

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PENERAPAN SUMUR RESAPAN AIR HUJAN  
SEBAGAI PENGENDALIAN GENANGAN DI KELURAHAN  
MANGGALA KOTA MAKASSAR**



**Disusun Oleh:**

**Arif Hidayat**

**45 15 041 012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA  
MAKASSAR**

**2022**



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

**LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUGAS AKHIR**  
**SEMINAR TUTUP**

Judul Tugas Akhir :

**“STUDI PENERAPAN SUMUR RESAPAN AIR HUJAN SEBAGAI  
PENGENDALIAN GENANGAN DI KELURAHAN MANGGALA KOTA  
MAKASSAR”**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama : Arif Hidayat  
NIM : 45 15 041 012

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 : Ir. Burhanuddin Badrun, M.Sp. (  )

Pembimbing 2 : Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, M.T. (  )


Makassar, Februari 2022

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

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

Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
**Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, M.T.**  
NIDN. 00-010565-02



UNIVERSITAS  
**BOSOWA**

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Gd. 2 Lt 6  
Makassar – Sulawesi Selatan 90231  
Telp. 0411 452 901 – 452 789 ext. 116  
Faks. 0411 424 568  
<http://www.universitasbosowa.ac.id>

### LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. A.213/FT/UNIBOS/III/2022 Tanggal 21 Februari 2022, Perihal Pengangkatan panitia dan tim penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu / 23 Februari 2022  
N a m a : **Arif Hidayat**  
No.Stambuk : **45 15 041 012**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan tim penguji 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) : **Ir. Burhanuddin Badrun, Msp** (.....)  
Sekretaris (Ex. Officio) : **Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT** (.....)  
Anggota : **Ir. Hj. Satriawati Cangara, MSp** (.....)  
**Dr.Ir. Ahmad Yauri Yunus, ST . MT** (.....)

Makassar, 23 Februari 2022

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 : **ARIF HIDAYAT**  
Nomor Stambuk : **4515041012**  
Program Studi : **Teknik Sipil**  
Judul Tugas Akhir : **STUDI PENERAPAN SUMUR RESAPAN AIR  
HUJAN SEBAGAI PENGENDALIAN GENANGAN  
DI KELURAHAN MANGGALA KOTA MAKASSAR.**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas Akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, megalith medaikan / mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia atau 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, 24 Februari 2022

Menyatakan  
  
**ARIF HIDAYAT**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **ARIF HIDAYAT**

Nomor Stambuk : **4515041012**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **STUDI PENERAPAN SUMUR RESAPAN AIR HUJAN SEBAGAI PENGENDALIAN GENANGAN DI KELURAHAN MANGGALA KOTA MAKASSAR.**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan dari hasil karya saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan programming yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Bosowa.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Makassar, 24 Februari 2022

Yang membuat pernyataan



**ARIF HIDAYAT**  
**4515041012**

## PRAKATA

Puji dan syukur dipersembahkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*STUDI PENERAPAN SUMUR RESAPAN AIR HUJAN SEBAGAI PENGENDALIAN GENANGAN DI KELURAHAN MANGGALA, KOTA MAKASSAR*” 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, serta kekasih tercinta atas segala kasih sayang, cinta dan segala dukungan yang selama ini diberikan, baik spritual maupun materil.

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.

Bapak Ir. Burhanuddin Badrun, M.Sp. selaku 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.

Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, M.T selaku dosen pembimbing II, atas segala keikhlasannya untuk selaku memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini.

Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, M.T 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 Teknik Sipil 2015 yang memberikan dukungan dan anggota La Borong yang selalu mensupport dalam penyusunan tugas akhir ini. Terkhusus kepada saudara Adhitya Ponco Prawira dan Hardianto Putra Pratama yang selalu memberikan support serta masukan 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, 29 Januari 2022

Penulis

Arif Hidayat



## ABSTRAK

### STUDI PENERAPAN SUMUR RESAPAN AIR HUJAN SEBAGAI DAN PENGENDALIAN GENANGAN DI KELURAHAN MANGGALA, KOTA MAKASSAR

A. Arif Hidayat <sup>1)</sup>, Burhanuddin Badrun <sup>2)</sup>, Rumpang Yusuf <sup>3)</sup>

---

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran debit genangan air yang terjadi di kawasan Kelurahan Manggala Kota Makassar, dan membuat skenario penanggulangan debit genangan yang terjadi dengan metode sumur resapan, Jenis penelitian ialah kuantitatif deskriptif pendekatan studi kasus.

Hasil penelitian ini diketahui, penyebab banjir di Kelurahan Manggala peluapan debit genangan banjir 217.870 m<sup>3</sup>/s akibat dari kecilnya debit genangan yang mampu di tampung oleh saluran di kawasan tersebut. Pengendalian banjir yang digunakan ialah penerapan sumur resapan dengan volume 1.57 m<sup>3</sup> dengan jumlah 140 unit yang mampu menampung debit genangan sebesar 219.8 m<sup>3</sup>/dtk.

**Kata Kunci:** Banjir, debit banjir, pengendalian banjir, Sumur resapan.

*This research aims to find out the amount of inundation discharge that occurs in the Manggala Village area of Makassar City, and create a scenario of handling inundation discharge that occurs with the catchment well method, The type of research is a quantitative descriptive case study approach.*

*The results of this study are known, the cause of flooding in Manggala Village is the discharge of 217,870 m<sup>3</sup> / s due to the small discharge of puddles that can be accommodated by channels in the area. Flood control used is the application of catchment wells with a volume of 1.57 m<sup>3</sup> with a total of 140 units that can accommodate inundation discharge of 219.8 m<sup>3</sup> / s.*

**Keywords:** Floods, flood discharges, flood control, catchment wells.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>I.1. Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>I.2. Rumusan Masalah .....</b>	<b>I-2</b>
<b>I.3. Maksud dan Tujuan .....</b>	<b>I-2</b>
<b>I.4. Pokok Masalah .....</b>	<b>I-2</b>
<b>I.5. Manfaat Penelitian .....</b>	<b>I-3</b>
<b>I.6. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah .....</b>	<b>I-3</b>
I.6.1. Ruang Lingkup .....	I-3

I.6.2. Batasan Masalah .....	I-4
<b>I.7. Sistematika Penulisan .....</b>	<b>I-4</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>2</b>
<b>II.1. Air Tanah .....</b>	<b>2</b>
<b>II.2. Limpasan .....</b>	<b>2</b>
<b>II.3. Banjir .....</b>	<b>2</b>
II.3.1. Definisi Banjir .....	II-2
II.3.2. Penyebab Banjir .....	II-8
II.3.3. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Banjir .....	II-13
II.3.4. Pengendalian Banjir .....	II-14
<b>II.4. Sumur Resapan .....</b>	<b>II-19</b>
II.4.1. Manfaat Sumur Resapan .....	II-21
II.4.2. Persyaratan Sumur Resapan .....	II-21
II.4.3. Intensitas Curah Hujan.....	II-29
II.4.4. Pemilihan Metode Intensitas Curah Hujan.....	II-32
<b>II.5. Analisis Data Curah Hujan.....</b>	<b>II-24</b>
II.5.1. Distribusi Frekuensi Dan Hujan Periode Ulang .....	II-24
II.5.2. Pengujian Dengan Chi – Kuadrat .....	II-29
II.5.3. Intensitas Curah Hujan .....	II-36
II.5.4 Pemilihan Metode Intensitas Curah Hujan.....	II-39

<b>II.6. Analisis Debit Genangan Banjir.....</b>	<b>II-42</b>
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>3</b>
<b>III.1. Jenis Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>III.2. Lokasi dan Waktu Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>III.3. Objek Penelitian .....</b>	<b>III-2</b>
<b>III.4. Sumber Data .....</b>	<b>III-2</b>
III.4.1. Data Primer .....	III-2
III.4.2. Data Sekunder.....	III-3
<b>III.5. Tahap dan Prosedur Penelitian .....</b>	<b>III-3</b>
III.5.1. Persiapan.....	III-3
III.5.2. Pengumpulan Data.....	III-3
III.5.3. Pengolahan Data .....	III-4
III.5.4. Kesimpulan.....	III-4
<b>III.6. Bagan Alur Penelitian .....</b>	<b>III-5</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>4</b>
<b>VI.1. Analisis Frekuensi Curah Hujan.....</b>	<b>4</b>
VI.1.1. Metode E.J. Gumbel .....	IV-2
VI.1.2. Metode Log Pearson Type III .....	IV-5
<b>VI.2. Uji Chi-Kuadrat .....</b>	<b>IV-8</b>
VI.2.1. Chi-Kuadrat → Metode E.J. Gumbel.....	IV-10
VI.2.2. Chi-Kuadrat → Metode LogPearson Type III.....	IV-12
<b>VI.3. Analisis Intensitas Curah Hujan .....</b>	<b>IV-16</b>

VI.3.1. Metode <i>Van breen</i> .....	IV-16
VI.3.2. Metode <i>Haspers</i> dan <i>Der Weduwen</i> .....	IV-18
<b>VI.4. Penentuan Metode Intensitas Curah Hujan .....</b>	<b>IV-20</b>
VI.4.1. Rumus <i>Talbot</i> .....	IV-20
VI.4.2. Rumus <i>Sherman</i> .....	IV-26
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-39
<b>VI.5. Perhitungan Debit Genangan Banjir .....</b>	<b>IV-44</b>
<b>VI.6. Usulan Penanggulangan.....</b>	<b>IV-44</b>
<b>VI.7. Perencanaan Sumur Resapan.....</b>	<b>IV-46</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>5</b>
<b>V.1 Kesimpulan.....</b>	<b>5</b>
<b>V.2 Saran .....</b>	<b>5</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>xxi</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Hubungan sampel ( $n$ ) dengan $Y_n$ dan $S_n$ .....	II-26
<b>Tabel 2.2</b> Hubungan periode ulang ( $t$ ) dengan varian reduksi ( $Y_t$ ) .....	II-27
<b>Tabel 2.3</b> Nilai $K$ terhadap $C_s$ .....	II-29
<b>Tabel 2.4</b> Tabel distribusi $X^2$ .....	II-32
<b>Tabel 2.5</b> Koefisien Limpasan.....	II-43
<b>Tabel 4.1</b> Data curah hujan harian .....	4
<b>Tabel 4.2</b> Hasil perhitungan untuk memperoleh probabilitas curah hujan harian maksimal .....	IV-3
<b>Tabel 4.3</b> Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode Gumbel .....	IV-5
<b>Tabel 4.4</b> Transformasi data kedalam harga-harga logaritma .....	IV-6
<b>Tabel 4.5</b> Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode Log Pearson Type III .....	IV-8
<b>Tabel 4.6</b> Hasil perhitungan hujan rencana periode tahunan dengan metode E.J. Gumbel dan Log Pearson type III .....	IV-8
<b>Tabel 4.7</b> Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode E.J. Gumbel .....	IV-11
<b>Tabel 4.8</b> Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap metode Log Pearson Type III .....	IV-14
<b>Tabel 4.9</b> Hasil perhitungan uji Chi-Kuadrat terhadap	

metode E.J. Gumbel dan Log Pearson Type III .....	IV-15
<b>Tabel 4.9</b> Hasil perhitungan intensitas hujan dengan	
metode Van Breen .....	IV-17
<b>Tabel 4.10</b> Hasil perhitungan intensitas hujan dengan	
metode Haspers dan Der Weduwen .....	IV-18
<b>Tabel 4.11</b> Hasil perhitungan Rumus	
Talbot → Metode Van Breen .....	IV-21
<b>Tabel 4.12</b> Hasil perhitungan Rumus	
Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen .....	IV-24
<b>Tabel 4.13</b> Hasil perhitungan Rumus	
Sherman → Metode Van Breen .....	IV-27
<b>Tabel 4.14</b> Hasil perhitungan Rumus Sherman →	
Metode Hasper dan Der Weduwen .....	IV-30
<b>Tabel 4.15</b> Hasil perhitungan Rumus	
Ishiguro → Metode Van Breen .....	IV-33
<b>Tabel 4.16</b> Hasil perhitungan Rumus Ishiguro →	
Metode Hasper dan Der Weduwen .....	IV-37
<b>Tabel 4.17</b> Deviasi metode Van Breen periode ulang 10 tahun .....	IV-38
<b>Tabel 4.18</b> Deviasi metode Van Breen periode ulang 25 tahun .....	IV-39
<b>Tabel 4.19</b> Deviasi metode Van Breen periode ulang 50 tahun .....	IV-39
<b>Tabel 4.20</b> Deviasi metode Van Breen periode ulang 100 tahun ...	IV-40
<b>Tabel 4.21</b> Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen	
periode ulang 10 tahun .....	IV-40

<b>Tabel 4.22</b> Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen	
periode ulang 25 tahun .....	<b>IV-41</b>
<b>Tabel 4.23</b> Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen	
periode ulang 50 tahun .....	<b>IV-41</b>
<b>Tabel 4.24</b> Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen	
periode ulang 100 tahun .....	<b>IV-42</b>
<b>Tabel 4.25</b> Deviasi antara data terukur dengan	
data hasil rencana .....	<b>IV-42</b>
<b>Tabel 4.26</b> Hujan efektif tiap periode ulang hujan .....	<b>IV-43</b>
<b>Tabel 4.27</b> Debit genangan banjir wilayah 1 .....	<b>IV-45</b>
<b>Tabel 4.28</b> Debit genangan banjir wilayah 2 .....	<b>IV-45</b>
<b>Tabel 4.29</b> Debit genangan banjir wilayah 3.....	<b>IV-45</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sumur Resapan .....	<b>II-20</b>
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Sumur Resapan .....	<b>II-20</b>
<b>Gambar 2.3</b> Detail Sumur Resapan .....	<b>II-23</b>
<b>Gambar 3.1</b> Detail Lokasi Penelitian .....	<b>III-3</b>
<b>Gambar 4.1</b> Tampak Atas Sumur Resapan .....	<b>IV-45</b>
<b>Gambar 4.2</b> Tampak Samping Sumur Resapan .....	<b>IV-45</b>



## DAFTAR NOTASI

%	: Persen.
>	: Lebih besar dari.
A	: Luas daerah genangan banjir (ha).
A	: Luas permukaan sumur (m <sup>2</sup> ).
Ah	: Luas alas sumur (m <sup>2</sup> ).
C	: Koefisien pengaliran.
D <sub>sumur</sub>	: Diameter sumur.
CHHM	: Curah hujan harian maksimal.
cm	: Centi meter.
DAS	: Daerah aliran sungai.
Ha	: Hektare.
H <sub>sumur</sub>	: Kedalaman sumur.
H <sub>total</sub>	: Kedalaman total sumur (m).
Hrencana	: Kedalaman sumur yang direncanakan (m).
I	: Intensitas curan hujan (mm/jam).
K	: Karakteristik distribusi Log person tipe III.
K	: Koefisien permeabilitas tanah (mm/menit).
Log X <sub>i</sub>	: Nilai rata curah hujan logaritmik.
Log X	: Curah Hujan Harian Max.
m <sup>3</sup> /dtk	: Meter kubik per detik .
m <sup>2</sup>	: Meter persegi.
m	: Meter.



Max	: Maximal.
Min	: Minimal.
mm	: Mili meter.
mm/jam	: Mili meter per jam.
N	: Jumlah data hujan.
n	: Jumlah sumur yang dibutuhkan.
Q	: Debit banjir rencana ( $m^3/dtk$ ).
R	: Curah hujanmaksimal harian.
Ri	: Curah hujan.
Rt	: Curah hujan maksimum (mm).
S	: Standar deviasi.
te	: Durasi curah hujan.
V	: Volume sumur.
Vrsp	: Volume air hujan yang meresap ( $m^3$ ).
Vstorasi	: Volume penampungan ( $m^3$ ).
X	: Data curah hujan.
Xi	: Curah hujan maksimum yang terpilih (mm/hari).
Xt	: Besarnya curah hujan periode ulang tahun.
$\bar{X} = \overline{\text{Log } X}$	: Nilai rata-rata variat (Curah Hujan).
$\bar{X}$	: Nilai rata-rata variat (curah hujan).
$X^2$	: Nilai chi-kuadrat..

$Y_n$  : 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.



## DAFTAR LAMPIRAN

### 1) Data Sekunder

Lampiran 1.1 Data Curah Hujan Tahun 2010 – 2020 Makassar.. xxiii

Lampiran 1.2 Peta Banjir dan Genangan Kota Makassar..... xxvii

Lampiran 1.3 Peta Topografi Kota Makassar ..... xxxii

Lampiran 1.4 Peta Saluran Drainase Kelurahan Manggala..... xxxiv

Lampiran 1.5 Tabel Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase .. xxxvii

Lampiran 1.6 Peta Tata Guna Lahan Kota Makassar ..... xxxix

### 2) Data Primer

Lampiran 2.1 Dokumentasi Pengukuran Drainase pada Lokasi xli

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Perkotaan di Indonesia saat ini sudah mengalami perkembangan yang sangat pesat baik dari segi sarana dan prasarana infrastruktur dan sosial budaya. Hal itu dapat memicu terjadinya urbanisasi yang mengakibatkan semakin banyaknya bangunan gedung dibangun dalam suatu kawasan yang berdampak kurangnya ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai resapan air.

Air merupakan sumber daya alam yang menjadi bagian terpenting bagi kehidupan manusia. Untuk dapat memanfaatkan potensi air yang ada diperlukan sarana sehingga kebutuhan air dapat terpenuhi berdasarkan konsepsi, rancangan, rencana dan operasi dari sarana yang ada. (Linsley,1985:1). Oleh karena itu pengelolaan debit air yang ada dalam suatu perkotaan harus dilakukan dengan maksimal agar tidak menimbulkan suatu dampak yang buruk seperti terjadinya genangan air dalam suatu kawasan atau kurangnya cadangan air dikala musim kemarau.

Kota Makassar merupakan ibukota di provinsi Sulawesi Selatan dengan luas wilayah 175,8 km<sup>2</sup> dan terdiri dari 14 kecamatan dengan 143 kelurahan salah satunya kelurahan Manggala yang mana diperuntukkan untuk kawasan pemukiman.

Banjir sudah terjadi di banyak kota-kota besar dan mengganggu infrastruktur di Kota tersebut salah satunya Kota Makassar yang setiap datangnya musim penghujan terjadi bencana tersebut. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Makassar, wilayah dengan ancaman banjir paling tinggi adalah wilayah Kecamatan Manggala. Tahun 2018 terjadi banjir yang mengakibatkan warga mengungsi, jumlah pengungsi mencapai 9.328 jiwa dari total 2.841 kepala keluarga. Selain masalah pengungsi, banjir juga mengakibatkan rusaknya fasilitas umum yang ada di wilayah tersebut, mengingat begitu besarnya dampak banjir terhadap banyaknya kerugian di timbulkan maka di perlukan suatu pencegahan. Risiko dan dampak terhadap timbulnya bencana banjir yang sering terjadi di Kelurahan Manggala Kota Makassar dapat dikurangi atau diminimalkan dengan melakukan kesiapan dan penerapan pengendalian bencana banjir.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, penulis ingin mengangkat judul **“STUDI PENERAPAN SUMUR RESAPAN AIR HUJAN SEBAGAI PENGENDALIAN GENANGAN DI KELURAHAN MANGGALA, KOTA MAKASSAR”** sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi stara 1 (S1) di Universitas Bosowa.



## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Seberapa besar debit genangan yang terjadi di Kelurahan Manggala Kota Makassar?
- 2) Seberapa besar volume yang mampu ditampung sumur resapan agar dapat menanggulangi debit genangan yang terjadi di kawasan Kelurahan Manggala Kota Makassar?

## **I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dan Tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Mengetahui besaran debit genangan yang terjadi di kawasan Kelurahan Manggala Kota Makassar.
- 2) Mengetahui seberapa besar volume sumur resapan untuk meminimalisir genangan yang terjadi di kawasan Kelurahan Manggala Kota Makassar.

## **I.4 Pokok Masalah**

Pokok masalah dalam penelitian ini adalah genangan banjir yang tiap tahun terjadi di Kawasan Kelurahan Manggala Kota Makassar. Dengan demikian penelitian ini akan mengetahui besaran debit genangan yang terjadi di Kelurahan manggala serta mengetahui metode penanggulangan genangan yang terjadi di Kelurahan Manggala.

## **I.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

### **1) Manfaat Praktis**

Dapat memberikan informasi hasil kajian ilmiah tentang terjadinya genangan banjir di Kawasan Kelurahan Manggala, Kota Makassar.

### **2) Manfaat Teoritis**

Untuk kajian dan pengembangan ilmu pengetahuan bidang keairan khususnya penanganan daerah rawan genangan.

## **I.6 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah**

### **I.6.1. Ruang Lingkup**

Pada penelitian ini, ruang lingkup yang dibahas sebagai berikut:

- 1) Perhitungan curah hujan harian max. yang terjadi di Kelurahan Manggala Kota Makassar selama 10 tahun terakhir.**
  - 2) Perhitungan rencana Intensitas Curah Hujan di Kelurahan Manggala Kota Makassar selama 100 tahun.**
  - 3) Perhitungan kapasitas drainase di Kelurahan Manggala Kota Makassar.**
  - 4) Perhitungan debit genangan air di Kelurahan Manggala Kota**
-

Makassar.

5) Menghitung volume sumur resapan yang akan digunakan.

### **I.6.2. 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) Dampak dari bencana banjir
- 2) Evaluasi sistem drainase
- 3) Kondisi dan klasifikasi tanah

### **I.7 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, analisis data, tahap dan prosedur 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.



**BOSOWA**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Air Tanah

Air tanah adalah sejumlah air di bawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan atau sistem drainase atau dengan pemompaan. Dapat juga disebut aliran yang secara alami mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan (Bouwer, 1978; Freeze dan Cherry, 1997; Kodoatie, 1996).

Air tanah adalah air yang terdapat pada lapisan akuifer dibawah permukaan termasuk juga yang muncul di permukaan tanah. Keadalaman air tanah tidak sama pada setiap tempat tergantung pada tebal tipisnya lapisan permukaan di atasnya dan kedudukan lapisan air tanah tersebut.

Air yang meresap kebawah tanah akan melewati lapisan tak kedap air atau lapisan permeabel dan akan terus bergerak kebawah sampai dia mencapai lapisan kedap air atau disebut lapisan impermeabel.

Air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi. Lapisan tanah yang terletak di bawah permukaan tanah dinamakan lajur jenuh (saturated zone), dan lajur tidak jenuh terletak di atas lajur jenuh sampai ke permukaan tanah. (Soemarto,

1989). Batas atas lajur jenuh air disebut dengan muka air tanah (Water Table).

Air hujan sebagian besar mengalir di permukaan sebagai air permukaan seperti sungai, danau, atau rawa. Sebagian kecil meresap ke dalam tanah sampai mencapai zona jenuh dan akan menjadi air tanah. Bagian yang meresap dekat permukaan tanah akan diuapkan kembali lewat tanaman yang dikenal dengan evapotranspirasi.

## **II.2 Limpasan**

Menurut Asdak (2010:151), Air Larian atau Limpasan air permukaan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau, dan lautan. Bagian yang penting dari limpasan yang erat kaitannya dengan rancang bangunan pengendali surface run-off adalah besarnya debit puncak dan waktu tercapainya debit puncak, volume, dan penyebaran limpasan (Kodoatie, 2012:77). Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah ada yang langsung masuk ke dalam tanah atau disebut air infiltrasi. Sebagian lagi tidak sempat masuk ke dalam tanah dan oleh karenanya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah. Ada juga bagian air hujan yang telah masuk ke dalam tanah, terutama pada tanah yang hampir atau telah jenuh, lalu air tersebut ke luar ke permukaan tanah lagi dan mengalir ke bagian yang lebih rendah. Kedua fenomena aliran air permukaan itu disebut air larian

atau limpasan permukaan. Sebelum air dapat mengalir di atas permukaan tanah, curah hujan terlebih dahulu harus memenuhi keperluan air untuk infiltrasi dan berbagai bentuk cekungan tanah dan bentuk penampungan air lainnya.

Air Larian atau Limpasan air permukaan berlangsung ketika jumlah curah hujan melampaui laju infiltrasi air ke dalam tanah. Setelah laju infiltrasi terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah pengisian air pada cekungan tersebut selesai, air kemudian dapat mengalir di atas permukaan tanah dengan bebas. Ada bagian air larian atau limpasan air permukaan yang berlangsung agak cepat untuk selanjutnya membentuk aliran debit. Bagian air aliran lain, karena melewati cekungan-cekungan permukaan tanah sehingga memerlukan waktu beberapa hari atau bahkan beberapa minggu sebelum akhirnya menjadi aliran debit. Dengan demikian, kondisi aliran air permukaan yang berbeda akan menentukan bentuk dan besaran hidrograf aliran (bentuk hubungan grafis antara debit dan waktu) suatu daerah aliran sungai.

### **II.3 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.3.1. 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 datanginya 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.3.2. 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.3.3. 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.3.4. 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) Mengenalinya 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:

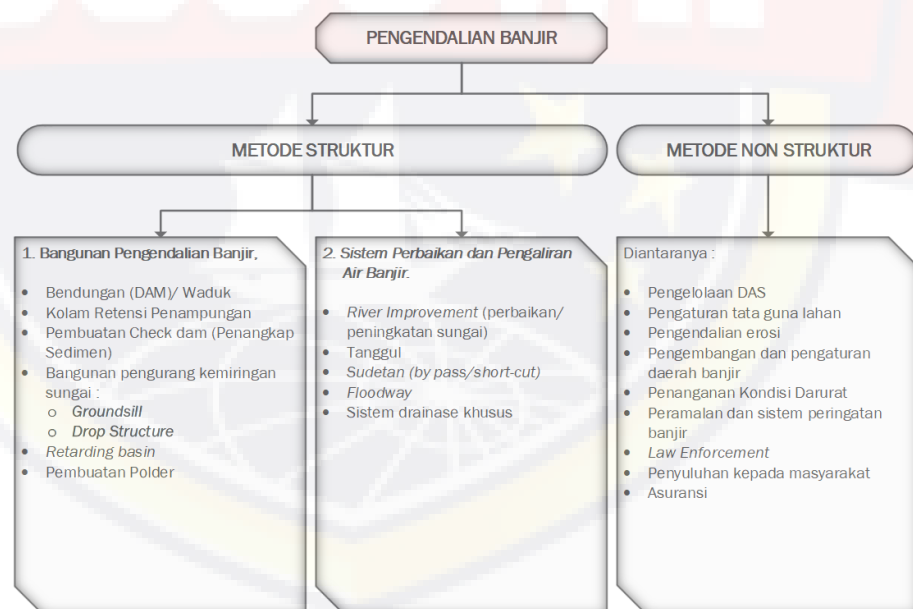
- 1) Bagian hulu:** yaitu dengan membangun dam pengendali banjir yang dapat memperlambat waktu tiba banjir dan

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:

- a) Menurunkan serta memperlambat debit banjir di hulu, sehingga tidak mengganggu daerah-daerah peruntukan di sepanjang sungai.
- b) Mengalirkan debit banjir ke laut secepat mungkin dengan kapasitas cukup di bagian hilir.
- c) Menambah atau memperbesar dimensi tampang alur sungai.
- d) Memperkecil nilai kekasaran alur sungai.
- e) 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.

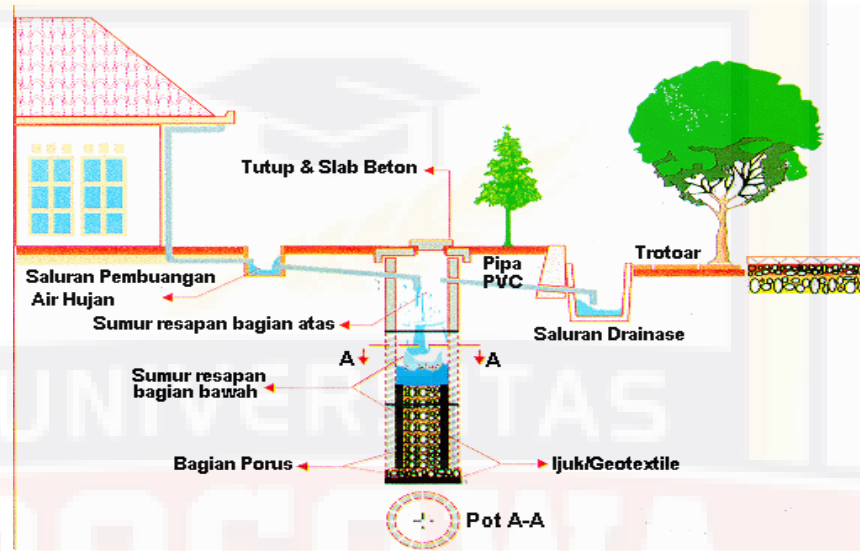
Analisis pengendalian banjir dengan tidak menggunakan bangunan pengendali akan memberikan pengaruh cukup baik terhadap regim sungai. Contoh aktifitas penanganan tanpa bangunan adalah sebagai berikut:

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

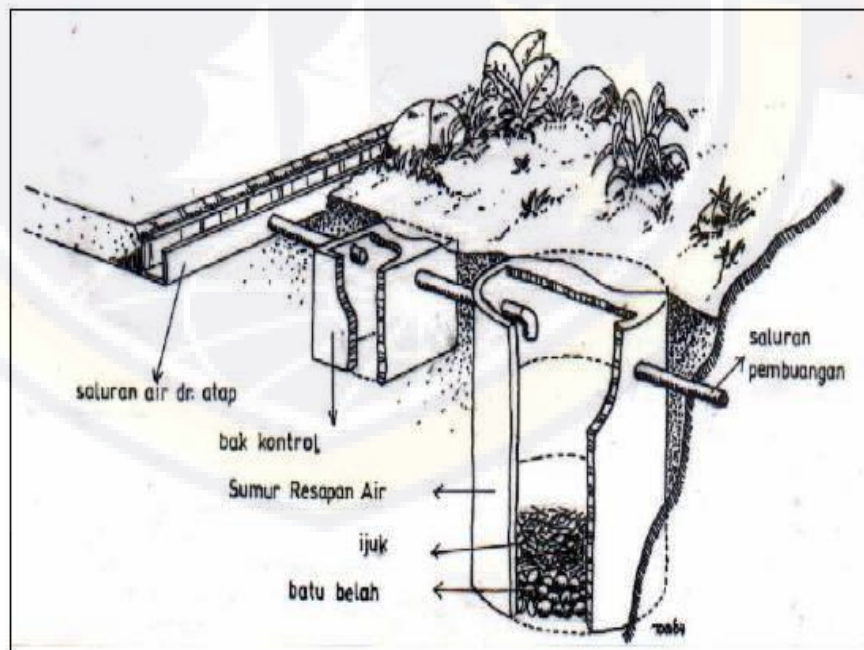
### II.4 Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan sumur atau lubang pada permukaan tanah yang dibuat untuk menampung air hujan agar dapat meresap ke dalam tanah. Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan lubang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum berfungsi untuk menaikkan air tanah ke permukaan. Dengan demikian, konstruksi dan kedalamannya berbeda. Sumur resapan digali dengan kedalaman di

atas muka air tanah, sedangkan sumur air minum digali lebih dalam lagi atau di bawah muka air tanah.



**Gambar 2.1** Sumur Resapan



**Gambar 2.2** Struktur Sumur Resapan



Metode sumur resapan diilhami oleh makin meningkatnya pemanfaatan air tanah saat ini sebagai akibat dari pesatnya perkembangan penduduk, sehingga bertambah pula kebutuhan airnya. Makin berkembangnya daerah pemukiman dan penutupan permukaan tanah oleh lapisan kedap air mengakibatkan daya serap tanah terhadap air hujan yang merupakan sumber utama air tanah semakin berkurang.

#### **II.4.1. Manfaat Sumur Resapan**

- 1) Untuk meresap air hujan Ketika tanah tidak lagi mampu menyerap setiap tetes air hujan, maka sumur akan berfungsi seperti parit yang menampung kelebihanannya sehingga hunian terhindar dari bahaya banjir saat debit hujan tinggi.
- 2) Menampung sumber air untuk keperluan konsumsi
- 3) Untuk kepentingan Irigasi, guna mengairi suatu lahan dan untuk membendung air.
- 4) Menjaga kelembaban tanah disekitar sumur resapan.

#### **II.4.2. Persyaratan Sumur Resapan**

Persyaratan sumur resapan yang harus dipenuhi berdasarkan SNI No. 03- 2453-2002 antara lain sebagai berikut:

- 1) Sumur resapan air hujan di tempatkan pada lahan yang relatif datar.

**2)** Air yang masuk kedalam sumur resapan adalah air hujan yang tidak tercemar.

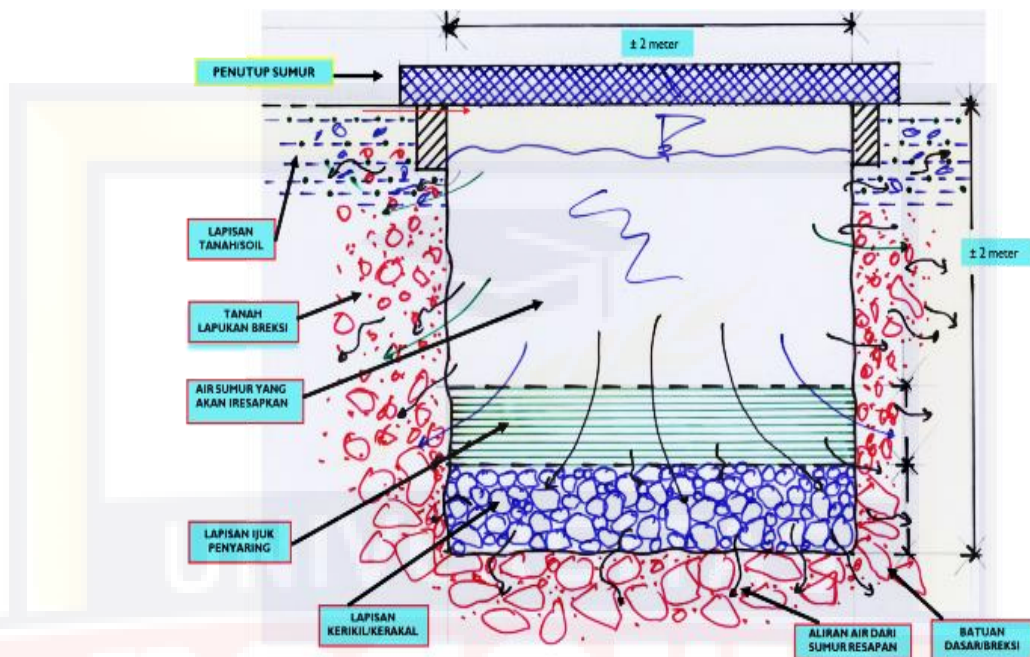
**3)** Penempatan sumur resapan air hujan harus mempertimbangan keamanan bangunan sekitar.

**4)** Harus memperhatikan peraturan daerah setempat.

**5)** Hal – hal yang tidak memenuhi ketentuan ini harus disetujui instansi yang berwenang.

Sunjoto (1989) mengemukakan bahwa upaya pembangunan sumur resapan air hujan merupakan teknik konservasi air yang pada hakekatnya adalah upaya manusia dalam mempertahankan, meningkatkan dan mengembangkan daya guna air sesuai dengan peruntukannya dan dapat dicapai dengan memperbesar tampungan air tanah, memperkecil dimensi jaringan drainase, mempertahankan elevasi muka air tanah, mencegah intrusi air laut untuk daerah pantai dan memperkecil tingkat pencemaran air tanah. Konservasi air merupakan upaya memasukkan air ke dalam tanah baik secara alami atau secara buatan dengan tujuan untuk meningkatkan besarnya laju infiltrasi pada suatu daerah dalam rangka pengisian air tanah. Apabila kegiatan konservasi air berjalan dengan baik maka peluang limpasan permukaan atau genangan air yang terjadi akan sangat kecil (Rachman et al 2014). Oleh sebab itu, sumur resapan sebagai salah satu teknik konservasi air sangat dibutuhkan dalam membantu konservasi air.

Berikut adalah contoh desain konstruksi sumur resapan;



**Gambar 2.3** Detail Sumur Resapan

Adapun tujuan diterapkannya teknologi sumur resapan ialah :

- 1) Pelestarian sumber daya air tanah, perbaikan kualitas lingkungan dan membudayakan kesadaran lingkungan.
- 2) Membantu menanggulangi kekurangan air tanah.
- 3) Menjaga kesetimbangan air didalam tanah.
- 4) Mengurangi limpasan permukaan (*run off*) dan erosi tanah

## II.5 Analisis Data Curah Hujan

### II.5.1. 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 banjir. 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),

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

$K$  : Faktor frekuensi,  $= \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n}$ , .....(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;

$X = \text{Log } X_t$  : 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.5.2. 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 ( $\chi^2$ )

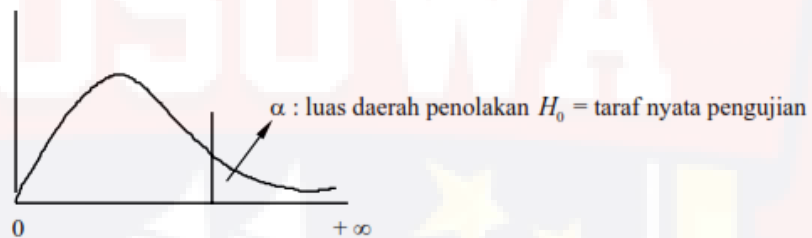
Nilai  $\chi^2$  adalah nilai kuadrat karena itu nilai  $\chi^2$  selalu positif. Bentuk distribusi  $\chi^2$  tergantung dari derajat kebebasan (db) / *degree of freedom*. (Tabel)

Contohnya :

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

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

Pengertian  $\alpha$  pada Uji  $\chi^2$  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  $\chi^2$

$\alpha$		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  $\chi^2$ )

## 2) Penggunaan Chi-Kuadrat ( $\chi^2$ )

Uji  $\chi^2$  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,

$\alpha$  : Jumlah parameter,

Menurut McCuen (2003), jika nilai rerata dan deviasi standar digunakan dalam perhitungan, maka terdapat dua parameter. Sehingga nilai  $\alpha$  untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2. Tetapi jika nilai rerata dan deviasi standar didapatkan dari penelitian atau data sebelumnya maka nilai  $\alpha$  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  $\alpha$  = 5% = 0.05 (Tabel 2.4)

K = 6

db =  $K - 1 = 5$

db = 5;  $\alpha = 0.05 \rightarrow X^2$  tabel db;  $\alpha$  (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
$\Sigma$	120	120	-----	-----	1.70

$\chi^2$  hitung = 1.70

Kesimpulan:

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

### II.5.3. 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<sub>24</sub>* :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.5.4. 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.6 Analisa Debit Genangan Banjir

Metode yang paling sering digunakan untuk mengestimasi debit di suatu daerah aliran sungai dimana tidak ada data pengamatan debitnya adalah Metode Rasional. Untuk menghitung debit genangan banjir digunakan Metode Rasional dimana data hidrologi memberikan kurva intensitas durasi frekuensi yang seragam dengan debit puncak dari curah hujan rata-rata sesuai waktu konsentrasi.

Perhitungan debit genangan menggunakan Metode Rasional dapat dirumuskan sebagai berikut (Kodoatie, 2002):

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A, \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

Q = debit puncak (m<sup>3</sup>/detik)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas hujan dengan durasi sama dengan waktu konsentrasi banjir (mm/jam)

A = Luas Daerah aliran (km<sup>2</sup>)

### 1) Koefisien Aliran Permukaan (C)

Merupakan suatu harga rasio antara aliran permukaan dengan intensitas hujan untuk suatu daerah tangkapan tertentu. Pada kenyataannya, koefisien ini dihitung dari besarnya hambatan atau kehilangan dari curah

hujan sehingga menjadi aliran permukaan. Besarnya kehilangan ini tergantung pada kondisi vegetasi, infiltrasi, kolom permukaan dan evapotranspirasi. Harga koefisien limpasan dapat dilihat pada tabel,

**Tabel 2.5** Koefisien Limpasan

<b>KEADAAN DAERAH PENGALIRAN</b>	<b>KOEFISIEN</b>
Daerah gunung yang curam	0,75 – 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Sungai dengan tanah dan hutan dibagian atas dan bawahnya	0,50 – 0,75
Tanah dasar yang ditanami	0,45 – 0,60
Sawah waktu diairi	0,70 – 0,80
Sungai bergunung	0,75 – 0,85
Sungai dataran	0,45 – 0,75

(sumber ; suwarno,1991)

## 2) Waktu Konsentrasi (Tc)

Yang dimaksud dengan waktu konsentrasi ialah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai ketitik pengamatan aliran air (Outlet) (Imam Subarkah, 1978).

$$T_c = 0,0195 L^{0,77} \times S^{-0,385}, \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

Tc = Waktu konsentrasi (m)

L = Panjang sungai/lereng (m)

S = Kemiringan Lereng (m/m)

Konstanta 0,00278 adalah faktor konversi debit banjir rencana ke satuan ( $\text{m}^3/\text{detik}$ ).





## **BAB III**

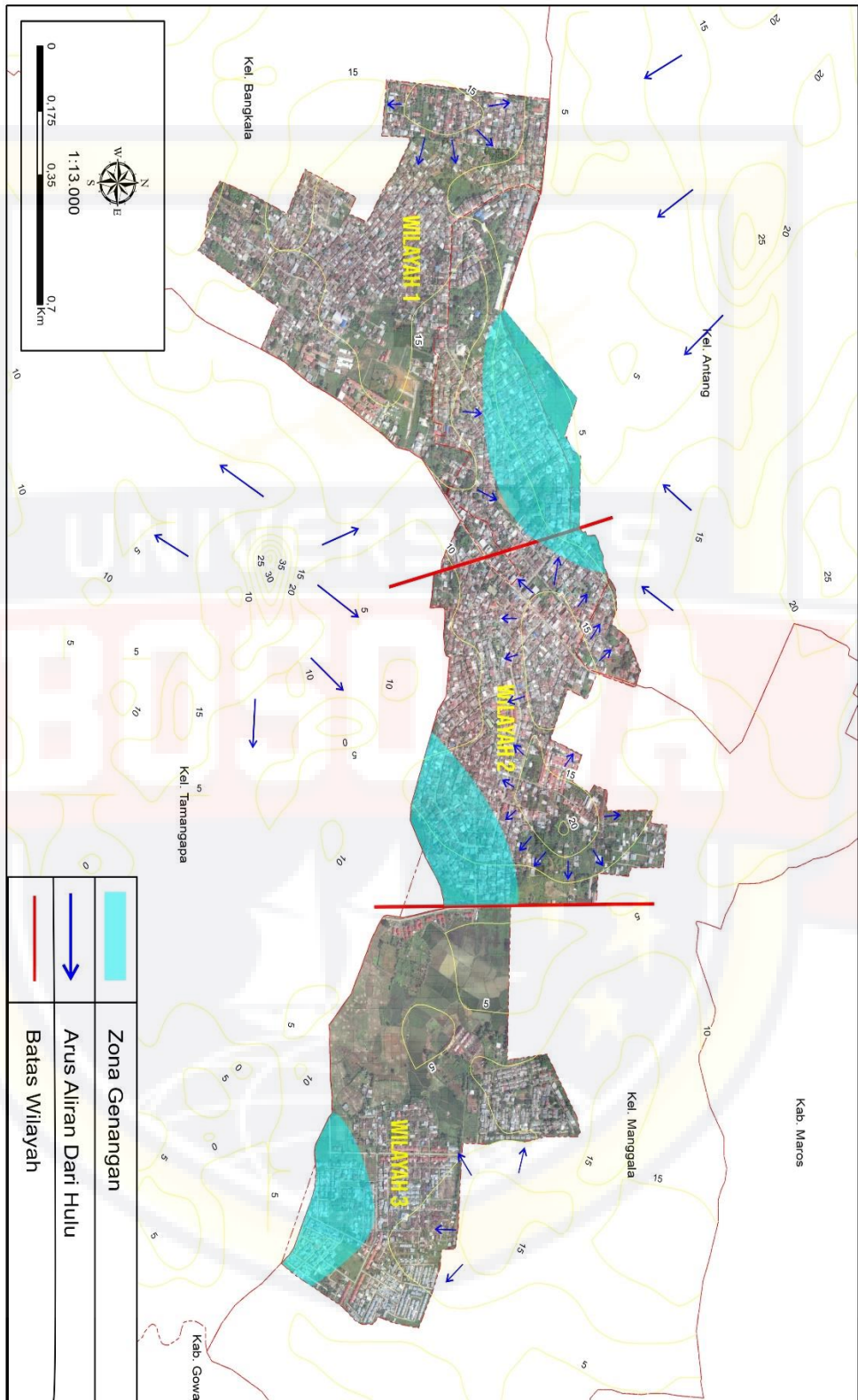
### **METODE PENELITIAN**

#### **III.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan adalah kuantitatif deskriptif. 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 Kelurahan Manggala Kota Makassar, dan dimulai dari bulan Januari 2021.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

### III.3 Objek Penelitian

Menurut Sugiyono (2008:38) menyatakan bahwa objek penelitian adalah “suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk di pelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya”. Sedangkan menurut Umar (2005:303) menyatakan bahwa “objek penelitian menjelaskan tentang apa atau siapa yang menjadi objek penelitian juga dimana dan kapan penelitian dilakukan. Bisa juga ditambahkan hal-hal lain jika dianggap perlu”. Adapun yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah “**Drainase di Kelurahan Manggala Kota Makassar**”.

### III.4 Sumber Data

Peneliti mengelompokkan sumber data ke dalam 2 bagian yaitu:

#### III.4.1. 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. Pengambilan data pada tinjauan kondisi drainase Perumbas Antang, Keliurahan Manggala

---

### **III.4.2. 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 Kota Makassar, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Makassar.

Daftar data sekunder sebagai berikut:

- 1) Curah hujan max. harian Kota Makassar
- 2) Peta banjir dan genangan kota makassar
- 3) Tinggi muka air laut

### **III.5 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.5.1. 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.5.2. Pengumpulan Data,**

Data yang diperlukan pada penelitian ini sebagai

berikut:

- a) Curah hujan harian Max. 10 tahun terakhir.
- b) Peta lokasi dampak banjir.
- c) Peta topografi.
- d) Luas Penampang saluran drainase.

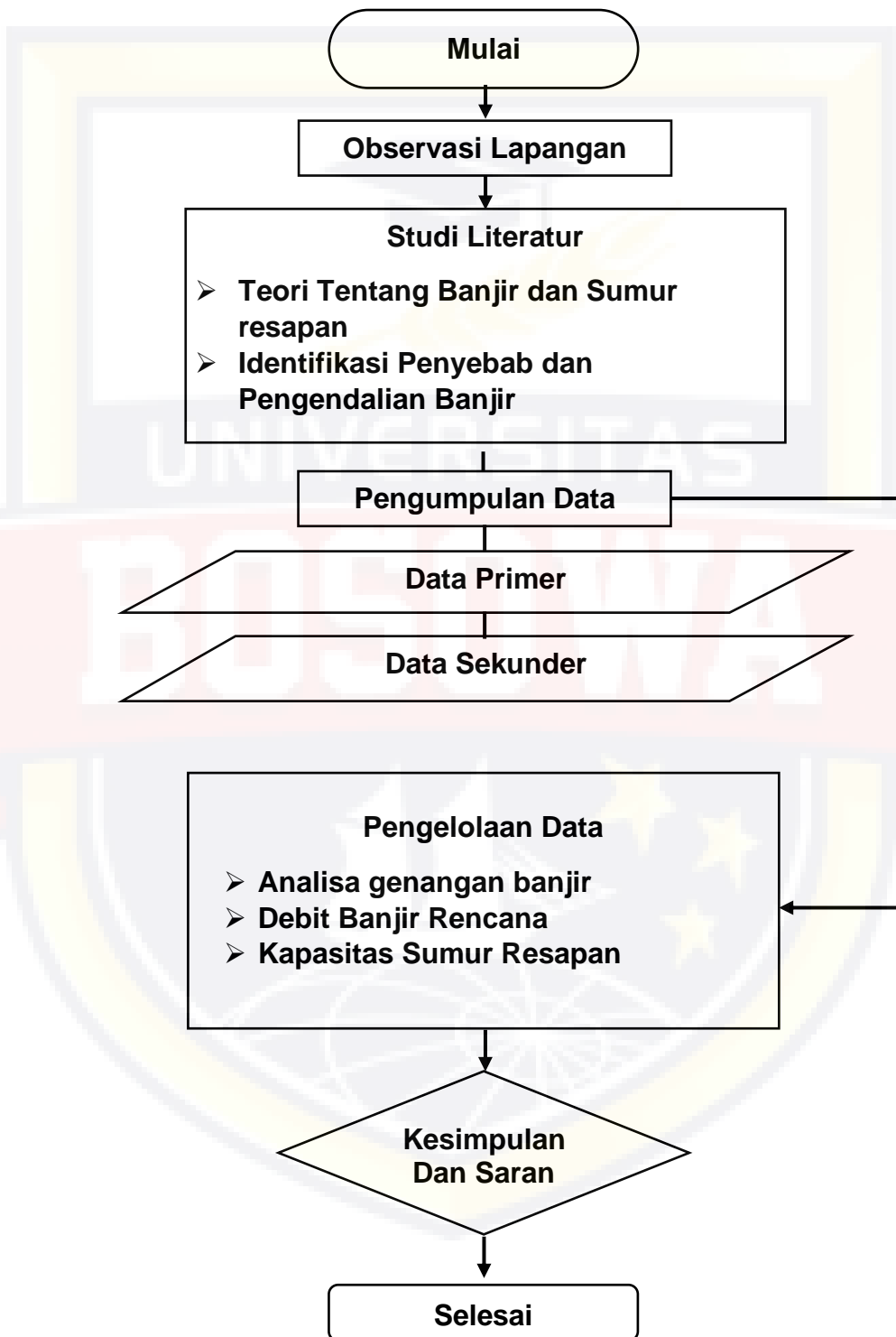
### **III.5.3. Pengolahan Data,**

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

### **III.5.4. 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.6 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*

<b>TAHUN</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>Januari</b>	81	77	120.8	105.2	160.3	160.3	107.9	124.6	84.4	89.1
<b>Februari</b>	122	78	-	70.2	42.8	103.4	120.3	112.8	40.5	95.1
<b>Maret</b>	93	141	-	51.5	127.6	76.2	42.2	152.1	88.5	56.7
<b>April</b>	93	36	-	137.9	69.9	38.7	70.8	40.6	107	35.7
<b>Mei</b>	58	125	-	38.1	5.2	15	6.9	9.5	32.9	122.9
<b>Juni</b>	4	12	-	77	30	23.9	55.8	22.1	46.8	50.6
<b>Juli</b>	1	34.5	21.1	17.5	-	8.5	13.6	25.5	2	2.1
<b>Agustus</b>	-	-	-	2.5	-	-	45.4	1.2	-	16
<b>September</b>	-	-	-	-	-	52	50.9	0.5	-	4.3
<b>Oktober</b>	11	4.7	-	-	-	188.7	40	9.7	-	21
<b>November</b>	58	28	-	30	27.9	57.3	78.5	36.2	61	58.1
<b>Desember</b>	99	77.5	-	137.4	130.7	115.3	156	140.3	62	95.1
<b>maximal</b>	122	141	120.8	137.9	160.3	188.7	156	152.1	107	122.9

(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  $X_i$ ,

$$\bar{X} = \sum X_i \div n = 1407.7 \div 10 = 140.87$$

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

n : Jumlah sampel/data.

- Menghitung nilai  $X_i - \bar{X}$ , Contoh 2020

$$X_i - \bar{X} = 122.9 - 140.87 = -17.97, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai  $(X_i - \bar{X})^2$ , Contoh 2020

$$(X_i - \bar{X})^2 = -17.97^2 = 322.92, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai  $(X_i - \bar{X})^3$ , Contoh 2020

$$(X_i - \bar{X})^3 = -17.97^3 = -5802.89, \text{ dst.}$$

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

$$(X_i - \bar{X})^4 = -17.97^4 = 104277.91, \text{ dst.}$$



- Menghitung nilai S, Standar deviasi,

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

$$= \sqrt{\frac{5258.1}{10-1}} = 24.17$$

**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	122	140.87	-18.87	356.08	-6719.17	126790.76
2012	141	140.87	0.13	0.02	0.002	0.0003
2013	120.8	140.87	-20.07	402.80	-8084.29	162251.79
2014	137.9	140.87	-2.97	8.82	-26.20	77.81
2015	160.3	140.87	19.43	377.52	7335.31	142525.05
2016	188.7	140.87	47.83	2287.71	109421.12	5233612.01
2017	156	140.87	15.13	228.92	3463.51	52402.95
2018	152.1	140.87	11.23	126.11	1416.25	15904.46
2019	107	140.87	-33.87	1147.18	-38854.88	1316014.84
2020	122.9	140.87	-17.97	322.92	-5802.89	104277.91
<b>Jumlah</b>				<b>5258.1</b>	<b>62148.8</b>	<b>7153857.6</b>
<b>S</b>						<b>24.17</b>
<b>N</b>						<b>10</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- $Y_n = 0.495$
- $S_n = 0.950$

- $Y_t \rightarrow t_{10} = 2.251$

- $t_{25} = 3.199$

- $t_{50} = 3.903$

- $t_{100} = 4.601$

(\*)  $Y_n$ ; 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  $K_{100}$ , (2.3)

$$K_{100} = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} = \frac{(4.601 - 0.495)}{0.950} = 4.324, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai  $X_t$ ; Curah hujan dalam periode ulang (tahun), Contoh  $X_{100}$ , (2.1)

$$X_t = \bar{X} + K \times S$$

$$= 140.87 + (4.324 \times 24.17) = 245.383 \text{ mm, dst.}$$

**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	0.495	0.950	2.251	1.849	24.171	140.870	185.562
25	0.495	0.950	3.199	2.848	24.171	140.870	209.699
50	0.495	0.950	3.903	3.588	24.171	140.870	227.606
100	0.495	0.950	4.601	4.324	24.171	140.870	245.383

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### IV.1.2. Metode Log Pearson Type III

Cara yang akan digunakan untuk pemakaian distribusi Log Pearson Type III adalah dengan mengkonfeksikan rangkaian bentuk kumulatif dari distribusi Log Pearson Type III dengan nilai varietasnya  $X$ , 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  $\rightarrow$  tabel logaritma,
- Menghitung  $\overline{\text{Log } X}$ ; Rata-rata  $\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i$ , (2.7)

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}(X_i)}{n} = \frac{21.432}{10} = 2.143$$

- Menghitung  $\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}$ , Contoh  $\text{Log } X_i$  2020

$$\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X} = 2.090 - 2.143 = -0.054, \text{ dst.}$$

- Menghitung  $(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$ , Contoh  $\text{Log } X_i$  2020

$$\begin{aligned} (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2 &= (2.090 - 2.143)^2 \\ &= 0.00287924761, \text{ dst} \end{aligned}$$

- Menghitung  $(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3$ , Contoh  $\text{Log } X_i$  2020

$$\begin{aligned} (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3 &= (2.090 - 2.143)^3 \\ &= -0.000154496, \text{ dst.} \end{aligned}$$

- Menghitung S; Standar deviasi, (2.8)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X}\}^2}{n-1}} = \frac{0.04824404240}{10-1} = 0.073$$

**Tabel 4.4** Transformasi data kedalam harga-harga logaritma

TAHUN	$X_i$	$\text{Log } X_i$	$\frac{\text{Log } X_i}{\overline{\text{Log } X}}$	$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$	$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3$
2011	122	2.086	-0.057	0.0032320	-0.00018374
2012	141	2.149	0.006	0.0000361	0.00000022
2013	120.8	2.082	-0.061	0.0037385	-0.00022859
2014	137.9	2.140	-0.004	0.0000133	-0.00000005
2015	160.3	2.205	0.062	0.0038097	0.00023515
2016	188.7	2.276	0.133	0.0175725	0.00232944
2017	156	2.193	0.050	0.0024914	0.00012436
2018	152.1	2.182	0.039	0.0015147	0.00005895
2019	107	2.029	-0.114	0.0129565	-0.00147480
2020	122.9	2.090	-0.054	0.0028792	-0.00015450
<b>JUMLAH</b>	<b>21.432</b>	<b>0.0000000</b>	<b>0.04824404240</b>	<b>0.00070643661</b>	
			<b>N</b>	<b>10</b>	
			<b><math>\overline{\text{Log } X}</math></b>	<b>2.143</b>	
			<b>S</b>	<b>0.073</b>	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- Menentukan nilai K; Karakteristik distribusi (Tabel 2.3)
  - $K_{10} = 1.282$
  - $K_{25} = 1.751$
  - $K_{50} = 2.054$
  - $K_{100} = 2.326$
- Menghitung nilai  $\text{Log } X_t$ ; Logaritma nilai curah hujan periode ulang (tahun), Contoh  $\text{Log } X_{100}$ , (2.6)

$$\text{Log } X_{100} = \overline{\text{Log } X} + (K \times S)$$

$$= 2.413 + (2.326 \times 0.073) = 2.314, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai  $X_t$ ; Nilai curah hujan periode ulang (tahun), Contoh  $X_{100}$ ,

$$X_{100} = 10^{\text{Log } X_{100}}$$

$$= 10^{2.314} = 205.830 \text{ mm, dst.}$$

**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	1.282	0.073	2.143	2.237	172.613
25	1.751	0.073	2.143	2.271	186.814
50	2.054	0.073	2.143	2.294	196.605
100	2.326	0.073	2.143	2.314	205.830

(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*.

<b>TAHUN (n)</b>	<b><math>X_i</math> (mm)</b>	<b>TAHUN PERIODE ULANG (t)</b>	<b>E.J. GUMBEL</b>	<b>Log Pearson Type III</b>
<b>2011</b>	122	10	185.562	172.613
<b>2012</b>	141	25	209.699	186.814
<b>2013</b>	120.8	50	227.606	196.605
<b>2014</b>	137.9	100	245.383	205.830
<b>2015</b>	160.3	<b>Rata - Rata</b>	<b>217.063</b>	<b>190.465</b>
<b>2016</b>	188.7			
<b>2017</b>	156			
<b>2018</b>	152.1			
<b>2019</b>	107			
<b>2020</b>	122.9			
<b>JUMLAH</b>	<b>1409</b>			

(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  $(\alpha) = 2$ , 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; $\alpha$  (tabel 2.4)
  - Nilai  $\alpha = 10\% \rightarrow 0.1$
  - Nilai  $\alpha = 0$
  - 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),

$$\text{Nilai Interval} = \frac{\text{Max } X_t - \text{Min } X_i}{N} = \frac{245.383 - 107}{4} = 34.596$$

Jadi, batas tiap kelasnya (107 sampai 245.383 ialah

34.596 Misalnya interval  $0.75 < P \leq 0.999$ , dimana;  
 $0.75 \rightarrow 210.8$  dan  $0.99 \rightarrow 99.99\%$  dari  
 $Max X_i(245.383 - Min X_i(107.0)/4$  ialah  $138.383 / 4 =$   
 $34.5958$  kemudian  $+ p \leq 0.50$  (209.699). Maka, nilai  
 untuk interval  $0.75 < P \leq 0.999$  adalah  $210.8 < P \leq$   
 $245.383$ , *dst.*

- Menentukan nilai  $O_i$ ; Frekuensi yang terbaca pada kelas,  
 Misalnya, berapa nilai  $O_i$  pada interval  $0 < P \leq 0.75$   
 $(210.8 < P \leq 245.383)$  terhadap  $X_i$ ? Maka nilai  $O_i$   
 ialah 2 (227.606:245.383;), *dst.*

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

$$E_i = \frac{n}{N} = \frac{14}{4} = 3.5$$

- Menghitung nilai  $(O_i - E_i)$ , Contoh  $0.75 < P \leq 0.99$  ( $O_i -$   
 $E_i$ )

$$(O_i - E_i) = 2 - 3.5 = -1.5, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai  $(O_i - E_i)^2$ , Contoh  $0.75 < P \leq 0.99$   
 $(O_i - E_i)^2$ ,

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

- Menghitung nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ , Contoh  $0.75 < P \leq 0.99$   $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$



$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{2.25}{3.5} = 0.64, \text{ dst.}$$

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

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = 1.7 + 0.07 + 0.07 + 0.64 = 2.6$$

**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	185.561	$0 < P \leq 0.25$	6	3.5	2.5	6.25	1.7857143
25	209.699	$0.25 < P \leq 0.50$	3	3.5	-0.5	0.25	0.0714286
50	227.606	$0.50 < P \leq 0.75$	3	3.5	-0.5	0.25	0.0714286
100	245.383	$0.75 < P \leq 0.999$	2	3.5	-1.5	2.25	0.6428571
						<b><math>X^2</math></b>	<b>2.6</b>

(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 = 2.6

- Kesimpulan,

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

$$2.6 < 2.7$$

Nilai  $X^2$  hitung berada di wilayah  $H_0$  (wilayah

penerimaan) → 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; $\alpha$  (tabel 2.4)
  - Nilai  $\alpha = 1\% \rightarrow 0.1$
  - Nilai  $\alpha = 2$
  - Nilai db (2.12) =  $N - (\alpha+1) = 4 - (2+1) = 1$
  - Nilai  $X^2$  tabel db; $\alpha = 3.841$  (Tabel 2.4)

- Pembagian  $X_t$  kedalam tiap kelas (interval),

$$\text{Nilai Interval} = \frac{\text{Max } X_t - \text{Min } X_i}{N} = \frac{205.83 - 107}{4} = 24.70$$

Jadi, batas tiap kelasnya (107 sampai 205.83) ialah 24.70. Misalnya interval  $0.75 < P \leq 0.99$ , dimana; 0.75 → 181.12 dan 0.99 → 205.83 dari  $\text{Max } X_t - \text{Min } X_i$  (98.83) ialah 24.70 kemudian +  $p < 0.50$  (156.42). Maka, nilai untuk interval  $0.75 < P \leq 0.99$  adalah 181.12 <  $P \leq 205.83$ , dst.

- Menentukan nilai  $O_i$ ; Frekuensi yang terbaca pada kelas,

Misalnya, berapa nilai  $O_i$  pada interval  $0.75 < P \leq 0.99$  ( $181.12 < P \leq 205.83$ ) terhadap  $X_i$ ? Maka nilai  $O_i$  ialah

4 (186.81;188.7;196.6;205.83), *dst.*

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

$$E_i = \frac{n}{N} = \frac{14}{4} = 3.5$$

- Menghitung nilai  $(O_i - E_i)$ , Contoh  $0.75 < P \leq 0.99$  ( $O_i - E_i$ )

$$(O_i - E_i) = 4 - 3.5 = -0.5, \text{ dst.}$$

- Menghitung nilai  $(O_i - E_i)^2$ , Contoh  $0.75 < P \leq 0.99(O_i - E_i)^2$ ,

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

- Menghitung nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ , Contoh  $0.75 < P \leq 0.99 \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

$$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{0.25}{2.3.5} = 0.071, \text{ dst.}$$

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

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = 0.07 + 0.07 + 0.64 + 0.71 = 0.9$$

**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	172.612	$0 < P \leq 0.25$	4	2.5	0.5	0.25	0.071429
25	186.814	$0.25 < P \leq 0.50$	4	2.5	0.5	0.25	0.071429
50	196.604	$0.50 < P \leq 0.75$	2	2.5	-1.5	2.25	0.642857
100	205.830	$0.75 < P \leq 0.999$	4	2.5	0.5	0.25	0.071429
						<b><math>X^2</math></b>	<b>0.9</b>

(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 = 0.9
- Kesimpulan,

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

$$0.9 < 2.7$$

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*.

<b>PERIODE ULANG</b>	<b>E.J. GUMBEL</b>	<b>LOG PEARSON TYPE III</b>
<b>10</b>	185.562	172.613
<b>25</b>	209.699	186.814
<b>50</b>	227.606	196.605
<b>100</b>	245.383	205.830

(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  $t_5$ ,

$$\begin{aligned}
 I_{10}[t_5] &= \frac{54R_{10}+0.007R_{10}^2}{t_5+0.3R_{10}} = \frac{54(185.56)+0.007(185.56)^2}{\frac{5}{60}+0.3(185.56)} \\
 &= \frac{10020.33+241.03}{\frac{5}{60}+61.23}
 \end{aligned}$$

$$= 184,65 \text{ dst.}$$

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

$$\begin{aligned} I_{25}[t_{20}] &= \frac{54R_{25}+0.007R_{25}^2}{t_{20}+0.3R_{25}} = \frac{54(209.70)+0.007(209.70)^2}{\frac{20}{60}+0.3(209.70)} \\ &= \frac{11324+307.82}{\frac{20}{60}+13192.23} \\ &= 183.92 \text{ dst.} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} I_{50}[t_{60}] &= \frac{54R_{50}+0.007R_{50}^2}{t_{60}+0.3R_{50}} = \frac{54(227.61)+0.007(227.61)^2}{\frac{60}{60}+0.3(227.61)} \\ &= \frac{12290.73+362.632}{\frac{60}{60}+68.282} \\ &= 182.64, \text{ dst.} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} I_{100}[t_{240}] &= \frac{54R_{100}+0.007R_{100}^2}{t_{240}+0.3R_{100}} = \frac{54(245.38)+0.007(245.38)^2}{\frac{240}{60}+0.3(245.38)} \\ &= \frac{13250.68+421.48}{\frac{240}{60}+73.61} \\ &= 176.15, \text{ dst.} \end{aligned}$$

**Tabel 4.9** Hasil perhitungan intensitas hujan dengan metode Van Breen

Durasi menit $t$	Intensitas Hujan Metode Van Breen			
	10	25	50	100
	185.56	209.70	227.61	245.38
5	184.05	184.65	185.08	185.52
10	183.78	184.40	184.86	185.31
20	183.23	183.92	184.41	184.89
40	182.15	182.95	183.52	184.06
60	181.08	182.00	182.64	183.24
80	180.02	181.06	181.76	182.42
120	177.94	179.20	180.04	180.81
240	171.97	173.84	175.06	176.15

(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  $[t_5, X_{10}]$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad R_{i[t_5, X_{10}]} &= X_{10} \left( \frac{1218t_5 + 54}{X_{10}(1-t_5) + 1272t_5} \right) \\
 &= 185.56 \left( \frac{\left[ 1218 \times \frac{5}{60} \right] + 54}{185.56 \left[ 1 - \frac{5}{60} \right] + 1272 \times \frac{5}{60}} \right) \\
 &= 185.56 \left( \frac{155.5}{276.09} \right) = 104.51
 \end{aligned}$$

$$\bullet \quad R_{[t_5, X_{10}]} = \sqrt{\frac{11300t_5}{t_5 + 3.12} \left[ \frac{R_i}{100} \right]}$$

$$= \sqrt{\frac{11300 \times \frac{5}{60}}{\frac{5}{60} + 3.12} \left[ \frac{104.51}{100} \right]}$$

$$= \sqrt{293.96} \times 1.04$$

$$= 17.92$$

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

- $I_{[t_5, X_{10}]} = \frac{R}{t_5} = \frac{17.92}{\frac{5}{60}} = \frac{17.92}{0.08} = 224.0 \text{ mm/jam}$

**Tabel 4.10** 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	185.56	104.51	17.92	215.02
10			130.07	31.14	186.82
20			155.85	51.47	154.41
40			176.62	78.78	118.17
60			185.56	97.18	97.18
80			190.54	110.83	83.12
120			195.91	130.16	65.08
240			201.72	160.73	40.18
5	25	209.70	109.34	18.75	224.96
10			139.35	33.36	200.14
20			171.09	56.51	169.52
40			197.84	88.24	132.37
60			209.70	109.82	109.82
80			216.39	125.87	94.40
120			223.69	148.61	74.31
240			231.67	184.58	46.15
5	50	227.61	112.49	19.29	231.44
10			145.63	34.86	209.16
20			181.85	60.06	180.18



Durasi menit (t)	E.J. Gumbel		R <sub>i</sub>	R	I
	Periode Ulang	X <sub>t</sub>			
40			213.35	95.16	142.74
60			227.61	119.20	119.20
80			235.74	137.12	102.84
120			244.66	162.55	81.28
240			254.52	202.79	50.70
5	100	245.38	115.30	19.77	237.23
10			151.42	36.25	217.48
20			192.10	63.44	190.33
40			228.55	101.94	152.91
60			245.38	128.51	128.51
80			255.08	148.37	111.28
120			265.81	176.60	88.30
240			277.76	221.31	55.33

(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)

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

$$= \frac{(101600.65 \times 260834.78) - (17962898.39 \times 1444.22)}{(8 \times 260834.78) - (1444.22 \times 1444.22)} = 615681.77$$

- Menghitung nilai b, (Persamaan 2.22).

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

$$= \frac{(1444.22 \times 101600.65) - (8 \times 17962898.39)}{(8 \times 260834.78) - (1444.22 \times 1444.22)} = 3340.11$$

- Menghitung nilai  $I$  Talbot, (Persamaan 2.20). Contoh  $t_5$

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{615681.77}{5+3340.11} = 184.05 \text{ mm/jam}$$

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)

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

$$= \frac{(102393.33 \times 263634.88) - (18242073 \times 1452.02)}{(8 \times 263634.88) - (1452.02 \times 1452.02)} = 697895.31$$

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

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

$$= \frac{(1452.02 \times 102393.33) - (8 \times 18242073.05)}{(8 \times 263634.88) - (1452.02 \times 1452.02)} = 3774.59$$

- Menghitung nilai  $I$  Talbot, (Persamaan 2.20). Contoh  $t_5$

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{697895.31}{5+3774.59} = 184.65 \text{ mm/jam}$$

**Tabel 4.11 Hasil perhitungan Rumus Talbot → Metode Van Breen**

<b>Rumus Talbot → Metode Van breen</b>						
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>L × t</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I<sup>2</sup> × t</b>	<b>Talbot I</b>
5	<b>10</b>	184.05	920.27	33876.0	169379.84	184.05
10		183.78	1837.80	33774.9	337749.24	183.78
20		183.23	3664.65	33574.2	671483.77	183.23
40		182.15	7285.94	33178.0	1327122.0	182.15
60		181.08	10864.62	32788.9	1967332.8	181.08
80		180.02	14401.45	32406.5	2592521.4	180.02
120		177.94	21352.44	31661.6	3799390.7	177.94
240		171.97	41273.48	29574.7	7097918.7	171.97
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1444.22</b>	<b>101600.65</b>	<b>260834.78</b>	<b>17962898.39</b>	
	<b>a</b>		<b>615681.77</b>			
	<b>b</b>		<b>3340.11</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>L × t</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I<sup>2</sup> × t</b>	<b>Talbot I</b>
5	<b>25</b>	184.65	923.24	34095.0	170475.15	184.65
10		184.40	1844.04	34005.0	340050.00	184.40
20		183.92	3678.37	33826.0	676520.14	183.92
40		182.95	7318.17	33472.2	1338889.4	182.95
60		182.00	10920.00	33124.0	1987439.1	182.00
80		181.06	14484.45	32781.1	2622491.3	181.06
120		179.20	21503.53	32111.2	3853347.8	179.20
240		173.84	41721.53	30220.3	7252860.1	173.84
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1452.02</b>	<b>102393.33</b>	<b>263634.88</b>	<b>18242073.05</b>	
	<b>a</b>		<b>697895.31</b>			
	<b>b</b>		<b>3774.59</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>L × t</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I<sup>2</sup> × t</b>	<b>Talbot I</b>
5	<b>50</b>	185.08	925.42	34256.4	171282.15	185.1
10		184.86	1848.60	34173.1	341730.69	184.9
20		184.41	3688.21	34007.3	680145.16	184.4
40		183.52	7340.76	33679.2	1347169.4	183.5
60		182.64	10958.16	33355.9	2001356.1	182.6
80		181.76	14540.93	33037.3	2642981.5	181.8

<b>Rumus Talbot → Metode Van breen</b>						
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	(*) I	L × t	I <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> × t	Talbot I
120		180.04	21604.49	32413.5	3889618.0	180.0
240		175.06	42013.42	30644.6	7354697.2	175.1
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1457.37</b>	<b>102920.00</b>	<b>265567.25</b>	<b>18428980.13</b>	
	<b>a</b>		<b>759201.94</b>			
	<b>b</b>		<b>4096.91</b>			
Durasi Menit (t)	Periode Ulang (Tahun)	I	L × t	I <sup>2</sup>	I <sup>2</sup> × t	Talbot I
5	<b>100</b>	185.52	927.58	34416.0	172080.19	185.52
10		185.31	1853.06	34338.3	343383.38	185.31
20		184.89	3697.77	34183.7	683674.54	184.89
40		184.06	7362.35	33877.6	1355104.9	184.06
60		183.24	10994.19	33575.6	2014536.5	183.24
80		182.42	14593.72	33277.6	2662209.4	182.42
120		180.81	21697.58	32693.4	3923209.5	180.81
240		176.15	42276.95	31030.2	7447252.3	176.15
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1462.39</b>	<b>103403.20</b>	<b>267392.58</b>	<b>18601450.71</b>	
	<b>a</b>		<b>820330.56</b>			
	<b>b</b>		<b>4416.90</b>			

(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 × t ; I<sup>2</sup> ; I<sup>2</sup> × t sesuai pada (Tabel 4.12).

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

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

$$= \frac{(40692.04 \times 141145.82) - (3630711.84 \times 959.98)}{(8 \times 141145.82) - (959.98 \times 959.98)} = 10877.28$$

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

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

$$= \frac{(959.98 \times 40692.04) - (8 \times 3630711.84)}{(8 \times 141145.82) - (959.98 \times 959.98)} = 48.26$$

- Menghitung nilai  $I$  Talbot, (Persamaan 2.20). Contoh  $t_5$

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{10877.28}{5+48.26} = 204.24 \text{ mm/jam}$$

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)

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

$$= \frac{(45944.29 \times 165545.00) - (4539350.9 \times 1051.7)}{(8 \times 165545.00) - (1051.7 \times 1051.7)} = 12968.89$$

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

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

$$= \frac{(1051.7 \times 45944.29) - (8 \times 4539350.9)}{(8 \times 165545.00) - (1051.7 \times 1051.7)} = 54.97$$

- Menghitung nilai  $I$  Talbot, (Persamaan 2.20). Contoh  $t_5$

$$I = \frac{a}{t+b} = \frac{12968.89}{5+54.97} = 216.27 \text{ mm/jam}$$

**Tabel 4.12 Hasil perhitungan Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen**

<b>Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen</b>						
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>L × t</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I<sup>2</sup> × t</b>	<b>Talbot I</b>
5	10	215.02	1075.11	46234.7	231173.35	204.24
10		186.82	1868.21	34901.9	349019.48	186.71
20		154.41	3088.22	23842.7	476854.22	159.36
40		118.17	4726.62	13963.1	558523.81	123.25
60		97.18	5830.83	9444.04	566642.43	100.48
80		83.12	6649.77	6909.29	552743.00	84.81
120		65.08	7809.69	4235.50	508260.07	64.65
240		40.18	9643.59	1614.56	387495.47	37.73
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>959.98</b>	<b>40692.04</b>	<b>141145.82</b>	<b>3630711.84</b>	
	<b>a</b>		<b>10877.28</b>			
	<b>b</b>		<b>48.26</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>L × t</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I<sup>2</sup> × t</b>	<b>Talbot I</b>
5	25	224.96	1124.82	50608.8	253044.17	216.27
10		200.14	2001.42	40056.7	400567.11	199.62
20		169.52	3390.32	28735.7	574714.19	172.99
40		132.37	5294.64	17520.7	700829.69	136.56
60		109.82	6589.30	12060.8	723647.63	112.81
80		94.40	7551.95	8911.25	712899.77	96.09
120		74.31	8916.83	5521.52	662581.88	74.12
240		46.15	11075.02	2129.44	511066.49	43.97
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1051.7</b>	<b>45944.29</b>	<b>165545.00</b>	<b>4539350.9</b>	
	<b>a</b>		<b>12968.89</b>			
	<b>b</b>		<b>54.97</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>L × t</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I<sup>2</sup> × t</b>	<b>Talbot I</b>
5	50	231.44	1157.18	53562.6	267812.81	224.49
10		209.16	2091.62	43748.8	437487.51	208.51
20		180.18	3603.53	32463.5	649270.97	182.54
40		142.74	5709.63	20374.9	814996.91	146.12
60		119.20	7151.97	14208.5	852512.14	121.82
80		102.84	8227.03	10575.6	846050.11	104.45

<b>Rumus Talbot → Metode Hasper dan Der Weduwen</b>						
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>L × t</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I<sup>2</sup> × t</b>	<b>Talbot I</b>
120		81.28	9753.07	6605.72	792686.98	81.28
240		50.70	12167.33	2570.20	616849.20	48.79
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1117.5</b>	<b>49861.36</b>	<b>184109.88</b>	<b>5277666.6</b>	
	<b>a</b>		<b>14650.92</b>			
	<b>b</b>		<b>60.26</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>L × t</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I<sup>2</sup> × t</b>	<b>Talbot I</b>
5	100	237.23	1186.13	56276.0	281380.18	232.17
10		217.48	2174.78	47296.5	472964.88	216.85
20		190.33	3806.62	36225.9	724517.98	191.58
40		152.91	6116.34	23381.0	935241.55	155.37
60		128.51	7710.57	16514.7	990881.41	130.67
80		111.28	8902.15	12382.5	990603.56	112.75
120		88.30	10596.14	7797.10	935652.17	88.47
240		55.33	13278.39	3061.04	734648.72	53.76
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1181.4</b>	<b>53771.12</b>	<b>202934.83</b>	<b>6065890.5</b>	
	<b>a</b>		<b>16439.13</b>			
	<b>b</b>		<b>65.81</b>			

(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:  $I$  ;  $\log I$  ;  $\log t$  ;  $\log t^2$ ;  $\log t \times \log I$  sesuai pada (Tabel 4.13).

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

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

$$= \left[ \frac{(18.052 \times 22.520) - (28.719 \times 12.743)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \right]^{10}$$

$$= [2.281]^{10} = 190.82$$

- Menghitung nilai b, (Persamaan 2.25)

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

$$= \frac{(18.052 \times 12.743) - (8 \times 28.719)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)}$$

$$= \frac{0.269}{17.782} = 0.015$$

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

Contoh  $t_5$

$$I = \frac{a}{t^b} = \frac{190.822}{5^{0.015}} = \frac{190.822}{1.025} = 186.216 \text{ mm/jam}$$

b) Perhitungan *I* Sherman pada periode ulang 25 Tahun.

- Menghitung nilai a, (Persamaan 2.24). Sebelumnya harus menyelesaikan perhitungan: *I* ; *Log I* ; *Log t* ; *Log t*<sup>2</sup>; *Log t* × *Log I* sesuai pada (Tabel 4.13).

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

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

$$= \left[ \frac{(18.070 \times 22.520) - (28.753 \times 12.743)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \right]^{10}$$

$$= [2.280]^{10} = 190.667$$

- Menghitung nilai b, (Persamaan 2.25)

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



$$= \frac{(18.070 \times 12.743) - (8 \times 28.753)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)}$$

$$= \frac{0.239}{17.782} = 0.013$$

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

Contoh  $t_5$

$$I = \frac{a}{t^b} = \frac{190.667}{5^{0.013}} = \frac{190.667}{1.021} = 186.576 \text{ mm/jam}$$

**Tabel 4.13 Hasil perhitungan Rumus Sherman → Metode Van Breen**

<b>Rumus Sherman → Metode Van breen</b>							
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
5	10	184.054	2.265	0.699	0.489	1.583	186.216
10		183.780	2.264	1.000	1.000	2.264	184.267
20		183.233	2.263	1.301	1.693	2.944	182.338
40		182.148	2.260	1.602	2.567	3.621	180.429
60		181.077	2.258	1.778	3.162	4.015	179.322
80		180.018	2.255	1.903	3.622	4.292	178.541
120		177.937	2.250	2.079	4.323	4.679	177.445
240		171.973	2.235	2.380	5.665	5.321	175.587
<b>n → 8</b>		<b>∑</b>	<b>18.052</b>	<b>12.743</b>	<b>22.520</b>	<b>28.719</b>	
		<b>a</b>	<b>190.822</b>				
		<b>b</b>	<b>0.015</b>				
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
5	25	184.648	2.266	0.699	0.489	1.584	186.576
10		184.404	2.266	1.000	1.000	2.266	184.840
20		183.918	2.265	1.301	1.693	2.946	183.121
40		182.954	2.262	1.602	2.567	3.624	181.418
60		182.000	2.260	1.778	3.162	4.019	180.430
80		181.056	2.258	1.903	3.622	4.297	179.731
120		179.196	2.253	2.079	4.323	4.685	178.752

<b>Rumus Sherman → Metode Van breen</b>							
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
<b>240</b>		173.840	2.240	2.380	5.665	5.332	177.089
	<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>18.070</b>	<b>12.743</b>	<b>22.520</b>	<b>28.753</b>	
		<b>a</b>	<b>190.667</b>				
		<b>b</b>	<b>0.013</b>				
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
<b>5</b>	<b>50</b>	185.085	2.267	0.699	0.489	1.585	186.869
<b>10</b>		184.860	2.267	1.000	1.000	2.267	185.264
<b>20</b>		184.411	2.266	1.301	1.693	2.948	183.673
<b>40</b>		183.519	2.264	1.602	2.567	3.627	182.095
<b>60</b>		182.636	2.262	1.778	3.162	4.021	181.179
<b>80</b>		181.762	2.260	1.903	3.622	4.300	180.531
<b>120</b>		180.037	2.255	2.079	4.323	4.689	179.623
<b>240</b>		175.056	2.243	2.380	5.665	5.339	178.080
	<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>18.083</b>	<b>12.743</b>	<b>22.520</b>	<b>28.776</b>	
		<b>a</b>	<b>190.649</b>				
		<b>b</b>	<b>0.012</b>				
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
<b>5</b>	<b>100</b>	185.516	2.268	0.699	0.489	1.586	187.178
<b>10</b>		185.306	2.268	1.000	1.000	2.268	185.683
<b>20</b>		184.888	2.267	1.301	1.693	2.949	184.201
<b>40</b>		184.059	2.265	1.602	2.567	3.629	182.731
<b>60</b>		183.236	2.263	1.778	3.162	4.024	181.876
<b>80</b>		182.422	2.261	1.903	3.622	4.303	181.272
<b>120</b>		180.813	2.257	2.079	4.323	4.693	180.424
<b>240</b>		176.154	2.246	2.380	5.665	5.346	178.984
	<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>18.095</b>	<b>12.743</b>	<b>22.520</b>	<b>28.797</b>	
		<b>a</b>	<b>190.694</b>				
		<b>b</b>	<b>0.012</b>				

(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 t*<sup>2</sup>; *Log t* × *Log I* sesuai pada (Tabel 4.14).

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

$$\begin{aligned} a &= \left[ \frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \right]^{10} \\ &= \left[ \frac{(16.190 \times 22.520) - (24.846 \times 22.520)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \right]^{10} \\ &= [2.699]^{10} = 499.939 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai *b*, (Persamaan 2.25)

$$\begin{aligned} b &= \frac{\sum[\text{Log } I] \times \sum[\text{Log } t] - \sum n \times \sum[\text{Log } t \times \text{Log } I]}{\sum n \times \sum[\text{Log } t^2] - \sum[\text{Log } t] \times \sum[\text{Log } t]} \\ &= \frac{(16.190 \times 12.743) - (8 \times 24.846)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \\ &= \frac{7.538}{17.782} = 0.424 \end{aligned}$$

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

Contoh  $t_5$

$$I = \frac{a}{t^b} = \frac{499.939}{5^{0.424}} = \frac{499.939}{1.978} = 252.715 \text{ mm/jam}$$

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*<sup>2</sup>; *Log t* × *Log I* sesuai pada (Tabel 4.14).

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

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

$$= \left[ \frac{(17.021 \times 22.520) - (26.302 \times 12.743)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)} \right]^{10}$$

$$= [2.708]^{10} = 509.994$$

- Menghitung nilai  $b$ , (Persamaan 2.25)

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

$$= \frac{(17.021 \times 12.743) - (8 \times 26.302)}{(8 \times 22.520) - (12.743 \times 12.743)}$$

$$= \frac{6.475}{17.782} = 0.364$$

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

Contoh  $t_5$

$$I = \frac{a}{t^b} = \frac{509.994}{5^{0.364}} = \frac{509.994}{1.796} = 283.833 \text{ mm/jam}$$

**Tabel 4.14** Hasil perhitungan Rumus *Sherman* → Metode *Hasper dan Der Weduwen*

<b>Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen</b>							
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
<b>5</b>	<b>10</b>	215.022	2.332	0.699	0.489	1.630	252.715
<b>10</b>		186.821	2.271	1.000	1.000	2.271	188.377
<b>20</b>		154.411	2.189	1.301	1.693	2.848	140.419
<b>40</b>		118.166	2.072	1.602	2.567	3.320	104.670
<b>60</b>		97.180	1.988	1.778	3.162	3.534	88.141
<b>80</b>		83.122	1.920	1.903	3.622	3.653	78.022

<b>Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen</b>							
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
120		65.081	1.813	2.079	4.323	3.770	65.702
240		40.182	1.604	2.380	5.665	3.818	48.975
	<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>16.190</b>	<b>12.743</b>	<b>22.520</b>	<b>24.846</b>	
		<b>a</b>	<b>499.939</b>				
		<b>b</b>	<b>0.424</b>				
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
5	25	224.964	2.352	0.699	0.489	1.644	266.640
10		200.142	2.301	1.000	1.000	2.301	202.236
20		169.516	2.229	1.301	1.693	2.900	153.389
40		132.366	2.122	1.602	2.567	3.399	116.340
60		109.822	2.041	1.778	3.162	3.629	98.968
80		94.399	1.975	1.903	3.622	3.759	88.240
120		74.307	1.871	2.079	4.323	3.890	75.064
240		46.146	1.664	2.380	5.665	3.961	56.933
	<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>16.555</b>	<b>12.743</b>	<b>22.520</b>	<b>25.483</b>	
		<b>a</b>	<b>506.650</b>				
		<b>b</b>	<b>0.399</b>				
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
5	50	231.436	2.364	0.699	0.489	1.653	275.723
10		209.162	2.320	1.000	1.000	2.320	211.714
20		180.176	2.256	1.301	1.693	2.935	162.564
40		142.741	2.155	1.602	2.567	3.452	124.825
60		119.200	2.076	1.778	3.162	3.692	106.953
80		102.838	2.012	1.903	3.622	3.829	95.847
120		81.276	1.910	2.079	4.323	3.971	82.124
240		50.697	1.705	2.380	5.665	4.058	63.059
	<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>16.799</b>	<b>12.743</b>	<b>22.520</b>	<b>25.910</b>	
		<b>a</b>	<b>509.158</b>				
		<b>b</b>	<b>0.381</b>				
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
5	100	237.226	2.375	0.699	0.489	1.660	283.833

<b>Rumus Sherman → Metode Hasper dan Der Weduwen</b>							
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>Log I</b>	<b>Log t</b>	<b>Log t<sup>2</sup></b>	<b>Log t × Log I</b>	<b>Sherman I</b>
10		217.478	2.337	1.000	1.000	2.337	220.523
20		190.331	2.280	1.301	1.693	2.966	171.335
40		152.909	2.184	1.602	2.567	3.500	133.118
60		128.509	2.109	1.778	3.162	3.750	114.847
80		111.277	2.046	1.903	3.622	3.894	103.426
120		88.301	1.946	2.079	4.323	4.046	89.230
240		55.327	1.743	2.380	5.665	4.149	69.327
	<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>17.021</b>	<b>12.743</b>	<b>22.520</b>	<b>26.302</b>	
		<b>a</b>	<b>509.994</b>				
		<b>b</b>	<b>0.364</b>				

(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)

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

$$= \frac{(10590.311 \times 260834.777) - (1891377.686 \times 1444.220)}{(8 \times 260834.777) - (1444.220 \times 1444.220)}$$

$$= 33898.427$$

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

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

$$= \frac{(1444.220 \times 10590.311) - (8 \times 1891377.686)}{(8 \times 260834.777) - (1444.220 \times 1444.220)} = 180.441$$

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

$t_5$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b} = \frac{33898.427}{\sqrt{5}+180.441}$$

$$= \frac{33898.427}{2.236+180.441} = 185.564 \text{ mm/jam}$$

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)

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

$$= \frac{(10708.409 \times 265567.251) - (1933439.558 \times 1457.365)}{(8 \times 265567.251) - (1457.365 \times 1457.365)}$$

$$= 41727.078$$

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

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

$$= \frac{(1457.365 \times 10708.409) - (8 \times 1933439.558)}{(8 \times 265567.251) - (1457.365 \times 1457.365)} = 221.707$$

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

$t_5$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b} = \frac{41727.078}{\sqrt{5}+221.707}$$

$$= \frac{41727.078}{2.236+221.707} = 186.329 \text{ mm/jam}$$

**Tabel 4.15 Hasil perhitungan Rumus Ishiguro → Metode Van Breen**

<b>Rumus Ishiguro → Metode Van breen</b>						
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Period e Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
5	10	184.054	33875.97	411.558	75748.966	185.564
10		183.780	33774.92	581.162	106805.69	184.628
20		183.233	33574.19	819.441	150148.34	183.320
40		182.148	33178.05	1152.01	209836.41	181.502
60		181.077	32788.88	1402.62	253981.57	180.131
80		180.018	32406.52	1610.13	289852.71	178.991
120		177.937	31661.59	1949.20	346835.33	177.112
240		171.973	29574.66	2664.19	458168.68	173.010
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1444.220</b>	<b>260834.777</b>	<b>10590.311</b>	<b>1891377.686</b>	
	<b>a</b>		<b>33898.427</b>			
	<b>b</b>		<b>180.441</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Period e Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
5	25	184.648	34095.03	412.886	76238.803	185.993
10		184.404	34005.00	583.138	107533.25	185.162
20		183.918	33826.01	822.508	151274.50	183.999
40		182.954	33472.24	1157.10	211697.01	182.380
60		182.000	33123.99	1409.77	256577.29	181.156
80		181.056	32781.14	1619.41	293203.44	180.137
120		179.196	32111.23	1962.99	351760.92	178.454
240		173.840	30220.25	2693.11	468170.11	174.767
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1452.017</b>	<b>263634.880</b>	<b>10660.921</b>	<b>1916455.317</b>	
	<b>a</b>		<b>38383.009</b>			
	<b>b</b>		<b>204.132</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Period e Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
5	50	185.085	34256.43	413.862	76599.707	186.329
10		184.860	34173.07	584.577	108064.73	185.561
20		184.411	34007.26	824.709	152085.08	184.487
40		183.519	33679.23	1160.68	213006.18	182.988



<b>60</b>		182.636	33355.94	1414.69	258373.96	181.855
<b>80</b>		181.762	33037.27	1625.72	295494.31	180.910
<b>120</b>		180.037	32413.48	1972.21	355071.92	179.347
<b>240</b>		175.056	30644.57	2711.95	474743.66	175.916
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1457.365</b>	<b>265567.251</b>	<b>10708.409</b>	<b>1933439.558</b>	
	<b>a</b>		<b>41727.078</b>			
	<b>b</b>		<b>221.707</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
<b>5</b>	<b>100</b>	185.516	34416.04	414.825	76956.599	186.674
<b>10</b>		185.306	34338.34	585.989	108587.36	185.960
<b>20</b>		184.888	34183.73	826.846	152874.27	184.961
<b>40</b>		184.059	33877.62	1164.09	214260.89	183.565
<b>60</b>		183.236	33575.61	1419.34	260075.55	182.508
<b>80</b>		182.422	33277.62	1631.63	297644.06	181.627
<b>120</b>		180.813	32693.41	1980.71	358138.39	180.167
<b>240</b>		176.154	31030.22	2728.97	480718.07	176.956
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1462.394</b>	<b>267392.580</b>	<b>10752.397</b>	<b>1949255.191</b>	
	<b>a</b>		<b>45061.383</b>			
	<b>b</b>		<b>239.155</b>			

(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)

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

$$= \frac{(5431.113 \times 141145.819) - (615053.811 \times 959.984)}{(8 \times 141145.819) - (959.984 \times 959.984)}$$

$$= 787.266$$

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

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

$$= \frac{(959.984 \times 54311.113) - (8 \times 615053.811)}{(8 \times 141145.819) - (959.984 \times 959.984)} = 0.997$$

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

$t_5$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} = \frac{787.266}{\sqrt{5} + 0.997}$$

$$= \frac{787.266}{2.236 + 0.997} = 243.5 \text{ mm/jam}$$

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)

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

$$= \frac{(6851.571 \times 202934.834) - (956792.910 \times 1181.357)}{(8 \times 202934.834) - (1181.357 \times 1181.357)}$$

$$= 1141.456$$

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

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

$$= \frac{(1181.357 \times 6851.571) - (8 \times 956792.910)}{(8 \times 202934.834) - (1181.357 \times 1181.357)} = 1.930$$

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

$t_5$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b} = \frac{1141.456}{\sqrt{5}+1.930}$$

$$= \frac{1141.456}{2.236+1.930} = 273.99 \text{ mm/jam}$$

**Tabel 4.16** Hasil perhitungan Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen

<b>Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen</b>						
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Period<sup>e</sup> Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
5	10	215.022	46234.67	480.805	103383.87	243.511
10		186.821	34901.95	590.779	110369.65	189.284
20		154.411	23842.71	690.546	106627.85	143.949
40		118.166	13963.10	747.345	88310.369	107.529
60		97.180	9444.040	752.757	73153.223	90.047
80		83.122	6909.287	743.467	61798.546	79.192
120		65.081	4235.501	712.924	46397.584	65.873
240		40.182	1614.564	622.491	25012.725	47.745
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>959.984</b>	<b>141145.819</b>	<b>5341.113</b>	<b>615053.811</b>	
	<b>a</b>		<b>787.266</b>			
	<b>b</b>		<b>0.997</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Period<sup>e</sup> Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
5	25	224.964	50608.83	503.035	113164.79	256.765
10		200.142	40056.71	632.904	126670.44	204.161
20		169.516	28735.71	758.099	128510.00	158.296
40		132.366	17520.74	837.156	110810.90	120.131
60		109.822	12060.79	850.675	93422.507	101.376
80		94.399	8911.247	844.334	79704.617	89.585
120		74.307	5521.516	813.991	60485.174	74.960
240		46.146	2129.444	714.889	32989.200	54.775
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1051.662</b>	<b>165544.997</b>	<b>5955.083</b>	<b>745757.638</b>	
	<b>a</b>		<b>922.982</b>			

<b>Rumus Ishiguro → Metode Hasper dan Der Weduwen</b>						
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Period e Ulang (Tahun)</b>	<b>(*) I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
	<b>b</b>		<b>1.359</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Period e Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
<b>5</b>	<b>50</b>	231.436	53562.56	517.506	119769.53	265.712
<b>10</b>		209.162	43748.75	661.428	138345.70	214.461
<b>20</b>		180.176	32463.55	805.774	145181.40	168.499
<b>40</b>		142.741	20374.92	902.772	128862.33	129.308
<b>60</b>		119.200	14208.54	923.316	110058.84	109.725
<b>80</b>		102.838	10575.63	919.810	94591.278	97.302
<b>120</b>		81.276	6605.725	890.330	72362.090	81.772
<b>240</b>		50.697	2570.205	785.397	39817.444	60.114
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1117.525</b>	<b>184109.876</b>	<b>6406.333</b>	<b>848988.614</b>	
	<b>a</b>		<b>1029.849</b>			
	<b>b</b>		<b>1.640</b>			
<b>Durasi Menit (t)</b>	<b>Period e Ulang (Tahun)</b>	<b>I</b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>I × √t</b>	<b>I<sup>2</sup> × √t</b>	<b>Ishiguro I</b>
<b>5</b>	<b>100</b>	237.226	56276.04	530.453	125837.04	273.986
<b>10</b>		217.478	47296.49	687.724	149564.63	224.152
<b>20</b>		190.331	36225.90	851.186	162007.15	178.292
<b>40</b>		152.909	23381.04	967.079	147874.67	138.281
<b>60</b>		128.509	16514.69	995.430	127922.24	117.968
<b>80</b>		111.277	12382.54	995.291	110752.85	104.968
<b>120</b>		88.301	7797.101	967.291	85412.967	88.591
<b>240</b>		55.327	3061.036	857.117	47421.371	65.518
<b>n → 8</b>	<b>∑</b>	<b>1181.357</b>	<b>202934.834</b>	<b>6851.571</b>	<b>956792.910</b>	
	<b>a</b>		<b>1141.456</b>			
	<b>b</b>		<b>1.930</b>			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### IV.4.4. Perbandingan Metode Intensitas Curah Hujan

##### Menggunakan Rumus *Talbot, Sherman Dan Ishiguro*

##### 1) Metode *Van breen*

**Tabel 4.17** *Deviasi metode Van Breen periode ulang 10 tahun*

<i>Durasi t (Menit)</i>	<i>M. Van breen I</i>	<i>Persamaan Intensitas Curah Hujan</i>			<i>Deviasi</i>		
		<i>Talbot</i>	<i>Sherman</i>	<i>Ishiguro</i>	<i>Talbot</i>	<i>Sherman</i>	<i>Ishiguro</i>
<b>5</b>	184.05	184.05	186.22	185.56	0.00	2.16	1.51
<b>10</b>	183.78	183.78	184.27	184.63	0.00	0.49	0.85
<b>20</b>	183.23	183.23	182.34	183.32	0.00	0.89	0.09
<b>40</b>	182.15	182.15	180.43	181.50	0.00	1.72	0.65
<b>60</b>	181.08	181.08	179.32	180.13	0.00	1.75	0.95
<b>80</b>	180.02	180.02	178.54	178.99	0.00	1.48	1.03
<b>120</b>	177.94	177.94	177.44	177.11	0.00	0.49	0.83
<b>240</b>	171.97	171.97	175.59	173.01	0.00	3.61	1.04
<b>DEVIASI TOTAL</b>					<b>0.00</b>	<b>12.60</b>	<b>6.93</b>
<b>DEVIASI RATA-RATA</b>					<b>0.00</b>	<b>1.58</b>	<b>0.87</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.18** *Deviasi metode Van Breen periode ulang 25 tahun*

<i>Durasi t (Menit)</i>	<i>M. Van breen I</i>	<i>Persamaan Intensitas Curah Hujan</i>			<i>Deviasi</i>		
		<i>Talbot</i>	<i>Sherman</i>	<i>Ishiguro</i>	<i>Talbot</i>	<i>Sherman</i>	<i>Ishiguro</i>
<b>5</b>	184.65	184.65	186.58	185.99	0.00	1.93	1.34
<b>10</b>	184.40	184.40	184.84	185.16	0.00	0.44	0.76
<b>20</b>	183.92	183.92	183.12	184.00	0.00	0.80	0.08
<b>40</b>	182.95	182.95	181.42	182.38	0.00	1.54	0.57
<b>60</b>	182.00	182.00	180.43	181.16	0.00	1.57	0.84
<b>80</b>	181.06	181.06	179.73	180.14	0.00	1.32	0.92
<b>120</b>	179.20	179.20	178.75	178.45	0.00	0.44	0.74
<b>240</b>	173.84	173.84	177.09	174.77	0.00	3.25	0.93
<b>DEVIASI TOTAL</b>					<b>0.00</b>	<b>11.28</b>	<b>6.19</b>
<b>DEVIASI RATA-RATA</b>					<b>0.00</b>	<b>1.41</b>	<b>0.77</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.19** Deviasi metode Van Breen periode ulang 50 tahun

Durasi <i>t</i> (Menit)	M. Van breen <i>I</i>	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
<b>5</b>	185.08	185.08	186.87	186.33	0.00	1.78	1.24
<b>10</b>	184.86	184.86	185.26	185.56	0.00	0.40	0.70
<b>20</b>	184.41	184.41	183.67	184.49	0.00	0.74	0.08
<b>40</b>	183.52	183.52	182.10	182.99	0.00	1.42	0.53
<b>60</b>	182.64	182.64	181.18	181.85	0.00	1.46	0.78
<b>80</b>	181.76	181.76	180.53	180.91	0.00	1.23	0.85
<b>120</b>	180.04	180.04	179.62	179.35	0.00	0.41	0.69
<b>240</b>	175.06	175.06	178.08	175.92	0.00	3.02	0.86
<b>DEVIASI TOTAL</b>					<b>0.00</b>	<b>10.48</b>	<b>5.74</b>
<b>DEVIASI RATA-RATA</b>					<b>0.00</b>	<b>1.31</b>	<b>0.72</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.20** Deviasi metode Van Breen periode ulang 100 tahun

Durasi <i>t</i> (Menit)	M. Van breen <i>I</i>	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
<b>5</b>	185.52	185.52	187.18	186.67	0.00	1.66	1.16
<b>10</b>	185.31	185.31	185.68	185.96	0.00	0.38	0.65
<b>20</b>	184.89	184.89	184.20	184.96	0.00	0.69	0.07
<b>40</b>	184.06	184.06	182.73	183.56	0.00	1.33	0.49
<b>60</b>	183.24	183.24	181.88	182.51	0.00	1.36	0.73
<b>80</b>	182.42	182.42	181.27	181.63	0.00	1.15	0.80
<b>120</b>	180.81	180.81	180.42	180.17	0.00	0.39	0.65
<b>240</b>	176.15	176.15	178.98	176.96	0.00	2.83	0.80
<b>DEVIASI TOTAL</b>					<b>0.00</b>	<b>9.78</b>	<b>5.35</b>
<b>DEVIASI RATA-RATA</b>					<b>0.00</b>	<b>1.22</b>	<b>0.67</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

## 2) Metode Hasper dan Der Weduwen

**Tabel 4.21** Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode

ulang 10 tahun

Durasi <i>t</i> (Menit)	Hasper dan Der Weduwen <i>I</i>	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	215.02	204.24	252.72	243.51	10.78	37.69	28.49
10	186.82	186.71	188.38	189.28	-0.11	1.56	2.46
20	154.41	159.36	140.42	143.95	4.95	13.99	10.46
40	118.17	123.25	104.67	107.53	5.08	13.50	10.64
60	97.18	100.48	88.14	90.05	3.30	9.04	7.13
80	83.12	84.81	78.02	79.19	1.69	5.10	3.93
120	65.08	64.65	65.70	65.87	0.43	0.62	0.79
240	40.18	37.73	48.97	47.75	2.45	8.79	7.56
<b>DEVIASI TOTAL</b>					<b>28.56</b>	<b>90.29</b>	<b>71.47</b>
<b>DEVIASI RATA-RATA</b>					<b>3.57</b>	<b>11.29</b>	<b>8.93</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.22** Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode

ulang 25 tahun

Durasi <i>t</i> (Menit)	Hasper dan Der Weduwen <i>I</i>	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	224.96	216.27	266.64	256.77	8.70	41.68	31.80
10	200.14	199.62	202.24	204.16	-0.52	2.09	4.02
20	169.52	172.99	153.39	158.30	3.48	16.13	11.22
40	132.37	136.56	116.34	120.13	4.20	16.03	12.24
60	109.82	112.81	98.97	101.38	2.98	10.85	8.45
80	94.40	96.09	88.24	89.59	1.69	6.16	4.81
120	74.31	74.12	75.06	74.96	0.19	0.76	0.65
240	46.15	43.97	56.93	54.77	2.18	10.79	8.63
<b>DEVIASI TOTAL</b>					<b>22.89</b>	<b>104.48</b>	<b>81.82</b>
<b>DEVIASI RATA-RATA</b>					<b>2.86</b>	<b>13.06</b>	<b>10.23</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.23** Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang 50 tahun

Durasi <i>t</i> (Menit)	Hasper dan Der Weduwen <i>I</i>	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	231.44	224.49	275.72	265.71	6.95	44.29	34.28
10	209.16	208.51	211.71	214.46	-0.65	2.55	5.30
20	180.18	182.54	162.56	168.50	2.36	17.61	11.68
40	142.74	146.12	124.82	129.31	3.38	17.92	13.43
60	119.20	121.82	106.95	109.73	2.62	12.25	9.47
80	102.84	104.45	95.85	97.30	1.61	6.99	5.54
120	81.28	81.28	82.12	81.77	0.00	0.85	0.50
240	50.70	48.79	63.06	60.11	1.90	12.36	9.42
<b>DEVIASI TOTAL</b>					<b>18.18</b>	<b>114.81</b>	<b>89.61</b>
<b>DEVIASI RATA-RATA</b>					<b>2.27</b>	<b>14.35</b>	<b>11.20</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Tabel 4.24** Deviasi metode Hasper dan Der Weduwen periode ulang 100 tahun

Durasi <i>t</i> (Menit)	Hasper dan Der Weduwen <i>I</i>	Persamaan Intensitas Curah Hujan			Deviasi		
		Talbot	Sherman	Ishiguro	Talbot	Sherman	Ishiguro
5	237.23	232.17	283.83	273.99	5.06	46.61	36.76
10	217.48	216.85	220.52	224.15	-0.62	3.05	6.67
20	190.33	191.58	171.33	178.29	1.25	19.00	12.04
40	152.91	155.37	133.12	138.28	2.46	19.79	14.63
60	128.51	130.67	114.85	117.97	2.16	13.66	10.54
80	111.28	112.75	103.43	104.97	1.47	7.85	6.31
120	88.30	88.47	89.23	88.59	-0.17	0.93	0.29
240	55.33	53.76	69.33	65.52	1.57	14.00	10.19
<b>DEVIASI TOTAL</b>					<b>13.17</b>	<b>124.88</b>	<b>97.43</b>
<b>DEVIASI RATA-RATA</b>					<b>1.65</b>	<b>15.61</b>	<b>12.18</b>

(Sumber: Hasil Perhitungan)



### 3) Kesimpulan Metode dan Rumus Yang Digunakan

**Tabel 4.25** *Deviasi antara data terukur dengan data hasil rencana*

<b>Periode Ulang (Tahun)</b>	<b>Metode Van breen</b>			<b>Metode Hasper dan Der Weduwen</b>		
	<b>Talbot</b>	<b>Sherman</b>	<b>Ishiguro</b>	<b>Talbot</b>	<b>Sherman</b>	<b>Ishiguro</b>
<b>10</b>	<b>0.00</b>	1.58	0.87	3.57	11.29	8.93
<b>25</b>	<b>0.00</b>	1.41	0.77	2.86	13.06	10.23
<b>50</b>	<b>0.00</b>	1.31	0.72	2.27	14.35	11.20
<b>100</b>	<b>0.00</b>	1.22	0.67	1.65	15.61	12.18
<b>Rata-rata</b>	<b>0.00</b>	<b>1.38</b>	<b>0.76</b>	<b>2.59</b>	<b>13.58</b>	<b>10.64</b>

(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 4.26** *Hujan efektif tiap periode ulang hujan*

<b>PUH</b>	<b>Intensitas Hujan/jam</b>	<b>Koefisien</b>	<b>Hujan Efektif</b>
<b>10</b>	181.08	0.8	144.86
<b>25</b>	182.00	0.8	145.60
<b>50</b>	182.64	0.8	146.11
<b>100</b>	183.24	0.8	146.59

(Sumber: Hasil Perhitungan)

#### IV.5 Perhitungan Debit Genangan Banjir

Perhitungan debit genangan banjir untuk setiap penggunaan metode rasional dengan rumus

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A$$

Dimana :

Q = Debit Banjir Rencana (m<sup>3</sup>/detik)

C = Koefisien Pengaliran

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas Daerah Genangan Banjir

Untuk Koefisien pengaliran (C) berdasarkan Tabel, kawasan genangan Perumnas Antang, Kelurahan Manggala dapat ditentukan seperti di bawah ini :

Daerah Pemukiman padat = 0.8 , sesuai dengan Tata Guna Lahan Kota Makassar.

Diketahui :

A = 2.987 ha (wilayah 1)

= 2.415 ha (wilayah 2)

= 1.991 ha (wilayah 3)

C = 0.8

I<sub>60</sub> = 181.08 mm/jam

Sehingga :

$$Q_{60} = 0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$= 0.278 \times 0.8 \times 181.08 \times 7.3936$$

$$= 297.75 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.27** Debit Genangan Banjir Wilayah 1 Kelurahan Manggala.

Durasi / Menit (T)	C	I (mm/jam)	Debit Saluran (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Genangan (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Genangan Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
5	0.8	184.05	81.20	302.65	221.45
10		183.78	81.08	302.20	221.12
20		183.23	80.84	301.30	220.46
40		182.15	80.36	299.51	219.16
60		181.08	79.88	297.75	217.87
80		180.02	79.42	296.01	216.59
120		177.94	78.50	292.59	214.09
240		171.97	75.87	282.78	206.91

**Tabel 4.28** Debit Genangan Banjir Wilayah 2 Kelurahan Manggala.

Durasi / Menit (T)	C	I (mm/jam)	Debit Saluran (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Genangan (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Genangan Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
5	0.8	184.05	78.45	297.98	219.53
10		183.78	77.60	294.23	216,63
20		183.23	77.49	289.45	211,96
40		182.15	76.32	288.76	212,44
60		181.08	75.56	286.89	211,33
80		180.02	74.80	285.08	210,28
120		177.94	74.43	278.70	204.27
240		171.97	73.88	273.72	199.84

**Tabel 4.29** Debit Genangan Banjir Wilayah 3 Kelurahan Manggala.

Durasi / Menit (T)	C	I (mm/jam)	Debit Saluran (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Genangan (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Genangan Banjir (m <sup>3</sup> /detik)
5	0.8	184.05	81.20	187.65	106,45
10		183.78	81.08	186.20	105,12
20		183.23	80.84	185.30	104,46
40		182.15	80.36	184.51	104,15
60		181.08	79.88	183.75	103,87
80		180.02	79.42	182.01	102,59
120		177.94	78.50	181.59	103,09
240		171.97	75.87	180.78	104,91

(sumber : Hasil perhitungan)

#### IV.6 Usulan Penanggulangan

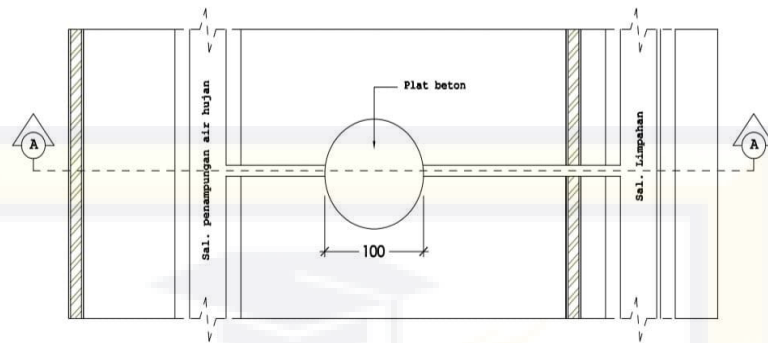
Berdasarkan Perhitungan Debit Banjir Rencana maka dapat diambil beberapa usulan alternative penanganan. Usulan alternative secara teknis yang akan dilaksanakan dalam penanganan banjir di Kelurahan Manggala adalah Sumur Resapan atau Lubang Biopori.

#### IV.7 Perencanaan Sumur Resapan

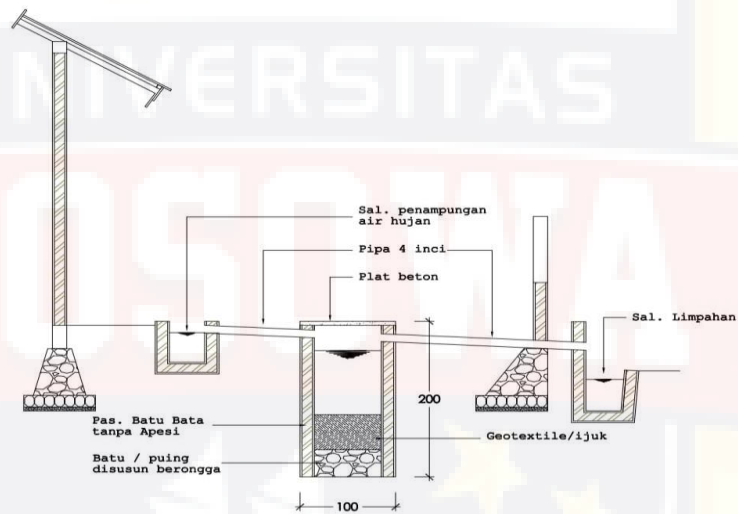
Untuk perhitungan volume sumur resapan, terlebih dahulu di tentukan diameter sumur ( $D_{sumur}$ ) dan kedalaman sumur ( $H_{sumur}$ ).  
yaitu,

$$D_{sumur} = 1 \text{ m}$$

$$H_{sumur} = 2 \text{ m}$$



**Gambar 4.1** Tampak atas sumur resapan



**Gambar 4.2** Tampak samping sumur resapan

Selanjutnya perhitungan volume dan penentuan jumlah sumur resapan pada wilayah 1, 2 dan 3 di Kelurahan Manggala

$$V_{\text{sumur}} = \left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \times h$$

$$V_{\text{sumur}} = \left( \frac{1}{4} \times 3.14 \times 1^2 \right) \times 2$$

$$V_{\text{sumur}} = 1,57 \text{ m}^3$$

Kemudian Jumlah sumur resapan yang di butuhkan untuk wilayah 1, 2 dan 3 pada Kelurahan Manggala dapat dilihat menggunakan rumus,

#### Wilayah 1

$$n = \text{Debit Genangan Banjir} / V_{\text{sumur}}$$

$$n = 217.8 / 1.57 \text{ m}^3$$

$$n = 216 \text{ unit}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka jumlah sumur resapan yang dibutuhkan pada wilayah 1 Kelurahan Manggala sebanyak **216** unit.

#### Wilayah 2

$$n = \text{Debit Genangan Banjir} / V_{\text{sumur}}$$

$$n = 211,33 / 1.57 \text{ m}^3$$

$$n = 209 \text{ unit}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka jumlah sumur resapan yang dibutuhkan pada wilayah 2 Kelurahan Manggala sebanyak **209** unit.

### Wilayah 3

$$n = \text{Debit Genangan Banjir} / V_{\text{sumur}}$$

$$n = 103,87 / 1.57 \text{ m}^3$$

$$n = 102 \text{ unit}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka jumlah sumur resapan yang dibutuhkan pada wilayah 2 Kelurahan Manggala sebanyak **102** unit.

UNIVERSITAS

**BOSOWA**



## BAB V

### HASIL DAN KESIMPULAN

#### V.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa hidrologi, maka dapat disimpulkan:

- 1) Penyebab genangan yang terjadi di 3 Kawasan Kelurahan Manggala ialah debit saluran lebih kecil daripada debit genangan sehingga saluran tidak dapat mengaliri atau menampung tersebut sehingga terjadi peluapan sebesar  $533 \text{ m}^3/\text{dtk}$ .
- 2) Cara pengendalian yang dipilih untuk mengendalikan debit genangan banjir ialah pembuatan sumur resapan dengan volume sebesar  $1,57 \text{ m}^3/\text{buah}$  dengan jumlah **527** buah sumur resapan.

#### V.2 Saran

Saran yang diberikan dari penulis skripsi ialah:

- 1) Untuk membangun sumur resapan diperlukan lahan sebesar  $2 \text{ m}^2$  untuk 1 sumur atau  $1054 \text{ m}^2$  untuk keseluruhan jumlah sumur yang direncanakan dan dibangun pada daerah hulu.
- 2) Selain membangun sumur resapan juga diperlukan penambahan ukuran dimensi drainase guna memaksimalkan penampungan debit genangan yang terjadi di wilayah Kelurahan Manggala, Kota Makassar.





## DAFTAR PUSTAKA

- Azwarman H. *Kajian Sumur Resapan Antisipasi Genangan Air Pada Perumahan Permata Kenali Untuk Pencegahan Banjir*. 2015. Jambi. Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi.
- Ayu Wahyuningtyas. *Strategi Penerapan Sumur Resapan Sebagai Teknologi Ekodrainase Di Kota Malang (Studi Kasus: Sub Das Metro)*. 2011. Jurnal Tata Kota dan Daerah Volume 3, Nomor 1.
- Bahunta, Lusiana. *Rancangan Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Upaya Pengurangan Limpasan di Kampung Babakan, Cibinong, Kabupaten Bogor*. 2018. Bogor. Institute Pertanian Bogor.
- Cahyadi Upomo, Togani. Kusumawardani, Rini. 2016. *Pemilihan distribusi probabilitas pada analisa hujan dengan metode goodness of fit test*, (online), (<https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jtsp/article/view/7480>, diakses 12 Maret 2021).
- Damayanti, Wahyu Dwi. *Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu\Usaha Pencegahan Terjadinya Limpasan Pada Perumahan Graha Sejahtera 7 Boyolali*. 2011 Boyolali. Universitas Sebelas Maret.

Fauziah, Rahmi. *Pengendalian Banjir Menggunakan Pompa*. 2015. Jom  
FTEKNIK. Volume 2 No 1.

Fat, Lin Yun. Uji *Laboratorium Resapan Berpori Sebagai Kendali Banjir  
Daerah Genangan Perumnas Antang*. 2014. Makassar.  
Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin.

Koosdaryani. *Penggunaan modifikasi desain sumur resapan sebagai  
pengisian kembali air tanah dan pengendalian banjir di  
kelurahan sewu surakarta*. 2009. surakarta. Universitas  
Sebelas Maret.

Lembaga Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan  
Konstruksi. 2017. *Modul Metode Pengendalian Banjir  
Pelatihan Pengendalian Banjir*. Kementerian PUPR.  
Bandung.

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

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

Wahyuningtias, ayu. Hariyani, Septiana. Sutikni, Fauzul Rizal. *Strategi  
Penerapan Sumur Resapan Sebagai Teknologi  
Ekodrainase di Kota Malang*. 2011. Malang. Universitas  
Brawijaya

## LAMPIRAN

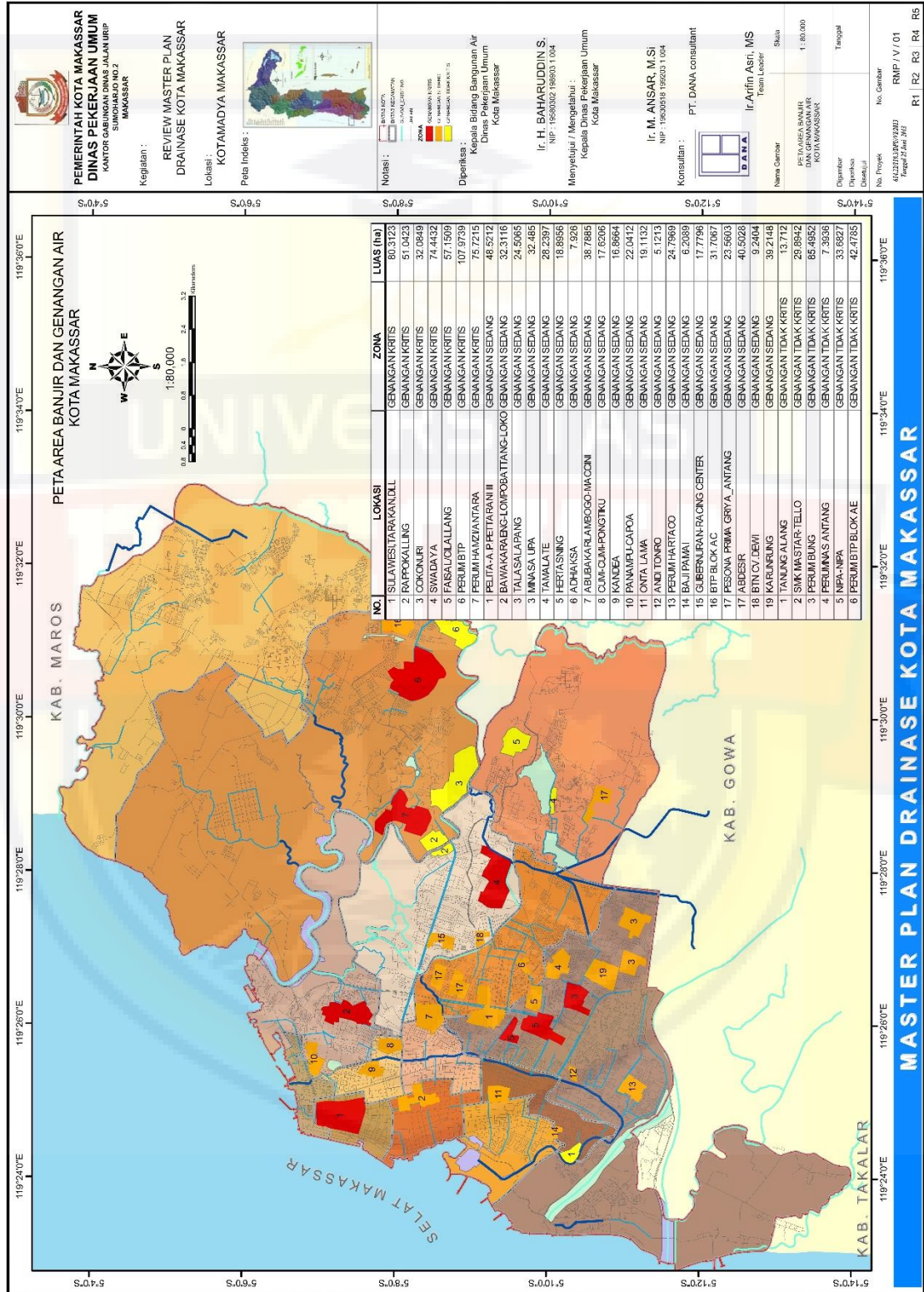
### 1.) Data Sekunder

Lampiran 1. Data Curah Hujan Tahun 2010 – 2020 Makassar

<b>TAHUN</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>Januari</b>	81	77	120.8	105.2	160.3	160.3	107.9	124.6	84.4	89.1
<b>Februari</b>	122	78	-	70.2	42.8	103.4	120.3	112.8	40.5	95.1
<b>Maret</b>	93	141	-	51.5	127.6	76.2	42.2	152.1	88.5	56.7
<b>April</b>	93	36	-	137.9	69.9	38.7	70.8	40.6	107	35.7
<b>Mei</b>	58	125	-	38.1	5.2	15	6.9	9.5	32.9	122.9
<b>Juni</b>	4	12	-	77	30	23.9	55.8	22.1	46.8	50.6
<b>Juli</b>	1	34.5	21.1	17.5	-	8.5	13.6	25.5	2	2.1
<b>Agustus</b>	-	-	-	2.5	-	-	45.4	1.2	-	16
<b>September</b>	-	-	-	-	-	52	50.9	0.5	-	4.3
<b>Oktober</b>	11	4.7	-	-	-	188.7	40	9.7	-	21
<b>November</b>	58	28	-	30	27.9	57.3	78.5	36.2	61	58.1
<b>Desember</b>	99	77.5	-	137.4	130.7	115.3	156	140.3	62	95.1
<b>maximal</b>	122	141	120.8	137.9	160.3	188.7	156	152.1	107	122.9

(Sumber: BMKG Wilayah IV)

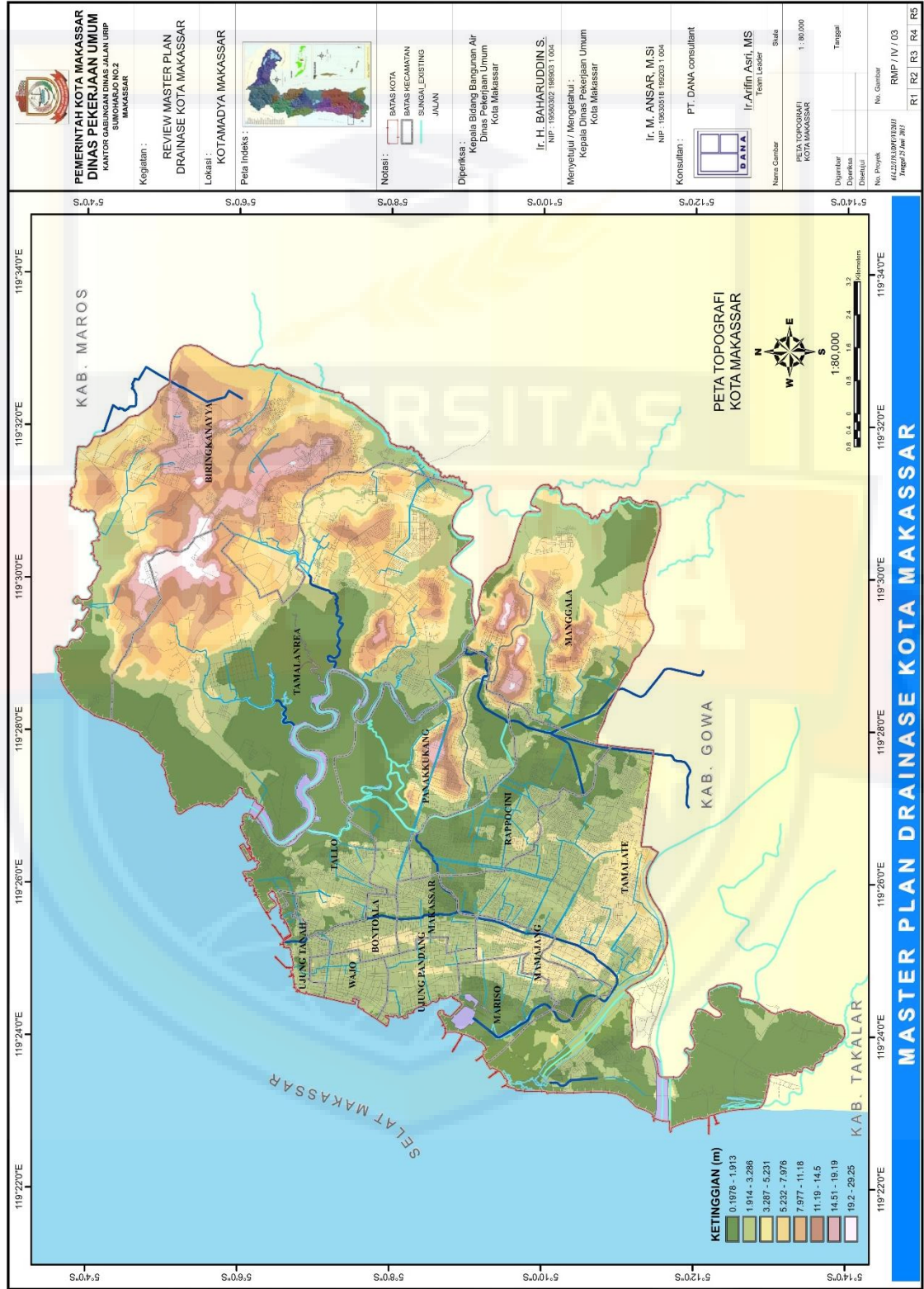
## Lampiran 2. Peta Banjir dan Genangan Kota Makassar



(Sumber: Dinas PUPR Kota Makassar)



### Lampiran 3. Peta Topografi Kota Makassar



(Sumber: Dinas PUPR Kota Makassar)





## Lampiran 5. Tabel Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase

**Potongan Melintang**

**TABEL PERHITUNGAN KAPASITAS SALURAN DRAINASE**

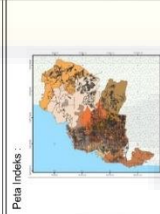
Dimensi Saluran

No	Nama Saluran	Riots Saluran	Dimensi Saluran										Data Lapangan				Kud.			
			n	m	%	S	b	h	A	P	R	V	Q	Panjang (m)	El. Awal (m)	El. Akhir (m)		Slope (%)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
61	II Swadaya	SS Sw	0.018	0.00	0.00500	2.00	1.37	2.73	4.73	0.68	2.72	7.44	703.93	1.26	0.73	0.08				
62	II Swadaya	SS Sw	0.018	0.00	0.00500	2.00	1.26	2.52	4.52	0.50	2.66	6.72	646.05	4.03	1.71	0.37				
63	II Swadaya	SS Sw	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.96	1.92	3.92	0.49	2.44	4.69	475.16	4.59	1.62	0.63				
64	II Swadaya	SS Sw	0.018	0.00	0.00500	2.00	1.20	2.39	4.39	0.54	2.62	6.27	1339.82	0.96	2.20	-0.09				
65	II Swadaya	SS Sw	0.018	0.00	0.00500	2.00	1.17	2.34	4.34	0.54	2.60	6.08	675.79	2.87	2.23	0.11				
66	II Swadaya	SS Sw	0.018	0.00	0.00500	2.00	1.18	2.35	4.35	0.54	2.61	6.14	541.99	3.55	3.33	0.11				
67	II Aspal Tcib	SS At	0.018	0.00	0.00500	2.00	1.37	2.73	4.73	0.68	2.72	7.44	672.72	3.33	1.07	0.34				
68	II Tanunggua	SS Tm	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.66	1.31	3.25	0.40	2.15	2.82	778.15	3.90	1.42	0.31				
69	II Penan'Asi	SS Pa	0.018	0.00	0.00500	1.50	0.88	1.31	3.25	0.40	2.15	2.82	629.84	2.43	1.97	0.05				
70	II RTN Hamzi	SS Bp	0.018	0.00	0.00500	1.50	1.11	1.65	3.71	0.45	2.30	3.81	679.35	2.43	0.97	0.25				
71	II RTN Hamzi-Antara	SS Bp	0.018	0.00	0.00500	1.50	1.03	1.65	3.71	0.43	2.26	3.49	860.17	2.87	2.14	0.08				
72	II Antara	SS An	0.018	0.00	0.00500	1.50	0.92	1.39	3.35	0.41	2.18	3.02	812.16	2.98	2.50	0.08				
73	II Antara	SS An	0.018	0.00	0.00500	1.50	0.82	1.22	3.13	0.39	2.10	2.57	1008.74	2.51	1.76	0.08				
74	II Pennis Kemendekkan	SS Pk	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.64	1.67	3.67	0.46	2.33	3.90	1022.45	3.07	2.46	0.06				
75	II Bung	SS Bn	0.018	0.00	0.00500	1.00	0.75	0.75	2.51	0.30	1.76	1.38	807.78	2.98	1.39	0.20				
76	II Bung	SS Bn	0.018	0.00	0.00500	1.00	0.87	0.87	2.75	0.32	1.83	1.60	522.25	3.01	2.99	0.01				
77	II Bung	SS Bn	0.018	0.00	0.00500	1.00	0.79	0.79	2.57	0.31	1.78	1.40	616.84	4.51	1.36	0.59				
78	II Bung	SS Bn	0.018	0.00	0.00500	1.00	0.60	0.60	2.20	0.27	1.65	0.99	1683.19	2.53	1.37	0.09				
79	II RTP	SS Bp	0.018	0.00	0.00500	2.50	1.36	3.39	5.21	0.85	2.95	10.00	1491.29	5.32	1.65	0.23				
80	II RTP	SS Bp	0.018	0.00	0.00500	2.50	1.49	3.74	5.49	0.89	3.04	11.36	939.05	4.57	2.11	0.29				
81	II RTP	SS Bp	0.018	0.00	0.00500	2.50	1.05	2.63	4.60	0.57	2.70	7.10	3325.35	3.26	3.64	-0.01				
82	II RTP	SS Bp	0.018	0.00	0.00500	2.50	1.66	4.14	6.82	0.71	3.13	12.99	428.56	3.92	2.06	0.44				
83	II Nipa-Nipa	SS Nn	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.62	1.23	3.23	0.39	2.07	2.55	1379.49	6.02	7.45	0.05				
84	II Nipa-Nipa	SS Nn	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.63	1.26	3.26	0.39	2.09	2.63	1702.73	17.59	7.74	1.11				
85	II P. Kemendekkan-Batas Kota	SS Pk	0.018	0.00	0.00500	2.50	1.33	3.32	5.16	0.64	2.93	9.73	465.20	6.65	5.62	0.28				
86	II P. Kemendekkan-Batas Kota	SS Pk	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.70	1.39	3.39	0.41	2.17	3.02	2011.68	6.69	5.01	0.06				
87	II P. Kemendekkan-Sudang	SS Pk	0.018	0.00	0.00500	3.00	0.91	2.72	4.81	0.57	2.69	7.30	1721.46	3.97	6.64	-0.37				
88	II Sudang	SS Sd	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.69	1.37	3.37	0.41	2.16	2.98	2053.73	3.84	5.19	-0.06				
89	II Sudang	SS Sd	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.62	1.85	3.85	0.48	2.41	4.45	605.22	15.75	9.87	0.97				
90	II Sudang	SS Sd	0.018	0.00	0.00500	2.00	0.94	1.89	3.89	0.49	2.43	4.58	513.67	5.02	9.87	-0.94				

**PEMERINTAH KOTA MAKASSAR**  
**DINAS PEKERJAAN UMUM**  
 KANTOR GABUNGAN DINAS JALAN URIP  
 SUMBERNO 102  
 MAKASSAR

Kegiatan :  
**REVIEW MASTER PLAN**  
**DRAINASE KOTA MAKASSAR**

Lokasi :  
**KOTAMADYA MAKASSAR**



Legenda :

Diperiksa :  
 Kepala Bidang Bangunan Air  
 Dinas Pekerjaan Umum  
 Kota Makassar

Ir. H. BAHARUDDIN S.  
 NIP. 1963032 19603 1 004

Menyetujui / Mengetahui :  
 Kepala Dinas Pekerjaan Umum  
 Kota Makassar

Ir. M. ANSAR M.Si  
 NIP. 19630318 19623 1 004

Konsultan :  

 PT. DANA consultant  
 Ir. Arifin Asri, MS  
 Team Leader

Nama Gambar :  
 Skala :  
 TYPICAL SALURAN INTERKONEKSI  
 DRAINASE KOTA MAKASSAR

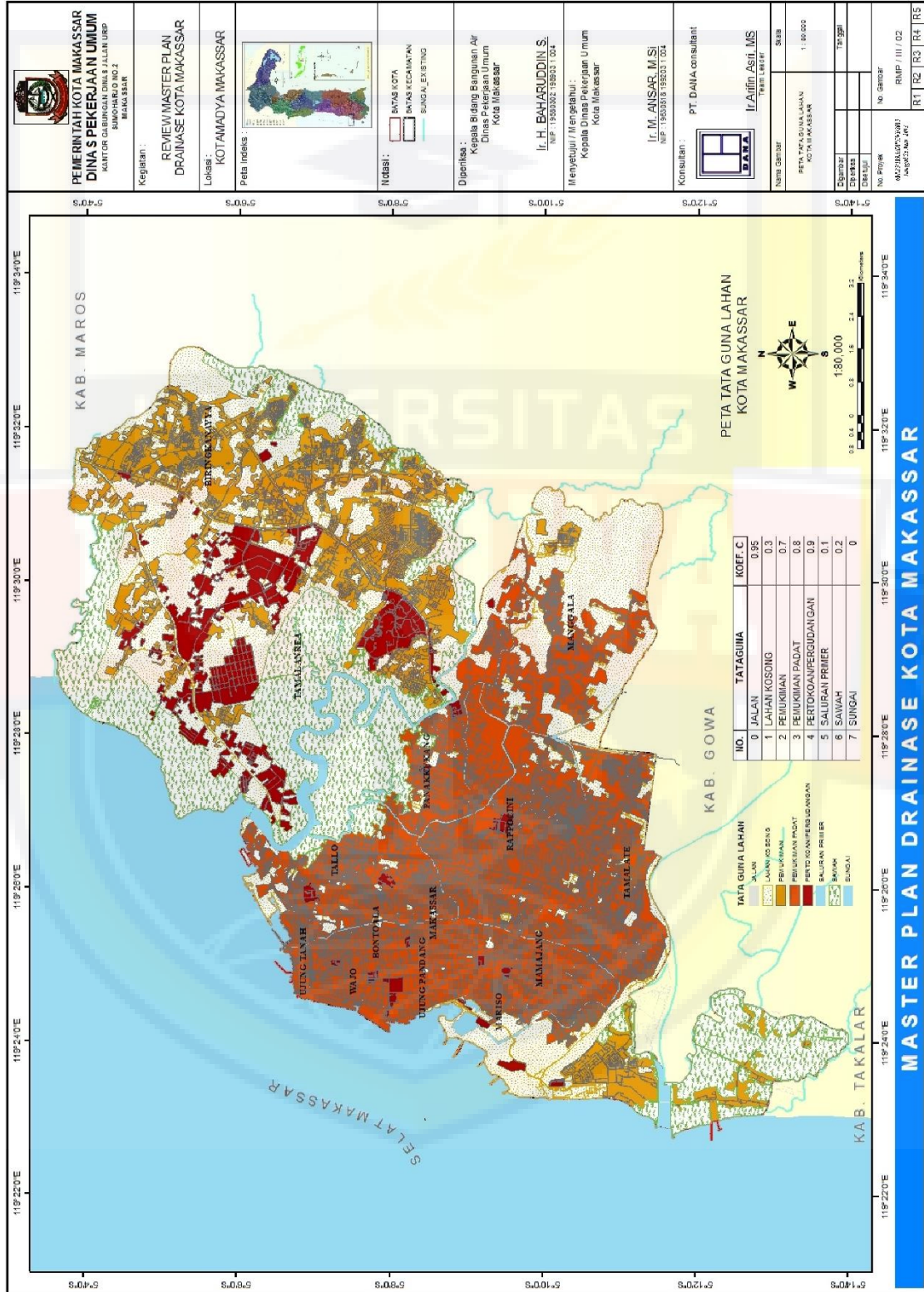
Digambar :  
 Disetujui :  
 No. Proyek :  
 62.02/100/100/123/10  
 Tanggal :  
 12 Mei 2015

RF | R2 | R3 | R4 | R5

(Sumber: Dinas PUPR Kota Makassar)

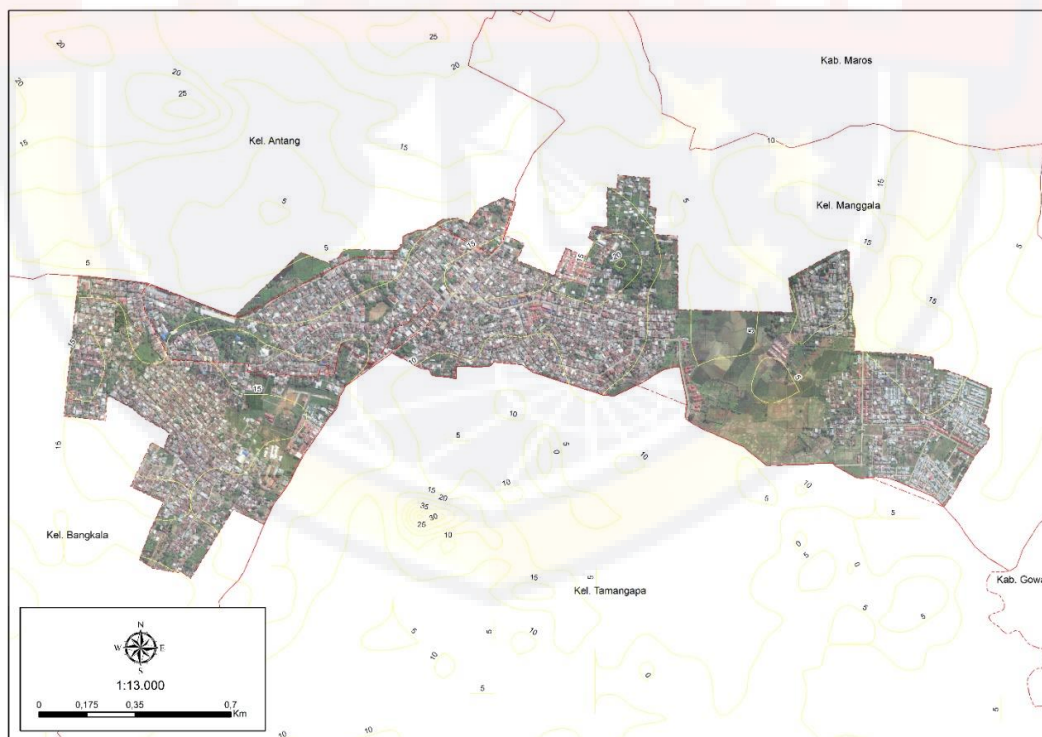
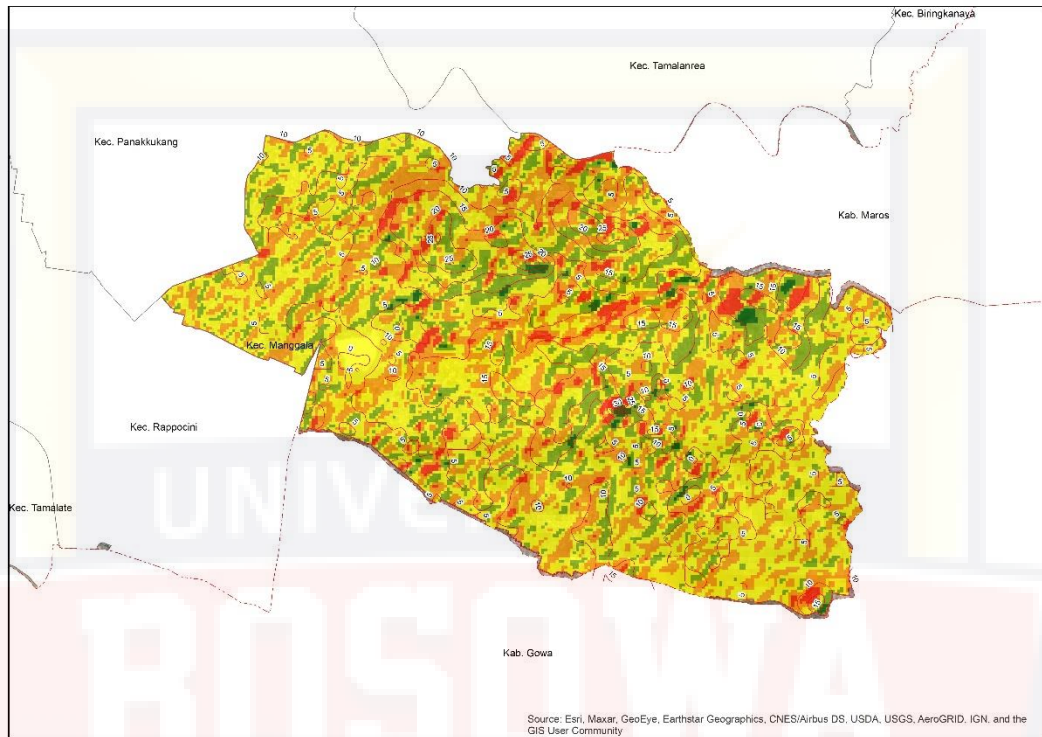


## Lampiran 6. Peta Tata Guna Lahan Kota Makassar



(Sumber: Dinas PUPR Kota Makassar)

### Lampiran 7. Peta Kontur Kecamatan dan Kelurahan Manggala



(Sumber : Arcgis Makassar)



## 2.) Data Primer

### Lampiran 7. Dokumentasi Pengukuran Drainase pada Lokasi





Pengukuran Kedalaman Sedimen Drainase

