nilai Chi-Kuadrat, (2.10)

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = 0.9 + 0.1 + 0.1 + 2.5 = 3.6$$

Tabel 4.7 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode E.J. Gumble.

TAHUN	X _i /mm	INTERVAL	O _i	E _i	(O _i - E _i)	(O _i - E _i) ²	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
10	158.6949	0 < P ≤ 0.25	4	2.5	1.5	2.25	0.9
25	173.0262	0.25 < P ≤ 0.50	3	2.5	0.5	0.25	0.1
50	183.658	0.50 < P ≤ 0.75	3	2.5	0.5	0.25	0.1
100	194.2127	0.75 < P ≤ 0.999	0	2.5	-2.5	6.25	2.5
						X ²	3.6

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Hasil uji

H_0 : Hasil perhitungan curah hujan ulang metode E.J.

Gumble dapat digunakan. (berada di wilayah penerimaan)

H_1 : Hasil perhitungan curah hujan ulang metode E.J.

Gumble tidak dapat digunakan. (berada di wilayah kritis)

- Nilai X^2 hitung = 3.6

- o Kesimpulan,

Nilai X^2 hitung $< X^2$ tabel 2.4

$$3.6 < 3.841$$

Nilai X^2 hitung berada di wilayah H_0 (wilayah penerimaan) \rightarrow Metode diterima.

IV.2.2. Chi-Kuadrat – Metode Log Pearson Type III

Tahap perhitungan Chi-Kuadrat untuk distribusi log pearson type III sama seperti distribusi *E.J. Gumbel*. Batas probabilitas tiap-tiap kelas adalah 0.25, 0.50, 0.75 dan 0.999.

- Menghitung X^2 tabel db; α (tabel 2.4)

- o Nilai $\alpha = 5\% \rightarrow 0.05$
- o Nilai $\alpha = 2$
- o Nilai db (2.12) = $N - (\alpha+1) = 4 - (2+1) = 1$
- o Nilai X^2 tabel db; $\alpha = 3.841$ (Tabel 2.4)

- Pembagian X_t kedalam tiap kelas (interval),

$$\text{Nilai Interval} = \frac{\text{Max } X_t - \text{Min } X_i}{N} = \frac{151.8 - 110}{4} = 10.45$$

Jadi, batas tiap kelasnya (110 sampai 151.8) ialah 10.45. Misalnya interval $0 < P \leq 0.25$, dimana; $0 \rightarrow 110$ dan $0.25 \rightarrow 25\%$ dari $\text{Max } X_t - \text{Min } X_i$ (41.8) ialah 10.45 kemudian + $\text{Min } X_i$ (110). Maka, nilai untuk interval $0 < P \leq 0.25$ adalah $110 < P \leq 120.45$, dst.

- Menentukan nilai O_i ; Frekuensi yang terbaca pada kelas,

Misalnya, berapa nilai O_i pada interval $0 < P \leq 0.25$

($110 < P \leq 120.45$) terhadap X_i ? Maka nilai O_i ialah 2

(110;115), *dst.*

- Menentukan nilai E_i (2.11); Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya. (teoritis),

$$E_i = \frac{n}{N} = \frac{10}{4} = 2.5$$

- Menghitung nilai $(O_i - E_i)$, Contoh $0 < P \leq 0.25$ ($O_i - E_i$)

$$(O_i - E_i) = 2 - 2.5 = -0.5, \text{ *dst.*}$$

- Menghitung nilai $(O_i - E_i)^2$, Contoh $0 < P \leq 0.25$ $(O_i - E_i)^2$,

$$(O_i - E_i)^2 = -0.5^2 = 0.25, \text{ *dst.*}$$

- Menghitung nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$, Contoh $0 < P \leq 0.25$ $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{0.25}{2.5} = 0.1, \text{ *dst.*}$$

- Menghitung nilai X^2 ; Nilai Chi-Kuadrat, (2.10)

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = 0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.9 = 1.2$$

Tabel 4.8 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode Log Pearson Type III.

TAHUN	X_i/mm	INTERVAL	O_i	E_i	$(O_i - E_i)$	$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
10	132.095	$0 < P \leq 0.25$	2	2.5	-0.5	0.25	0.1
25	132.193	$0.25 < P \leq 0.50$	2	2.5	-0.5	0.25	0.1
50	132.238	$0.50 < P \leq 0.75$	3	2.5	0.5	0.25	0.1
100	132.267	$0.75 < P \leq 0.999$	1	2.5	-1.5	2.25	0.9
						X^2	1.2

(Sumber: Hasil Perhitungan)

➤ Hasil uji

H_0 : Hasil perhitungan curah hujan ulang metode Log Pearson Type III dapat digunakan. (berada di wilayah penerimaan)

H_1 : Hasil perhitungan curah hujan ulang metode Log Pearson Type III tidak dapat digunakan. (berada di wilayah kritis)

- Nilai X^2 hitung = 1.2
- Kesimpulan,

Nilai X^2 hitung $<$ X^2 tabel 2.4

$$1.2 < 3.841$$

Nilai X^2 hitung berada di wilayah H_0 (wilayah penerimaan) → Metode diterima.

Dari hasil uji pada metode *E.J. Gumbel* dan Log Pearson Type III dapat dinyatakan berdistribusi normal. Oleh karena itu, digunakan cara lain untuk menentukan distribusi frekuensi Curah Hujan Harian

Maksimum (CHHM), yaitu dengan cara membandingkan kedua metode tersebut dan dilihat metode mana yang menghasilkan CHHM paling besar.

Tabel 4.9 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode *E.J. Gumbel* dan *Log Pearson Type III*.

PERIODE ULANG	E.J. GUMBEL	LOG PEARSON TYPE III
10	158.69486	132.09520
25	173.02623	132.19275
50	183.65801	132.23751
100	194.21271	132.26735

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari tabel tersebut terlihat bahwa CHHM paling besar dihasilkan Oleh metode *E.J. Gumbel*, maka atas dasar ini CHHM dari metode *E.J. Gumbel* akan digunakan pada perencanaan selanjutnya.

IV.3 Analisis Intensitas Curah Hujan

IV.3.1. Metode *Van Breen*

Dari persamaan (2.15), maka dapat dihitung intensitas hujan menurut metode *Van breen*.

- Menghitung nilai I_T ; Intensitas curah hujan periode ulang (tahun). Contoh I_{10} dari t_5 ,

$$I_{10}[t_5] = \frac{54R_{10}+0.007R_{10}^2}{t_5+0.3R_{10}} = \frac{54(158.69)+0.007(158.69)^2}{\frac{5}{60}+0.3(158.69)}$$

$$= \frac{8569.52+176.29}{\frac{5}{60}+49.20}$$

$$= 177.48, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai I_T ; Intensitas curah hujan periode ulang (tahun). Contoh I_{25} dari t_{20} ,

$$I_{25}[t_{20}] = \frac{54R_{25}+0.007R_{25}^2}{t_{20}+0.3R_{25}} = \frac{54(173.03)+0.007(173.03)^2}{\frac{20}{60}+0.3(173.03)}$$

$$= \frac{9031.18+195.79}{\frac{20}{60}+51.85}$$

$$= 177, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai I_T ; Intensitas curah hujan periode ulang (tahun). Contoh I_{50} dari t_{60} ,

$$I_{50}[t_{60}] = \frac{54R_{50}+0.007R_{50}^2}{t_{60}+0.3R_{50}} = \frac{54(183.66)+0.007(183.66)^2}{\frac{60}{60}+0.3(183.66)}$$

$$= \frac{9358.80+210.26}{\frac{60}{60}+53.73}$$

$$= 175.26, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai I_T ; Intensitas curah hujan periode ulang (tahun). Contoh I_{100} dari t_{240} ,

$$I_{100}[t_{240}] = \frac{54R_{100}+0.007R_{100}^2}{t_{240}+0.3R_{100}} = \frac{54(194.21)+0.007(194.21)^2}{\frac{240}{60}+0.3(194.21)}$$

$$= \frac{9731.29+227.33}{\frac{240}{60}+55.86}$$

$$= 167.45, \text{ dst.}$$

Tabel 4.10 Hasil perhitungan intensitas hujan dengan metode Van Breen

Durasi menit t	Intensitas Hujan Metode Van breen			
	10	25	50	100
	158.69	173.03	183.66	194.21
5	177.48	177.82	178.08	178.33
10	177.18	177.55	177.82	178.09
20	176.58	177.00	177.30	177.60
40	175.40	175.91	176.28	176.62
60	174.24	174.84	175.26	175.66
80	173.09	173.78	174.26	174.71
120	170.83	171.70	172.29	172.84
240	164.41	165.74	166.63	167.45

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.3.2. Metode Haspers dan Der Weduwen

Sebelum menghitung intensitas curah hujan I pada persamaan (2.18), langkah pertama akan mencari nilai R_i (2.16) dan nilai R (2.17).

- Menghitung nilai R_i dan R ; Curah hujan menurut Haspers dan Der Weduwen, Contoh $[t_5, X_{10}]$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ } R_{i[t_5, X_{10}]} &= X_{10} \left(\frac{1218t_5 + 54}{X_{10}(1-t_5) + 1272t_5} \right) \\
 &= 158.69 \left(\frac{\left[1218 \times \frac{5}{60} \right] + 54}{158.69 \left[1 - \frac{5}{60} \right] + 1272 \times \frac{5}{60}} \right) \\
 &= 158.69 \left(\frac{155.5}{251.47} \right) = 98.13
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \blacktriangleright R_{[t_5, X_{10}]} &= \sqrt{\frac{11300t_5}{t_5+3.12} \left[\frac{R_i}{100} \right]} \\
 &= \sqrt{\frac{11300 \times \frac{5}{60}}{\frac{5}{60} + 3.12} \left[\frac{98.13}{100} \right]} \\
 &= \sqrt{293.96} \times 0.98 \\
 &= 16.82
 \end{aligned}$$

➤ Selanjutnya menghitung nilai I ; Intensitas curah hujan (mm/jam), Contoh $[t_5, X_{10}]$

$$\blacktriangleright I_{[t_5, X_{10}]} = \frac{R}{t_5} = \frac{16.82}{\frac{5}{60}} = \frac{16.82}{0.08} = 201.9 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.11 Hasil perhitungan intensitas hujan dengan metode Haspers dan Der Weduwen

Durasi menit (t)	E.J. Gumbel		R_i	R	I
	Periode Ulang	X_t			
5	10	158.69	98.13	16.82	201.90
10			118.48	28.36	170.16
20			137.79	45.51	136.52
40			152.55	68.04	102.06
60			158.69	83.11	83.11
80			162.07	94.27	70.70
120			165.66	110.06	55.03
240			169.50	135.05	33.76
5	25	173.03	101.68	17.43	209.20
10			124.84	29.88	179.31
20			147.57	48.74	146.21
40			165.45	73.79	110.69
60			173.03	90.62	90.62
80			177.22	103.08	77.31
120			181.71	120.73	60.36
240			186.55	148.64	37.16

5	50	183.66	104.10	17.85	214.17
10			129.30	30.95	185.71
20			154.61	51.06	153.18
40			174.93	78.02	117.03
60			183.66	96.18	96.18
80			188.51	109.65	82.24
120			193.75	128.72	64.36
240			199.40	158.88	39.72
5			100	194.21	106.33
10	133.51	31.96			191.76
20	161.41	53.31			159.93
40	184.27	82.19			123.28
60	194.21	101.71			101.71
80	199.78	116.20			87.15
120	205.80	136.73			68.37
240	212.35	169.19			42.30

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.4 Penentuan Metode Intensitas Curah Hujan

IV.4.1. Rumus Talbot

1) Rumus Talbot → Metode Van Breen

a) Perhitungan *I Talbot* pada periode ulang 10 Tahun.

- Menghitung nilai *a*, (Persamaan 2.21). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; $L \times t$; I^2 ; $I^2 \times t$ sesuai pada (Tabel 4.11).

(*) Nilai *I* berasal dari metode *Van Breen*. (Tabel 4.9)

$$a = \frac{\sum[I \times t] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times t] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(97465.77 \times 241365.88) - (16533113.43 \times 1389.2)}{(8 \times 241365.88) - (1389.2 \times 1389.2)} = 524748.67$$

- Menghitung nilai *b*, (Persamaan 2.22).

$$b = \frac{\sum[I] \times \sum[I \times t] - \sum n \times \sum[I^2 \times t]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(1389.2 \times 97465.77) - (8 \times 16533113.43)}{(8 \times 241365.88) - (1389.2 \times 1389.2)} = 2951.72$$

- Menghitung nilai *I Talbot*, (Persamaan 2.20). Contoh

t_5

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{524748.67}{5+2951.72} = 177.48 \text{ mm/jam}$$

- b) Perhitungan *I Talbot* pada periode ulang 25 Tahun.

- Menghitung nilai *a*, (Persamaan 2.21). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; $L \times t$; I^2 ; $I^2 \times t$ sesuai pada (Tabel 4.11).

(*) Nilai *I* berasal dari metode *Van breen*. (Tabel 4.9)

$$a = \frac{\sum[I \times t] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times t] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(97800.89 \times 242440.22) - (16645838.46 \times 1392.32)}{(8 \times 242440.22) - (1392.32 \times 1392.32)} = 553618.36$$

- Menghitung nilai *b*, (Persamaan 2.22).

$$b = \frac{\sum[I] \times \sum[I \times t] - \sum n \times \sum[I^2 \times t]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(1392.32 \times 97800.89) - (8 \times 16645838.46)}{(8 \times 242440.22) - (1392.32 \times 1392.32)} = 3110.74$$

- Menghitung nilai *I Talbot*, (Persamaan 2.20). Contoh

t_5

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{553618.36}{5+3110.74} = 177.68 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.12 Hasil perhitungan Rumus Talbot → Metode Van Breen

Rumus Talbot → Metode Van breen						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	10	177.48	887.38	31497.85	157489.27	177.48
10		177.18	1771.77	31391.59	313915.95	177.18
20		176.58	3531.61	31180.68	623613.63	176.58
40		175.40	7016.00	30765.18	1230607.30	175.40
60		174.24	10454.12	30357.93	1821476.02	174.24
80		173.09	13846.87	29958.72	2396697.44	173.09
120		170.83	20499.83	29183.55	3502026.40	170.83
240		164.41	39458.19	27030.36	6487287.41	164.41
n → 8	∑	1389.20	97465.77	241365.88	16533113.43	
	a		524748.67			
	b		2951.72			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	25	177.68	888.42	31571.76	157858.78	177.68
10		177.40	1774.00	31470.67	314706.70	177.40
20		176.83	3536.66	31269.95	625398.95	176.83
40		175.71	7028.42	30874.22	1234968.89	175.71
60		174.60	10476.14	30485.96	1829157.68	174.60
80		173.51	13880.63	30104.98	2408398.28	173.51
120		171.36	20563.16	29364.13	3523695.58	171.36
240		165.22	39653.46	27298.56	6551653.61	165.22
n → 8	∑	1392.32	97800.89	242440.22	16645838.46	
	a		553618.36			
	b		3110.74			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	50	177.83	889.16	31623.94	158119.68	177.83
10		177.56	1775.56	31526.21	315262.13	177.56
20		177.01	3540.18	31332.12	626642.42	177.01
40		175.92	7036.96	30949.28	1237971.09	175.92
60		174.85	10491.15	30573.41	1834404.47	174.85
80		173.79	13903.52	30204.34	2416347.52	173.79

120		171.71	20605.78	29485.99	3538318.30	171.71
240		165.77	39783.74	27478.23	6594774.62	165.77
n → 8	∑	1394.45	98026.05	243173.51	16721840.24	
	a		574143.68			
	b		3223.59			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	100	178.00	889.99	31683.03	158415.14	178.00
10		177.73	1777.33	31588.86	315888.56	177.73
20		177.21	3544.11	31401.77	628035.36	177.21
40		176.16	7046.42	31032.54	1241301.76	176.16
60		175.13	10507.68	30669.79	1840187.64	175.13
80		174.11	13928.59	30313.37	2425069.38	174.11
120		172.10	20652.17	29618.90	3554268.49	172.10
240		166.35	39924.42	27672.91	6641498.60	166.35
n → 8	∑	1396.78	98270.70	243981.17	16804664.94	
	a		597517.25			
	b		3351.89			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2) Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen

a) Perhitungan I Talbot pada periode ulang 10 Tahun.

- Menghitung nilai a, (Persamaan 2.21). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; $L \times t$; I^2 ; $I^2 \times t$ sesuai pada (Tabel 4.12).

(*) Nilai I berasal dari metode *Hasper dan Der Weduwen*. (Tabel 4.10)

$$a = \frac{\sum[I \times t] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times t] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(34873.45 \times 114846.76) - (2734091.65 \times 853.25)}{(8 \times 114846.76) - (853.25 \times 853.25)} = 8766.95$$

- Menghitung nilai b, (Persamaan 2.22).

$$b = \frac{\sum[I] \times \sum[I \times t] - \sum n \times \sum[I^2 \times t]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(853.25 \times 34873.45) - (8 \times 2734091.65)}{(8 \times 114846.76) - (853.25 \times 853.25)} = 41.33$$

- Menghitung nilai *I Talbot*, (Persamaan 2.20). Contoh

t_5

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{8766.95}{5+41.33} = 189.24 \text{ mm/jam}$$

- b) Perhitungan *I Talbot* pada periode ulang 25 Tahun.

- Menghitung nilai *a*, (Persamaan 2.21). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; $L \times t$; I^2 ; $I^2 \times t$ sesuai pada (Tabel 4.12).

(*) Nilai *I* berasal dari metode *Hasper* dan *Der Weduwen*. (Tabel 4.10)

$$a = \frac{\sum[I \times t] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times t] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(36722.59 \times 123114.66) - (3006405.02 \times 887.81)}{(8 \times 123114.66) - (887.81 \times 887.81)} = 9414.87$$

- Menghitung nilai *b*, (Persamaan 2.22).

$$b = \frac{\sum[I] \times \sum[I \times t] - \sum n \times \sum[I^2 \times t]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(887.81 \times 36722.59) - (8 \times 3006405.02)}{(8 \times 123114.66) - (887.81 \times 887.81)} = 43.47$$

- Menghitung nilai *I Talbot*, (Persamaan 2.20). Contoh

t_5

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{9414.87}{5+43.47} = 194.23 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.13 Hasil perhitungan Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen

Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	10	201.90	1009.50	40763.43	203817.15	189.24
10		170.16	1701.63	28955.36	289553.57	170.81
20		136.52	2730.37	18637.36	372747.13	142.95
40		102.06	4082.45	10416.52	416660.78	107.80
60		83.11	4986.60	6907.28	414436.72	86.52
80		70.70	5655.98	4998.45	399875.92	72.26
120		55.03	6603.72	3028.41	363409.51	54.34
240		33.76	8103.20	1139.96	273590.87	31.16
n → 8	∑	853.25	34873.45	114846.76	2734091.65	
	a		8766.95			
	b		41.33			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	25	206.35	1031.73	42578.57	212892.85	194.23
10		175.69	1756.94	30868.26	308682.62	176.07
20		142.34	2846.84	20261.22	405224.50	148.33
40		107.22	4288.82	11496.22	459848.78	112.79
60		87.59	5255.24	7671.54	460292.43	90.99
80		74.64	5971.03	5570.81	445665.09	76.25
120		58.20	6984.51	3387.73	406528.13	57.59
240		35.78	8587.49	1280.29	307270.62	33.21
n → 8	∑	887.81	36722.59	123114.66	3006405.02	
	a		9414.87			
	b		43.47			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	50	209.34	1046.71	43823.86	219119.30	197.64
10		179.48	1794.85	32214.75	322147.48	179.68
20		146.40	2928.00	21432.93	428658.53	152.05
40		110.86	4434.48	12290.38	491615.24	116.29
60		90.76	5445.88	8238.24	494294.36	94.14
80		77.44	6195.28	5997.11	479768.85	79.08

120		60.47	7256.41	3656.63	438795.84	59.92
240		37.23	8934.48	1385.85	332603.54	34.69
n → 8	∑	911.99	38036.08	129039.74	3207003.14	
	a		9887.85			
	b		45.03			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	100	212.60	1062.99	45197.99	225989.96	201.40
10		183.67	1836.66	33733.29	337332.89	183.68
20		150.94	3018.80	22782.96	455659.15	156.20
40		114.98	4599.30	13220.98	528839.21	120.22
60		94.38	5662.64	8907.07	534424.18	97.72
80		80.64	6450.91	6502.23	520178.55	82.31
120		63.06	7567.24	3976.61	477192.88	62.57
240		38.88	9332.35	1512.03	362886.71	36.39
n → 8	∑	939.15	39530.90	135833.16	3442503.53	
	a		10439.22			
	b		46.83			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.4.2. Rumus Sherman

1) Rumus Sherman → Metode Van Breen

a) Perhitungan I Sherman pada periode ulang 10 Tahun.

- Menghitung nilai a, (Persamaan 2.24). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; Log I ; Log t ; Log t²; Log t × Log I sesuai pada (Tabel 4.13).

(*) Nilai I berasal dari metode Van Breen (Tabel 4.9)

$$a = \left[\frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \right]^{10}$$

$$= \left[\frac{(17.916 \times 22.520) - (28.524 \times 12.743)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \right]^{10}$$

$$= [2.267]^{10} = 184.847$$

- Menghitung nilai b , (Persamaan 2.25)

$$\begin{aligned} b &= \frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t] - \sum n \times \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \\ &= \frac{(17.916 \times 12.743) - (8 \times 28.500)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \\ &= \frac{0.304}{17.782} = 0.017 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai I *Sherman*, (Persamaan 2.23).

Contoh t_5

$$I = \frac{a}{t^b} = \frac{184.847}{5^{0.017}} = \frac{184.847}{1.028} = 179.82 \text{ mm/jam}$$

b) Perhitungan I *Sherman* pada periode ulang 100 Tahun.

- Menghitung nilai a , (Persamaan 2.24). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; $\text{Log } I$; $\text{Log } t$; $\text{Log } t^2$; $\text{Log } t \times \text{Log } I$ sesuai pada (Tabel 4.13).

(*) Nilai I berasal dari metode *Van Breen* (Tabel 4.9)

$$\begin{aligned} a &= \left[\frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \right]^{10} \\ &= \left[\frac{(17.936 \times 22.520) - (28.535 \times 12.743)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \right]^{10} \\ &= [2.266]^{10} = 184.520 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai b , (Persamaan 2.25)

$$\begin{aligned} b &= \frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t] - \sum n \times \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \\ &= \frac{(17.936 \times 12.743) - (8 \times 28.535)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \\ &= \frac{0.269}{17.782} = 0.015 \end{aligned}$$

➤ Menghitung nilai I Sherman, (Persamaan 2.23).

Contoh t_5

$$I = \frac{a}{t^b} = \frac{184.520}{5^{0.015}} = \frac{184.847}{1.025} = 180.081 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.14 Hasil perhitungan Rumus Sherman → Metode Van Breen

Rumus Sherman → Metode Van breen							
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	10	177.476	2.249	0.699	0.489	1.572	179.825
10		177.177	2.248	1.000	1.000	2.248	177.704
20		176.581	2.247	1.301	1.693	2.923	175.609
40		175.400	2.244	1.602	2.567	3.595	173.538
60		174.235	2.241	1.778	3.162	3.985	172.338
80		173.086	2.238	1.903	3.622	4.260	171.491
120		170.832	2.233	2.079	4.323	4.642	170.305
240		164.409	2.216	2.380	5.665	5.274	168.297
n → 8		∑	17.916	12.743	22.520	28.500	
		a	184.847				
		b	0.017				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	25	177.684	2.250	0.699	0.489	1.572	179.920
10		177.400	2.249	1.000	1.000	2.249	177.903
20		176.833	2.248	1.301	1.693	2.924	175.908
40		175.711	2.245	1.602	2.567	3.596	173.936
60		174.602	2.242	1.778	3.162	3.987	172.792
80		173.508	2.239	1.903	3.622	4.262	171.986
120		171.360	2.234	2.079	4.323	4.645	170.855
240		165.223	2.218	2.380	5.665	5.279	168.939
n → 8		∑	17.924	12.743	22.520	28.514	
		a	184.692				
		b	0.016				

Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	50	177.831	2.250	0.699	0.489	1.573	179.993
10		177.556	2.249	1.000	1.000	2.249	178.043
20		177.009	2.248	1.301	1.693	2.925	176.114
40		175.924	2.245	1.602	2.567	3.597	174.206
60		174.853	2.243	1.778	3.162	3.988	173.100
80		173.794	2.240	1.903	3.622	4.263	172.319
120		171.715	2.235	2.079	4.323	4.647	171.225
240		165.766	2.219	2.380	5.665	5.283	169.370
n → 8	Σ	17.930	12.743	22.520	28.524		
	a	184.603					
	b	0.016					

Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	100	177.997	2.250	0.699	0.489	1.573	180.081
10		177.733	2.250	1.000	1.000	2.250	178.202
20		177.205	2.248	1.301	1.693	2.925	176.343
40		176.161	2.246	1.602	2.567	3.598	174.504
60		175.128	2.243	1.778	3.162	3.989	173.436
80		174.107	2.241	1.903	3.622	4.264	172.683
120		172.101	2.236	2.079	4.323	4.649	171.627
240		166.352	2.221	2.380	5.665	5.287	169.836
n → 8	Σ	17.936	12.743	22.520	28.535		
	a	184.520					
	b	0.015					

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2) Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen

a) Perhitungan I Sherman pada periode ulang 10 Tahun.

- Menghitung nilai a, (Persamaan 2.24). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; Log I ; Log t ; Log t²; Log t × Log I sesuai pada (Tabel 4.14).

(*) Nilai I berasal dari metode Hasper dan Der

Weduwen (Tabel 4.10)

$$a = \left[\frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \right]^{10}$$

$$= \left[\frac{(15.718 \times 22.520) - (24.028 \times 12.743)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \right]^{10}$$

$$= [2.687]^{10} = 486.551$$

➤ Menghitung nilai b, (Persamaan 2.25)

$$b = \frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t] - \sum n \times \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]}$$

$$= \frac{(15.877 \times 12.743) - (8 \times 24.028)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)}$$

$$= \frac{8.064}{17.782} = 0.454$$

➤ Menghitung nilai *I* Sherman, (Persamaan 2.23).

Contoh t_5

$$I = \frac{a}{t^b} = \frac{486.551}{5^{0.454}} = \frac{486.551}{2.075} = 234.5 \text{ mm/jam}$$

b) Perhitungan *I* Sherman pada periode ulang 100 Tahun.

➤ Menghitung nilai a, (Persamaan 2.24). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: *I* ; *Log I* ; *Log t* ; *Log t*²; *Log t* × *Log I* sesuai pada (Tabel 4.14).

(*) Nilai *I* berasal dari metode Hasper dan Der Weduwen (Tabel 4.10)

$$a = \left[\frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \right]^{10}$$

$$= \left[\frac{(16.102 \times 22.520) - (24.693 \times 12.743)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \right]^{10}$$

$$= [2.697]^{10} = 497.829$$

- Menghitung nilai b , (Persamaan 2.25)

$$b = \frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t] - n \times \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]}$$

$$= \frac{(16.102 \times 12.743) - (8 \times 24.693)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)}$$

$$= \frac{7.640}{17.782} = 0.430$$

- Menghitung nilai I Sherman, (Persamaan 2.23).

Contoh t_5

$$I = \frac{a}{t^b} = \frac{497.829}{5^{0.430}} = \frac{497.829}{1.997} = 249.333 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.15 Hasil perhitungan Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen

Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen							
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	$\text{Log } I$	$\text{Log } t$	$\text{Log } t^2$	$\text{Log } t \times \text{Log } I$	Sherman I
5	10	201.900	2.305	0.699	0.489	1.611	234.500
10		170.163	2.231	1.000	1.000	2.231	171.248
20		136.519	2.135	1.301	1.693	2.778	125.057
40		102.061	2.009	1.602	2.567	3.218	91.325
60		83.110	1.920	1.778	3.162	3.413	75.986
80		70.700	1.849	1.903	3.622	3.520	66.692
120		55.031	1.741	2.079	4.323	3.619	55.490
240		33.763	1.528	2.380	5.665	3.638	40.522
	$n \rightarrow 8$	\sum	15.718	12.743	22.520	24.028	
		a	486.551				
		b	0.454				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	$\text{Log } I$	$\text{Log } t$	$\text{Log } t^2$	$\text{Log } t \times \text{Log } I$	Sherman I
5	25	206.346	2.315	0.699	0.489	1.618	240.644
10		175.694	2.245	1.000	1.000	2.245	176.913
20		142.342	2.153	1.301	1.693	2.802	130.060

40		107.220	2.030	1.602	2.567	3.253	95.615
60		87.587	1.942	1.778	3.162	3.454	79.867
80		74.638	1.873	1.903	3.622	3.564	70.293
120		58.204	1.765	2.079	4.323	3.670	58.715
240		35.781	1.554	2.380	5.665	3.698	43.165
	n → 8	∑	15.877	12.743	22.520	24.303	
		a	491.610				
		b	0.444				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	50	209.341	2.321	0.699	0.489	1.622	244.800
10		179.485	2.254	1.000	1.000	2.254	180.808
20		146.400	2.166	1.301	1.693	2.817	133.544
40		110.862	2.045	1.602	2.567	3.276	98.635
60		90.765	1.958	1.778	3.162	3.481	82.614
80		77.441	1.889	1.903	3.622	3.595	72.851
120		60.470	1.782	2.079	4.323	3.704	61.018
240		37.227	1.571	2.380	5.665	3.739	45.068
	n → 8	∑	15.984	12.743	22.520	24.489	
		a	494.726				
		b	0.437				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	100	212.598	2.328	0.699	0.489	1.627	249.333
10		183.666	2.264	1.000	1.000	2.264	185.117
20		150.940	2.179	1.301	1.693	2.835	137.441
40		114.983	2.061	1.602	2.567	3.301	102.043
60		94.377	1.975	1.778	3.162	3.512	85.729
80		80.636	1.907	1.903	3.622	3.628	75.762
120		63.060	1.800	2.079	4.323	3.742	63.650
240		38.885	1.590	2.380	5.665	3.784	47.257
	n → 8	∑	16.102	12.743	22.520	24.693	
		a	497.829				
		b	0.430				

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.4.3. Rumus Ishiguro

1) Rumus Ishiguro → Metode Van Breen

a) Perhitungan I Ishiguro pada periode ulang 10 Tahun.

- Menghitung nilai a , (Persamaan 2.27). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; I^2 ; $I\sqrt{t}$; $I^2 \times \sqrt{t}$ sesuai pada (Tabel 4.15).

(*) Nilai I berasal dari metode Van breen. (Tabel 4.9)

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum[I \times \sqrt{t}] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times \sqrt{t}] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]} \\ &= \frac{(10172.284 \times 241365.883) - (241365.883 \times 1389.196)}{(8 \times 241365.883) - (1389.196 \times 1389.196)} \\ &= 28927.727 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai b , (Persamaan 2.28).

$$\begin{aligned} b &= \frac{\sum[I] \times \sum[I \times \sqrt{t}] - \sum n \times \sum[I^2 \times \sqrt{t}]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]} \\ &= \frac{(1389.196 \times 10172.284) - (8 \times 1745273.503)}{(8 \times 241365.883) - (1389.196 \times 1389.196)} = 159.264 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai I Ishiguro, (Persamaan 2.26). Contoh

t_5

$$\begin{aligned} I &= \frac{a}{\sqrt{t} + b} = \frac{28927.727}{\sqrt{5} + 159.264} \\ &= \frac{28927.727}{2.236 + 159.264} = 179.118 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

b) Perhitungan I Ishiguro pada periode ulang 50 Tahun.

- Menghitung nilai a , (Persamaan 2.27). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; I^2 ; $I\sqrt{t}$; $I^2 \times \sqrt{t}$ sesuai pada (Tabel 4.15).

(*) Nilai I berasal dari metode *Van breen*. (Tabel 4.9)

$$a = \frac{\sum[I \times \sqrt{t}] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times \sqrt{t}] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(10221.307 \times 243173.512) - (1761939.957 \times 1394.447)}{(8 \times 243173.512) - (1394.447 \times 1394.447)}$$

$$= 31622.223$$

➤ Menghitung nilai b , (Persamaan 2.28).

$$b = \frac{\sum[I] \times \sum[I \times \sqrt{t}] - \sum n \times \sum[I^2 \times \sqrt{t}]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]}$$

$$= \frac{(1394.447 \times 10221.307) - (8 \times 1761939.95)}{(8 \times 243173.512) - (1394.447 \times 1394.447)} = 174.088$$

➤ Menghitung nilai I *Ishiguro*, (Persamaan 2.26). Contoh

$$t_5$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} = \frac{31622.223}{\sqrt{5} + 174.088}$$

$$= \frac{31622.223}{2.236 + 174.088} = 179.342 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.16 Hasil perhitungan Rumus *Ishiguro* → Metode *Van Breen*

Rumus <i>Ishiguro</i> → Metode <i>Van breen</i>						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	I^2	$I \times \sqrt{t}$	$I^2 \times \sqrt{t}$	<i>Ishiguro I</i>
5	10	177.476	31497.855	396.849	70431.344	179.118
10		177.177	31391.595	560.282	99268.938	178.097
20		176.581	31180.682	789.692	139444.247	176.672
40		175.400	30765.183	1109.327	194576.099	174.696
60		174.235	30357.934	1349.621	235151.544	173.209
80		173.086	29958.718	1548.127	267958.920	171.975
120		170.832	29183.553	1871.370	319689.809	169.944

240		164.409	27030.364	2547.015	418752.602	165.532
n → 8	∑	1389.196	241365.883	10172.284	1745273.503	
	a		28927.727			
	b		159.264			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I^2	$I \times \sqrt{t}$	$I^2 \times \sqrt{t}$	Ishiguro I
5	25	177.684	31571.756	397.314	70596.593	179.247
10		177.400	31470.670	560.987	99518.996	178.276
20		176.833	31269.948	790.822	139843.457	176.922
40		175.711	30874.222	1111.292	195265.726	175.041
60		174.602	30485.961	1352.464	236143.241	173.625
80		173.508	30104.979	1551.902	269267.114	172.449
120		171.360	29364.130	1877.151	321667.926	170.511
240		165.223	27298.557	2559.620	422907.422	166.293
n → 8	∑	1392.320	242440.222	10201.551	1755210.474	
	a		30502.578			
	b		167.935			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I^2	$I \times \sqrt{t}$	$I^2 \times \sqrt{t}$	Ishiguro I
5	50	177.831	31623.935	397.643	70713.269	179.342
10		177.556	31526.213	561.482	99694.638	178.404
20		177.009	31332.121	791.607	140121.506	177.096
40		175.924	30949.277	1112.641	195740.417	175.277
60		174.853	30573.408	1354.402	236820.598	173.907
80		173.794	30204.344	1554.461	270155.866	172.769
120		171.715	29485.986	1881.042	323002.792	170.892
240		165.766	27478.228	2568.029	425690.871	166.802
n → 8	∑	1394.447	243173.512	10221.307	1761939.957	
	a		31622.223			
	b		174.088			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I^2	$I \times \sqrt{t}$	$I^2 \times \sqrt{t}$	Ishiguro I
5	100	177.997	31683.028	398.014	70845.404	179.453
10		177.733	31588.856	562.040	99892.734	178.551
20		177.205	31401.768	792.487	140432.977	177.290
40		176.161	31032.544	1114.137	196267.042	175.538
60		175.128	30669.794	1356.535	237567.202	174.216
80		174.107	30313.367	1557.263	271130.999	173.118

120		172.101	29618.904	1885.277	324458.838	171.306
240		166.352	27672.911	2577.111	428706.891	167.351
n → 8	∑	1396.784	243981.172	10242.864	1769302.088	
	a		32897.224			
	b		181.084			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2) Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen

a) Perhitungan I Ishiguro pada periode ulang 10 Tahun.

- Menghitung nilai a , (Persamaan 2.27). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; I^2 ; $I\sqrt{t}$; $I^2 \times \sqrt{t}$ sesuai pada (Tabel 4.16).

(*) Nilai I berasal dari metode *Hasper dan Der Weduwen*. (Tabel 4.10)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\sum[I \times \sqrt{t}] \times \sum[I^2] - \sum[I^2 \times \sqrt{t}] \times \sum[I]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]} \\
 &= \frac{(4647.605 \times 114846.765) - (480989.174 \times 853.246)}{(8 \times 2114846.765) - (853.246 \times 853.246)} \\
 &= 646.729
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai b , (Persamaan 2.28).

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{\sum[I] \times \sum[I \times \sqrt{t}] - \sum n \times \sum[I^2 \times \sqrt{t}]}{\sum n \times \sum[I^2] - \sum[I] \times \sum[I]} \\
 &= \frac{(853.246 \times 4647.605) - (8 \times 480989.174)}{(8 \times 114846.765) - (853.246 \times 853.246)} = 0.617
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai I Ishiguro, (Persamaan 2.26). Contoh

t_5

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} = \frac{646.729}{\sqrt{5} + 0.617}$$

$$= \frac{646.729}{2.236+0.617} = 226.7 \text{ mm/jam}$$

b) Perhitungan *I* *Ishiguro* pada periode ulang 100 Tahun.

- Menghitung nilai *a*, (Persamaan 2.27). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: I ; I^2 ; $I\sqrt{t}$; $I^2 \times \sqrt{t}$ sesuai pada (Tabel 4.16).

(*) Nilai *I* berasal dari metode *Hasper* dan *Der Weduwen*. (Tabel 4.10)

$$a = \frac{\Sigma[I \times \sqrt{t}] \times \Sigma[I^2] - \Sigma[I^2 \times \sqrt{t}] \times \Sigma[I]}{\Sigma n \times \Sigma[I^2] - \Sigma[I] \times \Sigma[I]}$$

$$= \frac{(5203.896 \times 135833.156) - (587382.496 \times 939.146)}{(8 \times 135833.156) - (939.146 \times 939.146)}$$

$$= 758.41$$

- Menghitung nilai *b*, (Persamaan 2.28).

$$b = \frac{\Sigma[I] \times \Sigma[I \times \sqrt{t}] - \Sigma n \times \Sigma[I^2 \times \sqrt{t}]}{\Sigma n \times \Sigma[I^2] - \Sigma[I] \times \Sigma[I]}$$

$$= \frac{(939.146 \times 5203.896) - (8 \times 587382.496)}{(8 \times 135833.156) - (939.146 \times 939.146)} = 0.919$$

- Menghitung nilai *I* *Ishiguro*, (Persamaan 2.26). Contoh

t_5

$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b} = \frac{758.41}{\sqrt{5}+0.919}$$

$$= \frac{758.41}{2.236+0.919} = 240.353 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.17 Hasil perhitungan Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen

Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	10	201.900	40763.430	451.461	91149.800	226.700
10		170.163	28955.357	538.102	91564.879	171.137
20		136.519	18637.356	610.530	83348.792	127.087
40		102.061	10416.520	645.493	65879.854	93.171
60		83.110	6907.279	643.768	53503.550	77.335
80		70.700	4998.449	632.357	44707.487	67.642
120		55.031	3028.413	602.835	33174.598	55.891
240		33.763	1139.962	523.059	17660.215	40.148
n → 8	∑	853.246	114846.765	4647.605	480989.174	
	a		646.729			
	b		0.617			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	25	206.346	42578.569	461.403	95208.575	232.322
10		175.694	30868.262	555.592	97614.015	177.113
20		142.342	20261.225	636.572	90610.953	132.562
40		107.220	11496.220	678.122	72708.477	97.779
60		87.587	7671.541	678.449	59423.497	81.392
80		74.638	5570.814	667.582	49826.872	71.315
120		58.204	3387.734	637.596	37110.771	59.052
240		35.781	1280.294	554.320	19834.233	42.540
n → 8	∑	887.812	123114.658	4869.635	522337.393	
	a		690.297			
	b		0.735			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	50	209.341	43823.859	468.102	97993.128	236.151
10		179.485	32214.748	567.580	101871.978	181.236
20		146.400	21432.927	654.720	95850.961	136.384
40		110.862	12290.381	701.153	77731.195	101.026
60		90.765	8238.239	703.061	63813.128	84.264
80		77.441	5997.111	692.653	53639.788	73.923

120		60.470	3656.632	662.417	40056.397	61.304
240		37.227	1385.848	576.718	21469.466	44.252
n → 8	∑	911.991	129039.745	5026.404	552426.041	
	a		721.860			
	b		0.821			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	100	212.598	45197.993	475.384	101065.784	240.353
10		183.666	33733.289	580.804	106674.026	185.812
20		150.940	22782.957	675.025	101888.483	140.669
40		114.983	13220.980	727.213	83616.820	104.697
60		94.377	8907.070	731.043	68993.865	87.523
80		80.636	6502.232	721.234	58157.730	76.890
120		63.060	3976.607	690.791	43561.551	63.873
240		38.885	1512.028	602.401	23424.236	46.213
n → 8	∑	939.146	135833.156	5203.896	587382.496	
	a		758.410			
	b		0.919			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.4.4. Perbandingan Metode Intensitas Curah Hujan

Menggunakan Rumus Talbot, Sherman Dan Ishiguro

1) Metode Van breen

Tabel 4.18 Deviasi metode Van Breen periode ulang 10 tahun

Durasi t (Menit)	M. Van breen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	177.48	177.48	179.82	179.12	0.00	2.35	1.64
10	177.18	177.18	177.70	178.10	0.00	0.53	0.92
20	176.58	176.58	175.61	176.67	0.00	0.97	0.09
40	175.40	175.40	173.54	174.70	0.00	1.86	0.70
60	174.24	174.24	172.34	173.21	0.00	1.90	1.03
80	173.09	173.09	171.49	171.98	0.00	1.59	1.11

120	170.83	170.83	170.31	169.94	0.00	0.53	0.89
240	164.41	164.41	168.30	165.53	0.00	3.89	1.12
DEVIASI TOTAL					0.00	13.62	7.51
DEVIASI RATA-RATA					0.00	1.70	0.94

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.19 Deviasi metode Van Breen periode ulang 25 tahun

Durasi t (Menit)	M. Van breen l	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	177.68	177.68	179.92	179.25	0.00	2.24	1.56
10	177.40	177.40	177.90	178.28	0.00	0.50	0.88
20	176.83	176.83	175.91	176.92	0.00	0.93	0.09
40	175.71	175.71	173.94	175.04	0.00	1.77	0.67
60	174.60	174.60	172.79	173.63	0.00	1.81	0.98
80	173.51	173.51	171.99	172.45	0.00	1.52	1.06
120	171.36	171.36	170.86	170.51	0.00	0.50	0.85
240	165.22	165.22	168.94	166.29	0.00	3.72	1.07
DEVIASI TOTAL					0.00	12.99	7.15
DEVIASI RATA-RATA					0.00	1.62	0.89

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.20 Deviasi metode Van Breen periode ulang 50 tahun

Durasi t (Menit)	M. Van breen l	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	177.83	177.83	179.99	179.34	0.00	2.16	1.51
10	177.56	177.56	178.04	178.40	0.00	0.49	0.85
20	177.01	177.01	176.11	177.10	0.00	0.89	0.09
40	175.92	175.92	174.21	175.28	0.00	1.72	0.65
60	174.85	174.85	173.10	173.91	0.00	1.75	0.95
80	173.79	173.79	172.32	172.77	0.00	1.47	1.03
120	171.71	171.71	171.22	170.89	0.00	0.49	0.82

240	165.77	165.77	169.37	166.80	0.00	3.60	1.04
DEVIASI TOTAL					0.00	12.58	6.92
DEVIASI RATA-RATA					0.00	1.57	0.87

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.21 Deviasi metode Van Breen periode ulang 100 tahun

Durasi t (Menit)	M. Van breen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	178.00	178.00	180.08	179.45	0.00	2.08	1.46
10	177.73	177.73	178.20	178.55	0.00	0.47	0.82
20	177.21	177.21	176.34	177.29	0.00	0.86	0.08
40	176.16	176.16	174.50	175.54	0.00	1.66	0.62
60	175.13	175.13	173.44	174.22	0.00	1.69	0.91
80	174.11	174.11	172.68	173.12	0.00	1.42	0.99
120	172.10	172.10	171.63	171.31	0.00	0.47	0.80
240	166.35	166.35	169.84	167.35	0.00	3.48	1.00
DEVIASI TOTAL					0.00	12.15	6.68
DEVIASI RATA-RATA					0.00	1.52	0.83

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2) Metode Hasper dan Der Weduwen

Tabel 4.22 Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang 10 tahun

Durasi t (Menit)	Hasper dan Der Weduwen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	201.90	189.24	234.50	226.70	12.66	32.60	24.80
10	170.16	170.81	171.25	171.14	0.64	1.09	0.97
20	136.52	142.95	125.06	127.09	6.44	11.46	9.43
40	102.06	107.80	91.32	93.17	5.74	10.74	8.89
60	83.11	86.52	75.99	77.33	3.41	7.12	5.78
80	70.70	72.26	66.69	67.64	1.56	4.01	3.06

120	55.03	54.34	55.49	55.89	0.69	0.46	0.86
240	33.76	31.16	40.52	40.15	2.60	6.76	6.38
DEVIASI TOTAL					33.73	74.23	60.17
DEVIASI RATA-RATA					4.22	9.28	7.52

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.23 Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang 25 tahun

Durasi t (Menit)	Hasper dan Der Weduwen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	206.35	194.23	240.64	232.32	12.12	34.30	25.98
10	175.69	176.07	176.91	177.11	0.37	1.22	1.42
20	142.34	148.33	130.06	132.56	5.99	12.28	9.78
40	107.22	112.79	95.62	97.78	5.57	11.61	9.44
60	87.59	90.99	79.87	81.39	3.40	7.72	6.20
80	74.64	76.25	70.29	71.32	1.61	4.34	3.32
120	58.20	57.59	58.72	59.05	0.61	0.51	0.85
240	35.78	33.21	43.17	42.54	2.57	7.38	6.76
DEVIASI TOTAL					32.24	79.36	63.74
DEVIASI RATA-RATA					4.03	9.92	7.97

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.24 Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang 50 tahun

Durasi t (Menit)	Hasper dan Der Weduwen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	209.34	197.64	244.80	236.15	11.70	35.46	26.81
10	179.48	179.68	180.81	181.24	0.20	1.32	1.75
20	146.40	152.05	133.54	136.38	5.65	12.86	10.02
40	110.86	116.29	98.63	101.03	5.42	12.23	9.84
60	90.76	94.14	82.61	84.26	3.38	8.15	6.50
80	77.44	79.08	72.85	73.92	1.64	4.59	3.52
120	60.47	59.92	61.02	61.30	0.55	0.55	0.83

240	37.23	34.69	45.07	44.25	2.54	7.84	7.02
DEVIASI TOTAL					31.09	83.00	66.29
DEVIASI RATA-RATA					3.89	10.37	8.29

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.25 Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang 100 tahun

Durasi t (Menit)	Hasper dan Der Weduwen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	212.60	201.40	249.33	240.35	11.20	36.73	27.76
10	183.67	183.68	185.12	185.81	0.02	1.45	2.15
20	150.94	156.20	137.44	140.67	5.26	13.50	10.27
40	114.98	120.22	102.04	104.70	5.24	12.94	10.29
60	94.38	97.72	85.73	87.52	3.34	8.65	6.85
80	80.64	82.31	75.76	76.89	1.67	4.87	3.75
120	63.06	62.57	63.65	63.87	0.49	0.59	0.81
240	38.88	36.39	47.26	46.21	2.49	8.37	7.33
DEVIASI TOTAL					29.70	87.11	69.20
DEVIASI RATA-RATA					3.71	10.89	8.65

(Sumber: Hasil Perhitungan)

3) Kesimpulan Metode dan Rumus Yang Digunakan

Tabel 4.26 Deviasi antara data terukur dengan data hasil rencana

Periode Ulang (Tahun)	Metode Van breen			Metode Hasper dan Der Weduwen		
	Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
10	0.00	1.70	0.94	4.22	9.28	7.52
25	0.00	1.62	0.89	4.03	9.92	7.97
50	0.00	1.57	0.87	3.89	10.37	8.29
100	0.00	1.52	0.83	3.71	10.89	8.65
Rata-rata	0.00	1.60	0.88	3.96	10.12	8.11

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa nilai deviasi antara data terukur dan data hasil prediksi Metode *Van breen* dengan menggunakan persamaan *Talbot* memberikan nilai deviasi terkecil yaitu nilai nol. Dengan demikian nilai intensitas curah hujan yang akan digunakan adalah hasil perhitungan Metode *Van breen* dengan Persamaan *Talbot*.

Tabel 4.27 Hujan efektif tiap periode ulang hujan

PUH	Intensitas Hujan/jam	Koefisien	Hujan Efektif
10	174.24	0.75	130.68
25	174.60	0.75	130.95
50	174.85	0.75	131.14
100	175.13	0.75	131.35

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.5 Analisis Debit Banjir Rencana

IV.5.1. Metode *HSS Nakayasu*

Diketahui;

- Luas daerah aliran sungai (DAS) (A) : 841.07 Km²
- Panjang alur sungai (L) : 69.9 Km
- *Time Lag* (T_g) (2.32)

$$T_g = 0.4 + 0.058L = 0.4 + (0.058 \times 69.9) = 4.454 \text{ jam}$$
- Satuan waktu hujan (T_r) (2.34)

$$(T_r) = 0.75 \times T_g = 0.75 \times 4.454 = 3.341 \text{ jam}$$
- Waktu permulaan hujan sampai puncak banjir (*Peak time*) (T_p) (2.31)

$$T_p = T_g + T_r = 4.454 \times 3.341 = 7.127 \text{ jam}$$

- Parameter hidrograf (α) (2.37)

$$\alpha = \frac{1}{T_g} \times 0.47(AL)^{0.25} = \frac{1}{4.454} \times 0.47(841.07 \times 69.9)^{0.25} = 1.643$$

- Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak ($T_{0.3}$) (2.36)

$$T_{0.3} = \alpha \times T_g = 1.643 \times 4.454 = 8.908 \text{ jam}$$

- Debit puncak banjir (Q_p) (2.35)

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

$$= \frac{841.07}{3.6 + (0.3 \times 7.127 + 8.908)} = 21.150 \text{ m}^3/\text{jam}$$

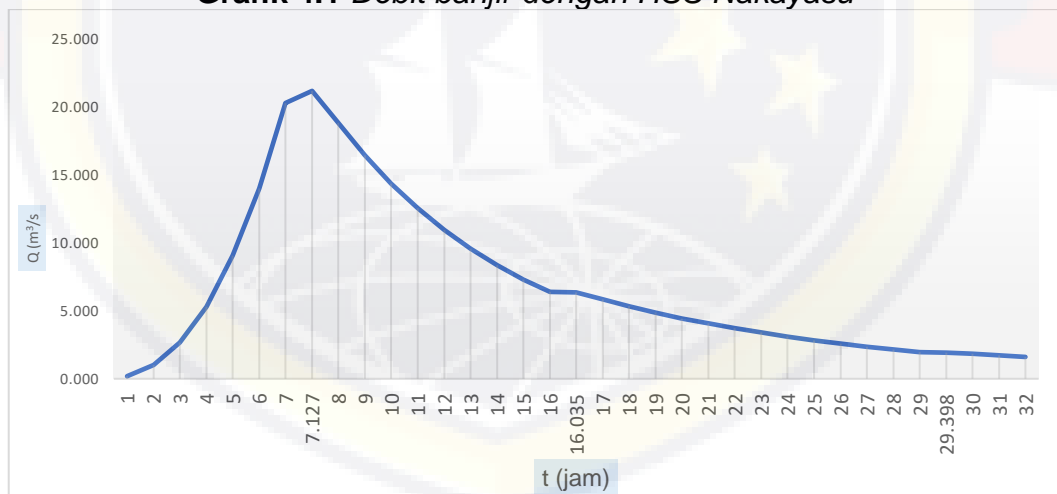
Tabel 4.28 Perhitungan kenaikan dan penurunan debit banjir HSS Nakayasu

t (jam)	Rumus	Q (m ³ /s)
1	$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4}$ (2.38)	0.190
2		1.002
3		2.651
4		5.288
5		9.034
6		13.994
7		20.259
7.127		21.150
8	$Q_t = Q_p \times 0.3^{\left(\frac{t-T_p}{T_{0.3}}\right)}$ (2.39)	18.795
9		16.419
10		14.344
11		12.530
12		10.946
13		9.563
14		8.354

15		7.298
16		6.375
16.035		6.345
17		5.817
18		5.315
19		4.858
20		4.439
21		4.057
22		3.707
23		3.388
24	$Q_t = Q_p \times 0.3 \left(\frac{t - T_p + 0.5T_{0.3}}{T_{0.3}} \right)$ (2.40)	3.096
25		2.829
26		2.585
27		2.363
28		2.159
29		1.973
29.398		1.903
30		1.828
31	$Q_t = Q_p \times 0.3 \left(\frac{t - T_p + 1.5T_{0.3}}{2T_{0.3}} \right)$ (2.41)	1.708
32		1.597

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Grafik 4.1 Debit banjir dengan HSS Nakayasu

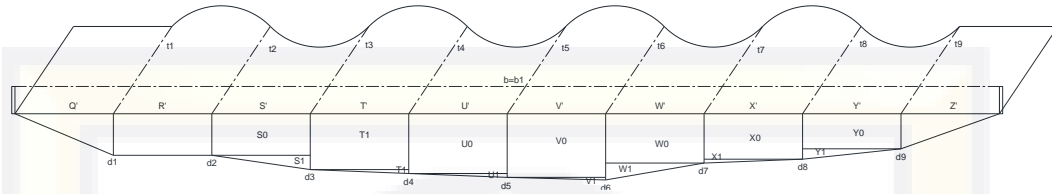


Tabel 4.29 Analisis debit banjir periode 10, 25, 50, 100 tahun

Waktu (jam)	Q (m ³ /s)	PUH tahun Rencana (mm/jam)			
		10	25	50	100
		130.676	130.952	131.139	131.346
Debit banjir (m ³ /s)					
1	0.190	24.807	24.859	24.895	24.934
2	1.002	130.931	131.207	131.395	131.602
3	2.651	346.467	347.196	347.694	348.242
4	5.288	691.058	692.513	693.506	694.598
5	9.034	1180.588	1183.075	1184.770	1186.636
6	13.994	1828.662	1832.514	1835.140	1838.030
7	20.259	2647.315	2652.891	2656.694	2660.878
7.12672	21.150	2763.794	2769.615	2773.585	2777.953
8	18.795	2456.113	2461.287	2464.815	2468.697
9	16.419	2145.623	2150.143	2153.224	2156.616
10	14.344	1874.383	1878.331	1881.023	1883.986
11	12.530	1637.432	1640.881	1643.233	1645.821
12	10.946	1430.436	1433.449	1435.503	1437.764
13	9.563	1249.607	1252.239	1254.033	1256.009
14	8.354	1091.637	1093.937	1095.504	1097.230
15	7.298	953.637	955.646	957.016	958.523
16	6.375	833.083	834.838	836.034	837.351
16.03512	6.345	829.138	830.885	832.075	833.386
17	5.817	760.101	761.702	762.793	763.995
18	5.315	694.610	696.073	697.071	698.169
19	4.858	634.762	636.099	637.011	638.014
20	4.439	580.071	581.293	582.126	583.043
21	4.057	530.092	531.208	531.970	532.808
22	3.707	484.419	485.439	486.135	486.901
23	3.388	442.681	443.614	444.249	444.949
24	3.096	404.540	405.392	405.973	406.612
25	2.829	369.684	370.463	370.994	371.578
26	2.585	337.832	338.544	339.029	339.563
27	2.363	308.724	309.375	309.818	310.306
28	2.159	282.125	282.719	283.124	283.570
29	1.973	257.817	258.360	258.730	259.137
29.39772	1.903	248.741	249.265	249.623	250.016
30	1.828	238.821	239.324	239.667	240.045
31	1.708	223.216	223.686	224.007	224.360
32	1.597	208.630	209.070	209.370	209.699
Rata - rata 24 jam		1101.769	1104.089	1105.672	1107.413

(Sumber: Hasil Perhitungan)

IV.5.2. Perhitungan Debit Sungai Maros



(Sumber: Hasil pengukuran langsung)

Gambar 4.1 Potongan penampang Sungai Maros

1) Analisis Kecepatan Aliran

Tabel 4.30 Data pengukuran kecepatan arus permukaan sungai Maros.

Bola Tenis (Sampel 1)					Rata-rata
Kecepatan (detik)				Rata-rata	
t1a	18	t1b	17	17.5	7.85
t2a	10	t2b	10	10	
t3a	8	t3b	9	8.5	
t4a	7	t4b	6	6.5	
t5a	5	t5b	6	5.5	
t6a	6	t6b	7	6.5	
t7a	8	t7b	8	8	
t8a	7	t8b	6	6.5	
t9a	10	t9b	9	9.5	
Bola Plastik (Sampel 2)					Rata-rata
Kecepatan (detik)				Rata-rata	
t1a	16	t1b	14	15	7.55
t2a	10	t2b	9	9.5	
t3a	8	t3b	8	8	
t4a	7	t4b	6	6.5	
t5a	6	t5b	6	6	
t6a	7	t6b	7	7	
t7a	7	t7b	6	6.5	
t8a	7	t8b	8	7.5	
t9a	9	t9b	10	9.5	
Rata-rata Sampel 1+2					7.7

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui : L = 10 meter

t = 7.7 detik

$$\text{➤ } V_p = \frac{L}{t} = \frac{10}{7.7} = 1.3 \text{ m/s (2.43)}$$

Dimana : L = Panjang lintasan (m)

t = Kecepatan rata-rata sampel (s)

V_p = Kecepatan arus permukaan (m/s)

$$V = K \times V_p = 0.85 \times 1.3 = 1.11 \text{ m/s (2.44)}$$

Dimana : V = Kecepatan aliran (m/s)

K = Koefisien pelampung

2) Analisis Luas Penampang Sungai

Tabel 4.31 Data pengukuran kedalaman sungai Maros.

Kedalaman Sungai (m)			
d1	3.2	d5	4.9
d2	3.2	d6	5.1
d3	4.3	d7	3.8
d4	4.6	d8	3.5
		d9	2.7

(Sumber: Hasil pengukuran langsung)

Dimana :

d1;d9 = Kedalaman sungai

b = Lebar permukaan sungai

b1 = Lebar penampang kering

t = Tinggi talud

Q';Z' = Luas penampang (segment)

- o Penampang basah

$$A' = Q'+R'+S'+T'+U'+V'+W'+X'+Y'+Z'$$

$$Q' = \frac{1}{2}(3.2 \times 7.6)$$

$$= 12.16 \text{ m}^2$$

$$R' = 3.2 \times 7.6 = 24.32 \text{ m}^2$$

$$S' = S_0+S_1 = (3.2 \times 7.6) + \left(\frac{1}{2}(1.1 \times 7.6)\right)$$

$$= 24.32 + 4.18 = 28.5 \text{ m}^2$$

$$T' = T_0+T_1 = (4.3 \times 7.6) + \left(\frac{1}{2}(0.3 \times 7.6)\right)$$

$$= 32.68 + 1.14 = 33.82 \text{ m}^2$$

$$U' = U_0+U_1 = (4.6 \times 7.6) + \left(\frac{1}{2}(0.3 \times 7.6)\right)$$

$$= 34.96 + 1.14 = 36.1 \text{ m}^2$$

$$V' = V_0+V_1 = (4.9 \times 7.6) + \left(\frac{1}{2}(0.2 \times 7.6)\right)$$

$$= 37.24 + 0.76 = 38 \text{ m}^2$$

$$W' = W_0+W_1 = (3.8 \times 7.6) + \left(\frac{1}{2}(1.3 \times 7.6)\right)$$

$$= 28.88 + 4.94 = 33.82 \text{ m}^2$$

$$X' = X_0+X_1 = (3.5 \times 7.6) + \left(\frac{1}{2}(0.3 \times 7.6)\right)$$

$$= 26.6 + 1.14 = 27.74 \text{ m}^2$$

$$Y' = Y_0+Y_1 = (2.7 \times 7.6) + \left(\frac{1}{2}(0.8 \times 7.6)\right)$$

$$= 20.52 + 3.04 = 23.56 \text{ m}^2$$

$$Z' = \frac{1}{2}(2.7 \times 7.6)$$

$$= 10.26 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A' &= Q'+R'+S'+T'+U'+V'+W'+X'+Y'+Z' \quad (2.45) \\
 &= 12.16 + 24.32 + 28.5 + 33.82 + 36.1 + 38 + 33.82 \\
 &\quad + 27.74 + 23.56 + 10.26 = 268.28 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Penampang kering

Diketahui ; $t = 2.1 \text{ m}$ (tinggi talud)

$d=d_1 = 76 \text{ m}$ (lebar permukaan sungai)

$$A'' = t \times b = 2.1 \times 76 = 159.6 \text{ m}^2 \quad (2.46)$$

- Perhitungan luas penampang total

$$A = A' + A'' \quad (2.47)$$

$$= 268.28 + 159.6 = 427.88 \text{ m}^2$$

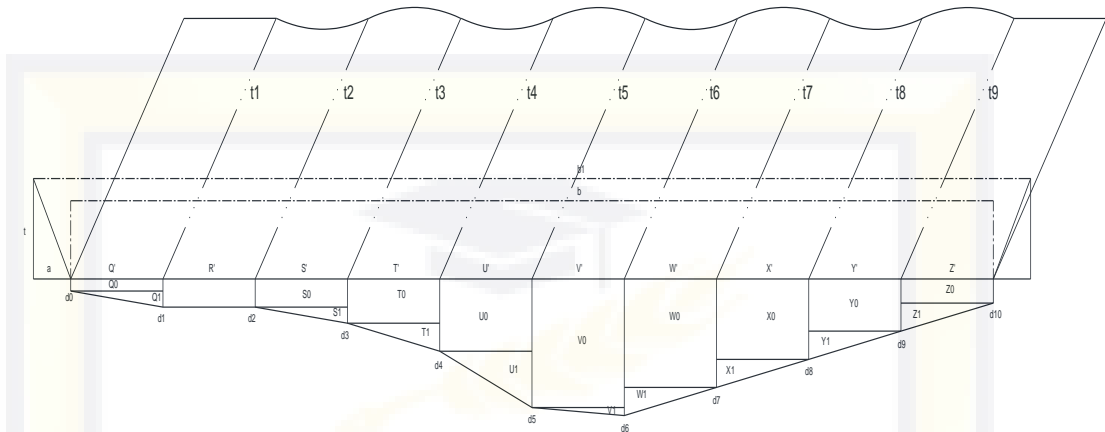
3) Analisis Debit Sungai

Diketahui : $V = 1.11 \text{ m/s}$

$$A = 427.88 \text{ m}^2$$

- $Q = V \times A = 1.11 \times 427.88 = 474.947 \text{ m}^3/\text{s} \quad (2.420)$

IV.5.3. Perhitungan Debit Sungai Tomalia



(Sumber: Hasil pengukuran langsung)

Gambar 4.2 Potongan penampang Sungai Maros

1) Analisis Kecepatan Aliran

Tabel 4.32 Data pengukuran kecepatan arus permukaan sungai Tomalia.

Bola Tenis (Sampel 1)					Rata-rata
Kecepatan (detik)				Rata-rata	
t1a	75	t1b	69	72	51.8
t2a	72	t2b	70	71	
t3a	63	t3b	68	65.5	
t4a	62	t4b	59	60.5	
t5a	54	t5b	48	51	
t6a	52	t6b	55	53.5	
t7a	26	t7b	31	28.5	
t8a	43	t8b	39	41	
t9a	89	t9b	61	75	
Bola Plastik (Sampel 2)					Rata-rata
Kecepatan (detik)				Rata-rata	
t1a	94	t1b	82	88	58.6
t2a	89	t2b	81	85	
t3a	85	t3b	79	82	
t4a	81	t4b	75	78	

t5a	70	t5b	65	67.5
t6a	49	t6b	37	43
t7a	24	t7b	29	26.5
t8a	55	t8b	49	52
t9a	67	t9b	61	64
Rata-rata Sampel 1+2				55.2

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Diketahui : L = 10 meter

t = 55.2 detik

$$\text{➤ } V_p = \frac{L}{t} = \frac{10}{55.2} = 0.2 \text{ m/s (2.43)}$$

$$V = K \times V_p = 0.85 \times 0.2 = 0.15 \text{ m/s (2.44)}$$

2) Analisis Luas Penampang Sungai

Tabel 4.33 Data pengukuran kedalaman sungai Tomalia

Kedalaman Sungai (m)			
d0	0.3	d5	3.2
d1	0.7	d6	3.4
d2	0.7	d7	2.7
d3	1.1	d8	2
d4	1.8	d9	1.3
		d10	0.6

(Sumber: Hasil pengukuran langsung)

Keterangan :

d0;d10 = Kedalaman sungai

Q'-Z' = Luas penampang basah (segment)

b = Lebar permukaan air

b1 = Lebar penampang kering

a = Lebar talud

t = Tinggi talud

- o Penampang basah

$$A' = Q'+R'+S'+T'+U'+V'+W'+X'+Y'+Z'$$

$$Q' = Q_0+Q_1=(0.3 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(0.4 \times 3.7)\right)$$

$$=1.11+0.74=1.85 \text{ m}^2$$

$$R' = 0.7 \times 3.7 = 2.59 \text{ m}^2$$

$$S' = S_0+S_1=(0.7 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(0.4 \times 3.7)\right)$$

$$=2.59+0.74=3.33 \text{ m}^2$$

$$T' = T_0+T_1=(1.1 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(0.7 \times 3.7)\right)$$

$$=4.07+1.3=5.37 \text{ m}^2$$

$$U' = U_0+U_1=(1.8 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(1.4 \times 3.7)\right)$$

$$=6.66+2.59=9.25 \text{ m}^2$$

$$V' = V_0+V_1=(3.2 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(0.2 \times 3.7)\right)$$

$$=11.84+0.37=12.21 \text{ m}^2$$

$$W' = W_0+W_1=(2.7 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(0.7 \times 3.7)\right)$$

$$=9.99+1.3=11.29 \text{ m}^2$$

$$X' = X_0+X_1=(2 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(0.7 \times 3.7)\right)$$

$$=7.4+1.3=8.7 \text{ m}^2$$

$$Y' = Y_0+Y_1=(1.3 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(0.7 \times 3.7)\right)$$

$$=4.81+1.3=6.11 \text{ m}^2$$

$$Z' = Z_0+Z_1=(0.6 \times 3.7)+\left(\frac{1}{2}(0.7 \times 3.7)\right)$$

$$=2.22+1.3=3.52 \text{ m}^2$$

$$A' = Q'+R'+S'+T'+U'+V'+W'+X'+Y'+Z' \quad (2.45)$$

$$= 1.85 + 2.59 + 3.33 + 5.37 + 9.25$$

$$+ 12.21 + 11.29 + 8.7 + 6.11 + 3.52 = 64.20 \text{ m}^2$$

- Penampang kering

$$A'' = \frac{1}{2} (b+b_1)t \quad (2.46)$$

$$b = 37 \text{ m}$$

$$a = 1.5 \text{ m}$$

$$t = 2.5 \text{ m}$$

$$b_1 = b + (a \times 2) = 37 + 3 = 40 \text{ m}$$

$$A'' = \frac{1}{2} (b+b_1)t = \frac{1}{2} (37+40) 2.5$$

$$= \frac{1}{2} 192.5 = 96.25 \text{ m}^2$$

$$\text{➤ } A = A' + A'' \quad (2.47)$$

$$= 64.20 + 96.25 = 160.45 \text{ m}^2$$

3) Analisis Debit Sungai

$$\text{Diketahui : } V = 0.15 \text{ m/s}$$

$$A = 160.45 \text{ m}^2$$

$$\text{➤ } Q = V \times A = 0.15 \times 160.45 = 24.71 \text{ m}^3/\text{s} \quad (2.42)$$

IV.6 Penentuan Pengendalian Banjir

Dari hasil perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (*HSS*) *Nakayasu* telah diketahui

debit puncak banjir terjadi pada jam ke- 7.13 sebesar **2777.953 m³/s**. Sedangkan daya tampung sungai pada DAS Sungai Maros sebesar **499.653 m³/s**. Jadi, debit luapan sungai yang terjadi sebesar $2777.953 - 499.653 = \mathbf{2278.3 \text{ m}^3/\text{s}}$ (debit puncak terparah).

Dikarenakan debit luapan yang besar dibarengi dengan berkurangnya daya resap tanah Kota Turikale, maka diperlukan suatu penampungan air banjir sementara dengan volume kolam besar dan skenario pengendalian yang paling tepat ialah **pembuatan kolam retensi**.

IV.6.1. Perhitungan Kolam Retensi

1) Perhitungan Volume Kolam Retensi

Diketahui : Q Kolam retensi = Q genangan = 2278.3 m³/s

$$T_p = 7.127 \text{ jam}$$

$$T_r = 3.34 \text{ jam}$$

V kolam retensi = Q kolam retensi x (waktu puncak

[T_p] – waktu awal hujan [T_r])

$$\begin{aligned} V &= 2278.3 \text{ m}^3/\text{dtk} \times (7.127 \text{ jam} - 3.34 \text{ jam}) \\ &= 2278.3 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 3.786 \text{ jam} \therefore 13630 \text{ dtk} \\ &= 2278.3 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 13630 \text{ dtk} \\ &= 3\,105\,289.18 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Perhitungan Luas Kolam Retensi

Diketahui: $V = 3\,105\,289.18\ m^3$

$$h = 5\ m$$

Nilai h didapat dari nilai coba-coba agar hasil luasan kolam tidak melebihi 65 Ha, dikarenakan akan mempengaruhi lokasi pembuatan kolam retensi yang berada di dekat sungai dan pinggir Kota Turikale.

$$A = \frac{V}{h} = \frac{3\,105\,289.18}{5} = 621\,057\ m^2 \therefore 62\ Ha$$

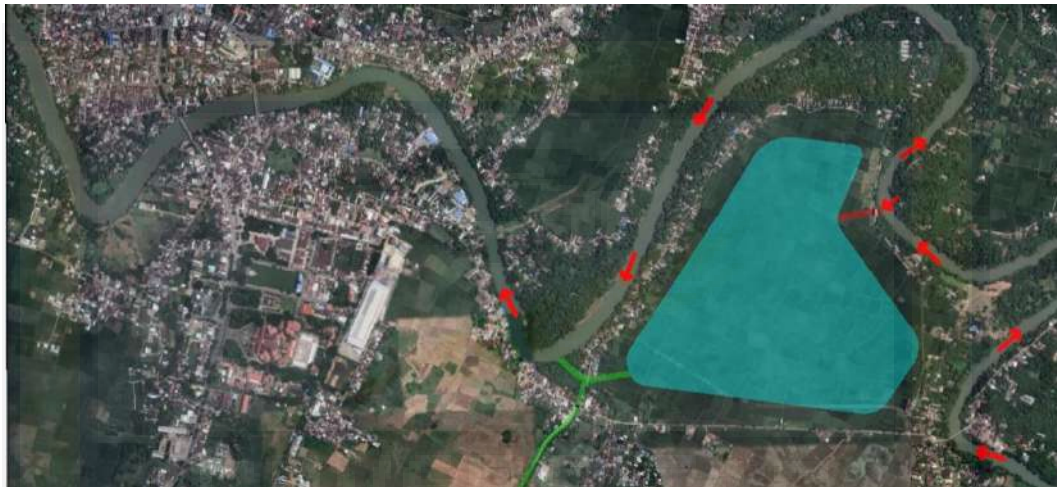
Dimana:

V : Volume kolam

A : Luas kolam

h : Kedalaman kolam




IV.6.2. Skema Pengendalian Banjir



(Sumber: Software AutoCAD)

Gambar 4.3 Skema pengendalian banjir

Keterangan:

-  = Kolam retensi
-  = *Inflow* (pintu masuk air)
-  = *Outflow* (pintu keluar air)

Saat memasuki musim penghujan dan debit sungai naik hampir melebihi kapasitas debit sungai, maka pintu air dibuka agar sebagian debit sungai masuk ke kolam retensi untuk sementara waktu. Ketika debit sungai kembali normal, pintu keluar air dibuka agar air mengalir Kembali ke sungai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa hidrologi, maka dapat disimpulkan:

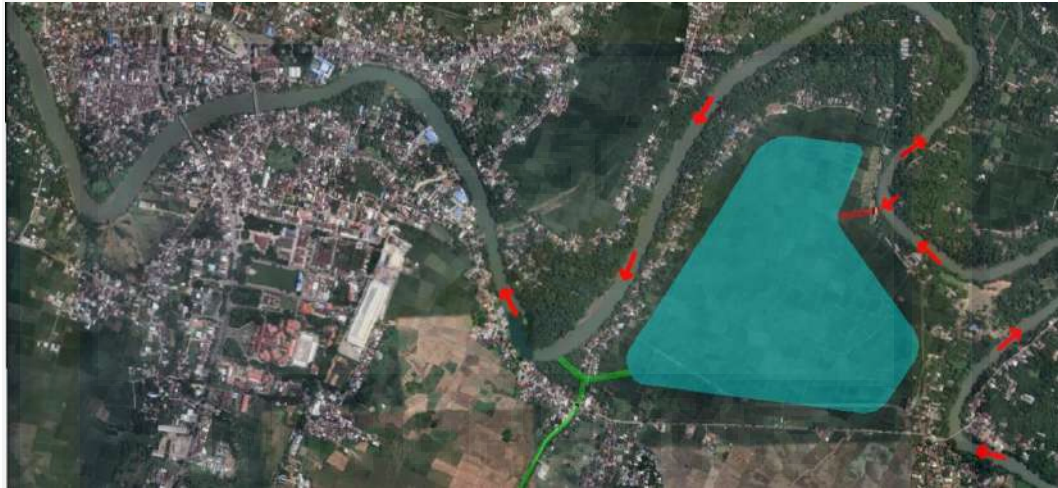
- 1) Penyebab banjir yang terjadi di Kota Turikale Kecamatan Turikale Kabupaten Maros ialah besarnya debit banjir sebesar **2777.953 m³/s selama 7.13 jam** dengan periode **100 tahun** dan daya tampung maksimal sungai Maros + sungai Tomalia sebesar **499.653 m³/s**. Jadi dapat dikatakan sungai tidak dapat menampung debit banjir yang terjadi.
- 2) Bentuk pengendalian yang dipilih untuk dapat mengendalikan debit banjir yang besar adalah pembuatan kolam retensi karena kolam retensi dapat menampung volume air yang besar dan volume kolam yang dibutuhkan sebesar **3 105 289.18 m³**.

V.2 Saran

Saran yang diberikan dari penulis skripsi ialah:

- 1) Untuk membangun kolam retensi diperlukan lahan sebesar 62 Ha dan lokasi pembangunan berada di dekat sungai.
 - 2) Selain untuk mengatasi bencana banjir, kolam retensi juga dapat dijadikan kawasan wisata.
 - 3) Lokasi pembangunan kolam retensi paling ideal berada di sisi
-

timur Kota Turikale yang diapit oleh Sungai Maros dan Sungai Tomalia.



Gambar 5.1 Lokasi pembangunan kolam retensi

BOSUWA



DAFTAR PUSTAKA

Waryono, Tarsoen.. *Fenomena Banjir Di Wilayah Perkotaan*. 2002.

Depok. Universitas Indonesia.

Anwar, Saihul. Wahid, Abdul. *Analisis Pengendalian Banjir Dengan Studi*

Kasus DAS Bangkaderes Kabupaten Cirebon. 2016

Cirebon. Universitas Swadaya Gunung Jati.

Cahyadi Upomo, Togani. Kusumawardani, Rini. 2016. *Pemilihan distribusi*

probabilitas pada analisa hujan dengan metode

goodness off fit test, (online),

([https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/itsp/article/vi](https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/itsp/article/view/7480)

[ew/7480](https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/itsp/article/view/7480), diakses 12 Maret 2021).

Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*.

Yogyakarta.

Lembaga Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan

Konstruksi. 2017. *Modul Metode Pengendalian Banjir*

Pelatihan Pengendalian Banjir. Kementerian PUPR.

Bandung..

Sebastian, Ligal. *Pendekatan Pencegahan Dan Penanggulangan Banjir*.

2008. Palembang. Universitas Palembang.

Lembaga Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan
Konstruksi. 2018. *Modul Analisis Hidrologi Dan
Sedimen*. Kementerian PUPR. Bandung.

Dirgantari, MH. 2006. *BAB III DASAR TEORI*, (online),
(http://eprints.undip.ac.id/34176/7/1666_chapter_III.pdf
f, diakses 12 Maret 2021).

Lily, ML. 2008. *Rekayasa Hidrologi Edisi Revisi 2021*. Penerbit Andi.
Yogyakarta.



UNIVERSITAS
BOSOWA

LAMPIRAN

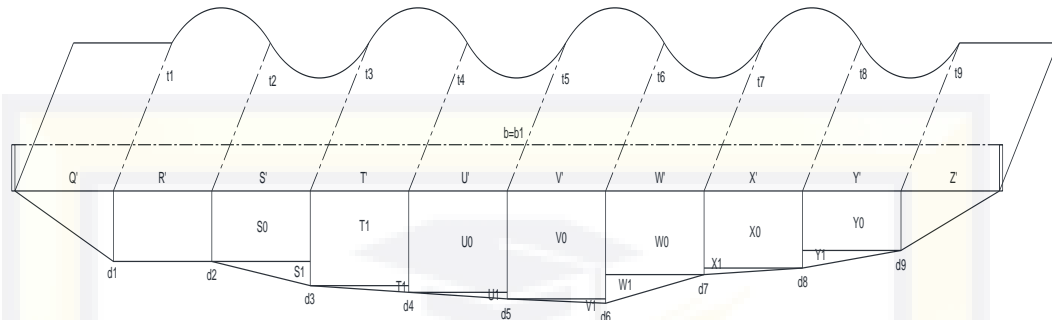
1) Data Primer

a) Sungai Maros

Gambar L.1 Dokumentasi pengambilan data primer sungai Maros



Gambar L.2 Potongan penampang sungai Maros



(Sumber: Software Autodesk AutoCAD)

Tabel L.1 Data pengukuran kecepatan arus permukaan sungai Maros

Bola Tenis (Sampel 1)					Rata-rata
Kecepatan (detik)				Rata-rata	
t1a	18	t1b	17	17.5	7.85
t2a	10	t2b	10	10	
t3a	8	t3b	9	8.5	
t4a	7	t4b	6	6.5	
t5a	5	t5b	6	5.5	
t6a	6	t6b	7	6.5	
t7a	8	t7b	8	8	
t8a	7	t8b	6	6.5	
t9a	10	t9b	9	9.5	
Bola Plastik (Sampel 2)					Rata-rata
Kecepatan (detik)				Rata-rata	
t1a	16	t1b	14	15	7.55
t2a	10	t2b	9	9.5	
t3a	8	t3b	8	8	
t4a	7	t4b	6	6.5	
t5a	6	t5b	6	6	
t6a	7	t6b	7	7	
t7a	7	t7b	6	6.5	
t8a	7	t8b	8	7.5	
t9a	9	t9b	10	9.5	
Rata-rata Sampel 1+2					7.7

(Sumber: Hasil pengukuran langsung)

Tabel L.2 Data pengukuran kedalaman sungai Maros

Kedalaman Sungai (m)			
d1	3.2	d5	4.9
d2	3.2	d6	5.1
d3	4.3	d7	3.8
d4	4.6	d8	3.5
		d9	2.7

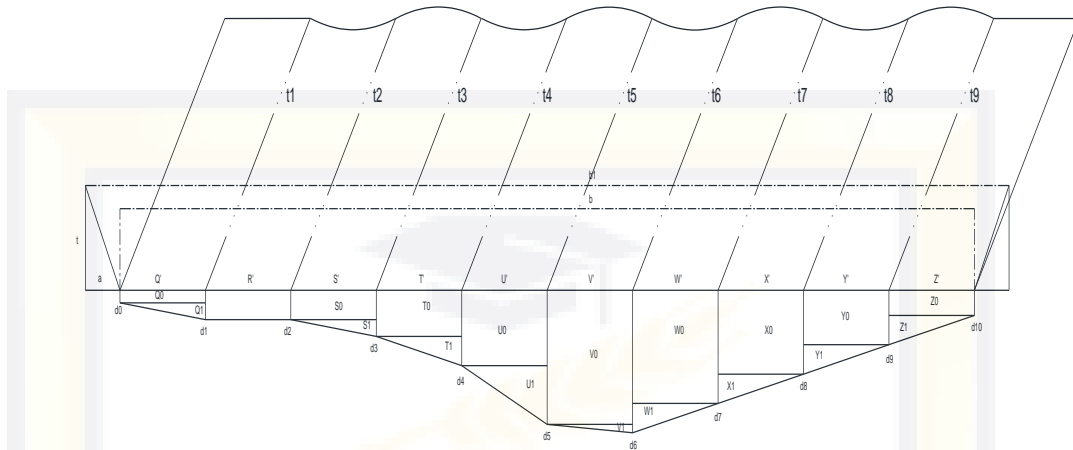
(Sumber: Hasil pengukuran langsung)

b) Sungai Tomalia

Gambar L.3 Dokumentasi pengambilan data primer sungai Tomalia



Gambar L.4 Potongan Penampang sungai Tomalia



(Sumber: Software Autodesk AutoCAD)

Tabel L.3 Data pengukuran kecepatan arus permukaan sungai Tomalia

Bola Tenis (Sampel 1)					Rata-rata
Kecepatan (detik)				Rata-rata	
t1a	75	t1b	69	72	51.8
t2a	72	t2b	70	71	
t3a	63	t3b	68	65.5	
t4a	62	t4b	59	60.5	
t5a	54	t5b	48	51	
t6a	52	t6b	55	53.5	
t7a	26	t7b	31	28.5	
t8a	43	t8b	39	41	
t9a	89	t9b	61	75	
Bola Plastik (Sampel 2)					Rata-rata
Kecepatan (detik)				Rata-rata	
t1a	94	t1b	82	88	58.6
t2a	89	t2b	81	85	
t3a	85	t3b	79	82	
t4a	81	t4b	75	78	
t5a	70	t5b	65	67.5	
t6a	49	t6b	37	43	
t7a	24	t7b	29	26.5	
t8a	55	t8b	49	52	

t9a	67	t9b	61	64	
Rata-rata Sampel 1+2					55.2

(Sumber: Hasil pengukuran langsung)

Tabel L.4 Data pengukuran kedalaman sungai Tomalia

Kedalaman Sungai (m)			
d0	0.3	d5	3.2
d1	0.7	d6	3.4
d2	0.7	d7	2.7
d3	1.1	d8	2
d4	1.8	d9	1.3
		d10	0.6

(Sumber: Hasil pengukuran langsung)

2) Data Sekunder

Tabel L.5 Data curah hujan harian max stasiun klimatologi maros

2011-2020

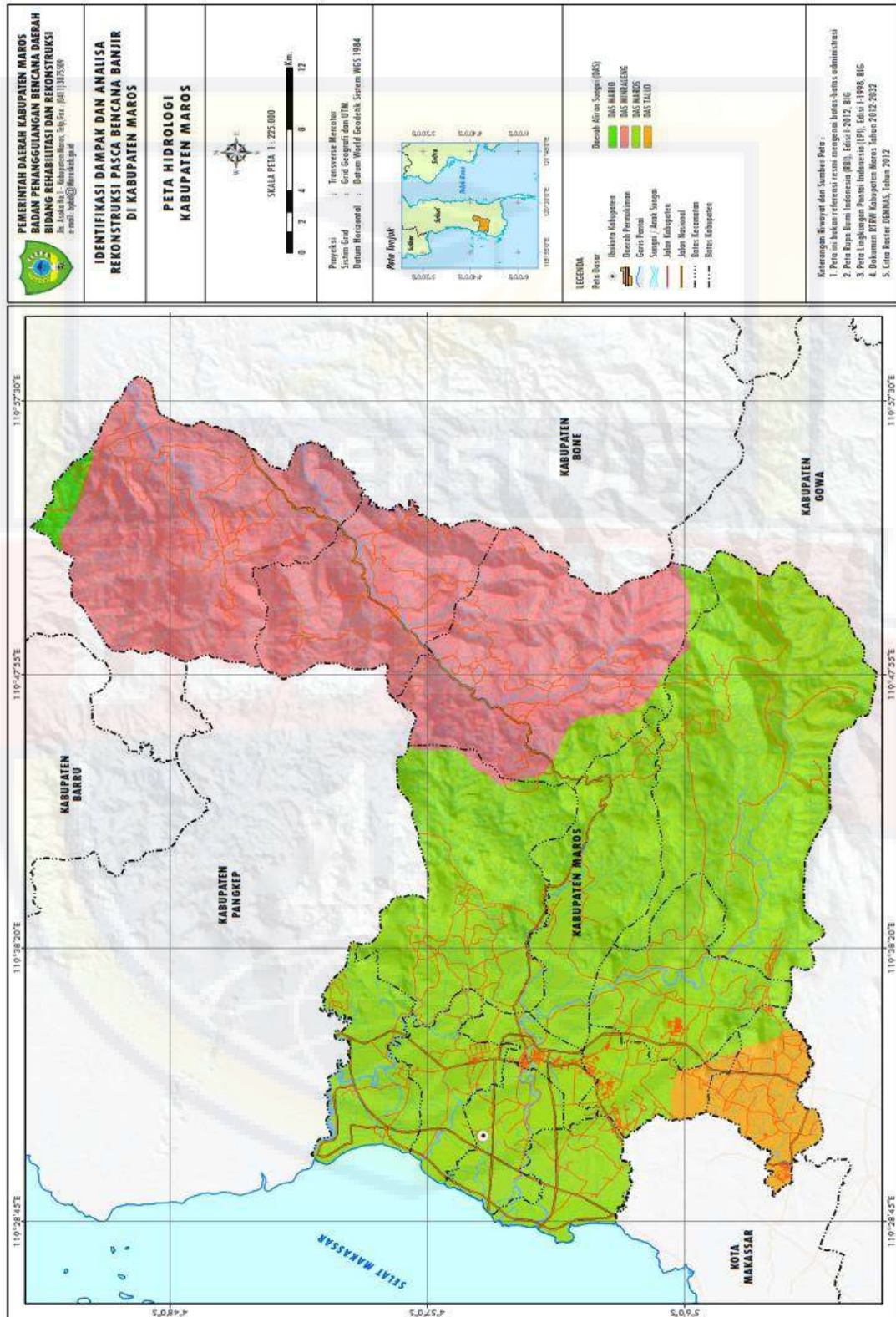
TAHUN	JANUARI	FEBRUARI	MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI	
2011	127	89	124	50	132	34	50	
2012	99	115	107	70	72	8	1	
2013	84	75	110	53	47	25	16	
2014	127.6	59	79.7	115.6	37.4	14.6	23.6	
2015	114.9	87.8	120.6	95	39.9	34.4	-	
2016	49.5	93.8	96.9	46	52.4	29.7	24.8	
2017	73.5	91.8	44.6	113.1	42.1	40.6	10.2	
2018	150.1	80.9	93.6	55.7	43.5	37.3	21	
2019	133	66.6	39.8	58.7	25.4	61.1	4.3	
2020	136.5	99.5	105.7	25.1	71.8	23.7	23.7	
TAHUN	AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DESEMBER	MIN	MAX	RATA-RATA
2011	22	90	60	64	129	22	132	80.9
2012	-	-	58	91	112	1	115	73.3
2013	-	1	56	41	72	1	110	52.7
2014	4.2	-	-	54.8	145.6	4.2	145.6	66.2

2015	0	-	-	20.3	119	0	120.6	70.2
2016	4.7	25.2	87.7	43.8	127	4.7	127	56.8
2017	21.7	82.5	35.3	72.8	151.8	10.2	151.8	65.0
2018	1.4	5.5	56.9	58.9	105.8	1.4	150.1	59.2
2019	-	-	-	17.4	69	4.3	133	52.8
2020	5.5	28.5	60.9	72	135.7	5.5	136.5	65.7

(Sumber: BMKG Kab. Maros)

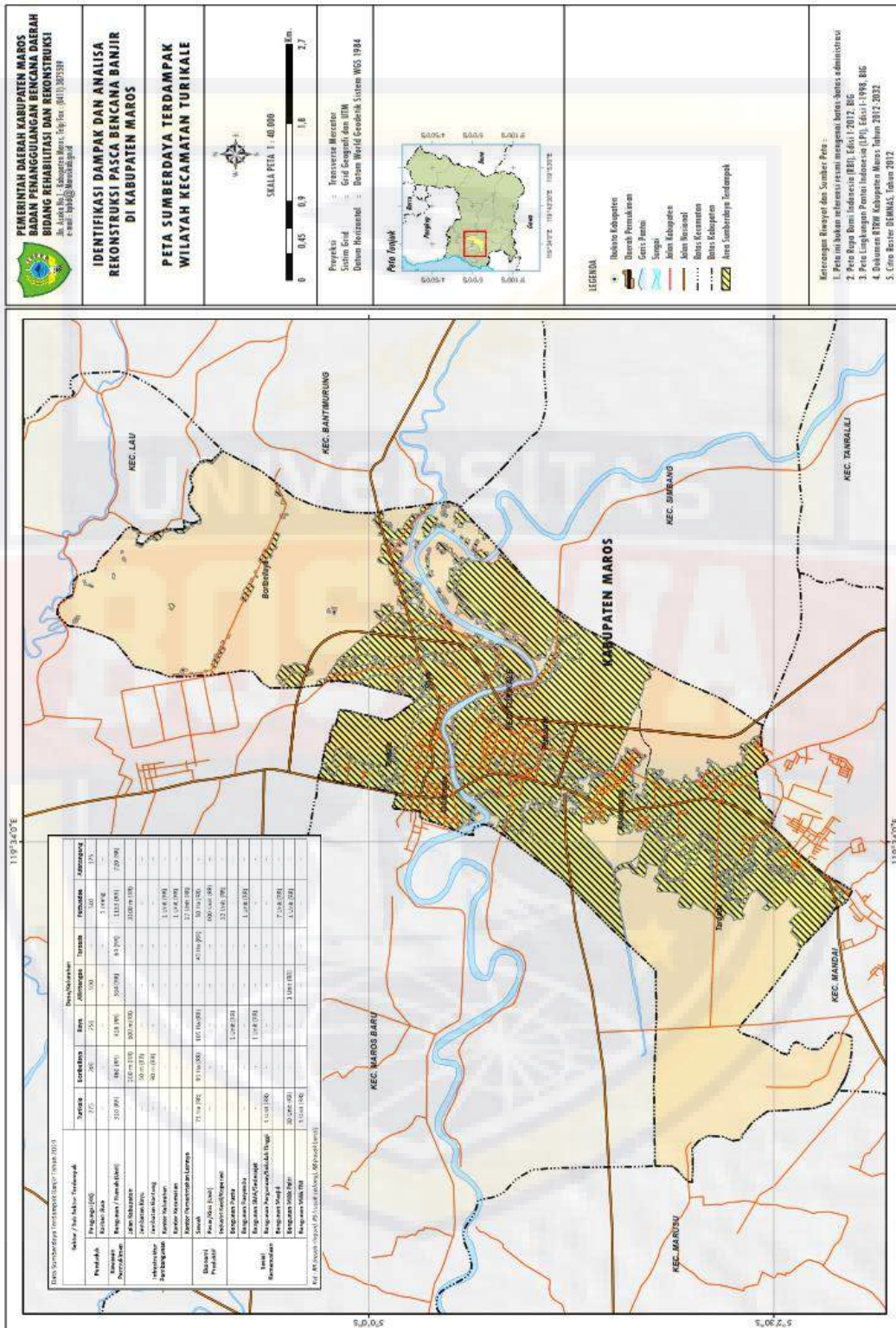


Gambar L.5 Peta hidrologi di kabupaten Maros



(Sumber: BPBD Kab. Maros)

Gambar L.7 Peta Kawasan terdampak banjir Kec. Turikale



(Sumber: BPBD Kab. Maros)

3) Hasil Analisis Frekuensi Curah Hujan Menggunakan Metode E.J.

Gumbel

Tabel L.6 Hasil perhitungan untuk memperoleh probabilitas curah hujan harian maksimal

TAHUN (n)	X_i (mm)	\bar{X}	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
2011	132	132.16	-0.16	0.026	-0.0041	0.00066
2012	115	132.16	-17.2	294.5	-5053.0	86710.0
2013	110	132.16	-22.2	491.1	-10882.0	241145.4
2014	145.6	132.16	13.4	180.6	2427.7	32628.5
2015	120.6	132.16	-11.6	133.6	-1544.8	17857.9
2016	127	132.16	-5.2	26.6	-137.4	708.9
2017	151.8	132.16	19.6	385.7	7575.7	148787.3
2018	150.1	132.16	17.9	321.8	5773.9	103583.3
2019	133	132.16	0.8	0.7	0.6	0.5
2020	136.5	132.16	4.3	18.8	81.7	354.8
JUMLAH				1853.6	-1757.6	631776.7
				S	14.35	
				n	10	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.8 Hubungan sampel (n) dengan Y_n dan S_n

Periode ulang	Reduced variate
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel L.8 Hubungan sampel (n) dengan Y_n dan S_n

Sampel	Y_n	S_n	Sampel	Y_n	S_n	Sampel	Y_n	S_n
10	0,4952	0,9496	41	0,544	1,1436	72	0,56	1,187
11	0,4996	0,9676	42	0,545	1,1458	73	0,56	1,188
12	0,504	0,9833	43	0,545	1,148	74	0,56	1,189
13	0,5035	0,9971	44	0,546	1,1499	75	0,56	1,19
14	0,51	1,0095	45	0,546	1,1519	76	0,56	1,191
15	0,5128	1,0206	46	0,547	1,1538	77	0,56	1,192
16	0,5157	1,0316	47	0,547	1,1557	78	0,56	1,192
17	0,5181	1,0411	48	0,548	1,1574	79	0,56	1,193
18	0,5202	1,0493	49	0,548	1,159	80	0,56	1,194
19	0,522	1,0565	50	0,549	1,1607	81	0,56	1,195
20	0,5236	1,0628	51	0,549	1,1623	82	0,57	1,195
21	0,5252	1,0696	52	0,549	1,1638	83	0,56	1,196
22	0,5268	1,0754	53	0,55	1,1658	84	0,56	1,197
23	0,5283	1,0811	54	0,55	1,1667	85	0,56	1,197
24	0,5296	1,0864	55	0,55	1,1181	86	0,56	1,199
25	0,5309	1,0915	56	0,551	1,1696	87	0,56	1,199
26	0,532	1,0861	57	0,551	1,1708	88	0,56	1,199
27	0,5332	1,1004	58	0,552	1,1721	89	0,56	1,2
28	0,5343	1,1047	59	0,552	1,1734	92	0,56	1,202
29	0,5353	1,1086	60	0,552	1,1747	93	0,56	1,203
30	0,5362	1,1124	61	0,553	1,1759	94	0,56	1,203
31	0,5371	1,1159	62	0,553	1,177	95	0,99	1,204
32	0,538	1,1193	63	0,553	1,1782	96	0,56	1,204
33	0,5388	1,1226	64	0,554	1,1793	97	0,56	1,205
34	0,5396	1,1255	65	0,554	1,1803	98	0,56	1,206
35	0,5402	1,1287	66	0,554	1,1814	99	0,56	1,206
36	0,541	1,1313	67	0,554	1,1824	100	0,56	1,207
37	0,5418	1,1339	68	0,555	1,1834			
38	0,5424	1,1363	69	0,555	1,1844			
39	0,543	1,1388	70	0,555	1,1854			
40	0,5436	1,1413	71	0,552	1,1854			

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel L.9 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode Gumbel

TAHUN (t)	Y_n	S_n	Y_t	K	S	\bar{X}	X_i/mm
10	0.4952	0.9496	2.251	1.849	14.35	132.16	158.69
25	0.5309	1.0915	3.1993	2.4447	14.35	132.16	167.24
50	0.549	1.1696	3.9028	2.8675	14.35	132.16	173.31
100	0.56	1.207	4.6012	3.3481	14.35	132.16	180.21

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4) Hasil Analisis Frekuensi Curah Hujan Menggunakan Metode Log Pearson Type III

Tabel L.10 Transformasi data kedalam harga-harga logaritma

TAHUN	X_i	$\text{Log } X_i$	$\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$
2011	132	2.121	0.002	0.00000328540836	0.00000000596
2012	115	2.061	-0.058	0.0033713725	-0.00019575376
2013	110	2.041	-0.077	0.0059859121	-0.00046312210
2014	146	2.163	0.044	0.0019713612	0.00008752846
2015	121	2.081	-0.037	0.0013998114	-0.00005237262
2016	127	2.104	-0.015	0.0002237310	-0.00000334649
2017	152	2.181	0.063	0.0039075513	0.00024426264
2018	150	2.176	0.058	0.0033199873	0.00019129544
2019	133	2.124	0.005	0.0000259109	0.00000013189
JUMLAH		21.188	0.000	0.0204769423	-0.00018698275
	n				10
	$\text{Log } \bar{X}$				2.119
	S				0.002
	C_s				-1.4E-11

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.10 Nilai K terhadap C_s

Koefisien C_s atau G	Interval kejadian, tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (%)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	0,666	0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	0,696	0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889
2,4	-0,832	0,725	0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-3,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,6	-3,705	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-4,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel L.11 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode Log Pearson Type III.

TAHUN (t)	K	S	$\overline{\text{Log } X}$	$\text{Log } X_t$	X_t
10	1.041	0.002	2.119	2.120887	132.095
25	1.198	0.002	2.119	2.121208	132.193
50	1.27	0.002	2.119	2.121355	132.238
100	1.318	0.002	2.119	2.121453	132.267

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.12 Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode E.J. Gumbel dan Log Pearson type III.

TAHUN (n)	X_i (mm)	TAHUN PERIODE ULANG (t)	E.J. GUMBEL	Log Pearson Type III
2011	132	10	158.695	132.095
2012	115	25	167.244	132.193
2013	110	50	173.311	132.238
2014	146	100	180.209	132.267
2015	121			
2016	127			
2017	152			
2018	150			
2019	133			
2020	137			
JUMLAH	1322			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5) Hasil Analisa Chi-kuadrat dengan Metode E.J. Gumbel dan Log

Pearson Type III

Tabel L.13 Tabel distribusi χ^2

α		0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
db	1	2.70554	3.84146	5.02390	6.63489	7.87940
	2	4.60518	5.99148	7.37778	9.21035	10.59653
	3	6.25139	7.81472	9.34840	11.34488	12.83807
	4	7.77943	9.48773	11.14326	13.27670	14.86017
	5	9.23635	11.07048	12.83249	15.08632	16.74965
	6	10.64464	12.59158	14.44935	16.81187	18.54751
	7	12.01703	14.06713	16.01277	18.47532	20.27774
	8	13.36156	15.50731	17.53454	20.09016	21.95486
	9	14.68366	16.91896	19.02278	21.66605	23.58927
	10	15.98717	18.30703	20.48320	23.20929	25.18805
	11	17.27501	19.67515	21.92002	24.72502	26.75686
	12	18.54934	21.02606	23.33666	26.21696	28.29966
	13	19.81193	22.36203	24.73558	27.68818	29.81932
	14	21.06414	23.68478	26.11893	29.14116	31.31943
	15	22.30712	24.99580	27.48836	30.57795	32.80149
	16	23.54182	26.29622	28.84532	31.99986	34.26705
	17	24.76903	27.58710	30.19098	33.40872	35.71838
	18	25.98942	28.86932	31.52641	34.80524	37.15639
	19	27.20356	30.14351	32.85234	36.19077	38.58212
	20	28.41197	31.41042	34.16958	37.56627	39.99686
	21	29.61509	32.67056	35.47886	38.93223	41.40094
	22	30.81329	33.92446	36.78068	40.28945	42.79566
	23	32.00689	35.17246	38.07561	41.63833	44.18139
	24	33.19624	36.41503	39.36406	42.97978	45.55836
	25	34.38158	37.65249	40.64650	44.31401	46.92797
	26	35.56316	38.88513	41.92314	45.64164	48.28978
	27	36.74123	40.11327	43.19452	46.96284	49.64504
	28	37.91591	41.33715	44.46079	48.27817	50.99356
	29	39.08748	42.55695	45.72228	49.58783	52.33550
	30	40.25602	43.77295	46.97922	50.89218	53.67187

(Sumber: Thomas, Uji χ^2)

Tabel L.14 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode E.J.

Gumbe.

TAHUN	X_i/mm	INTERVAL	O_i	E_i	$(O_i - E_i)$	$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
10	158.6949	$0 < P \leq 0.25$	4	2.5	1.5	2.25	0.9
25	167.2441	$0.25 < P \leq 0.50$	3	2.5	0.5	0.25	0.1
50	173.3112	$0.50 < P \leq 0.75$	3	2.5	0.5	0.25	0.1
100	180.2091	$0.75 < P \leq 0.999$	0	2.5	-2.5	6.25	2.5
						χ^2	3.6

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.15 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode Log Pearson Type III.

TAHUN	X_i/mm	INTERVAL	O_i	E_i	$(O_i - E_i)$	$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
10	132.095	$0 < P \leq 0.25$	2	2.5	-0.5	0.25	0.1
25	132.193	$0.25 < P \leq 0.50$	2	2.5	-0.5	0.25	0.1
50	132.238	$0.50 < P \leq 0.75$	3	2.5	0.5	0.25	0.1
100	132.267	$0.75 < P \leq 0.999$	1	2.5	-1.5	2.25	0.9
						χ^2	1.2

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.16 Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode E.J.

Gumbel dan Log Pearson Type III.

PERIODE ULANG	E.J. GUMBEL	LOG PEARSON TYPE III
10	158.6948647	132.09520
25	167.2440507	132.19275
50	173.3111844	132.23751
100	180.2091393	132.26735

(Sumber: Hasil Perhitungan)

6) Hasil Analisis Intensitas Curah Hujan Metode Van Breen dan Metode Hasper & Der Weduwen

Tabel L.17 Hasil perhitungan intensitas hujan dengan metode Van Breen

Durasi menit t	Intensitas Hujan Metode Van breen			
	10	25	50	100
	158.69	167.24	173.31	180.21
5	177.48	177.68	177.83	178.00
10	177.18	177.40	177.56	177.73
20	176.58	176.83	177.01	177.21
40	175.40	175.71	175.92	176.16
60	174.24	174.60	174.85	175.13
80	173.09	173.51	173.79	174.11
120	170.83	171.36	171.71	172.10
240	164.41	165.22	165.77	166.35

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.18 Hasil perhitungan intensitas hujan dengan metode Haspers dan Der Weduwen

Durasi menit (t)	E.J. Gumbel		R_i	R	I
	Periode Ulang	X_t			
5	10	158.69	98.13	16.82	201.90
10			118.48	28.36	170.16
20			137.79	45.51	136.52
40			152.55	68.04	102.06
60			158.69	83.11	83.11
80			162.07	94.27	70.70
120			165.66	110.06	55.03
240			169.50	135.05	33.76
5			25	167.24	100.29
10	122.33	29.28			175.69
20	143.67	47.45			142.34
40	160.26	71.48			107.22

60			167.24	87.59	87.59
80			171.09	99.52	74.64
120			175.21	116.41	58.20
240			179.63	143.12	35.78
5			101.75	17.45	209.34
10			124.97	29.91	179.48
20			147.76	48.80	146.40
40			165.70	73.91	110.86
60	50	173.31	173.31	90.76	90.76
80			177.52	103.25	77.44
120			182.03	120.94	60.47
240			186.89	148.91	37.23
5			103.33	17.72	212.60
10			127.88	30.61	183.67
20			152.34	50.31	150.94
40			171.86	76.66	114.98
60	100	180.21	180.21	94.38	94.38
80			184.84	107.52	80.64
120			189.83	126.12	63.06
240			195.21	155.54	38.88

(Sumber: Hasil Perhitungan)

7) Hasil Penentuan Metode Yang Digunakan Menggunakan Persamaan Talbot, Sherman dan Ishiguro

a) Rumus Talbot

Tabel L.19 Hasil perhitungan Rumus Talbot → Metode Van Breen

Rumus Talbot → Metode Van breen						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	10	177.48	887.38	31497.85	157489.27	177.48
10		177.18	1771.77	31391.59	313915.95	177.18
20		176.58	3531.61	31180.68	623613.63	176.58
40		175.40	7016.00	30765.18	1230607.30	175.40
60		174.24	10454.12	30357.93	1821476.02	174.24
80		173.09	13846.87	29958.72	2396697.44	173.09
120		170.83	20499.83	29183.55	3502026.40	170.83
240		164.41	39458.19	27030.36	6487287.41	164.41
n → 8	∑	1389.20	97465.77	241365.88	16533113.43	
	a		524748.67			
	b		2951.72			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	25	177.68	888.42	31571.76	157858.78	177.68
10		177.40	1774.00	31470.67	314706.70	177.40
20		176.83	3536.66	31269.95	625398.95	176.83
40		175.71	7028.42	30874.22	1234968.89	175.71
60		174.60	10476.14	30485.96	1829157.68	174.60
80		173.51	13880.63	30104.98	2408398.28	173.51
120		171.36	20563.16	29364.13	3523695.58	171.36
240		165.22	39653.46	27298.56	6551653.61	165.22
n → 8	∑	1392.32	97800.89	242440.22	16645838.46	
	a		553618.36			
	b		3110.74			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	50	177.83	889.16	31623.94	158119.68	177.83
10		177.56	1775.56	31526.21	315262.13	177.56

20		177.01	3540.18	31332.12	626642.42	177.01
40		175.92	7036.96	30949.28	1237971.09	175.92
60		174.85	10491.15	30573.41	1834404.47	174.85
80		173.79	13903.52	30204.34	2416347.52	173.79
120		171.71	20605.78	29485.99	3538318.30	171.71
240		165.77	39783.74	27478.23	6594774.62	165.77
$n \rightarrow 8$	Σ	1394.45	98026.05	243173.51	16721840.24	
	a		574143.68			
	b		3223.59			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	$L \times t$	I^2	$I^2 \times t$	Talbot I
5	100	178.00	889.99	31683.03	158415.14	178.00
10		177.73	1777.33	31588.86	315888.56	177.73
20		177.21	3544.11	31401.77	628035.36	177.21
40		176.16	7046.42	31032.54	1241301.76	176.16
60		175.13	10507.68	30669.79	1840187.64	175.13
80		174.11	13928.59	30313.37	2425069.38	174.11
120		172.10	20652.17	29618.90	3554268.49	172.10
240		166.35	39924.42	27672.91	6641498.60	166.35
$n \rightarrow 8$	Σ	1396.78	98270.70	243981.17	16804664.94	
	a		597517.25			
	b		3351.89			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.20 Hasil perhitungan Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen

Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	10	201.90	1009.50	40763.43	203817.15	189.24
10		170.16	1701.63	28955.36	289553.57	170.81
20		136.52	2730.37	18637.36	372747.13	142.95
40		102.06	4082.45	10416.52	416660.78	107.80
60		83.11	4986.60	6907.28	414436.72	86.52
80		70.70	5655.98	4998.45	399875.92	72.26
120		55.03	6603.72	3028.41	363409.51	54.34
240		33.76	8103.20	1139.96	273590.87	31.16
n → 8	∑	853.25	34873.45	114846.76	2734091.65	
	a		8766.95			
	b		41.33			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	25	206.35	1031.73	42578.57	212892.85	194.23
10		175.69	1756.94	30868.26	308682.62	176.07
20		142.34	2846.84	20261.22	405224.50	148.33
40		107.22	4288.82	11496.22	459848.78	112.79
60		87.59	5255.24	7671.54	460292.43	90.99
80		74.64	5971.03	5570.81	445665.09	76.25
120		58.20	6984.51	3387.73	406528.13	57.59
240		35.78	8587.49	1280.29	307270.62	33.21
n → 8	∑	887.81	36722.59	123114.66	3006405.02	
	a		9414.87			
	b		43.47			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	50	209.34	1046.71	43823.86	219119.30	197.64
10		179.48	1794.85	32214.75	322147.48	179.68
20		146.40	2928.00	21432.93	428658.53	152.05
40		110.86	4434.48	12290.38	491615.24	116.29
60		90.76	5445.88	8238.24	494294.36	94.14
80		77.44	6195.28	5997.11	479768.85	79.08

120		60.47	7256.41	3656.63	438795.84	59.92
240		37.23	8934.48	1385.85	332603.54	34.69
n → 8	∑	911.99	38036.08	129039.74	3207003.14	
	a		9887.85			
	b		45.03			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I ²	I ² × t	Talbot I
5	100	212.60	1062.99	45197.99	225989.96	201.40
10		183.67	1836.66	33733.29	337332.89	183.68
20		150.94	3018.80	22782.96	455659.15	156.20
40		114.98	4599.30	13220.98	528839.21	120.22
60		94.38	5662.64	8907.07	534424.18	97.72
80		80.64	6450.91	6502.23	520178.55	82.31
120		63.06	7567.24	3976.61	477192.88	62.57
240		38.88	9332.35	1512.03	362886.71	36.39
n → 8	∑	939.15	39530.90	135833.16	3442503.53	
	a		10439.22			
	b		46.83			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

b) Rumus Sherman

Tabel L.21 Hasil perhitungan Rumus Sherman → Metode Van Breen

Rumus Sherman → Metode Van breen							
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	10	177.476	2.249	0.699	0.489	1.572	179.825
10		177.177	2.248	1.000	1.000	2.248	177.704
20		176.581	2.247	1.301	1.693	2.923	175.609
40		175.400	2.244	1.602	2.567	3.595	173.538
60		174.235	2.241	1.778	3.162	3.985	172.338
80		173.086	2.238	1.903	3.622	4.260	171.491
120		170.832	2.233	2.079	4.323	4.642	170.305
240		164.409	2.216	2.380	5.665	5.274	168.297
n → 8		∑	17.916	12.743	22.520	28.500	
		a	184.847				
		b	0.017				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	25	177.684	2.250	0.699	0.489	1.572	179.920
10		177.400	2.249	1.000	1.000	2.249	177.903
20		176.833	2.248	1.301	1.693	2.924	175.908
40		175.711	2.245	1.602	2.567	3.596	173.936
60		174.602	2.242	1.778	3.162	3.987	172.792
80		173.508	2.239	1.903	3.622	4.262	171.986
120		171.360	2.234	2.079	4.323	4.645	170.855
240		165.223	2.218	2.380	5.665	5.279	168.939
n → 8		∑	17.924	12.743	22.520	28.514	
		a	184.692				
		b	0.016				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	50	177.831	2.250	0.699	0.489	1.573	179.993
10		177.556	2.249	1.000	1.000	2.249	178.043
20		177.009	2.248	1.301	1.693	2.925	176.114
40		175.924	2.245	1.602	2.567	3.597	174.206
60		174.853	2.243	1.778	3.162	3.988	173.100
80		173.794	2.240	1.903	3.622	4.263	172.319

120		171.715	2.235	2.079	4.323	4.647	171.225
240		165.766	2.219	2.380	5.665	5.283	169.370
	n → 8	∑	17.930	12.743	22.520	28.524	
		a	184.603				
		b	0.016				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	100	177.997	2.250	0.699	0.489	1.573	180.081
10		177.733	2.250	1.000	1.000	2.250	178.202
20		177.205	2.248	1.301	1.693	2.925	176.343
40		176.161	2.246	1.602	2.567	3.598	174.504
60		175.128	2.243	1.778	3.162	3.989	173.436
80		174.107	2.241	1.903	3.622	4.264	172.683
120		172.101	2.236	2.079	4.323	4.649	171.627
240		166.352	2.221	2.380	5.665	5.287	169.836
	n → 8	∑	17.936	12.743	22.520	28.535	
		a	184.520				
		b	0.015				

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.22 Hasil perhitungan Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen

Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen							
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	10	201.900	2.305	0.699	0.489	1.611	234.500
10		170.163	2.231	1.000	1.000	2.231	171.248
20		136.519	2.135	1.301	1.693	2.778	125.057
40		102.061	2.009	1.602	2.567	3.218	91.325
60		83.110	1.920	1.778	3.162	3.413	75.986
80		70.700	1.849	1.903	3.622	3.520	66.692
120		55.031	1.741	2.079	4.323	3.619	55.490
240		33.763	1.528	2.380	5.665	3.638	40.522
n → 8		∑	15.718	12.743	22.520	24.028	
		a	486.551				
		b	0.454				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	25	206.346	2.315	0.699	0.489	1.618	240.644
10		175.694	2.245	1.000	1.000	2.245	176.913
20		142.342	2.153	1.301	1.693	2.802	130.060
40		107.220	2.030	1.602	2.567	3.253	95.615
60		87.587	1.942	1.778	3.162	3.454	79.867
80		74.638	1.873	1.903	3.622	3.564	70.293
120		58.204	1.765	2.079	4.323	3.670	58.715
240		35.781	1.554	2.380	5.665	3.698	43.165
n → 8		∑	15.877	12.743	22.520	24.303	
		a	491.610				
		b	0.444				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	50	209.341	2.321	0.699	0.489	1.622	244.800
10		179.485	2.254	1.000	1.000	2.254	180.808
20		146.400	2.166	1.301	1.693	2.817	133.544
40		110.862	2.045	1.602	2.567	3.276	98.635
60		90.765	1.958	1.778	3.162	3.481	82.614
80		77.441	1.889	1.903	3.622	3.595	72.851

120		60.470	1.782	2.079	4.323	3.704	61.018
240		37.227	1.571	2.380	5.665	3.739	45.068
	n → 8	∑	15.984	12.743	22.520	24.489	
		a	494.726				
		b	0.437				
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	Log I	Log t	Log t ²	Log t × Log I	Sherman I
5	100	212.598	2.328	0.699	0.489	1.627	249.333
10		183.666	2.264	1.000	1.000	2.264	185.117
20		150.940	2.179	1.301	1.693	2.835	137.441
40		114.983	2.061	1.602	2.567	3.301	102.043
60		94.377	1.975	1.778	3.162	3.512	85.729
80		80.636	1.907	1.903	3.622	3.628	75.762
120		63.060	1.800	2.079	4.323	3.742	63.650
240		38.885	1.590	2.380	5.665	3.784	47.257
	n → 8	∑	16.102	12.743	22.520	24.693	
		a	497.829				
		b	0.430				

(Sumber: Hasil Perhitungan)

c) Rumus Ishiguro

Tabel L.23 Hasil perhitungan Rumus Ishiguro → Metode Van Breen

Rumus Ishiguro → Metode Van breen						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	10	177.476	31497.855	396.849	70431.344	179.118
10		177.177	31391.595	560.282	99268.938	178.097
20		176.581	31180.682	789.692	139444.247	176.672
40		175.400	30765.183	1109.327	194576.099	174.696
60		174.235	30357.934	1349.621	235151.544	173.209
80		173.086	29958.718	1548.127	267958.920	171.975
120		170.832	29183.553	1871.370	319689.809	169.944
240		164.409	27030.364	2547.015	418752.602	165.532
n → 8	∑	1389.196	241365.883	10172.284	1745273.503	
	a		28927.727			
	b		159.264			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	25	177.684	31571.756	397.314	70596.593	179.247
10		177.400	31470.670	560.987	99518.996	178.276
20		176.833	31269.948	790.822	139843.457	176.922
40		175.711	30874.222	1111.292	195265.726	175.041
60		174.602	30485.961	1352.464	236143.241	173.625
80		173.508	30104.979	1551.902	269267.114	172.449
120		171.360	29364.130	1877.151	321667.926	170.511
240		165.223	27298.557	2559.620	422907.422	166.293
n → 8	∑	1392.320	242440.222	10201.551	1755210.474	
	a		30502.578			
	b		167.935			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	50	177.831	31623.935	397.643	70713.269	179.342
10		177.556	31526.213	561.482	99694.638	178.404
20		177.009	31332.121	791.607	140121.506	177.096
40		175.924	30949.277	1112.641	195740.417	175.277
60		174.853	30573.408	1354.402	236820.598	173.907
80		173.794	30204.344	1554.461	270155.866	172.769

120		171.715	29485.986	1881.042	323002.792	170.892
240		165.766	27478.228	2568.029	425690.871	166.802
n → 8	∑	1394.447	243173.512	10221.307	1761939.957	
	a		31622.223			
	b		174.088			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	100	177.997	31683.028	398.014	70845.404	179.453
10		177.733	31588.856	562.040	99892.734	178.551
20		177.205	31401.768	792.487	140432.977	177.290
40		176.161	31032.544	1114.137	196267.042	175.538
60		175.128	30669.794	1356.535	237567.202	174.216
80		174.107	30313.367	1557.263	271130.999	173.118
120		172.101	29618.904	1885.277	324458.838	171.306
240		166.352	27672.911	2577.111	428706.891	167.351
n → 8	∑	1396.784	243981.172	10242.864	1769302.088	
	a		32897.224			
	b		181.084			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.24 Hasil perhitungan Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen

Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	10	201.900	40763.430	451.461	91149.800	226.700
10		170.163	28955.357	538.102	91564.879	171.137
20		136.519	18637.356	610.530	83348.792	127.087
40		102.061	10416.520	645.493	65879.854	93.171
60		83.110	6907.279	643.768	53503.550	77.335
80		70.700	4998.449	632.357	44707.487	67.642
120		55.031	3028.413	602.835	33174.598	55.891
240		33.763	1139.962	523.059	17660.215	40.148
n → 8	∑	853.246	114846.765	4647.605	480989.174	
	a		646.729			
	b		0.617			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	25	206.346	42578.569	461.403	95208.575	232.322
10		175.694	30868.262	555.592	97614.015	177.113
20		142.342	20261.225	636.572	90610.953	132.562
40		107.220	11496.220	678.122	72708.477	97.779
60		87.587	7671.541	678.449	59423.497	81.392
80		74.638	5570.814	667.582	49826.872	71.315
120		58.204	3387.734	637.596	37110.771	59.052
240		35.781	1280.294	554.320	19834.233	42.540
n → 8	∑	887.812	123114.658	4869.635	522337.393	
	a		690.297			
	b		0.735			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	50	209.341	43823.859	468.102	97993.128	236.151
10		179.485	32214.748	567.580	101871.978	181.236
20		146.400	21432.927	654.720	95850.961	136.384
40		110.862	12290.381	701.153	77731.195	101.026
60		90.765	8238.239	703.061	63813.128	84.264
80		77.441	5997.111	692.653	53639.788	73.923

120		60.470	3656.632	662.417	40056.397	61.304
240		37.227	1385.848	576.718	21469.466	44.252
n → 8	∑	911.991	129039.745	5026.404	552426.041	
	a		721.860			
	b		0.821			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	I ²	I × √t	I ² × √t	Ishiguro I
5	100	212.598	45197.993	475.384	101065.784	240.353
10		183.666	33733.289	580.804	106674.026	185.812
20		150.940	22782.957	675.025	101888.483	140.669
40		114.983	13220.980	727.213	83616.820	104.697
60		94.377	8907.070	731.043	68993.865	87.523
80		80.636	6502.232	721.234	58157.730	76.890
120		63.060	3976.607	690.791	43561.551	63.873
240		38.885	1512.028	602.401	23424.236	46.213
n → 8	∑	939.146	135833.156	5203.896	587382.496	
	a		758.410			
	b		0.919			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

d) Perbandingan Metode Intensitas Curah Hujan Menggunakan Rumus

Talbot, Sherman Dan Ishiguro

➤ Metode Van Breen

Tabel L.25 *Deviasi metode Van Breen periode ulang 10 tahun*

Durasi t (Menit)	M. Van breen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	177.48	177.48	179.82	179.12	0.00	2.35	1.64
10	177.18	177.18	177.70	178.10	0.00	0.53	0.92
20	176.58	176.58	175.61	176.67	0.00	0.97	0.09
40	175.40	175.40	173.54	174.70	0.00	1.86	0.70
60	174.24	174.24	172.34	173.21	0.00	1.90	1.03
80	173.09	173.09	171.49	171.98	0.00	1.59	1.11
120	170.83	170.83	170.31	169.94	0.00	0.53	0.89
240	164.41	164.41	168.30	165.53	0.00	3.89	1.12
DEVIASI TOTAL					0.00	13.62	7.51
DEVIASI RATA-RATA					0.00	1.70	0.94

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.26 *Deviasi metode Van Breen periode ulang 25 tahun*

Durasi t (Menit)	M. Van breen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	177.68	177.68	179.92	179.25	0.00	2.24	1.56
10	177.40	177.40	177.90	178.28	0.00	0.50	0.88
20	176.83	176.83	175.91	176.92	0.00	0.93	0.09
40	175.71	175.71	173.94	175.04	0.00	1.77	0.67
60	174.60	174.60	172.79	173.63	0.00	1.81	0.98
80	173.51	173.51	171.99	172.45	0.00	1.52	1.06
120	171.36	171.36	170.86	170.51	0.00	0.50	0.85
240	165.22	165.22	168.94	166.29	0.00	3.72	1.07
DEVIASI TOTAL					0.00	12.99	7.15
DEVIASI RATA-RATA					0.00	1.62	0.89

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.27 Deviasi metode Van Breen periode ulang 50 tahun

Durasi t (Menit)	M. Van breen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	177.83	177.83	179.99	179.34	0.00	2.16	1.51
10	177.56	177.56	178.04	178.40	0.00	0.49	0.85
20	177.01	177.01	176.11	177.10	0.00	0.89	0.09
40	175.92	175.92	174.21	175.28	0.00	1.72	0.65
60	174.85	174.85	173.10	173.91	0.00	1.75	0.95
80	173.79	173.79	172.32	172.77	0.00	1.47	1.03
120	171.71	171.71	171.22	170.89	0.00	0.49	0.82
240	165.77	165.77	169.37	166.80	0.00	3.60	1.04
DEVIASI TOTAL					0.00	12.58	6.92
DEVIASI RATA-RATA					0.00	1.57	0.87

*(Sumber: Hasil Perhitungan)***Tabel L.28** Deviasi metode Van Breen periode ulang 100 tahun

Durasi t (Menit)	M. Van breen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	178.00	178.00	180.08	179.45	0.00	2.08	1.46
10	177.73	177.73	178.20	178.55	0.00	0.47	0.82
20	177.21	177.21	176.34	177.29	0.00	0.86	0.08
40	176.16	176.16	174.50	175.54	0.00	1.66	0.62
60	175.13	175.13	173.44	174.22	0.00	1.69	0.91
80	174.11	174.11	172.68	173.12	0.00	1.42	0.99
120	172.10	172.10	171.63	171.31	0.00	0.47	0.80
240	166.35	166.35	169.84	167.35	0.00	3.48	1.00
DEVIASI TOTAL					0.00	12.15	6.68
DEVIASI RATA-RATA					0.00	1.52	0.83

(Sumber: Hasil Perhitungan)

➤ Metode Hasper dan Der Weduwen

Tabel L.29 *Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang*

10 tahun

Durasi t (Menit)	Hasper dan Der Weduwen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	201.90	189.24	234.50	226.70	12.66	32.60	24.80
10	170.16	170.81	171.25	171.14	0.64	1.09	0.97
20	136.52	142.95	125.06	127.09	6.44	11.46	9.43
40	102.06	107.80	91.32	93.17	5.74	10.74	8.89
60	83.11	86.52	75.99	77.33	3.41	7.12	5.78
80	70.70	72.26	66.69	67.64	1.56	4.01	3.06
120	55.03	54.34	55.49	55.89	0.69	0.46	0.86
240	33.76	31.16	40.52	40.15	2.60	6.76	6.38
DEVIASI TOTAL					33.73	74.23	60.17
DEVIASI RATA-RATA					4.22	9.28	7.52

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.30 *Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang*

25 tahun

Durasi t (Menit)	Hasper dan Der Weduwen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	206.35	194.23	240.64	232.32	12.12	34.30	25.98
10	175.69	176.07	176.91	177.11	0.37	1.22	1.42
20	142.34	148.33	130.06	132.56	5.99	12.28	9.78
40	107.22	112.79	95.62	97.78	5.57	11.61	9.44
60	87.59	90.99	79.87	81.39	3.40	7.72	6.20
80	74.64	76.25	70.29	71.32	1.61	4.34	3.32
120	58.20	57.59	58.72	59.05	0.61	0.51	0.85
240	35.78	33.21	43.17	42.54	2.57	7.38	6.76
DEVIASI TOTAL					32.24	79.36	63.74
DEVIASI RATA-RATA					4.03	9.92	7.97

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.31 *Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang**50 tahun*

Durasi t (Menit)	Hasper dan Der Weduwen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	209.34	197.64	244.80	236.15	11.70	35.46	26.81
10	179.48	179.68	180.81	181.24	0.20	1.32	1.75
20	146.40	152.05	133.54	136.38	5.65	12.86	10.02
40	110.86	116.29	98.63	101.03	5.42	12.23	9.84
60	90.76	94.14	82.61	84.26	3.38	8.15	6.50
80	77.44	79.08	72.85	73.92	1.64	4.59	3.52
120	60.47	59.92	61.02	61.30	0.55	0.55	0.83
240	37.23	34.69	45.07	44.25	2.54	7.84	7.02
DEVIASI TOTAL					31.09	83.00	66.29
DEVIASI RATA-RATA					3.89	10.37	8.29

*(Sumber: Hasil Perhitungan)***Tabel L.32** *Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang**100 tahun*

Durasi t (Menit)	Hasper dan Der Weduwen I	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	212.60	201.40	249.33	240.35	11.20	36.73	27.76
10	183.67	183.68	185.12	185.81	0.02	1.45	2.15
20	150.94	156.20	137.44	140.67	5.26	13.50	10.27
40	114.98	120.22	102.04	104.70	5.24	12.94	10.29
60	94.38	97.72	85.73	87.52	3.34	8.65	6.85
80	80.64	82.31	75.76	76.89	1.67	4.87	3.75
120	63.06	62.57	63.65	63.87	0.49	0.59	0.81
240	38.88	36.39	47.26	46.21	2.49	8.37	7.33
DEVIASI TOTAL					29.70	87.11	69.20
DEVIASI RATA-RATA					3.71	10.89	8.65

(Sumber: Hasil Perhitungan)

e) Kesimpulan Metode Yang Digunakan

Tabel L.33 *Deviasi antara data terukur dengan data hasil rencana*

Periode Ulang (Tahun)	Metode <i>Van breen</i>			Metode <i>Hasper dan Der Weduwen</i>		
	<i>Talbot</i>	<i>Sherman</i>	<i>Ishiguro</i>	<i>Talbot</i>	<i>Sherman</i>	<i>Ishiguro</i>
10	0.00	1.70	0.94	4.22	9.28	7.52
25	0.00	1.62	0.89	4.03	9.92	7.97
50	0.00	1.57	0.87	3.89	10.37	8.29
100	0.00	1.52	0.83	3.71	10.89	8.65
Rata-rata	0.00	1.60	0.88	3.96	10.12	8.11

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel L.34 *Hujan efektif tiap periode ulang hujan*

PUH	Intensitas Hujan/jam	Koefisien	Hujan Efektif
10	174.24	0.75	130.68
25	174.60	0.75	130.95
50	174.85	0.75	131.14
100	175.13	0.75	131.35

(Sumber: Hasil Perhitungan)

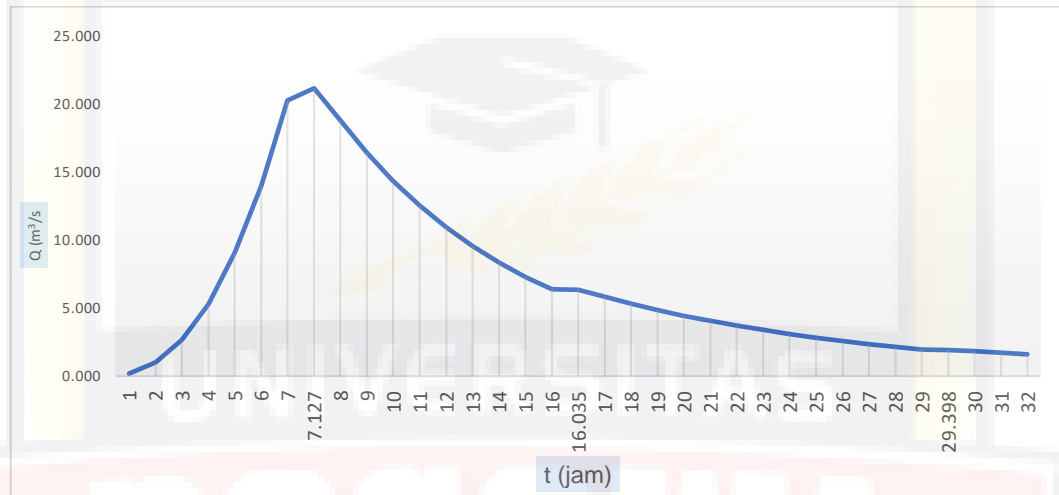
8) Hasil Analisis Debit Banjir Rencana

Tabel L.35 Perhitungan kenaikan dan penurunan debit banjir HSS

Nakayasu

t (jam)	Rumus	Q (m ³ /s)
1	$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2.4}$ (2.38)	0.190
2		1.002
3		2.651
4		5.288
5		9.034
6		13.994
7		20.259
7.127		21.150
8	$Q_t = Q_p \times 0.3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0.3}}\right)$ (2.39)	18.795
9		16.419
10		14.344
11		12.530
12		10.946
13		9.563
14		8.354
15		7.298
16		6.375
16.035		
17	$Q_t = Q_p \times 0.3 \left(\frac{t-T_p+0.5T_{0.3}}{T_{0.3}}\right)$ (2.40)	5.817
18		5.315
19		4.858
20		4.439
21		4.057
22		3.707
23		3.388
24		3.096
25		2.829
26		2.585
27		2.363
28		2.159
29		1.973
29.398		
30	$Q_t = Q_p \times 0.3 \left(\frac{t-T_p+1.5T_{0.3}}{2T_{0.3}}\right)$ (2.41)	1.828
31		1.708

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Grafik L.1 Debit banjir dengan HSS Nakayasu

(Sumber: Hasil Perhitungan)

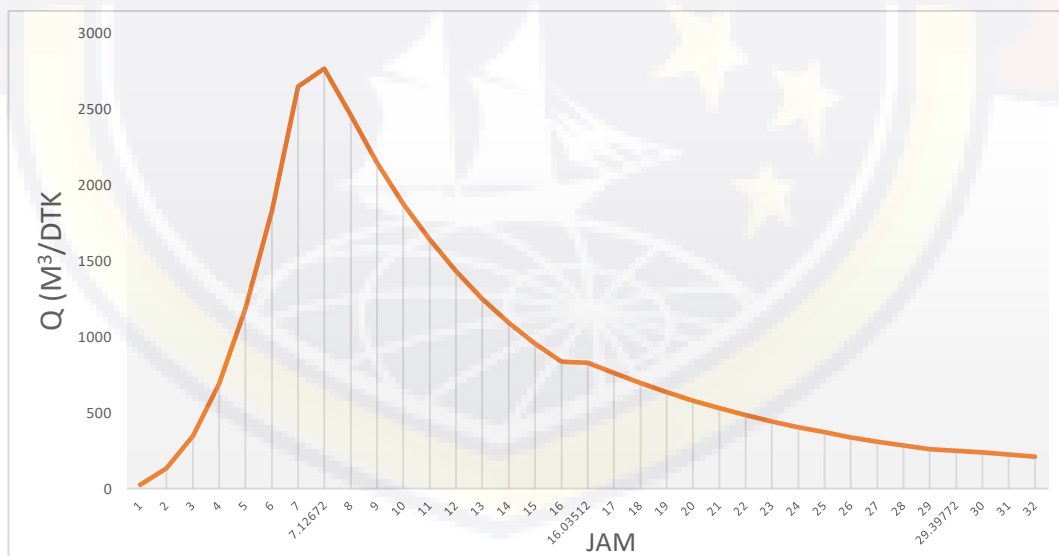
Tabel L.37 Analisis debit banjir periode 10, 25, 50, 100 tahun

Waktu (jam)	Q (m ³ /s)	PUH tahun Rencana (mm/jam)			
		10	25	50	100
		130.676	130.952	131.139	131.346
		Debit banjir (m ³ /s)			
1	0.190	24.807	24.859	24.895	24.934
2	1.002	130.931	131.207	131.395	131.602
3	2.651	346.467	347.196	347.694	348.242
4	5.288	691.058	692.513	693.506	694.598
5	9.034	1180.588	1183.075	1184.770	1186.636
6	13.994	1828.662	1832.514	1835.140	1838.030
7	20.259	2647.315	2652.891	2656.694	2660.878
7.12672	21.150	2763.794	2769.615	2773.585	2777.953
8	18.795	2456.113	2461.287	2464.815	2468.697
9	16.419	2145.623	2150.143	2153.224	2156.616
10	14.344	1874.383	1878.331	1881.023	1883.986
11	12.530	1637.432	1640.881	1643.233	1645.821
12	10.946	1430.436	1433.449	1435.503	1437.764
13	9.563	1249.607	1252.239	1254.033	1256.009
14	8.354	1091.637	1093.937	1095.504	1097.230

15	7.298	953.637	955.646	957.016	958.523
16	6.375	833.083	834.838	836.034	837.351
16.03512	6.345	829.138	830.885	832.075	833.386
17	5.817	760.101	761.702	762.793	763.995
18	5.315	694.610	696.073	697.071	698.169
19	4.858	634.762	636.099	637.011	638.014
20	4.439	580.071	581.293	582.126	583.043
21	4.057	530.092	531.208	531.970	532.808
22	3.707	484.419	485.439	486.135	486.901
23	3.388	442.681	443.614	444.249	444.949
24	3.096	404.540	405.392	405.973	406.612
25	2.829	369.684	370.463	370.994	371.578
26	2.585	337.832	338.544	339.029	339.563
27	2.363	308.724	309.375	309.818	310.306
28	2.159	282.125	282.719	283.124	283.570
29	1.973	257.817	258.360	258.730	259.137
29.39772	1.903	248.741	249.265	249.623	250.016
30	1.828	238.821	239.324	239.667	240.045
31	1.708	223.216	223.686	224.007	224.360
32	1.597	208.630	209.070	209.370	209.699
Rata - rata 24 jam		1101.769	1104.089	1105.672	1107.413

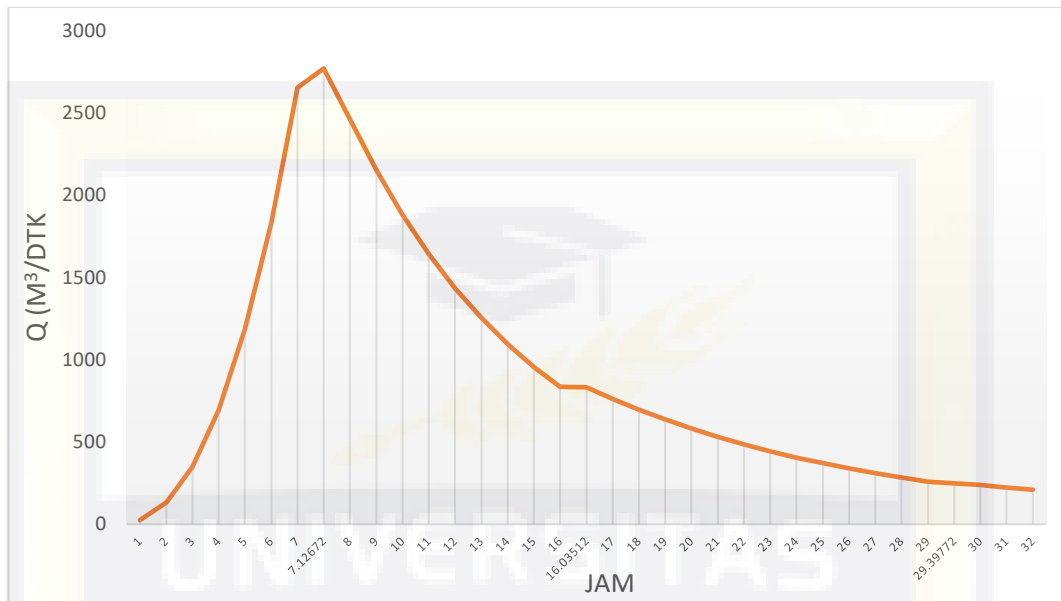
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Grafik L.2 Debit banjir rencana periode 10 tahun



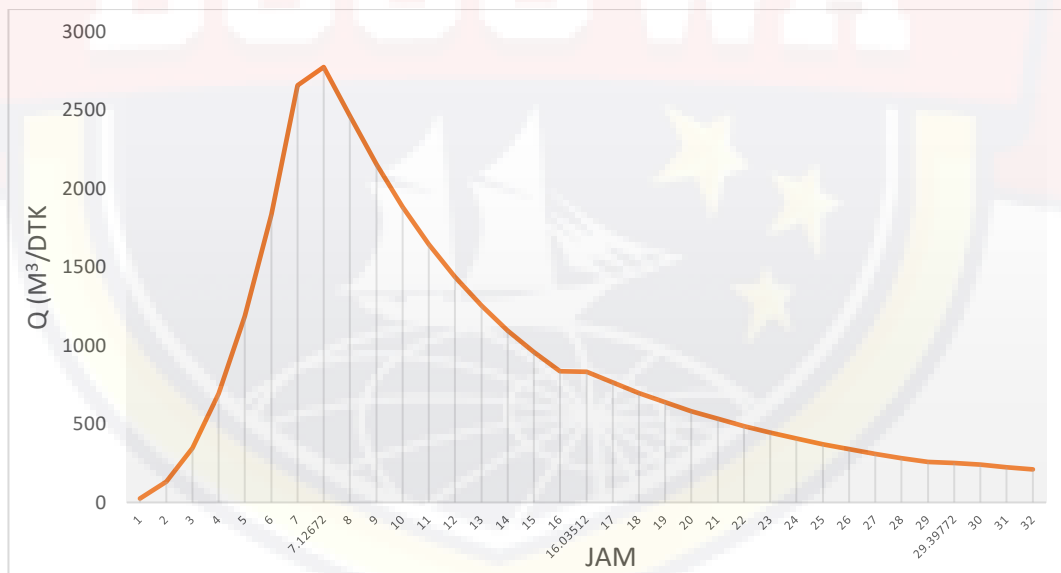
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Grafik L.3 Debit banjir rencana periode 25 tahun



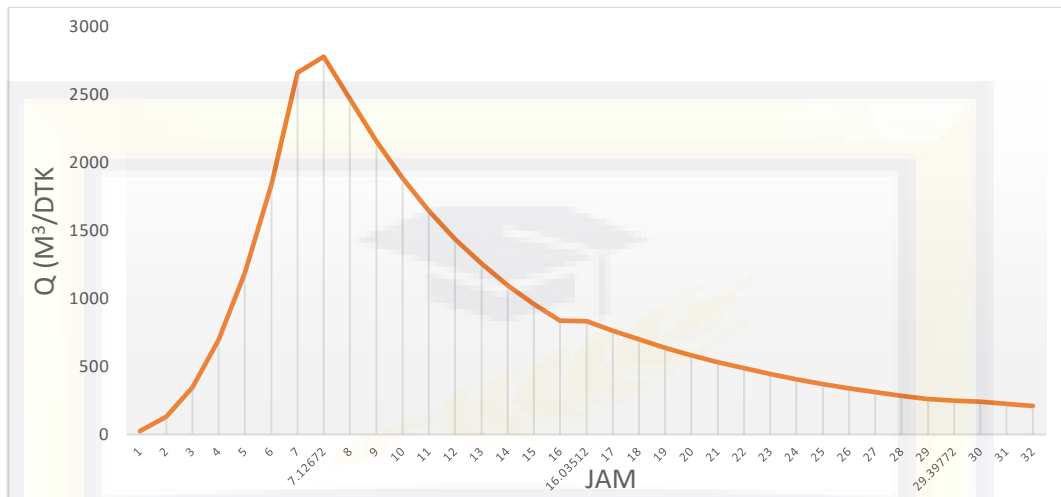
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Grafik L.4 Debit banjir rencana periode 50 tahun



(Sumber: Hasil Perhitungan)

Grafik L.5 Debit banjir rencana periode 100 tahun



(Sumber: Hasil Perhitungan)

