

TUGAS AKHIR

**KAJIAN SALURAN DRAINASE DI DAERAH JALAN SETH ADJI
KOTA PALANGKA RAYA (ZONA B)**

oleh

YOGA ARMANDA
NIM. DAB 113 085



**JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2020**

TUGAS AKHIR

**KAJIAN SALURAN DRAINASE DI DAERAH JALAN SETH ADJI
KOTA PALANGKA RAYA (ZONA B)**

Oleh :

YOGA ARMANDA
NIM. DAB 113 085

**Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi dan Berita Acara
Ujian Tugas Akhir**

Palangka Raya, Mei 2020

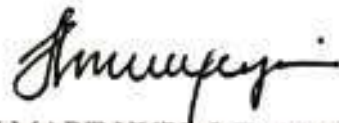
Menyetujui,

Pembimbing I



Ir. HENDRO SUYANTO, M.T.
NIP. 19590831 198903 1 002

Pembimbing II



HAIKI MART YUPI, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19740303 200012 1 001

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua



Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003

**KAJIAN SALURAN DRAINASE DI DAERAH JALAN SETH ADJI
KOTA PALANGKA RAYA (ZONA B)**

TUGAS AKHIR


Oleh :

YOGA ARMANDA
NIM. DAB 113 085

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada :

Hari/Tanggal : Rabu, 20 Mei 2020
Waktu : Pukul 09.00 – 12.00 WIB
Tempat : Ruang Sidang Sarjana Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

1. Ir. HENDRO SUYANTO, M.T.
NIP. 19590831 198903 1 002

 (Ketua/Pembimbing I)

2. HAIKI MART YUPI, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19740303 200012 1 001

 (Sekretaris/Pembimbing II)


3. NOMERITAE, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19791109 200312 2 002

 (Anggota)

4. Ir. ALLAN RESTU JAYA, M.T.
NIP. 19631204 199203 1 001

 (Anggota)

5. DWI ANUNG NINDITO, S.T., M.T.
NIP. 19761026 200312 1 001

 (Anggota)

Mengetahui :


Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya
Dekan,
Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.
NIP. 19631119 199302 1 001

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Universitas Palangka Raya
Ketua,


Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003

BIODATA MAHASISWA

Data Pribadi

Nama : YOGA ARMANDA
NIM : DAB 113 085
Tempat, Tanggal lahir : Buntok, 31 Mei 1994
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat di Palangka Raya : Jl. G.OBOS VIII, Jl. Bakung 3
No. Telp Rumah : 085251391230
Alamat Asal : Jl. Jend. Sudirman No.104, Buntok
Email : yogaarmanda21@gmail.com
No. Hp : 085251391230
No WA : 085251391230
Facebook : Yoga Armanda
Instagram : yoga_armanda31
Line : yogarmd
Nama Ayah : Irwansyah
Pekerjaan Ayah : PNS
Alamat : Jl. Jend. Sudirman No.104, Buntok
No. Hp : 082153616160
Nama Ibu : Auriana
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga
Alamat : Jl. Jend. Sudirman No.104, Buntok
No. Hp : 085251636471



Riwayat Pendidikan*)

- TK : TK AISYAH BUNTOK (1999-2000)
- SD : SDN 11 BUNTOK (2000-2006)
- SLTP : SMPN 2 DUSUN SELATAN (2006-2009)
- SLTA : SMAN 1 DUSUN SELATAN (2009-2012)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-I pada jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2013

Palangka Raya, Mei 2020
Yang membuat pernyataan

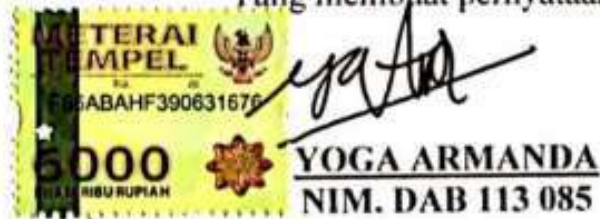
YOGA ARMANDA
NIM. DAB 113 085

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sungguh, bahwa Skripsi/Tugas Akhir saya belum pernah dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan diperguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber telah diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, 29 Mei 2020

Yang membuat pernyataan



RINGKASAN

KAJIAN SALURAN DRAINASE DI DAERAH JALAN SETH ADJIE KOTA PALANGKA RAYA (ZONA B). Yoga Armanda. (2020). Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya.

Drainase merupakan sarana dan prasarana untuk mengalirkan air hujan dari suatu tempat ke tempat lain. Air hujan dapat menimbulkan permasalahan sendiri bagi lingkungan, dalam kapasitas besar biasa disebut banjir. Salah satu wilayah yang sering terjadi banjir adalah wilayah Jalan Seth Adji (Zona B) Kota Palangka Raya. Pada wilayah ini hampir setiap musim penghujan air meluap dari saluran drainase pada beberapa ruas jalan tertentu sehingga terjadi genangan air bahkan sering terjadi banjir. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan kajian ulang dari kemampuan saluran drainase di wilayah Jalan Seth Adji (Zona B) untuk menampung debit rencana, yang kemudian dari hasil kajian tersebut didapat solusi untuk permasalahan banjir tersebut.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab banjir pada daerah Jalan Seth Adji (Zona B) kota Palangka Raya dengan mengevaluasi apakah kapasitas drainase pada daerah jalan Seth Adjie (Zona B) mampu menampung beban drainase tersebut. Selain itu juga merencanakan dimensi saluran dan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Untuk mencapai tujuan tersebut maka dilakukan langkah – langkah penelitian meliputi : (1) Survei Pendahuluan, (2) Pengumpulan data dan analisis data, (3) Perencanaan, (4) Penggambaran hasil perencanaan, dan (5) Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah terjadinya banjir di Jalan Seth Adji, Jalan Karet, dan Jalan Ebony Kota Palangka Raya, apabila terjadi hujan dengan periode ulang 10 tahun, karena saluran drainase di sepanjang jalan tersebut tidak mampu menampung beban dari drainase. Dalam penelitian ini, saluran yang direncanakan hanya saluran yang teridentifikasi banjir. Saluran drainase yang direncanakan berpenampang persegi dengan dimensi bervariasi. Dimensi hidrolis saluran rencana dengan lebar saluran (B) = 1,70 - 2,90 m sedangkan untuk kedalaman saluran (H) = 1,01 – 1,20 m. Bangunan pelengkap yaitu gorong – gorong yang digunakan berpenampang persegi dengan lebar (B) = 1,00 – 1,50 m dengan kedalaman (H) = 1,00 – 1,50 m. Total Rencana Anggaran Biaya dari konstruksi tersebut sebesar Rp. 4.152.800.000,00-

Kata Kunci : Drainase, Evaluasi dan Perencanaan, Rencana Anggaran Biaya.

SUMMARY

STUDY OF DRAINAGE CHANNEL IN SETH ADJIE STREET AREA, PALANGKA RAYA CITY (ZONA B). Armanda Yoga. (2020). Civil Engineering Study Program, Palangka Raya University.

Drainage is a facility and infrastructure for draining rainwater from one place to another. Rainwater can make own problems for the environment, in large capacity commonly called flooding. One of the areas that often occurs is the area of Seth Adji Street (Zone B) Palangka Raya City. In this area every rainy season, water overflows from drainage channels on certain roads, causing flooding and even frequent flooding. Based on these problems, it is necessary to do a review of the ability of drainage channels in the area of Seth Adji Street (Zone B) to accommodate the discharge plan, then from the results of the study obtained a solution to the problem of flooding.

This study aims to identify the causes of flooding in the Seth Adji Street's area (Zone B) of Palangka Raya city by evaluating whether the drainage capacity in the Seth Adjie street's area (Zone B) is able to accommodate the drainage load. It also plans the dimensions of the channel and the Budget Plan. To achieve these objectives, research steps are carried out including: (1) Preliminary Survey, (2) collection and analysis of Data, (3) Planning, (4) Depiction of planning results, and (5) Calculation of Budget Plan (CBP) .

The results obtained from this study are the occurrence of floods in Jalan Seth Adji, Jalan Karet, and Jalan Ebony in Palangka Raya City, if there is rain with a return period of 10 years, because drainage channels along the road are unable to accommodate the burden of drainage. In this study, the planned channels are only those that have been identified as flooding. Planned drainage channels with square dimensions with varying dimensions. Hydraulic dimension of the planned channel with channel width (B) = 1.70 - 2.90 m while for the channel (H) = 1.00 - 1.20 m. Complementary buildings, namely culverts used with a square section with width (B) = 1.00 - 1.50 m with depth (H) = 1.00 - 1.50 m. Total Cost Budget Plan of this construction is Rp. 4.152.800.000,00-

Keywords : Drainage, Evaluation and Planning, Budget Plan.

PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat TUHAN Yang Maha Esa dipanjatkan atas rahmat dan karunia-Nya penyusun Tugas Akhir ini dapat diselesaikan sehingga dapat diseminarkan dan ditinjau kembali untuk diperbaiki.

Tugas Akhir dengan judul **“KAJIAN SALURAN DRAINASE DI DAERAH JALAN SETH ADJI KOTA PALANGKA RAYA (ZONA B)”** disusun untuk memenuhi salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Jenjang Sarjana (S-1) Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini tidak lupa diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu FRIEDA, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. SUTAN P. SILITONGA, S.TP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak TATAU WIJAYA GARIB, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.

6. Ibu VERONIKA HAPPY, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Ir. HENDRO SUYANTO, M.T. selaku Dosen Pembimbing I.
8. Bapak HAIKI MART YUPI, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II.
9. Ibu NOMERITAE, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Penguji I.
10. Bapak Ir. ALLAN RESTU JAYA, M.T. selaku Dosen Penguji II.
11. Bapak DWI ANUNG NINDITO, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji III.
12. Bapak DEWANTORO, S.T., M. T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
13. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati dan menyadari akan segala kekurangan dalam penyajian Tugas Akhir ini, oleh karena itu diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Terima Kasih.

Palangka Raya, Mei 2020



YOGA ARMANDA
NIM.DAB 113 085

DAFTAR ISI

	Halaman
TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BIODATA MAHASISWA	iv
SURAT PERNYATAAN	vi
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Lokasi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Definisi Drainase	6
2.2 Fungsi Drainase	7
2.3 Sistem Jaringan Drainase	8
2.4 Jenis Drainase	10
2.5 Pola Jaringan Drainase	13
2.6 Perencanaan Saluran Drainase	17

2.7	Hidrologi.....	17
2.8	Siklus Hidrologi.....	18
2.9	Analisis Hidrologi.....	19
2.9.1	Data Curah Hujan.....	20
2.9.2	Uji Konsistensi Data Curah Hujan.....	20
2.9.3	Uji Homogenitas Data Curah Hujan.....	23
2.9.4	Perhitungan Curah Hujan Wilayah.....	25
2.9.5	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	27
2.9.6	Pengujian Distribusi Probabilitas Curah Hujan Rencana.....	34
2.9.7	Intensitas Hujan.....	38
2.9.8	Waktu Konsentrasi.....	39
2.9.9	Koefisien Pengaliran.....	40
2.9.10	Perhitungan Debit Air Hujan.....	42
2.10	Analisis Hidraulika.....	42
2.10.1	Perhitungan Kapasitas Drainase.....	43
2.10.2	Debit Aliran.....	44
2.10.3	Penampang Melintang Saluran.....	45
2.11	Kapasitas Drainase Eksisting (Qs).....	49
2.12	Perhitungan Dimensi Saluran.....	49
2.13	Rencana Anggaran Biaya.....	49
BAB III METODE PENELITIAN.....		51
3.1	Lokasi dan Waktu Studi Penelitian.....	51
3.2	Tahapan Penelitian.....	51
3.2.1	Teknik Pengumpulan Data.....	52
3.2.2	Analisis Data.....	54
3.2.3	Analisis Beban Drainase (Qr).....	56
3.2.4	Analisis Kapasitas Saluran Drainase Eksisting (Qs).....	57
3.2.5	Evaluasi Kapasitas Pengairan Drainase.....	57

3.2.6	Perencanaan Teknis.....	57
3.2.7	Penyusunan Laporan	58
3.3	Bagan Alir Perencanaan.....	59
BAB IV	PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA.....	60
4.1	Klimatologi	60
4.2	Data Curah Hujan.....	60
4.2.1	Uji Konsistensi Data Hujan	63
4.2.2	Uji Homogenitas Data Hujan.....	72
4.2.3	Perhitungan Hujan Wilayah	81
4.2.4	Perhitungan Curah Hujan Rancangan	85
4.3	Profil Memanjang dan Melintang Saluran Drainase.....	112
4.4	Perhitungan Beban Drainase.....	115
4.4.1	Penentuan Luas Daerah Tangkapan	115
4.4.2	Perhitungan Koefisien Pengaliran Tangkapan Hujan (C).....	115
4.4.3	Perhitungan Intensitas Hujan (I)	116
4.4.4	Perhitungan Debit Rancangan.....	119
4.5	Perhitungan Kapasitas Drainase Eksisting (Qs)	120
4.6	Perbandingan Qr Rencana dan Qs Eksisting	122
4.7	Perhitungan Dimensi Hidrolis Saluran Desain	123
4.8	Perhitungan Struktur Dimensi Saluran Drainase	125
4.8.1	Data Struktur.....	125
4.8.2	Bahan Struktur	125
4.8.3	Berat Jenis.....	126
4.8.4	Analisis Beban	126
4.8.5	Tekanan Tanah (TA).....	127
4.8.6	Kombinasi Beban Ultimate.....	128
4.8.7	Tulangan Pokok	129
4.8.8	Tulangan Bagi.....	130

4.9	Perhitungan Dimensi Hidrolis Gorong-Gorong Desain.....	131
4.10	Perhitungan Struktur Dimensi Gorong-Gorong.....	135
4.10.1	Data Struktur.....	135
4.10.2	Bahan Struktur.....	135
4.10.3	Berat Jenis.....	136
4.10.4	Analisis Beban.....	136
4.10.5	Beban Lalu Lintas.....	137
4.10.6	Kombinasi Beban Ultimate.....	139
4.10.8	Perhitungan Tulangan.....	139
4.11	Rencana Anggaran Biaya (RAB) Saluran Drainase.....	143
BAB V PENUTUP.....		146
5.1	Kesimpulan.....	146
5.2	Saran.....	147
DAFTAR PUSTAKA.....		148
LAMPIRAN.....		150

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Nilai $Q/n^{0,5}$ dan $R/n^{0,5}$	23
Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	28
Tabel 2. 3 Nilai K_T untuk Distribusi Log Person III.....	31
Tabel 2. 4 <i>Reduced Mean</i> (Y_n).....	33
Tabel 2. 5 <i>Reduced Standard Deviation</i> (S_n).....	34
Tabel 2. 6 <i>Reduced Variate</i> (Y_{Tr}).....	34
Tabel 2. 7 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-kuadrat	36
Tabel 2. 8 Nilai Delta Kritis (D_0) untuk Uji Keselarasan Smirnov - Kolmogorov.	38
Tabel 2. 9 Koefisien Aliran untuk Metode Rasional	40
Tabel 2. 10 Nilai Koefisien Manning	44
Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm)	61
Tabel 4. 2 Data Curah Hujan Harian Maksimum (Normal Ratio Methode)	63
Tabel 4. 3 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Palangka Raya dengan	64
Tabel 4. 4 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Bukit Tunggal dengan.....	65
Tabel 4. 5 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Kalamangan dengan.....	67
Tabel 4. 6 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Tangkiling dengan.....	68
Tabel 4. 7 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Rakumpit dengan	70
Tabel 4. 8 Uji Homogenitas Data Hujan Palangka Raya, Bukit Tunggal, Kalamangan, Tangkiling, dan Rakumpit.....	72

Tabel 4. 9	Hasil Uji Homogenitas Data Hujan	80
Tabel 4. 10	Perhitungan Bobot Wilayah dengan Metode Poligon Thiessen	83
Tabel 4. 11	Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Poligon Thiessen	84
Tabel 4. 12	Perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel	85
Tabel 4. 13	Nilai Y_n dan S_n Distribusi Probabilitas Gumbel.....	86
Tabel 4. 14	Perhitungan Curah Hujan Rancangan (Analisis Gumbel).....	88
Tabel 4. 15	Perhitungan Distribusi Probabilitas Normal	88
Tabel 4. 16	Nilai K_T Distribusi Probabilitas Normal untuk Periode Ulang.....	89
Tabel 4. 17	Perhitungan Curah Hujan Rancangan (Analisis Normal).....	90
Tabel 4. 18	Perhitungan Distribusi Probabilitas Log Normal.....	90
Tabel 4. 19	Nilai K_T Distribusi Probabilitas Normal untuk Periode Ulang.....	92
Tabel 4. 20	Perhitungan Curah Hujan Rancangan (Analisis Log Normal)	92
Tabel 4. 21	Perhitungan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III.....	93
Tabel 4. 22	Perhitungan Curah Hujan Rancangan.....	95
Tabel 4. 23	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan	95
Tabel 4. 24	Pengurutan Data Hujan Dari Besar Ke Kecil	96
Tabel 4. 25	Interval Kelas Distribusi Probabilitas Gumbel	98
Tabel 4. 26	Interval Kelas Distribusi Probabilitas Normal.....	99
Tabel 4. 27	Interval Kelas Distribusi Probabilitas Log Normal	100
Tabel 4. 28	Interval Kelas Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III.....	101
Tabel 4. 29	Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Gumbel	102
Tabel 4. 30	Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Normal.....	102

Tabel 4. 31	Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Normal	102
Tabel 4. 32	Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Pearson Type III.....	103
Tabel 4. 33	Rekapitulasi Nilai X^2 dan X^2Cr	103
Tabel 4. 34	Hasil Curah Hujan Wilayah.....	104
Tabel 4. 35	Perhitungan Uji distribusi Gumbel dengan.....	105
Tabel 4. 36	Perhitungan Distribusi Normal dengan.....	107
Tabel 4. 37	Perhitungan Distribusi Log Normal dengan	108
Tabel 4. 38	Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III dengan	110
Tabel 4. 39	Rekapitulasi Nilai ΔP Maksimum dan ΔP Kritis.....	111
Tabel 4. 40	Hasil Uji Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov	111
Tabel 4. 41	Perhitungan Koefisien Pengaliran Rata-rata (C)	116
Tabel 4. 42	Gaya Akibat Tekanan Tanah	128
Tabel 4. 43	Koefisien Faktor Beban	128
Tabel 4. 44	Kombinasi Momen Ultimate	128
Tabel 4. 45	Koefisien Faktor Beban	139
Tabel 4. 46	Kombinasi Momen Ultimate	139

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 Peta Lokasi Penelitian	5
Gambar 2. 1 Drainase Alamiah	11
Gambar 2. 2 Drainase Buatan.....	11
Gambar 2. 3 Pola Jaringan Drainase Siku.....	14
Gambar 2. 4 Pola Jaringan Drainase Paralel	14
Gambar 2. 5 Pola Jaringan Drainase Grid Iron	15
Gambar 2. 6 Pola Jaringan Drainase Alamiah	15
Gambar 2. 7 Pola Jaringan Drainase Radial.....	16
Gambar 2. 8 Pola Jaringan Drainase Jaring-Jaring	17
Gambar 2. 9 Siklus Hidrologi.....	19
Gambar 2. 10 Grafik Uji Konsistensi Data dengan Kurva Massa Ganda	21
Gambar 2. 11 Penampang Melintang Saluran Persegi	45
Gambar 2. 12 Penampang Melintang Saluran Trapesium.....	46
Gambar 2. 13 Penampang Melintang Saluran Segitiga.....	47
Gambar 2. 14 Penampang Melintang Setengah Lingkaran	48
Gambar 3. 1 Bagan Alir Perencanaan	59
Gambar 4. 1 Peta Poligon Thiessen.....	82
Gambar 4. 2 Peta Bobot Wilayah.....	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Nilai Kritis Q dan R.....	150
Lampiran 2.	Nilai Kritis t_c Untuk Distribusi – t Uji Dua Sisi	151
Lampiran 3.	Nilai <i>Reduced Standart Deviation</i> (S_n), Nilai <i>Reduced Mean</i> (Y_n), dan Nilai <i>Reduced Variate</i> (Y_t).....	152
Lampiran 4.	Nilai KT untuk Distribusi <i>Log Person III</i>	153
Lampiran 5.	Nilai Reduksi Gauss	154
Lampiran 6.	Nilai Kritis Δ_{Cr} untuk Uji Smirnov-Kolmogorov	155
Lampiran 7.	Tabel Luas Wilayah di Bawah Kurve Normal	156
Lampiran 8.	Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Kuadrat (Uji Satu Sisi)	160
Lampiran 9.	Tabel Pengukuran Profil Memanjang.....	161
Lampiran 10.	Tabel Pengukuran Profil Melintang	174
Lampiran 11.	Harga Koefisien Pengaliran (C)	193
Lampiran 12.	Tabel Perhitungan Nilai Koefisien Daerah Pengaliran Tangkapan Hujan.....	194
Lampiran 13.	Tabel Perkiraan Kecepatan Aliran.....	197
Lampiran 14.	Tabel Perkiraan Kecepatan Aliran.....	198
Lampiran 15.	Tabel Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan Rencana.....	199
Lampiran 16.	Tabel Hasil Perhitungan Debit Rencana.....	202
Lampiran 17.	Tabel Nilai Q Kumulatif Untuk Periode Ulang 10 Tahun	205

Lampiran 18. Tabel Koefisien Kekasaran Manning	208
Lampiran 19. Tabel Perhitungan Nilai Kapasitas Drainase Eksisting Persegi (Qs)	209
Lampiran 20. Tabel Perhitungan Nilai Kapasitas Drainase Eksisting Trapesium (Qs).	213
Lampiran 21. Tabel Perbandingan Beban Drainase (Qr) dan Kapasitas Drainase (Qs)	214
Lampiran 22. Tabel Perbandingan lebar dasar saluran dengan tinggi air yang dianjurkan sesuai dengan kapasitas saluran (untuk saluran segi empat)	216
Lampiran 23. Hasil Perhitungan Dimensi Saluran.....	217
Lampiran 24. Hasil Perhitungan Dimensi Gorong-gorong.....	218
Lampiran 25. Hasil Perhitungan Struktur Saluran Drainase.....	219
Lampiran 26. Hasil Perhitungan Struktur Gorong – Gorong.....	231
Lampiran 27. Harga Dasar Upah dan Bahan Bangunan Kota Palangka Raya Tahun 2018.....	241
Lampiran 28. Analisis Harga Satuan	242
Lampiran 29. Back Up Data Kuantitas	246
Lampiran 30. Rencana Anggaran Biaya (RAB)	251
Lampiran 31. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB)	252
Lampiran 32. Visualisasi Pengukuran Lapangan.....	253
Lampiran 33. Gambar Layout dan Penampang Saluran Rencana.....	256

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

A. SIMBOL

Simbol	Keterangan
S^*_0	Simpanan awal
S^*_k	Simpanan mutlak
S^{**k}	Nilai konsistensi data
n	Jumlah data
D_y	Simpangan rata-rata
Q	Nilai statistik Q untuk $0 < k < n$
R	Nilai statistik (<i>range</i>)
t	Variabel – t terhitung
\bar{X}_1	Rata- rata hitung sampel ke-1
\bar{X}_2	Rata- rata hitung sampel ke-2
N_1	Jumlah sampel set ke-1
N_2	Jumlah sampel set ke-2
σ	Deviasi standard
S_1^2	Variasi sampel set ke-1
S_2^2	Variasi sampel set ke-2
dk	Derajat kebebasan

P	Hujan rerata kawasan (mm)
N	Jumlah titik atau pos pengamatan
P_1, P_2, P_n	Curah hujan ditiap titik pengamatan (mm)
P_1, P_2, P_3, P_n	Tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...n
A_1, A_2, A_3, A_n	Luas daerah di areal 1,2,3,...n
I_1, I_2, I_n	Garis isoyet ke 1,2,3,..n dan n+1
A_1, A_2, A_n	luas daerah yang dibatasi oleh garis isoyet ke 1 dan 2, 2 dan 3, dan n+1
X_T	Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi periode ulang T tahunan
\bar{X}	Nilai rata-rata hitung variat
S	Deviasi standar nilai variat
K_T	Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang
$P(X)$	Peluang log normal
X	Nilai <i>variate</i> pengamatan
σY	Deviasi standar nilai variate Y
μY	Nilai rata-rata populasi Y
Y_T	Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi periode ulang T tahunan
\bar{Y}	Nilai rata-rata hitung variate

$\log X$	Rata-rata log curah hujan harian maksimum
S_b	Simpangan baku
K	variabel standar (<i>standardized variable</i>) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G
X_{Tr}	Besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang T (mm)
T_r	Periode tahun berulang (<i>return periode</i>) (tahun)
\bar{X}_b	Curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)
K_f	Faktor frekuensi
Y_{Tr}	<i>Reduced Variate</i>
Y	<i>Reduced mean</i>
S_n	<i>Reduced standard</i>
X^2	Harga Chi-Kuadrat terhitung
O_i	Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
E_i	Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1
DK	Derajat Kebebasan
Ka	Jumlah Kelas
α	Banyaknya keterikatan (parameter), untuk uji chi-kuadrat adalah 2
E_i	Nilai yang diharapkan

I	Intensitas hujan (mm/jam)
ta	Lamanya hujan (jam)
R ₂₄	Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)
t _c	Waktu konsentrasi (jam)
t _o	<i>Inlet time</i> ke saluran terdekat atau waktu pengaliran di atas permukaan tanah waktu tergenang air sebelum menuju saluran
t _d	Waktu pengaliran dalam saluran ke tempat yang diukur
is	Kemiringan rata-rata saluran
Lo	Panjang lintasan air dari titik terjauh sampai titik yang ditinjau
Ls	Panjang Saluran yang ditinjau
Q _r	Debit maksimum rencana (m ³ /dt)
C	Koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)
A	Luas (km ²)
V	Kecepatan aliran (m/dt)
L	Panjang karakteristik (m), pada saluran muka air bebas $L = R$
v	Kekentalan kinematik (m ² /dt)
R _h	Jari-jari hidraulik (m)
A _w	Luas penampang basah (m ²)
P _w	Keliling penampang basah (m)

S_b	Kemiringan dasar saluran
n_c	Koefisien Manning
Q_s	Debit aliran saluran (m^3/det)
B	Lebar dasar saluran (m)
h	Kedalaman saluran (m)
m	Kemiringan dinding saluran
BT	Benang tengah
BA	Benang atas
BB	Benang bawah
H	Tinggi elevasi
Δh	Beda tinggi
BT1	Benang tengah ke 1
BT2	Benang tengah ke 2
do	Jarak optis

B. SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
RAB	Rencana Anggaran Biaya
IPAL	Instalasi Pengelolaan Air Limbah
DAS	Daerah Aliran Sungai
RAPS	<i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i>
PDF	<i>Probability Density Function</i>
IDF	<i>Intensity Duration Frequency Curve</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Palangka Raya merupakan ibu kota Provinsi Kalimantan Tengah. Hal ini menjadikan kota Palangka Raya sebagai pusat kegiatan pemerintahan, pendidikan, pariwisata, perdagangan, dan permukiman. Kedudukan kota Palangka Raya tersebut menuntut adanya fasilitas memadai yang menunjang keamanan, nyaman, dan bebas dari banjir maupun genangan air.

Bertambahnya jumlah penduduk kota Palangka Raya menyebabkan pesatnya perkembangan kota, sekaligus menyebabkan bertambahnya jumlah permukiman. Alih fungsi lahan menjadi permukiman tersebut mengakibatkan berkurangnya resapan air ke dalam tanah sehingga limpasan air permukaan meningkat. Selain itu, peningkatan jumlah penduduk juga menyebabkan meningkatnya debit limbah, dan berpotensi besar mengurangi kapasitas saluran (akibat eksploitasi lahan untuk pemukiman).

Rendahnya kesadaran masyarakat akan kebersihan dapat dijumpai dengan dibuangnya sampah ke saluran drainase. Sampah pada saluran menyebabkan menurunnya efektifitas saluran. Bahkan di beberapa tempat, saluran terputus akibat ditimbun oleh masyarakat.

Secara topografi Palangka Raya terdiri dari tanah datar dan berbukit dengan kemiringan kurang dari 40% (palangkaraya.go.id/geografis). Pada daerah datar, kecepatan aliran rendah sehingga mudah terjadi pengendapan pada dasar saluran.

Hal – hal tersebut merupakan beberapa penyebab sistem drainase eksisting tidak berfungsi secara maksimal. Itu ditandai dengan sering terjadi genangan air di beberapa tempat di wilayah Palangka Raya, salah satunya berada di daerah Jalan Seth Adji.

Menurut warga sekitar, bila terjadi hujan lebat maka di daerah tersebut akan terjadi banjir dan menimbulkan genangan dalam jangka waktu yang cukup lama . Berdasarkan pengamatan di lapangan, di beberapa area jalan terjadi akibat melimpasnya air dari saluran drainase. Adanya sedimentasi dan tertutupnya saluran membuat air tidak mengalir ke arah yang seharusnya sehingga menyebabkan beban berlebihan pada beberapa saluran drainase. Hal ini tentu akan mengganggu aktivitas masyarakat di sekitarnya.

Untuk menanggulangi masalah tersebut diantaranya dapat dilakukan dengan menganalisis saluran drainase eksisting mulai dari daerah genangan air, pola aliran, dimensi saluran, tebal endapan, profil saluran, dan sebagainya yang terkait dengan efektifitas saluran dan kebutuhan drainase.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan permasalahan-permasalahan yang terjadi serta dampak yang ditimbulkan bagi manusia dan lingkungan sekitar, maka permasalahan dalam kajian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Dimana lokasi-lokasi di sepanjang Jalan Seth Adji yang sering terjadi banjir.
2. Berapa debit banjir rancangan maksimum dengan kala ulang periode tertentu pada daerah studi kasus.
3. Berapa kapasitas saluran drainase eksisting pada daerah yang dikaji.
4. Berapa dimensi yang diperlukan pada jaringan drainase baik dimensi salurannya maupun bangunan pelengkapannya untuk mengalirkan beban drainase.
5. Berapakah rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam perencanaan drainase?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari melebarnya permasalahan, maka perlu dibuat batasan-batasan terhadap masalah yang berhubungan dengan penelitian ini.

Adapun batasan permasalahan yaitu:

1. Daerah yang ditinjau adalah kawasan Jalan Seth Adji Kota Palangka Raya.
2. Daerah tangkapan hujan yang ditinjau adalah kawasan berdasarkan debit air dan tangkapan curah hujan pada jalan Seth Adji.
3. Dalam perencanaan ini, saluran drainase yang dihitung adalah dimensi hidrolis dan bangunan pelengkapannya.

4. Drainase yang ditinjau pada perencanaan ini hanya pada sebelah kiri dan kanan Jalan Seth Adji.
5. Pada perencanaan ini hanya menghitung rencana anggaran biaya yang dibutuhkan sesuai kondisi lapangan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi lokasi-lokasi banjir di sepanjang saluran drainase di Jalan Seth Adji Kota Palangka Raya.
2. Menghitung debit banjir rancangan maksimum dengan kala ulang periode tertentu di Jalan Seth Adji Kota Palangka Raya.
3. Menghitung kapasitas pengaliran saluran drainase eksisting dan membandingkan dengan beban drainase.
4. Menetapkan dimensi saluran yang sesuai dengan beban drainase di Jalan Seth Adji Kota Palangka Raya.
5. Mengetahui besarnya Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan pada perencanaan saluran drainase di Jalan Seth Adji.

1.5 Manfaat Penelitian

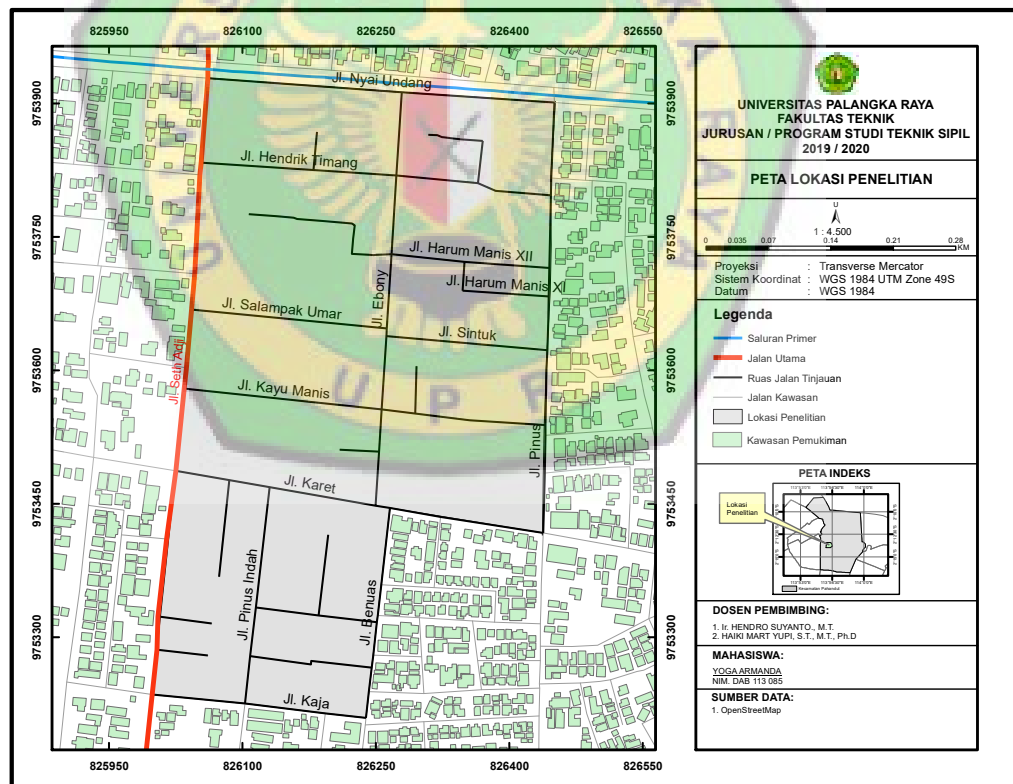
Manfaat penelitian yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu:

1. Manfaat Teoritis, mengembangkan wawasan dan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil setelah apa yang telah didapat selama di bangku perkuliahan.

2. Manfaat Praktis, memberikan suatu data-data dan pemikiran dalam perencanaan saluran drainase yang berkaitan dengan pemecahan masalah mengenai dampak yang ditimbulkan menurut teori yang diperoleh dari berbagai sumber dan memberikan dampak positif yaitu kebersihan dan kesehatan lingkungan pada kawasan/daerah tersebut.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian hanya mencakup area drainase kawasan Jalan Seth Adji Kota Palangka Raya, yang dapat dilihat pada Gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan memenuhi komponen penting dalam perencanaan infrastruktur bangunan. Menurut Suripin (2004), drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, dan membuang air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan tersebut dapat difungsikan secara optimal.

Drainase juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Dari sudut pandang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat dalam rangka menuju lingkungan yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase disini berfungsi untuk mengalirkan air ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.

Menurut Hasmar (2011), drainase secara umum didefinisikan juga sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.

Selain itu, drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah. Sesuai dengan prinsip sebagai jalur pembuangan maka pada waktu hujan, air yang mengalir di permukaan diusahakan secepatnya dibuang agar tidak menimbulkan genangan yang dapat mengganggu aktivitas dan bahkan dapat menimbulkan kerugian (R. J. Kodoatie, 2005).

2.2 Fungsi Drainase

Adapun fungsi drainase menurut R. J. Kodoatie (2005):

- a) Membebaskan suatu wilayah (terutama yang padat dari permukiman) dari genangan air, erosi, dan banjir.
- b) Karena aliran lancar maka drainase juga berfungsi memperkecil resiko kesehatan lingkungan bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya.
- c) Kegunaan tanah permukiman padat akan menjadi lebih baik karena terhindar dari kelembaban.
- d) Dengan sistem yang baik tata guna lahan dapat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya.

Pendapat lain mengenai fungsi drainase oleh H.A. Halim Hasmar (2011):

1. Mengeringkan bagian wilayah kota yang permukaannya lahannya rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik masyarakat.
2. Mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya agar tidak membanjiri/menggenangi kota yang dapat merusak selain harta benda masyarakat juga infrastruktur perkotaan.
3. Mengendalikan sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan.
4. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

2.3 Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase merupakan bagian dari infrastruktur pada suatu kawasan, drainase masuk pada kelompok infrastruktur air pada pengelompokan infrastruktur wilayah, selain itu ada kelompok jalan, kelompok sarana transportasi, kelompok pengelolaan limbah, bangunan kota, kelompok energi dan kelompok telekomunikasi, sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air. (Suripin, 2004).

Menurut Suripin (2004) bagian infrastruktur (sistem drainase) dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan. Bangunan sistem drainase itu sendiri pada umumnya terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*),

saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving waters*). Pada sistem drainase yang lengkap sebelum masuk ke badan air, penerima air diolah dahulu pada instalasi pengelolaan air limbah (IPAL), khususnya untuk sistem tercampur, hanya air yang telah memiliki baku mutu tertentu yang dimasukkan kedalam badan air penerima biasanya sungai, sehingga tidak merusak lingkungan.

Sistem jaringan drainase perkotaan menurut Hasmar (2011) umumnya dibagi atas 2 bagian:

a) Sistem Drainase Mayor

Sistem drainase mayor yaitu sistem saluran/badan air yang menampung dan mengalirkan air dari suatu daerah tangkapan air hujan (*Catchment Area*). Pada umumnya sistem drainase mayor ini disebut juga sebagai sistem saluran pembuangan utama (*major system*) atau drainase primer. Sistem jaringan ini menampung aliran yang berskala besar dan luas seperti saluran drainase primer, kanalkanal atau sungai-sungai. Perencanaan drainase makro ini umumnya dipakai dengan periode ulang antara 5 sampai 10 tahun dan pengukuran topografi yang detail mutlak diperlukan dalam perencanaan sistem drainase ini.

b) Sistem Drainase Mikro

Sistem drainase mikro yaitu sistem saluran dan bangunan pelengkap drainase yang menampung dan mengalirkan air dari daerah tangkapan hujan. Secara keseluruhan yang termasuk dalam sistem drainase mikro adalah saluran di sepanjang sisi jalan, saluran/selokan air hujan di sekitar bangunan, gorong-gorong, saluran

drainase kota dan lain sebagainya dimana debit air yang dapat ditampungnya tidak terlalu besar.

Pada umumnya drainase mikro ini direncanakan untuk hujan dengan masa ulang 2, 5 atau 10 tahun tergantung pada tata guna lahan yang ada. Sistem drainase untuk lingkungan permukiman lebih cenderung sebagai sistem drainase mikro.

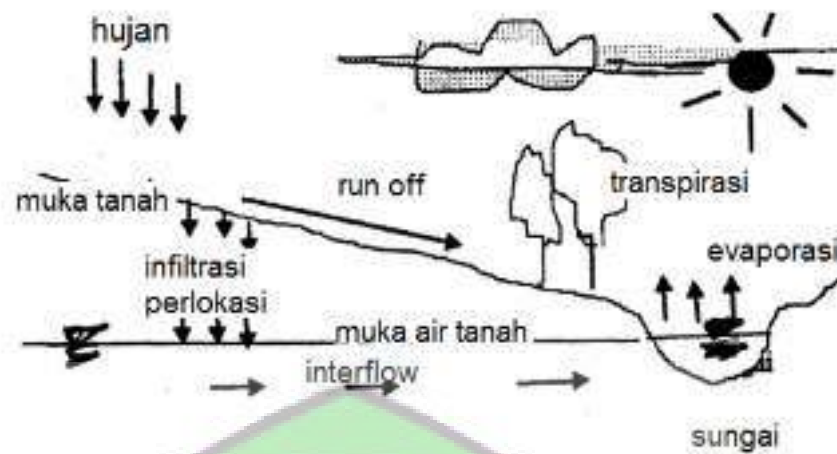
2.4 Jenis Drainase

Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut (Hasmar, 2011):

a) Menurut sejarah terbentuknya

1) Drainase alamiah (*Natural Drainage*)

Yakni drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.



(Sumber : gunadarma)

Gambar 2. 1 Drainase Alamiah

2) Drainase buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan adalah sistem drainase yang dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, dan dimensi saluran. Drainase ini dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.



(Sumber : gunadarma)

Gambar 2. 2 Drainase Buatan

b) Menurut letak saluran

1) Drainase permukaan tanah (*Surface Drainage*)

Drainase permukaan tanah adalah saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis *open channel flow*.

2) Drainase bawah permukaan tanah (*Sub Surface Drainage*)

Drainase bawah tanah adalah saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan tersebut antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman, dan lain-lain.

c) Menurut konstruksi

1) Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah sistem saluran yang biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan (sistem terpisah), namun kebanyakan sistem saluran ini berfungsi sebagai saluran campuran. Pada pinggiran kota, saluran terbuka ini biasanya tidak diberi lining (lapisan pelindung). Akan tetapi saluran terbuka di dalam kota harus diberi lining dengan beton, pasangan batu (*masonry*) ataupun dengan pasangan bata.

2) Saluran Tertutup

Saluran tertutup adalah saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Sistem ini cukup bagus digunakan di daerah perkotaan terutama

dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi seperti kota metropolitan dan kota-kota besar lainnya.

d) Menurut fungsi

1) *Single Purpose*

Single purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.

2) *Multy Purpose*

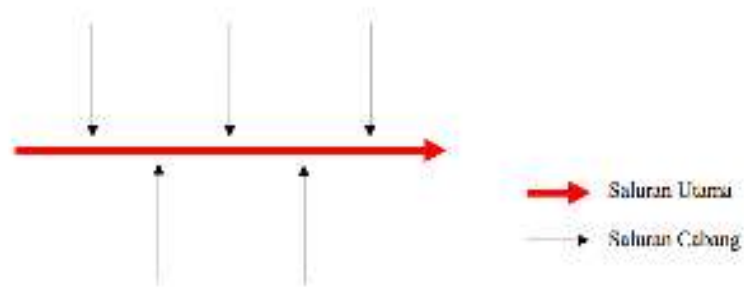
Multy purpose adalah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

2.5 Pola Jaringan Drainase

Dalam perencanaan sistem drainase suatu kawasan harus memperhatikan pola jaringan drainasenya. Pola jaringan drainase pada suatu kawasan atau wilayah tergantung dari topografi daerah dan tata guna lahan kawasan tersebut. Adapun tipe atau jenis pola jaringan drainase menurut Hasmar (2011):

a) Jaringan Drainase Pola Siku

Jaringan drainase pola siku dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai pembuang akhir berada di tengah kota.

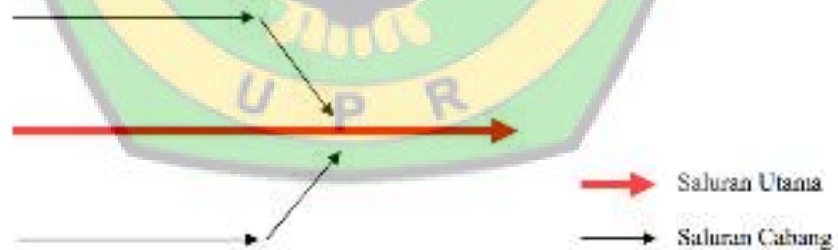


(Sumber: Hasmar, 2011)

Gambar 2.3 Pola Jaringan Drainase Siku

b) Jaringan Drainase Pola Paralel

Jaringan drainase pola paralel yaitu saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan menyesuaikan.



(Sumber: Hasmar, 2011)

Gambar 2.4 Pola Jaringan Drainase Paralel

c) Jaringan Drainase Pola *Grid Iron*

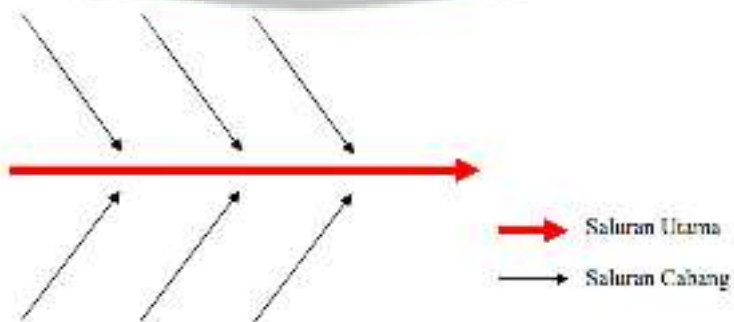
Jaringan drainase pola *grid iron* yaitu untuk daerah dimana sungai terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



Gambar 2. 5 Pola Jaringan Drainase Grid Iron

d) Jaringan Drainase Pola Alamiah

Jaringan drainase pola alamiah sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



(Sumber: Hasmar, 2011)

Gambar 2. 6 Pola Jaringan Drainase Alamiah

e) Jaringan Drainase Pola Radial

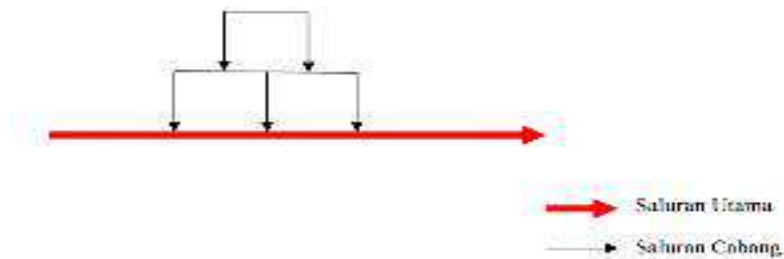
Jaringan drainase pola radial yaitu jaringan pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 2. 7 Pola Jaringan Drainase Radial

f) Jaringan Drainase Pola Jaring-Jaring

Jaringan drainase pola jaring-jaring mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. Untuk mencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lainnya, maka dapat dibuat beberapa anak saluran cabang yang kemudian ditampung ke dalam saluran cabang dan selanjutnya dialirkan menuju saluran utama.



(Sumber: Hasmar, 2011)

Gambar 2. 8 Pola Jaringan Drainase Jaring-Jaring

2.6 Perencanaan Saluran Drainase

Menurut (Suripin, 2004) bahwa saluran drainase harus direncanakan untuk dapat melewati debit rencana dengan aman. Perencanaan teknis saluran drainase mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan debit rencana
2. Menentukan jalur (*trase*) saluran
3. Merencanakan profil memanjang saluran
4. Merencanakan penampang melintang saluran
5. Mengatur dan merencanakan bangunan-bangunan serta fasilitas sistem drainase.

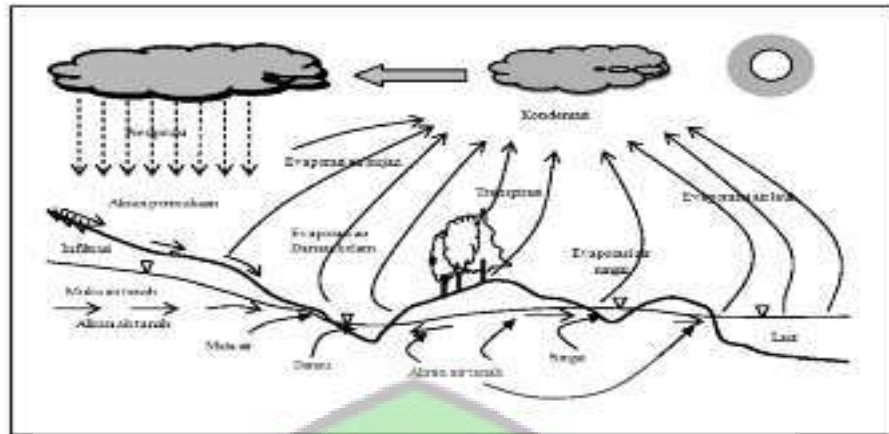
2.7 Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan perubahannya antara lain : keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan

sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Tanpa kita sadari bahwa sebagian besar perencanaan bangunan sipil memerlukan analisis hidrologi. Analisis hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai bangunan air seperti: bendungan, bangunan pengendali banjir, dan bangunan irigasi, tetapi juga diperlukan untuk bangunan jalan raya, lapangan terbang, dan bangunan lainnya. (Soemarto,2006)

2.8 Siklus Hidrologi

Menurut Hasmar (2011) siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi/penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awal hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju dan atau hujan yang jatuh kepermukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air *run off* dan sebagai infiltrasi/meresap ke dalam lapisan tanah. Besarnya *run off* dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah dengan pengujian tanah di laboratorium. Air *run off* mengalir dipermukaan muka tanah kemudian kepermukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, akan menambah tinggi muka air tanah didalam lapisan tanah, kemudian juga merembes didalam tanah kearah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai di laut, danau, sungai. Kemudian terjadi lagi proses penguapan.



(Sumber : <http://sipilworld.com>)

Gambar 2. 9 Siklus Hidrologi

2.9 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan bidang yang sangat rumit dan kompleks. Hal ini dikarenakan oleh ketidakpastian siklus hidrologi itu sendiri, rekaman data dan kualitas data. Karena hujan adalah kejadian yang tidak dapat diprediksi secara pasti seberapa besar curah hujan yang akan terjadi pada suatu periode waktu, maka diperlukan analisis hidrologi (Triatmodjo, 2008).

Dalam perencanaan drainase diperlukan metode yang tepat. Ketidaksesuaian penggunaan metode dapat mengakibatkan hasil perhitungan yang tidak tepat digunakan dalam kondisi sebenarnya. Analisis hidrologi merupakan faktor yang paling berpengaruh untuk merencanakan besarnya sarana penampungan dan pengaliran. Hal ini diperlukan untuk dapat mengatasi aliran permukaan yang terjadi agar tidak mengakibatkan terjadinya genangan.

2.9.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang diperlukan adalah data curah hujan harian yang tercatat pada stasiun hujan terdekat dan berpengaruh terhadap aliran air pada Daerah Aliran Sungai (DAS) yang bersangkutan.

Daerah aliran sungai sendiri merupakan wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung, bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun diwilayah tersebut memberikan kontribusi aliran ke titik pelepasan (*outlet*) (Suripin, 2004).

2.9.2 Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Suatu rangkaian data curah hujan bias mengalami ketidakkonsistenan atau non homogenitas yang bias mengakibatkan hasil perhitungan menjadi tidak tepat.

Ketidakkonsistenan data hujan dapat disebabkan oleh:

1. Perubahan mendadak pada sistem lingkungan
2. Pemindahan alat ukur
3. Perubahan cara pengukuran

Ketidakkonsistenan data hujan ditandai dengan beloknya grafik garis lurus yang terdiri dari:

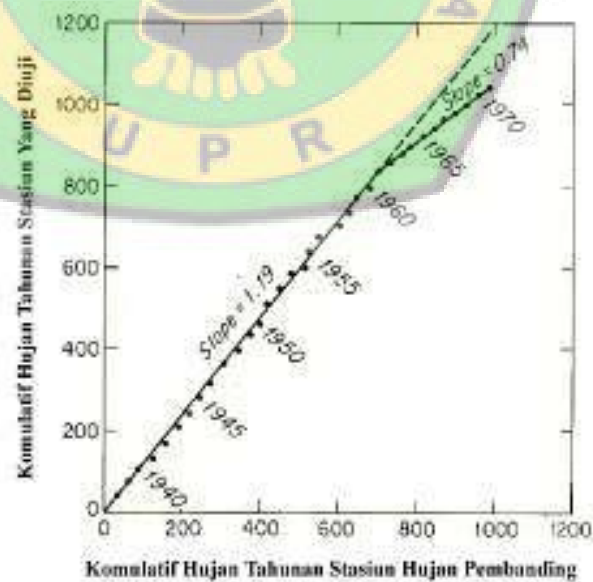
- a. Abses, yaitu harga rata-rata curah hujan dari stasiun-stasiun hujan yang terdapat di daerah tersebut.
- b. Ordinat, yaitu curah hujan dari stasiun yang diuji konsistensi datanya.
- c. Dari penyimpangan grafik tersebut akan diperoleh faktor koreksi, yakni perbandingan sudut yang dibuat oleh garis lurus dengan garis yang

menyimpang. Kemudian faktor koreksi tersebut dikalikan dengan data hujan yang diuji dan diplot kedalam grafik. Demikian seterusnya sampai keseluruhan data hujan terkoreksi dan diperoleh grafik garis lurus.

Pengujian konsistensi data hujan dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya:

1. Metode Kurva Massa Ganda

Perubahan atau pemindahan lokasi stasiun hujan, gangguan lingkungan, kerusakan instrumentasi, ketidaksesuaian prosedur pengukuran seringkali menjadi adanya perubahan relatif terhadap nilai data hujan yang tercatat. Oleh karena itu untuk menghasilkan hasil analisis hidrologi yang baik, pemeriksaan terhadap konsistensi data hujan sangat diperlukan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10 dibawah ini:



(Sumber : <http://insinyurpengairan.com>)

Gambar 2. 10 Grafik Uji Konsistensi Data dengan Kurva Massa Ganda

Pengujian dengan metode ini akan memberikan hasil yang baik, jika dalam suatu DAS terdapat banyak stasiun hujan, karena dengan jumlah stasiun hujan yang banyak akan memberikan nilai rata-rata hujan tahunan sebagai pembanding terhadap stasiun yang diuji lebih dapat mewakili secara baik. Oleh karena itu jumlah minimal stasiun hujan untuk pengujian ini adalah 3 stasiun hujan dan jika hanya terdapat 2 stasiun hujan atau bahkan 1 stasiun hujan, maka tidak dapat dilakukan pengujian konsistensi data hujan dan oleh karenanya kita asumsikan bahwa data yang ada adalah konsisten.

2. *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS)

Metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* ini merupakan pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri, yaitu pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya (Sri Harto, 1993). Rumus yang digunakan (Sri Harto, 1993):

$$S^*_0 = 0 \quad (2.1)$$

$$S^*_k = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad (2.2)$$

Dengan:

$$k = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$S^{**k} = \frac{S^*_k}{Dy} \quad (2.3)$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (2.4)$$

Nilai statistik Q dan R sebagai berikut:

$$Q = \max |S^{**k}| \text{ untuk } 0 < k < n \quad (2.5)$$

$$R = \max S^{**k} - \min S^{**k} \quad (2.6)$$

Dengan, S^*_0 adalah simpanan awal, S^*_k adalah simpanan mutlak, S^{**k} adalah nilai konsistensi data, n adalah jumlah data, D_y adalah simpangan rata-rata, Q adalah nilai statistik Q untuk $0 < k < n$, R adalah nilai statistik (*range*).

Tabel 2. 1 Nilai $Q/n^{0,5}$ dan $R/n^{0,5}$

N	Q/n ^{0,5}			R/n ^{0,5}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,48	1,40	1,50	1,70
40	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,85
	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

(Sumber : Sri Harto, 1993)

2.9.3 Uji Homogenitas Data Curah Hujan

Uji homogenitas data curah hujan yaitu untuk menyakinkan suatu data homogen atau tidak, perlu dilakukan tes statistik. Tes yang paling baik untuk menguji homogenitas data iklim adalah dengan menggunakan tes nonparametrik. Statistik nonparametrik tidak memerlukan asumsi mengenai bentuk distribusi dan karena itu merupakan statistik yang bebas distribusi (*free distribution*). Dalam statistik nonparametrik, kesimpulan dapat ditarik tanpa memperhatikan bentuk distribusi populasi, sementara dalam statistik parametrik kesimpulan dianggap sah apabila asumsi-asumsi tertentu yang diberlakukan terbukti benar.

Pengujian homogenitas suatu seri data dilakukan dengan metode Uji-t, yang rumusnya sebagai berikut menurut (Kamiana, 2011):

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sigma \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}^{1/2} \quad (2.7)$$

$$\sigma = \frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}^{1/2} \quad (2.8)$$

$$S_1 = \frac{\sum (X_{1i} - \bar{X}_1)^2}{N_1 - 1}^{1/2} \quad (2.9)$$

$$S_2 = \frac{\sum (X_{2i} - \bar{X}_2)^2}{N_2 - 1}^{1/2} \quad (2.10)$$

$$dk = N_1 + N_2 - 2 \quad (2.11)$$

Dengan, t adalah variabel t terhitung, \bar{X}_1 adalah rata-rata hitung sampel ke-1, \bar{X}_2 adalah rata-rata hitung sampel ke-2, N_1 adalah jumlah sampel set ke-1, N_2 adalah jumlah sampel set ke-2, σ adalah deviasi standard, S_1^2 adalah variasi sampel set ke-1, S_2^2 adalah variasi sampel set ke-2, dk adalah derajat kebebasan.

Berdasarkan hasil perhitungan t (menggunakan persamaan (2.7) s/d (2.11), akan diperoleh dua kemungkinan yaitu:

1. t terhitung $> t_{cr}$ atau t kritis, artinya kedua sampel yang diuji tidak berasal dari populasi yang sama.
2. t terhitung $< t_{cr}$ atau t kritis, artinya kedua sampel yang diuji berasal dari populasi yang sama.

2.9.4 Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk mengetahui profil muka air sungai dan rancangan suatu drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau daerah dan dinyatakan dalam milimeter (mm).

Menentukan curah hujan rerata harian maksimum daerah dilakukan berdasarkan pengamatan beberapa stasiun pencatat hujan. Perhitungan curah hujan rata-rata maksimum ini dapat menggunakan metode (Triatmodjo, 2008):

1. Metode rata-rata aritmatik (aljabar)

Metode aljabar ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila:

- a. Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- b. Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

Persamaan rata-rata aljabar:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{N} \quad (2.12)$$

Dengan P adalah hujan rerata kawasan (mm), N adalah jumlah titik atau pos pengamatan, P_1, P_2, P_n adalah curah hujan di tiap titik pengamatan (mm).

2. Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Metode Poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru (Triatmodjo, 2008), persamaan yang digunakan:

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + A_3P_3 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.13)$$

Dengan, P_1, P_2, P_3, P_n adalah tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...n, A_1, A_2, A_3, A_n adalah luas daerah di area 1,2,3,...n.

3. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis isohyet tersebut. Metode isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung

kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata, metode isohyet membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak disbanding dengan dua metode lainnya (Triatmodjo, 2008).

Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{A \frac{I_1+I_2}{2} + A \frac{I_2+I_3}{2} + \dots + A \frac{I_n+I_{(n+1)}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.14)$$

Dengan, I_1, I_2, I_n adalah garis isohyet ke 1, 2, 3, ..n dan n+1, A_1, A_2, A_n adalah luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet ke 1 dan 2, 2 dan 3, dan n+1.

2.9.5 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramal besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana tersebut kemudian dicari intensitas hujan yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana Sosrodarso dan Takeda (1977).

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kala ulang merupakan waktu hipotetik dimana hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut.

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi Suripin (2004):

a. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi *Gauss*. Fungsi densitas peluang normal (PDF= *Probability Density Function*) yang paling dikenal adalah bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal. PDF distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata sebagai berikut:

$$X_T = \mu + K_T \sigma \quad (2.15)$$

Yang dapat didekati dengan:

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (2.16)$$

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \quad (2.17)$$

Dengan, X_T adalah perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahunan, \bar{X} adalah nilai rata-rata hitung variat, S adalah deviasi standar nilai variat, K_T adalah faktor frekuensi merupakan fungsi dari periode ulang.

Untuk mempermudah perhitungan, nilai faktor frekuensi (K_T) umumnya sudah tersedia dalam tabel, disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*), seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Periode Ulang	Peluang	K
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,010	0,990	-2,33
4	1,050	0,950	-1,64
5	1,110	0,900	-1,28

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss (*Lanjutan*)

No.	Periode Ulang	Peluang	K
6	1,250	0,800	-0,84
7	1,330	0,750	-0,67
8	1,430	0,700	-0,52
9	1,670	0,600	-0,25
10	2,000	0,500	0
11	2,500	0,400	0,25
12	3,330	0,300	0,52
13	4,000	0,250	0,67
14	5,000	2,000	0,84
15	10,000	0,100	1,28
16	20,000	0,050	1,64
17	50,000	0,020	2,05
18	100,000	0,010	2,33
19	200,000	0,005	2,58
20	500,000	0,002	2,88
21	1,000,000	0,001	3,09

(Sumber : Suripin, 2004)

b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log normal. PDF untuk distribusi Log Normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{X\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\log Y - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}\right) \quad X > 0 \quad (2.19)$$

Dengan, $P(X)$ adalah peluang log normal, X adalah nilai *variate* pengamatan, σ_Y adalah deviasi standar nilai *variate* Y , μ_Y adalah nilai rata-rata populasi Y .

Apabila nilai $P(X)$ digambarkan pada kertas, maka peluang logaritmik merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan:

$$Y_T = \mu + K_T \sigma \quad (2.20)$$

Yang dapat didekati dengan:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (2.21)$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.22)$$

Dengan, Y_T adalah perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahunan, \bar{Y} adalah nilai rata-rata hitung variat.

c. Distribusi Log person III

Distribusi log pearson ini telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai hampir semua distribusi probabilitas empiris. Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan pearson yang menjadi perhatian ahli sumber daya air adalah Log Pearson Type III. Tiga parameter yang paling penting dalam Log Pearson Type III yaitu harga rata-rata, simpangan baku dan koefisien kemencengan. Jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Berikut langkah-langkah penggunaan distribusi Log Pearson Type III

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritma, $X = \log X$.
2. Hitung harga rata-rata

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log} X_i}{n} \quad (2.23)$$

3. Hitung harga simpangan baku

$$s = \left[\frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0,5} \quad (2.24)$$

4. Hitung koefisien kemencengan

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.25)$$

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K.s \quad (2.26)$$

Dengan, $\log X$ adalah rata-rata log curah hujan harian maksimum, S adalah simpangan baku. K adalah variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G .

Besarnya nilai K_T tergantung dari koefisien kemencengan G . Tabel 2.3 memperlihatkan harga K_T untuk berbagai nilai kemencengan G . Jika nilai G sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Tabel 2. 3 Nilai K_T untuk Distribusi Log Person III

Koef. G	Interval Kejadian (Periode Ulang)							
	10,101	12,500	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	2,889
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	2,892	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,192	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388

Tabel 2. 3 Nilai K_T untuk Distribusi Log Person III (*Lanjutan*)

Koef. G	Interval Kejadian (Periode Ulang)							
	10,101	12,500	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
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	2,051	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	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-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	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	-0,667	0,667

(Sumber : Suripin, 2004)

d. Distribusi Gumbel

Distribusi gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti untuk analisis frekuensi banjir. Gumbel menggunakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga-harga ekstrim $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ mempunyai

fungsi distribusi eksponensial ganda. Faktor frekuensi untuk distribusi ini dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{X}_{Tr} = \bar{\mathbf{X}}_b + \mathbf{K} \cdot \mathbf{S} \quad (2.27)$$

Besarnya faktor frekuensi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{K} = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.28)$$

Dengan, X_{Tr} adalah besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang T_r tahun (mm), T_r adalah periode tahun berulang (*return periode*) (tahun), \bar{X}_b adalah curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm), S adalah standar deviasi, K adalah faktor frekuensi, Y_{Tr} adalah *reduced variate*, Y adalah *reduced mean*, S_n adalah *reduced standard*.

Besarnya nilai S_n , Y_n , dan Y_{Tr} dapat dilihat dalam tabel 2.3, 2.4, 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Reduced Mean (Y_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5460	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5667
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5502	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 5 Reduced Standard Deviation (S_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9977	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1104	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.148	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2087	1.2090	1.2093	1.2096

(Sumber : Suripin, 2004)

Tabel 2. 6 Reduced Variate (Y_{Tr})

Kala Ulang (Tahun)	Faktor Reduksi (Yt)	Kala Ulang (Tahun)	Faktor Reduksi (Yt)
2	0.3668	100	4.6012
5	1.5004	200	5.2969
10	2.2510	250	5.5266
20	2.9709	500	6.2149
25	3.1993	1000	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188
75	4.3117	10000	9.2121

(Sumber : Suripin, 2004)

2.9.6 Pengujian Distribusi Probabilitas Curah Hujan Rencana

Uji distribusi probabilitas curah hujan rencana dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang nyata antara besarnya debit maksimum tahunan hasil pengamatan lapangan dengan hasil perhitungan. Uji distribusi probabilitas curah hujan rencana dapat dilaksanakan dengan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov (Soewarno, 1995).

1. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

Uji Chi-Kuadrat menggunakan rumus (Suripin, 2004):

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.29)$$

Dengan, X^2 adalah harga Chi-Kuadrat terhitung, O_i adalah jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1, E_i adalah jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1, N adalah jumlah data.

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai X^2 hitung < dari X^2 kritis. Nilai X^2 kritis dapat dilihat di tabel 2.7 dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan chi-kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus (Triatmodjo, 2008) sebagai berikut:

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (2.30)$$

$$K = 1 + 3,322 \log n \quad (2.31)$$

$$E_i = \frac{n}{K} \quad (2.32)$$

Dengan, DK adalah derajat kebebasan, K adalah jumlah kelas, α adalah banyaknya keterikatan (parameter) untuk uji chi-kuadrat adalah 2, E_i adalah nilai yang diharapkan.

Tabel 2. 7 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-kuadrat

dk	α Derajat Kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0606	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.190	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.008	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.583
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.815	4.575	19.175	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.995	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.905	7.962	26.295	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.683	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.585	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

(Sumber : Soewarno, 1995)

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Suripin, 2004). Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- a. Urutan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data (persamaan distribusinya) (Suripin, 2004):

$$X_1 \longrightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \longrightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \longrightarrow P'(X_m)$$

$$X_n \longrightarrow P'(X_n)$$

- b. Periode ulang untuk perhitungan debit minimum tidak menyatakan suatu nilai sama atau lebih dari besaran tertentu, akan tetapi menyatakan suatu nilai sama atau kurang dari besaran tertentu. Oleh karena itu apabila (Soewarno, 1995):

$$P[X \geq (X_{rc} + k \cdot s)] = \alpha \quad (2.33)$$

$$P[X \geq (X_{rc} + k \cdot s)] = 1 - \alpha \quad (2.34)$$

- c. Rumus-rumus yang dipakai untuk mengitung D (selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan periode teoritis) (Soewarno, 1995):

$$P(x) = m/(n + 1) \quad (2.35)$$

$$P(x <) = 1 - P(x) \quad (2.36)$$

$$P'(x) = m/(n - 1) \quad (2.37)$$

$$P'(x <) = 1 - P'(x) \quad (2.38)$$

$$D = \text{maksimum} |P'(x <) - P(x <)| \quad (2.39)$$

Berdasarkan tabel nilai delta kritis (*Smirnov – Kolmogorov Test*) tentukan harga D_0 (lihat tabel 2.8).

Tabel 2. 8 Nilai Delta Kritis (D_0) untuk Uji Keselarasan Smirnov - Kolmogorov

Jumlah Data	α Derajat Kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
n	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$n > 50$	$1,07/n$	$1,22/n$	$1,36/n$	$1,63/n$

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.9.7 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung intensitas durasi frekuensi ($IDF = Intensity\ Duration\ Frequency\ curve$) (Suripin, 2004).

Intensitas curah hujan sendiri dilambangkan dengan huruf I, yang artinya tingginya hujan yang sering terjadi selama kurun waktu satu jam. Pada umumnya semakin lama durasi hujan maka semakin kecil intensitas dengan satuan (mm/jam)

yang artinya tinggi curah hujan dapat dihitung dari data curah hujan harian dengan menggunakan rumus Dr. Monobobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.40)$$

Dengan, I adalah intensitas hujan (mm/jam), t adalah lamanya hujan (jam), R_{24} adalah curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm).

2.9.8 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluar DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi dapat ditulis sebagai berikut:

$$t_c = t_o + t_d \quad (2.41)$$

$$t_o = 1,44 \times \left(n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \quad (2.42)$$

$$t_d = \frac{Ld}{V} \quad (2.43)$$

Dengan, t_c adalah waktu konsentrasi (jam), t_o adalah *inlet time* ke saluran terdekat atau waktu pengaliran di atas permukaan tanah waktu tergenang air sebelum menuju saluran (menit), t_d adalah waktu pengaliran dalam saluran ke tempat yang diukur (menit).

2.9.9 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari. Koefisien aliran permukaan didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi koefisien adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, tanaman penutup lahan, dan intensitas hujan. Selain itu juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah, air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan simpanan depresi.

Tabel 2. 9 Koefisien Aliran untuk Metode Rasional

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
Business	
Perkotaan	0,70 - 0,95
Pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	
Rumah Tunggal	0,30 - 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 - 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
Perkampungan	0,25 - 0,40
Apartemen	0,50 - 0,70

Tabel 2. 9 Koefisien Aliran untuk Metode Rasional (*Lanjutan*)

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
Industri	
Ringan	0,50 - 0,80
Berat	0,60 - 0,90
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,70 - 0,95
Batu bata, paving	0,50 - 0,70
Atap	0,75 - 0,95
Halaman, tanah berpasir	
Datar, 2%	0,05 - 0,10
Rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
Curam, 7%	0,15 - 0,20
Halaman, tanah berat	
Datar, 2%	0,13 - 0,17
Rata-rata, 2-7%	0,18 - 0,22
Curam, 7%	0,25 - 0,35
Halaman kereta api	0,10 - 0,35
Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
Taman, perkuburan	0,10 - 0,25
Hutan	
Datar, 0-5%	0,10 - 0,40

Tabel 2. 9 Koefisien Aliran untuk Metode Rasional (Lanjutan)

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
Bergelombang, 5-10%	0,25 - 0,50
Berbukit, 10-30%	0,30 - 0,60

(Sumber : Suripin, 2004)

2.9.10 Perhitungan Debit Air Hujan

Debit air limpasan dari air hujan adalah volume air hujan per satuan waktu yang tidak mengalami infiltrasi sehingga harus diakhiri melalui saluran drainase. Debit air limpasan ini terdiri dari tiga komponen yaitu *run off* (C), data intensitas curah hujan (I), dan *catchment area* (Aca).

Dalam perencanaan drainase perkotaan ini digunakan metode rasional karena model ini sangat simpel dan mudah dalam penggunaannya. Beberapa parameter hidrologi yang diperhitungkan adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas DAS, abstraksi (kehilangan air akibat evaporasi, intersepsi, infiltrasi, tampungan permukaan) dan konsentrasi aliran. Persamaan metode rasional (Triatmodjo, 2008):

$$Q_r = 0,278 C \cdot I \cdot A \quad (2.44)$$

Dengan, Q_r adalah debit maksimum rencana (m^3/dt), C adalah koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$), A adalah luas (km^2).

2.10 Analisis Hidraulika

Banyaknya debit air hujan yang ada dalam suatu kawasan harus segera dialirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkannya diperlukan saluran yang dapat menampung dan mengalirkan air tersebut ke saluran

primer atau saluran akhir, yaitu dapat berupa sungai dan kolam retensi. Kapasitas pengaliran dan saluran tergantung pada bentuknya, kemiringan, dan kekasaran saluran. Sehingga penentuan kapasitas tampungan air harus berdasarkan besarnya debit air hujan.

2.10.1 Perhitungan Kapasitas Drainase

Pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekerasan dinding relative besar. Aliran melalui saluran terbuka akan turbulen apabila angka *Reynold* $Re > 2.000$ dan laminer apabila $Re < 500$. Rumus angka *Reynold* dapat ditulis sebagai berikut:

$$Re = \frac{v \times L}{\nu} \quad (2.45)$$

Dengan, V adalah kecepatan aliran (m/dt), L adalah panjang karakteristik (m) pada saluran muka air bebas $L = R$, ν adalah kekentalan kinematik (m^2/dt).

Aliran yang terjadi di setiap saluran belum tentu sesuai yang direncanakan. Namun tahap awal perencanaan dapat diasumsikan bahwa yang terjadi adalah aliran seragam. Perencanaan untuk aliran seragam dilakukan dengan rumus Manning yaitu:

$$R_h = \frac{A_w}{P_w} \quad (2.46)$$

Dengan, R adalah jari-jari hidraulik (m), A_w adalah luas penampang basah (m^2), P adalah keliling penampang basah (m).

$$V = \frac{i}{n_c} \times R^{\frac{2}{3}} \times S_b^{\frac{1}{2}} \quad (2.47)$$

Dengan, i adalah kemiringan saluran samping (%), S_b adalah kemiringan dasar saluran, n_c adalah koefisien Manning. Nilai koefisien Manning dapat dicari dengan melihat tabel di bawah ini:

Tabel 2. 10 Nilai Koefisien Manning

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

(sumber : B. Triadmodjo, 2008)

2.10.2 Debit Aliran

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam suatu tempat tiap satu satuan waktu. Fungsi debit aliran ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir pada suatu sungai atau saluran dan seberapa cepat air tersebut mengalir dalam waktu satu detik.

Dengan rumus:

$$Q_s = A \times V \quad (2.48)$$

Dengan, Q_s adalah debit aliran saluran (m^3/dt).

2.10.3 Penampang Melintang Saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran, sebaiknya dipilih atau diusahakan dapat membentuk dimensi yang ekonomis. Dimensi yang terlalu kasar akan berdampak pada besarnya biaya yang akan dikeluarkan, sebaliknya apabila dimensi yang direncanakan terlalu kecil maka akan menimbulkan permasalahan pada daya tampung yang nantinya tidak memadai. Bentuk-bentuk penampang drainase antara lain :

a. Penampang saluran persegi

Penampang persegi biasanya terbuat dari pasangan batu bata dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dapat dirumuskan (Suripin, 2004):



Gambar 2. 11 Penampang Melintang Saluran Persegi

- Luas Penampang Basah (A_w)

$$A_w = B \times h \quad (2.49)$$

- Keliling Basah (P_w)

$$P_w = B + 2.h \quad (2.50)$$

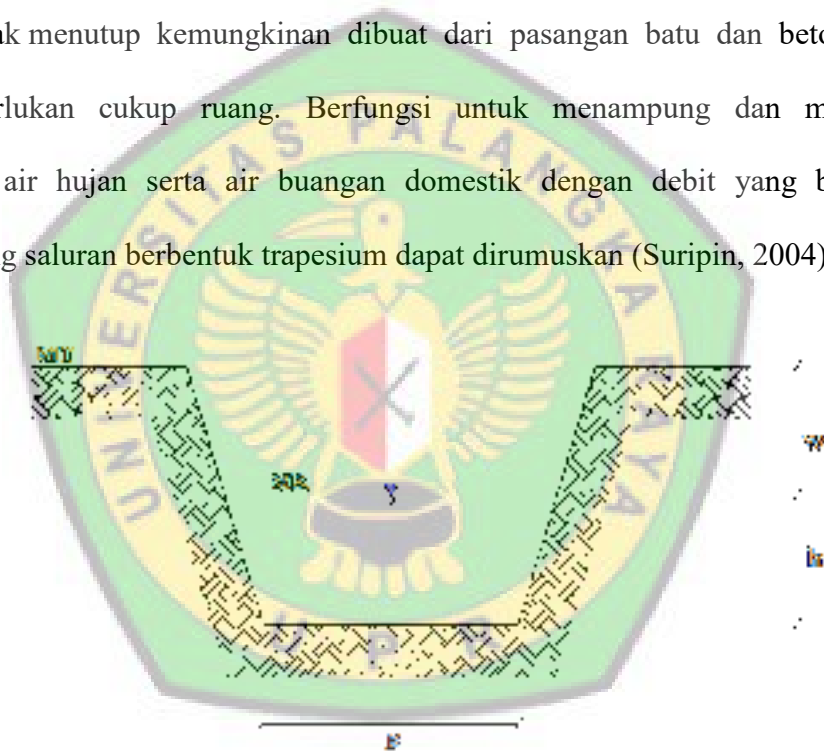
- Jari-jari hidrolis (R_h)

$$R_h = \frac{B \cdot h}{B + 2 \cdot h} \quad (2.51)$$

Dengan, B adalah lebar dasar saluran (m), h adalah kedalaman saluran (m).

b. Penampang saluran trapesium

Penampang trapesium umumnya saluran ini terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar. Pada penampang saluran berbentuk trapesium dapat dirumuskan (Suripin, 2004):



Gambar 2. 12 Penampang Melintang Saluran Trapesium

- Luas Penampang Basah (A_w)

$$A_w = (B + mh) \times h \quad (2.52)$$

- Keliling Basah (P_w)

$$P_w = B + 2h \sqrt{1 + m^2} \quad (2.53)$$

- Jari-jari hidrolis (R_h)

$$R_h = \frac{(B+mh) \times h}{B + 2h \sqrt{1+m^2}} \quad (2.54)$$

Dengan, m adalah kemiringan dinding saluran.

c. Penampang Saluran Segitiga

Penampang saluran segitiga umumnya digunakan pada daerah permukiman sebagai saluran tersier. Keuntungan dapat mengalirkan air pada debit yang kecil, kerugiannya sulit dalam pemeliharaan. Pada penampang melintang saluran berbentuk Segitiga dapat dirumuskan (Suripin, 2004):



Gambar 2. 13 Penampang Melintang Saluran Segitiga

- Luas Penampang (A_w)

$$A_w = m \times h^2 \quad (2.55)$$

- Keliling Basah (P_w)

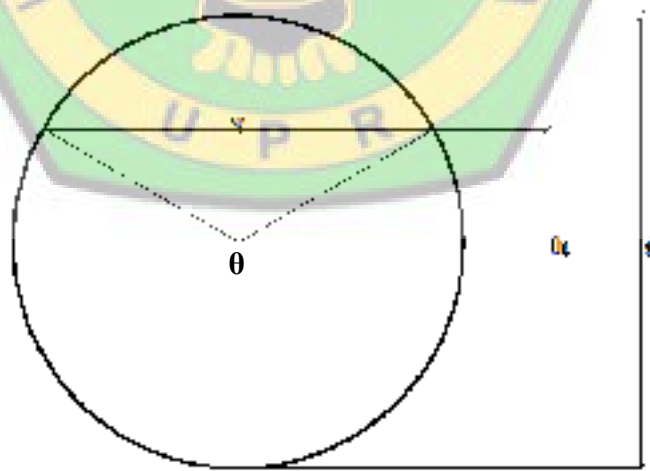
$$P_w = 2m \sqrt{1 + m^2} \quad (2.56)$$

- Jari-jari hidrolis (R_h)

$$R_h = \frac{mh}{2 \sqrt{1+m^2}} \quad (2.57)$$

d. Penampang Saluran Setengah Lingkaran

Penampang saluran setengah lingkaran ini terbuat dari pasangan batu atau dari beton dengan cetakan yang telah tersedia. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar. Pada penampang melintang saluran berbentuk setengah lingkaran dapat dirumuskan (Suripin, 2004):



Gambar 2. 14 Penampang Melintang Setengah Lingkaran

- Luas Penampang Basah (A_w)

$$A_w = \frac{1}{8} (\theta - \sin\theta) d^2 \quad (2.58)$$

- Keliling Basah (P_w)

$$P_w = \frac{1}{2} \theta d \quad (2.59)$$

- Jari-jari hidrolis (R_h)

$$R_h = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin\theta}{\theta} \right) d \quad (2.60)$$

2.11 Kapasitas Drainase Eksisting (Q_s)

Kapasitas drainase eksisting merupakan besarnya kapasitas drainase yang terjadi di lapangan yang dimana dapat diketahui dari hasil pengukuran profil memanjang dan melintang saluran drainase. Data yang diperoleh tersebut melalui pengukuran secara langsung dengan menggunakan alat ukur yaitu Theodolit.

2.12 Perhitungan Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran adalah besarnya dimensi saluran yang terlebih dahulu harus diketahui debit komulatif terbesar yang direncanakan, sehingga menjadi acuan dalam menentukan dimensi yang cocok atau sesuai pada perencanaan saluran tersebut.

2.13 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan

pekerjaan tersebut. Menurut Ibrahim (1993), yang dimaksud rencana anggaran biaya suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Dalam perhitungan rencana anggaran biaya saluran drainase ini mencakup perhitungan penggalian, pengukuran, pembesian, pemipaan, pembetonan, dll. Dimana pada suatu perencanaan ini digunakan standar harga satuan dasar dan analisis harga satuan dasar dan analisis harga sesuai dengan wilayah atau kota setempat.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Studi Penelitian

Lokasi studi penelitian drainase dilakukan di kawasan Jalan Seth Adji Kota Palangka Raya. Waktu survei dan penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2019.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, langkah-langkah penelitian ini adalah:

1. Teknik Pengumpulan Data
2. Analisis Data
 - a. Data Primer
 - b. Data Sekunder
3. Analisis Beban Drainase (Qr)
4. Analisis Kapasitas Saluran Drainase Eksisting (Qs)
5. Evaluasi Kapasitas Pengaliran Drainase
6. Perencanaan Teknis
7. Penyusunan laporan

3.2.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data ini merupakan suatu prosedur sistematis dengan maksud untuk memperoleh data yang diperlukan. Data-data yang dikumpulkan berupa data primer maupun data sekunder.

1. Data Primer

Data primer yang dikumpulkan meliputi lokasi-lokasi banjir dan profil saluran memanjang dan melintang. Pengumpulan data dimana lokasi-lokasi rawan banjir dikumpulkan dengan cara observasi lapangan sekitar Jalan Seth Adji. Di bawah ini diuraikan secara singkat tahap-tahap pengumpulan data:

a) Observasi Lapangan

Observasi lapangan dimulai dari Jalan Seth Adji, Jalan Nyai Undang, Jalan Pinus kemudian Jalan Karet. Observasi ini dilakukan pada saat hujan dengan durasi lama atau saat musim penghujan. Observasi lapangan ini dilakukan dengan cara mengamati arah aliran di setiap saluran dan yang berkemungkinan air limpasannya akan membebani saluran drainase di Jalan Seth Adji.

b) Dokumentasi

Teknik dokumentasi adalah pengumpulan data dengan cara merekam data/keterangan yang diperlukan dengan menggunakan peralatan elektronik yang ada seperti misalnya dengan kamera *handphone*.

c) Pengukuran profil memanjang dan melintang saluran drainase

Pengukuran profil memanjang dan melintang saluran drainase terdiri dari:

a. Persiapan

Dalam tahap persiapan hal yang paling pertama dilakukan adalah menentukan batas-batas pengukuran, arah *trase* saluran, penentuan titik awal dan pemasangan patok kayu.

b. Pengukuran

Pengukuran yang dilakukan yaitu pengukuran profil memanjang dan melintang saluran drainase. Pengukuran menggunakan alat Theodolit dan Meteran. Pengukuran dimulai dari titik awal yang telah ditentukan kemudian hasil pengukuran dicatat pada tabel pengukuran berupa elevasi dan dimensi saluran.

c. Perhitungan

Dari hasil pengukuran yang telah dicatat tersebut selanjutnya dihitung. Perhitungan dilapangan bertujuan untuk memeriksa apakah pengukuran sudah sesuai dengan persyaratan ketelitian dan tidak ada kesalahan yang menyebabkan pengukuran harus diulang.

2. Data Sekunder

Data sekunder menggunakan data yang dimiliki oleh instansi-instansi terkait, yang akan digunakan dalam perencanaan seperti data curah hujan harian maksimum dalam 1 tahun. Data curah hujan harian dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kota Palangka Raya.

3.2.2 Analisis Data

1. Data Primer

a) Analisis Hasil Pengukuran Profil Memanjang dan Profil Melintang

Hasil data pengukuran profil memanjang dan melintang yang diperoleh dari pengukuran di lapangan yang selanjutnya dianalisis sesuai dengan prosedur perhitungan. Prosedur dalam perhitungan data hasil pengukuran dapat dilihat seperti di bawah ini:

1) Perhitungan Memanjang (*Long Section*)

Langkah-langkah dalam pengerjaan pada profil memanjang adalah sebagai berikut:

a. Kontrol Bacaan Rambu Ukur

$$BT = \frac{BA+BB}{2} \quad (3.1)$$

b. Tinggi Elevasi (H)

$$H = \text{Elevasi awal} + \Delta h \quad (3.2)$$

c. Perhitungan Beda Tinggi (Δh)

$$\Delta h = BT1 - BT2 \quad (3.3)$$

d. Perhitungan Jarak Optis (Jarak antar rambu alat)

$$do = (BB - BA) \times 100 \quad (3.4)$$

Dengan, BT adalah benang tengah, BA adalah benang atas, BB adalah benang bawah, dan do adalah jarak optis.

2) Perhitungan Melintang (*Cross Section*)

Langkah pengerjaan profil melintang sama seperti profil memanjang hanya yang membedakannya adalah di perhitungan beda tinggi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta h = \text{Tinggi alat} - \text{BT1} \quad (3.5)$$

2. Data Sekunder

Setelah mendapatkan data curah hujan harian maksimum dengan periode 15 tahun selanjutnya data hujan akan dianalisis. Adapun tahap-tahap analisis data sekunder sebagai berikut:

a) Uji Konsistensi Data Hujan

Data curah hujan dari stasiun Palangka raya dan stasiun Bereng Bengkel selanjutnya diuji apakah data curah hujan tersebut konsisten atau tidak. Perhitungan tersebut menggunakan metode RAPS pada persamaan (2.1) s/d (2.6) serta menggunakan tabel 2.1 nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$.

b) Uji Homogenitas Data Hujan

Uji homogenitas data hujan pada kedua buah stasiun pencatat curah hujan tersebut menggunakan metode uji-t. Adapun persamaan yang dipakai pada uji homogenitas adalah persamaan (2.7) s/d (2.11).

c) Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Setelah dilakukan pengujian data curah hujan selanjutnya data curah hujan digunakan untuk perhitungan curah hujan wilayah. Dalam perhitungan

curah hujan wilayah menggunakan metode Thiessen pada persamaan (2.13).

d) Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode analisis distribusi probabilitas normal, distribusi probabilitas log normal, distribusi probabilitas log Person type III, dan distribusi probabilitas Gumbel. Adapun persamaan yang digunakan adalah persamaan (2.15) s/d (2.28) serta menggunakan tabel 2.2 s/d 2.6.

e) Pengujian Distribusi Probabilitas Curah Hujan Rencana

Uji kesesuaian distribusi dilakukan dengan dua cara yaitu uji smirnov-kolmogorov dan uji chi-kuadrat dengan maksud untuk mengecek apakah data curah hujan harian daerah tersebut dapat digunakan. Persamaan yang dipakai adalah persamaan (2.29) s/d (2.39) dan menggunakan tabel 2.7 s/d 2.8.

3.2.3 Analisis Beban Drainase (Qr)

Analisis beban drainase adalah rancangan yang ditentukan dengan menggunakan rumus rasional. Dengan menggunakan persamaan (2.40) s/d (2.44) dengan menggunakan tabel (2.9).

3.2.4 Analisis Kapasitas Saluran Drainase Eksisting (Qs)

Analisis kapasitas saluran drainase dilakukan secara hidraulika dengan menggunakan persamaan (2.45) s/d (2.48) dan menggunakan tabel koefisien manning (2.10).

3.2.5 Evaluasi Kapasitas Pengaliran Drainase

Evaluasi kapasitas pengaliran drainase dapat dilakukan dengan:

1. Berdasarkan hasil analisis dapat dilakukan perbandingan debit saluran (Qs) dengan debit rencana (Qr).
2. Jika dari hasil perhitungan antara debit saluran (Qs) dan debit rencana (Qr) menunjukkan bahwa jika nilai $Q_s < Q_r$ maka diperlukan perencanaan baru terhadap dimensi saluran yang ada dengan cara memperbesar dimensi berdasarkan perhitungan hidraulik ulang dan jika hasil perhitungan antara debit saluran (Qs) dan debit rencana (Qr) menunjukkan bahwa nilai $Q_s \geq Q_r$ maka diperlukan operasi dan pemeliharaan yang sesuai dengan sistem drainase perkotaan.

3.2.6 Perencanaan Teknis

Perencanaan teknis pada studi perencanaan ini meliputi:

1. Analisis tata jaringan drainase eksisting
2. Perhitungan dimensi saluran
3. Penggambaran lay out jaringan saluran drainase dan dimensi saluran
5. Perencanaan saluran dan bangunan pelengkapya
6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

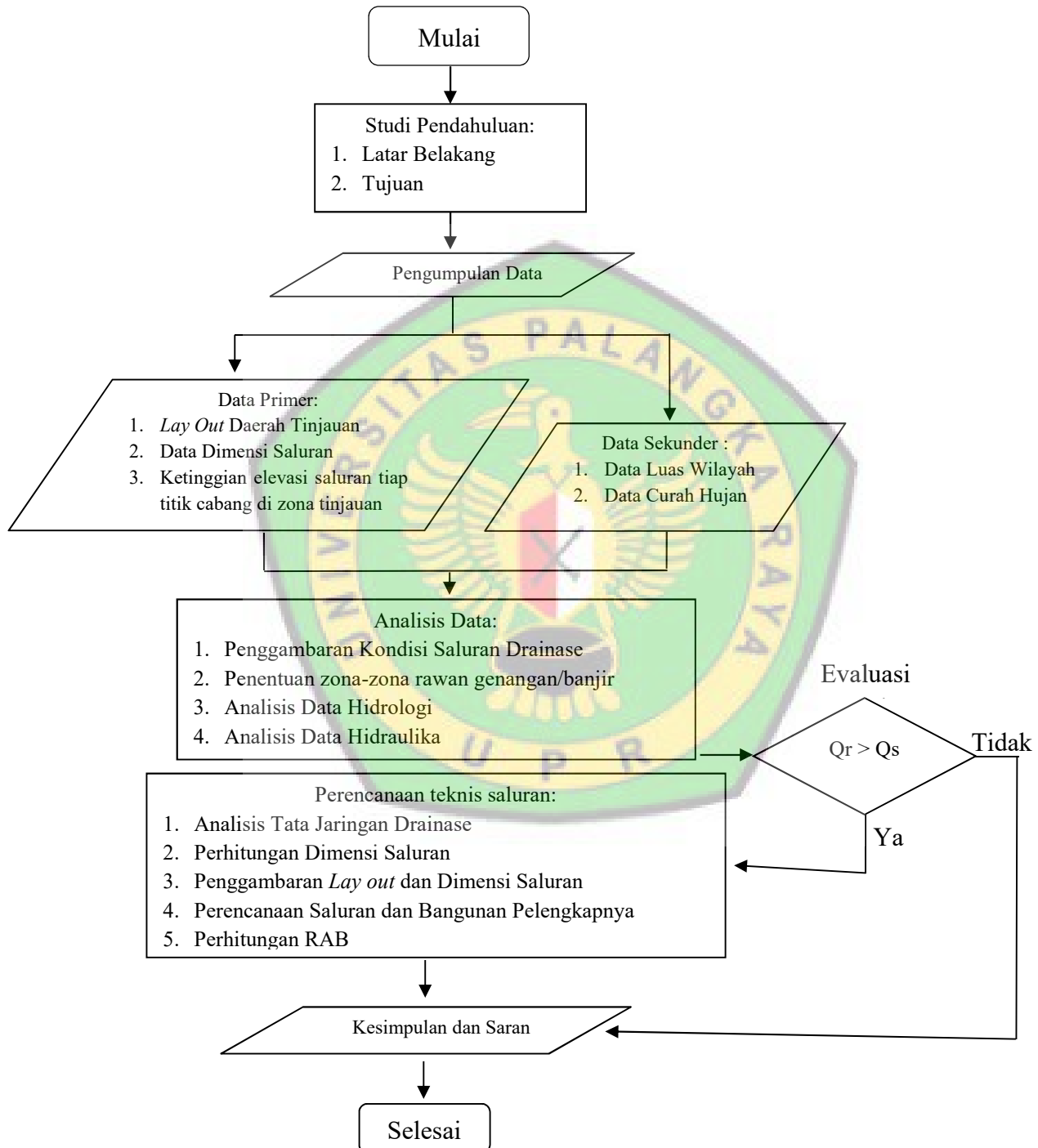
3.2.7 Penyusunan Laporan

Seluruh data primer dan sekunder yang dikumpulkan kemudian diolah dan dianalisis serta disusun untuk memperoleh hasil akhir agar dapat memberikan solusi mengenai evaluasi dan perencanaan pembangunan saluran drainase di kawasan Jalan Seth Adji Kota Palangka Raya.



3.3 Bagan Alir Perencanaan

Berikut merupakan bagan alir kegiatan perencanaan:



Gambar 3. 1 Bagan Alir Perencanaan

BAB IV

PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Klimatologi

Kota Palangka Raya merupakan wilayah yang beriklim tropis dengan geografis terletak pada 113°30'-114°07' bujur timur dan 1°35'-2°24' lintang selatan, dengan luas wilayah 2.678,51 km² (267.851 Ha). Dengan kelembaban udara berkisar antara 75%-89% dengan kelembaban rata-rata tahunan sebesar 83,08%. Temperatur rata-rata adalah 26,880°C, minimum 22,930°C dan maksimum 32,520°C. Data terakhir curah hujan pada tahun 2015 maksimum 531,60 mm dan minimum 11.80 mm dengan rata-rata 271,70 mm. (*Dinas Pekerjaan Umum Kota Palangka Raya*)

4.2 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang diperlukan untuk perhitungan curah hujan rencana adalah data curah hujan maksimum dalam satu tahun yang diperoleh dari stasiun pencatat curah hujan, dengan pengamatan selama 15 tahun. Data curah hujan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 ini:

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm)


No	Tahun	Curah Hujan Rencana Harian (mm)				
		Sta. Palangka Raya	Sta. Bukit Tunggal	Sta. Kalampangan	Sta. Tangkiling	Sta. Rakumpit
1	2004	131,2				
2	2005	80,0				
3	2006	96,2				
4	2007	121,5				
5	2008	195,9				
6	2009	139,0				
7	2010	195,0	164,0	210,0	64,0	
8	2011	148,0	240,0			
9	2012	155,0	199,0		130,0	
10	2013	119,6	166,0		104,0	
11	2014	119,8	174,0	150,0		
12	2015	149,9	131,0			
13	2016	269,2	257,0	126,0	112,7	142,0
14	2017	168,0	155,5	115,0	123,8	106,0
15	2018	100,0	172,0	100,0	121,2	117,0
	Σ	2188,3	1658,5	701,0	655,7	365,0
	Rata-rata	145,9	184,3	140,2	109,3	121,7

(Sumber: Badan BMKG Provinsi Kalimantan Tengah)

Dari data curah hujan yang diperoleh ada data tidak lengkap, hal ini mungkin disebabkan oleh kesalahan petugas pengamat atau kerusakan alat pencatat. Untuk melengkapi data curah hujan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan *Normal Ratio Method* yaitu:

$$P_x = \frac{1}{3} \left[\frac{N_x}{N_a} \times P_a + \frac{N_x}{N_b} \times P_b + \frac{N_x}{N_c} \times P_c \right] \quad (4.1)$$

Dengan, P_x adalah hujan yang diperkirakan di x , N_x adalah hujan tahunan normal yang diketahui di pos x , N_a N_b N_c adalah hujan tahunan normal yang relevan dengan N_x pada pos ABC, P_a P_b P_c adalah hujan pada saat yang sama dengan hujan di pos x .

$$\begin{aligned}
 N_a &= \frac{\sum n.A}{n.A} & N_b &= \frac{\sum n.B}{n.B} \\
 &= \frac{2188,3}{15} & &= \frac{1658,5}{9} \\
 &= 145,9 \text{ mm} & &= 184,3 \text{ mm} \\
 N_c &= \frac{\sum n.C}{n.C} & N_d &= \frac{\sum n.D}{n.D} \\
 &= \frac{701,0}{5} & &= \frac{655,7}{6} \\
 &= 140,2 \text{ mm} & &= 109,3 \text{ mm} \\
 N_e &= \frac{\sum n.E}{n.E} \\
 &= \frac{365,0}{3} \\
 &= 121,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$


Menghitung data curah hujan yang hilang, sebagai contoh yaitu pada tahun 2004 Sta. Bukit Tunggul dan Sta. Kalampangan

$$\begin{aligned}
 P_x &= \left[\frac{N_x}{N_a} \times P_a \right] \\
 &= \left[\frac{184,3 \times 131,2}{145,9} \right] = 165,73 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$P_x = \frac{1}{2} \left[\frac{N_x}{N_a} \times P_a + \frac{N_x}{N_b} \times P_b \right]$$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{140,2 \times 131,2}{145,9} + \frac{140,2 \times 165,73}{184,3} \right]$$

$$= 126,09 \text{ mm}$$

Berikut hasil dari perhitungan data curah hujan yang tidak lengkap dengan menggunakan *Normal Ratio Method*:

Tabel 4. 2 Data Curah Hujan Harian Maksimum (*Normal Ratio Method*)

No	Tahun	Curah Hujan Rencana Harian (mm)				
		Palangka Raya	Bukit Tunggal	Kalampangan	Tangkiling	Rakumpit
1	2004	131,2	165,73	126,09	98,28	109,42
2	2005	80,0	101,05	76,88	59,93	66,72
3	2006	96,2	121,52	92,45	72,06	80,23
4	2007	121,5	153,47	116,76	91,02	101,33
5	2008	195,9	247,45	188,26	146,75	163,38
6	2009	139,0	175,58	133,58	104,12	115,92
7	2010	195,0	164,00	210,00	64,00	131,10
8	2011	148,0	240,00	162,41	126,60	140,94
9	2012	155,0	199,00	150,18	130,00	133,93
10	2013	119,6	166,00	120,62	104,00	107,45
11	2014	119,8	174,00	150,00	103,28	114,99
12	2015	149,9	131,00	121,86	94,99	105,75
13	2016	269,2	257,00	126,00	112,7	142,00
14	2017	168,0	155,50	115,00	123,8	106,00
15	2018	100,0	172,00	100,00	121,2	117,00

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.1 Uji Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi data hujan dilakukan untuk mengetahui apakah data curah hujan dari stasiun pencatat curah hujan tersebut konsisten atau tidak. Uji konsistensi

data hujan dilakukan untuk data pada masing-masing stasiun pencatat curah hujan dengan menggunakan metode *Rescaled Adjust Partial Sums* (RAPS). Hasil perhitungan uji konsistensi data hujan untuk pos A (Palangka Raya), pos B (Bukit Tunggal), pos C (Kalampangan), Pos D (Tangkiling), Pos E (Rakumpit).

Tabel 4. 3 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Palangka Raya dengan

Metode RAPS

No	Yi	Yi- \bar{Y}	S _k *	D _y = $\sqrt{(Y_i - \bar{Y})^2/n}$	S _k **= S _k / D _y	S _k **
1	131,20	-14,69	-14,69	3,79	-0,11	0,11
2	80,00	-65,89	-80,57	17,01	-0,60	0,60
3	96,20	-49,69	-130,26	12,83	-0,97	0,97
4	121,50	-24,39	-154,65	6,30	-1,15	1,15
5	195,90	50,01	-104,63	12,91	-0,78	0,78
6	139,00	-6,89	-111,52	1,78	-0,83	0,83
7	195,00	49,11	-62,41	12,68	-0,47	0,47
8	148,00	2,11	-60,29	0,55	-0,45	0,45
9	155,00	9,11	-51,18	2,35	-0,38	0,38
10	119,60	-26,29	-77,47	6,79	-0,58	0,58
11	119,80	-26,09	-103,55	6,74	-0,77	0,77
12	149,90	4,01	-99,54	1,04	-0,74	0,74
13	269,20	123,31	23,77	31,84	0,18	0,18
14	168,00	22,11	45,89	5,71	0,34	0,34
15	100,00	-45,89	0,00000	11,85	0,00	0,00
Σ	2188,30			134,16		
\bar{Y}	145,89					

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.3 diperoleh:

$$\bar{Y} = \frac{2188,30}{15} = 145,89$$

$$Q = S_{k^{**}\text{maks}} = 1,15$$

$$R_{\text{maks}} = 0,34 - (-1,15) = 1,49$$

Berdasarkan tabel nilai kritis Q dan R (Lampiran 1) pada 95% dan jumlah data

(n) = 15 didapat :

$$\text{a. } Q_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,18 = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$Q_{\text{Kritis}} = 4,57$$

$$\text{b. } R_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,36 = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Maka didapat : $Q = 1,15 < Q_{\text{Kritis}} = 4,57$

$$R = 1,49 < R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan stasiun Palangka Raya adalah konsisten.

Tabel 4. 4 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Bukit Tunggal dengan

Metode RAPS

No	Yi	Yi- \bar{Y}	S _k *	D _y = $\sqrt{(Y_i - \bar{Y})^2/n}$	S _k **= S _k / D _Y	S _k **
1	172,00	-2,89	-2,89	0,75	-0,02	0,02
2	155,50	-19,39	-22,27	5,01	-0,18	0,18
3	257,00	82,11	59,84	21,20	0,47	0,47
4	131,00	-43,89	15,95	11,33	0,13	0,13
5	174,00	-0,89	15,07	0,23	0,12	0,12
6	166,00	-8,89	6,18	2,29	0,05	0,05
7	199,00	24,11	30,29	6,23	0,24	0,24
8	240,00	65,11	95,41	16,81	0,76	0,76

Tabel 4. 4 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Bukit Tunggal dengan

Metode RAPS (Lanjutan)

No	Yi	Yi- \bar{Y}	S _k *	D _y = $\sqrt{(Yi - \bar{Y})^2/n}$	S _k **= S _k / D _Y	S _k **
9	164,00	-10,89	84,52	2,81	0,67	0,67
10	175,58	0,69	85,21	0,18	0,67	0,67
11	247,45	72,57	157,78	18,74	1,25	1,25
12	153,47	-21,41	136,37	5,53	1,08	1,08
13	121,52	-53,37	82,99	13,78	0,66	0,66
14	101,05	-73,83	9,16	19,06	0,07	0,07
15	165,73	-9,16	0,00000	2,37	0,00	0,00
Σ	2623,30			126,31		
\bar{Y}	174,89					

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh:

$$\bar{Y} = \frac{2623,30}{15} = 174,89$$

$$Q = S_{k^{**\text{maks}}} = 1,25$$

$$R_{\text{maks}} = 1,25 - (-0,18) = 1,43$$

Berdasarkan tabel nilai kritis Q dan R (Lampiran 1) pada 95% dan jumlah data

(n) = 15 didapat :

$$\text{a. } Q_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,18 = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$Q_{\text{Kritis}} = 4,57$$

$$\text{b. } R_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,36 = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Maka didapat : $Q = 1,25 < Q_{\text{Kritis}} = 4,57$

$$R = 1,43 < R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan stasiun Bukit Tunggul adalah konsisten.

Tabel 4. 5 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Kalampangan dengan

Metode RAPS

No	Yi	Yi- \bar{Y}	S _k *	D _y = $\sqrt{(Y_i - \bar{Y})^2/n}$	S _k **= S _k / D _y	S _k **
1	126,09	-6,59	-6,59	1,70	-0,06	0,06
2	76,88	-55,79	-62,38	14,41	-0,61	0,61
3	92,45	-40,22	-102,60	10,39	-1,00	1,00
4	116,76	-15,91	-118,51	4,11	-1,16	1,16
5	188,26	55,59	-62,92	14,35	-0,61	0,61
6	133,58	0,91	-62,01	0,23	-0,61	0,61
7	210,00	77,33	15,32	19,97	0,15	0,15
8	162,41	29,74	45,05	7,68	0,44	0,44
9	150,18	17,51	62,56	4,52	0,61	0,61
10	120,62	-12,06	50,50	3,11	0,49	0,49
11	150,00	17,33	67,83	4,47	0,66	0,66
12	121,86	-10,81	57,02	2,79	0,56	0,56
13	126,00	-6,67	50,35	1,72	0,49	0,49
14	115,00	-17,67	32,67	4,56	0,32	0,32
15	100,00	-32,67	0,00000	8,44	0,00	0,00
Σ	1990,10		-	102,45	-	
\bar{Y}	132,67					

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.5 diperoleh:

$$\bar{Y} = \frac{1990,10}{15} = 132,67$$

$$Q = S_{k^{**}\text{maks}} = 1,16$$

$$R_{\text{maks}} = 0,66 - (-1,16) = 1,82$$

Berdasarkan table nilai kritis Q dan R (Lampiran 1) pada 95% dan jumlah data

(n) = 15 didapat :

$$\text{a. } Q_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,18 = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$Q_{\text{Kritis}} = 4,57$$

$$\text{b. } R_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,36 = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Maka didapat : $Q = 1,16 < Q_{\text{Kritis}} = 4,57$

$$R = 1,82 < R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan stasiun Kalamangan adalah konsisten.

Tabel 4. 6 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Tangkiling dengan Metode RAPS

No	Yi	Yi- \bar{Y}	S _k *	D _y = $\sqrt{(Yi - \bar{Y})^2/n}$	S _k **= S _k / D _y	S _k **
1	98,28	-5,23	-5,23	1,35	-0,07	0,07
2	59,93	-43,59	-48,82	11,25	-0,67	0,67
3	72,06	-31,45	-80,27	8,12	-1,10	1,10
4	91,02	-12,50	-92,77	3,23	-1,27	1,27
5	146,75	43,23	-49,54	11,16	-0,68	0,68
6	104,12	0,61	-48,93	0,16	-0,67	0,67
7	64,00	-39,52	-88,45	10,20	-1,21	1,21
8	126,60	23,08	-65,37	5,96	-0,90	0,90

Tabel 4. 6 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Tangkiling dengan

Metode RAPS (Lanjutan)

No	Yi	Yi- \bar{Y}	S _k *	D _y = $\sqrt{(Y_i - \bar{Y})^2/n}$	S _k **= S _k / D _Y	S _k **
9	130,00	26,48	-38,88	6,84	-0,53	0,53
10	104,00	0,48	-38,40	0,13	-0,53	0,53
11	103,28	-0,23	-38,63	0,06	-0,53	0,53
12	94,99	-8,53	-47,15	2,20	-0,65	0,65
13	112,70	9,18	-37,97	2,37	-0,52	0,52
14	123,80	20,28	-17,68	5,24	-0,24	0,24
15	121,20	17,68	0,00000	4,57	0,00	0,00
Σ	1552,73			72,84		
\bar{Y}	103,52					

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh:

$$\bar{Y} = \frac{1552,73}{15} = 103,52$$

$$Q = S_{k^{**\text{maks}}} = 1,27$$

$$R_{\text{maks}} = 0 - (-1,27) = 1,27$$

Berdasarkan table nilai kritis Q dan R (Lampiran 1) pada 95% dan jumlah data

(n) = 15 didapat :

$$a. Q_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,18 = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$Q_{\text{Kritis}} = 4,57$$

$$c. R_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,36 = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Maka didapat : $Q = 1,27 < Q_{\text{Kritis}} = 4,57$

$$R = 1,27 < R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan stasiun Tangkiling adalah konsisten.

Tabel 4. 7 Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Rakumpit dengan

Metode RAPS

No	Yi	Yi- \bar{Y}	S _k *	D _y = $\sqrt{(Y_i - \bar{Y})^2/n}$	S _k **= S _k / D _y	S _k **
1	109,42	-6,33	-6,33	1,63	-0,09	0,09
2	66,72	-49,03	-55,35	12,66	-0,80	0,80
3	80,23	-35,51	-90,87	9,17	-1,31	1,31
4	101,33	-14,41	-105,28	3,72	-1,52	1,52
5	163,38	47,63	-57,65	12,30	-0,83	0,83
6	115,92	0,18	-57,47	0,05	-0,83	0,83
7	131,10	15,36	-42,11	3,96	-0,61	0,61
8	140,94	25,20	-16,91	6,51	-0,24	0,24
9	133,93	18,18	1,27	4,70	0,02	0,02
10	107,45	-8,29	-7,02	2,14	-0,10	0,10
11	114,99	-0,76	-7,78	0,20	-0,11	0,11
12	105,75	-9,99	-17,77	2,58	-0,26	0,26
13	142,00	26,26	8,49	6,78	0,12	0,12
14	106,00	-9,74	-1,26	2,52	-0,02	0,02
15	117,00	1,26	0,00000	0,32	0,00	0,00
Σ	1736,15	-		69,23	-	
\bar{Y}	115,74					

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.7 diperoleh:

$$\bar{Y} = \frac{1736,15}{15} = 115,74$$

$$Q = S_{k^{**}\text{maks}} = 1,52$$

$$R_{\text{maks}} = 0,12 - (-1,52) = 1,64$$

Berdasarkan table nilai kritis Q dan R (Lampiran 1) pada 95% dan jumlah data

(n) = 15 didapat :

$$\text{a. } Q_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

$$1,18 = \frac{Q_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$Q_{\text{Kritis}} = 4,57$$

$$\text{d. } R_{\text{Kritis } 95\%} = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{n}}$$

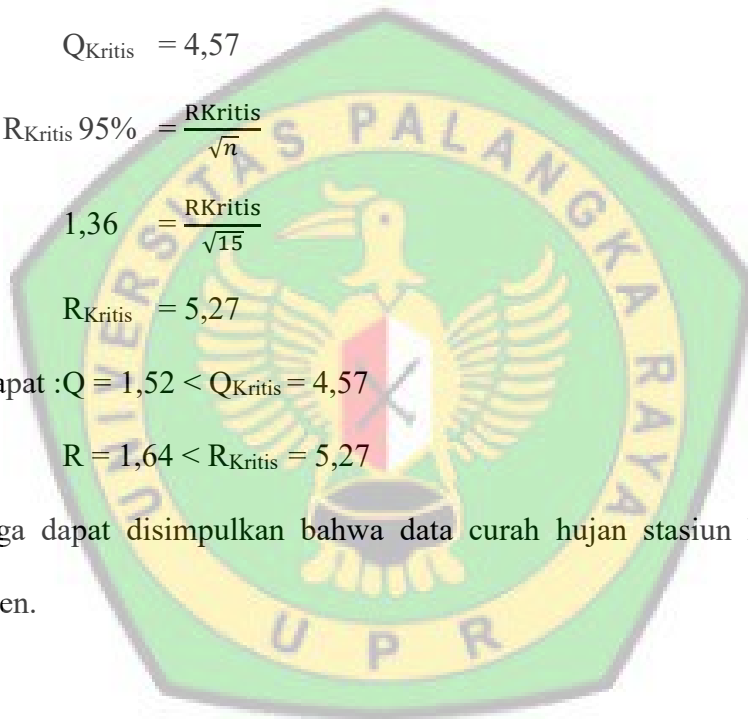
$$1,36 = \frac{R_{\text{Kritis}}}{\sqrt{15}}$$

$$R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Maka didapat : $Q = 1,52 < Q_{\text{Kritis}} = 4,57$

$$R = 1,64 < R_{\text{Kritis}} = 5,27$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan stasiun Rakumpit adalah konsisten.



4.2.2 Uji Homogenitas Data Hujan

Uji homogenitas data curah hujan pada tersebut menggunakan metode Uji-t, untuk langkah-langkah perhitungan uji homogenitas data hujan dapat dilihat pada tabel-tabel di bawah ini:

Tabel 4. 8 Uji Homogenitas Data Hujan Palangka Raya, Bukit Tunggal, Kalamancangan, Tangkiling, dan Rakumpit

No	Stasiun Palangka Raya (S1)			Stasiun Bukit Tunggal (S2)			Stasiun Kalamancangan (S3)			Stasiun Tangkiling (S4)			Stasiun Rakumpit (S5)		
	X_{1i}	$(X_{1i} - X_1)$	$(X_{1i} - X_1)^2$	X_{2i}	$(X_{2i} - X_2)$	$(X_{2i} - X_2)^2$	X_{3i}	$(X_{3i} - X_3)$	$(X_{3i} - X_3)^2$	X_{4i}	$(X_{4i} - X_4)$	$(X_{4i} - X_4)^2$	X_{5i}	$(X_{5i} - X_5)$	$(X_{5i} - X_5)^2$
1	131,20	-14,69	215,70	165,73	-9,16	83,91	126,09	-6,59	43,39	98,28	-5,23	27,39	109,42	-6,33	40,01
2	80,00	-65,89	4341,05	101,05	-73,83	5451,47	76,88	-55,79	3112,69	59,93	-43,59	1899,88	66,72	-49,03	2403,46
3	96,20	-49,69	2468,76	121,52	-53,37	2848,45	92,45	-40,22	1617,89	72,06	-31,45	989,24	80,23	-35,51	1261,29
4	121,50	-24,39	594,71	153,47	-21,41	458,52	116,76	-15,91	253,10	91,02	-12,50	156,25	101,33	-14,41	207,79
5	195,90	50,01	2501,33	247,45	72,57	5265,80	188,26	55,59	3090,33	146,75	43,23	1869,07	163,38	47,63	2268,92
6	139,00	-6,89	47,43	175,58	0,69	0,48	133,58	0,91	0,83	104,12	0,61	0,37	115,92	0,18	0,03
7	195,00	49,11	2412,12	164,00	-10,89	118,52	210,00	77,33	5979,45	64,00	-39,52	1561,47	131,10	15,36	235,79
8	148,00	2,11	4,47	240,00	65,11	4239,75	162,41	29,74	884,43	126,60	23,08	532,78	140,94	25,20	635,00
9	155,00	9,11	83,05	199,00	24,11	581,45	150,18	17,51	306,47	130,00	26,48	701,43	133,93	18,18	330,67
10	119,60	-26,29	690,99	166,00	-8,89	78,97	120,62	-12,06	145,37	104,00	0,48	0,23	107,45	-8,29	68,79
11	119,80	-26,09	680,51	174,00	-0,89	0,79	150,00	17,33	300,22	103,28	-0,23	0,05	114,99	-0,76	0,57
12	149,90	4,01	16,11	131,00	-43,89	1926,04	121,86	-10,81	116,89	94,99	-8,53	72,70	105,75	-9,99	99,83
13	269,20	123,31	15206,18	257,00	82,11	6742,61	126,00	-6,67	44,53	112,70	9,18	84,36	142,00	26,26	689,40
14	168,00	22,11	489,00	155,50	-19,39	375,84	115,00	-17,67	312,34	123,80	20,28	411,47	106,00	-9,74	94,94
15	100,00	-45,89	2105,59	172,00	-2,89	8,33	100,00	-32,67	1067,53	121,20	17,68	312,75	117,00	1,26	1,58
Σ	2188,30		31857,00	2623,30		28180,93	1990,10		17275,46	2000,72		8619,46	1736,15		8338,07
X_1	145,89			X_2	174,89		X_3	132,67		X_4	103,52		X_5	115,74	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.8 Uji Homogenitas Data Hujan dengan Metode Uji-t diperoleh nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{(X_{1i} - X_1)^2}{N - 1}^{1/2} & S_2 &= \frac{(X_{2i} - X_2)^2}{N - 1}^{1/2} \\
 &= \frac{31857,00}{14}^{1/2} & &= \frac{28180,93}{14}^{1/2} \\
 &= 47,7022 & &= 44,8656
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_3 &= \frac{(X_{3i} - X_3)^2}{N - 1}^{1/2} & S_4 &= \frac{(X_{4i} - X_4)^2}{N - 1}^{1/2} \\
 &= \frac{17275,46}{14}^{1/2} & &= \frac{8619,46}{14}^{1/2} \\
 &= 35,1278 & &= 24,8128
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_5 &= \frac{(X_{5i} - X_5)^2}{N - 1}^{1/2} \\
 &= \frac{8338,07}{14}^{1/2} \\
 &= 24,4044
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Dk &= N_1 + N_2 - 2 \\
 &= 28
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel nilai t kritis untuk distribusi Uji-t dua sisi (lampiran 2 tabel nilai t_c untuk uji-t)) tabel nilai t_c (t teoritis) untuk uji distribusi dua sisi, dapat dilihat bahwa untuk derajat kebebasan (dk) = 28 dan derajat kepercayaan (α) = 5% atau $t_{0,05}$, maka diperoleh nilai t_c sebesar 1,701.

1. Uji Homogenitas Stasiun Palangka Raya dengan stasiun lain.

- Palangka Raya (S1) dengan Bukit Tunggal (S2)

$$\sigma = \frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}^{1/2}$$

$$= 47,9309$$

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sigma (1/N_1 + 1/N_2)^{1/2}}$$

$$= 1,657 < t_c (1,701) \text{ homogen}$$

- Palangka Raya (S1) dengan Kalampangan (S3)

$$\sigma = \frac{N_1 S_1^2 + N_3 S_3^2}{N_1 + N_3 - 2}^{1/2}$$

$$= 43,3598$$

$$t = \frac{X_1 - X_3}{\sigma (1/N_1 + 1/N_3)^{1/2}}$$

$$= 0,8346 < t_c (1,701) \text{ homogen}$$

- Palangka Raya (S1) dengan Tangkiling (S4)

$$\sigma = \frac{N_1 S_1^2 + N_4 S_4^2}{N_1 + N_4 - 2}^{1/2}$$

$$= 39,3554$$

$$t = \frac{X_1 - X_4}{\sigma (1/N_1 + 1/N_4)^{1/2}}$$

$$= 2,9485 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Palangka Raya (S1) dengan Rakumpit (S5)

$$\sigma = \frac{N_1 S_1^2 + N_5 S_5^2}{N_1 + N_5 - 2}^{1/2}$$

$$= 39,2183$$

$$t = \frac{X_1 - X_5}{\sigma (1/N_1 + 1/N_5)^{1/2}}$$

$$= 2,1049 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

2. Uji Homogenitas Stasiun Bukit Tunggal dengan stasiun lain.

- Bukit Tunggal (S2) dengan Palangka Raya (S1)

$$\sigma = \frac{N_2 S_2^2 + N_1 S_1^2}{N_2 + N_1 - 2}^{1/2}$$

$$= 47,9309$$

$$t = \frac{X_2 - X_1}{\sigma (1/N_2 + 1/N_1)^{1/2}}$$

$$= 1,657 < t_c (1,701) \text{ homogen}$$

- Bukit Tunggal (S2) dengan Kalampangan (S3)

$$\sigma = \frac{N_2 S_2^2 + N_3 S_3^2}{N_2 + N_3 - 2}^{1/2}$$

$$= 41,7062$$

$$t = \frac{X_2 - X_3}{\sigma (1/N_2 + 1/N_3)^{1/2}}$$

$$= 2,7719 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Bukit Tunggal (S2) dengan Tangkiling (S4)

$$\sigma = \frac{N_2 S_2^2 + N_4 S_4^2}{N_2 + N_4 - 2}^{1/2}$$

$$= 37,5257$$

$$t = \frac{X_2 - X_4}{\sigma (1/N_2 + 1/N_4)}^{1/2}$$

$$= 5,2086 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Bukit Tunggal (S2) dengan Rakumpit (S5)

$$\sigma = \frac{N_2 S_2^2 + N_5 S_5^2}{N_2 + N_5 - 2}^{1/2}$$

$$= 37,3820$$

$$t = \frac{X_2 - X_5}{\sigma (1/N_2 + 1/N_5)}^{1/2}$$

$$= 4,3328 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

3. Uji Homogenitas Stasiun Kalampanan dengan stasiun lain.

- Kalampanan (S3) dengan Palangka Raya (S1)

$$\sigma = \frac{N_3 S_3^2 + N_1 S_1^2}{N_3 + N_1 - 2}^{1/2}$$

$$= 43,3598$$

$$t = \frac{X_3 - X_1}{\sigma (1/N_3 + 1/N_1)}^{1/2}$$

$$= 0,8346 < t_c (1,701) \text{ homogen}$$

- Kalamangan (S3) dengan Bukit Tunggal (S2)

$$\sigma = \frac{N_3 S_3^2 + N_2 S_2^2}{N_3 + N_2 - 2}^{1/2}$$

$$= 41,7062$$

$$t = \frac{X_3 - X_2}{\sigma (1/N_2 + 1/N_2)}^{1/2}$$

$$= 2,7719 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Kalamangan (S3) dengan Tangkiling (S4)

$$\sigma = \frac{N_3 S_3^2 + N_4 S_4^2}{N_3 + N_4 - 2}^{1/2}$$

$$= 31,4782$$

$$t = \frac{X_3 - X_4}{\sigma (1/N_3 + 1/N_4)}^{1/2}$$

$$= 2,5367 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Kalamangan (S3) dengan Rakumpit (S5)

$$\sigma = \frac{N_3 S_3^2 + N_5 S_5^2}{N_3 + N_5 - 2}^{1/2}$$

$$= 31,3067$$

$$t = \frac{X_3 - X_5}{\sigma (1/N_3 + 1/N_5)}^{1/2}$$

$$= 1,4809 < t_c (1,701) \text{ homogen}$$

4. Uji Homogenitas Stasiun Tangkiling dengan stasiun lain.

- Tangkiling (S4) dengan Palangka Raya (S1)

$$\sigma = \frac{N_4 S_4^2 + N_1 S_1^2}{N_4 + N_1 - 2}^{1/2}$$

$$= 39,3554$$

$$t = \frac{X_4 - X_1}{\sigma (1/N_4 + 1/N_1)^{1/2}}$$

$$= 2,9485 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Tangkiling (S4) dengan Bukit Tunggal (S2)

$$\sigma = \frac{N_4 S_4^2 + N_2 S_2^2}{N_4 + N_2 - 2}^{1/2}$$

$$= 37,5257$$

$$t = \frac{X_4 - X_2}{\sigma (1/N_4 + 1/N_2)^{1/2}}$$

$$= 5,2086 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Tangkiling (S4) dengan Kalampangan (S3)

$$\sigma = \frac{N_4 S_4^2 + N_3 S_3^2}{N_4 + N_3 - 2}^{1/2}$$

$$= 31,4782$$

$$t = \frac{X_4 - X_3}{\sigma (1/N_4 + 1/N_3)^{1/2}}$$

$$= 2,5367 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Tangkiling (S4) dengan Rakumpit (S5)

$$\sigma = \frac{N_4 S_4^2 + N_5 S_5^2}{N_4 + N_5 - 2}^{1/2}$$

$$= 25,4732$$

$$t = \frac{X_4 - X_5}{\sigma (1/N_4 + 1/N_5)^{1/2}}$$

$$= 1,3146 < t_c (1,701) \text{ homogen}$$

5. Uji Homogenitas Stasiun Rakumpit dengan stasiun lain.

- Rakumpit (S5) dengan Palangka Raya (S1)

$$\sigma = \frac{N_5 S_5^2 + N_1 S_1^2}{N_5 + N_1 - 2}^{1/2}$$

$$= 39,2183$$

$$t = \frac{X_5 - X_1}{\sigma (1/N_5 + 1/N_1)^{1/2}}$$

$$= 2,1049 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Rakumpit (S5) dengan Bukit Tunggul (S2)

$$\sigma = \frac{N_5 S_5^2 + N_2 S_2^2}{N_5 + N_2 - 2}^{1/2}$$

$$= 37,3820$$

$$t = \frac{X_5 - X_2}{\sigma (1/N_5 + 1/N_2)^{1/2}}$$

$$= 4,3328 > t_c (1,701) \text{ tidak homogen}$$

- Rakumpit (S5) dengan Kalampanan (S3)

$$\sigma = \frac{N_5 S_5^2 + N_3 S_3^2}{N_5 + N_3 - 2}^{1/2}$$

$$= 31,3067$$

$$t = \frac{X_5 - X_3}{\sigma (1/N_5 + 1/N_3)^{1/2}}$$

$$= 1,4809 < t_c (1,701) \text{ homogen}$$

- Rakumpit (S5) dengan Tangkiling (S4)

$$\sigma = \frac{N_5 S_5^2 + N_4 S_4^2}{N_5 + N_4 - 2}^{1/2}$$

$$= 25,4732$$

$$t = \frac{X_5 - X_4}{\sigma (1/N_5 + 1/N_4)^{1/2}}$$

$$= 1,3146 < t_c (1,701) \text{ homogen}$$

Tabel 4. 9 Hasil Uji Homogenitas Data Hujan

No (1)	Stasiun (2)	Palangka	Bukit	Kalampanan (5)	Tangkiling (6)	Rakumpit (7)
		Raya (3)	Tunggal (4)			
1	Palangka Raya Bukit	-	Homogen	Homogen Tdk	Tdk Homogen Tdk	Tdk Homogen Tdk
2	Tunggal	Homogen	- Tdk	Homogen	Homogen Tdk	Homogen
3	Kalampanan	Homogen Tdk	Homogen Tdk	- Tdk	Homogen	Homogen
4	Tangkiling	Homogen Tdk	Homogen Tdk	Homogen	-	Homogen
5	Rakumpit	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	-

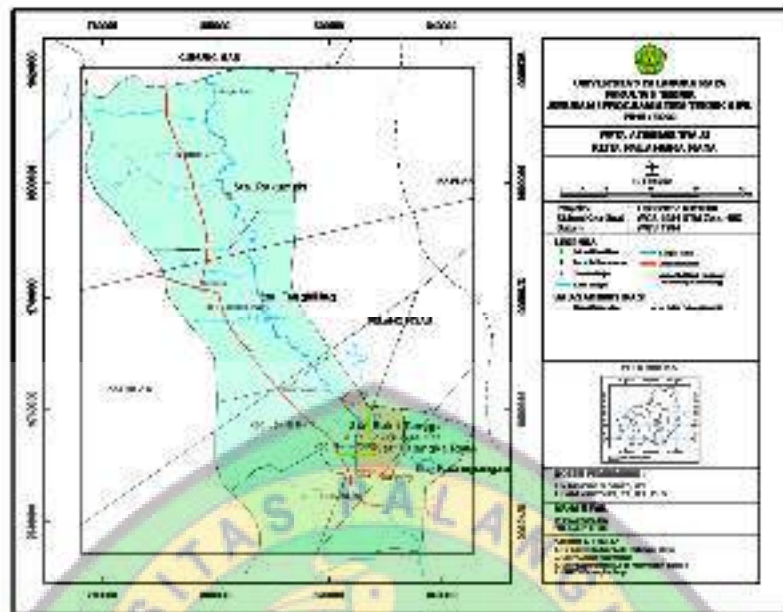
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa data curah hujan pada kelima stasiun Pencatat Curah Hujan Wilayah adalah tidak homogen atau berasal dari populasi yang berbeda. Oleh karena itu data hujan yang akan digunakan akan dihitung menggunakan Metode Poligon Thiessen.

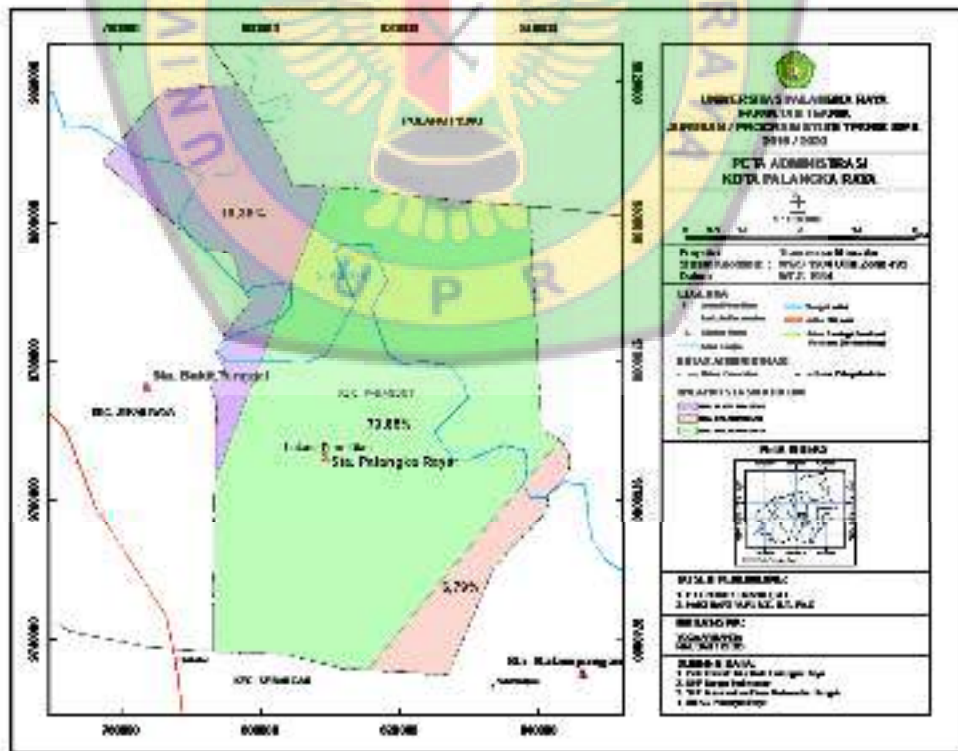
4.2.3 Perhitungan Hujan Wilayah

Perhitungan hujan wilayah sangat diperlukan dalam suatu perencanaan pengendalian banjir karena data hujan wilayah merupakan dasar untuk memperkirakan debit banjir rencana. Oleh hal tersebut dalam penelitian ini menggunakan metode Thiessen.

Metode Thiessen ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun hujan terdekat. Metode Thiessen menggunakan aplikasi arc-GIS untuk memperoleh luasan. Berikut hasil dari arc-GIS yang telah di buat:



Gambar 4. 1 Peta Poligon Thiessen



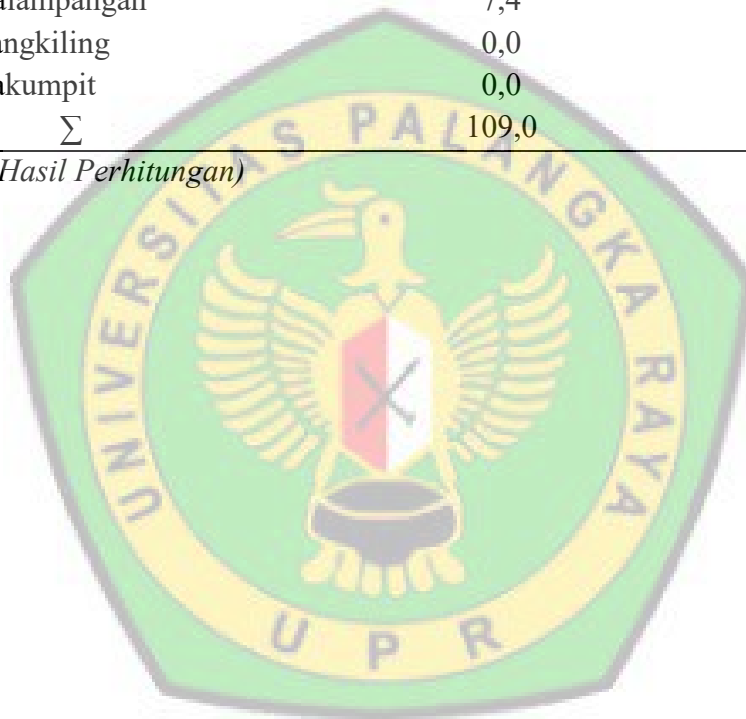
Gambar 4. 2 Peta Bobot Wilayah

Diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Perhitungan Bobot Wilayah dengan Metode Poligon Thiessen

No	Stasiun	Luas Wilayah Hujan (km ²)	Persentase Bobot (%)
1	Palangka Raya	80,5	73,85
2	Bukit Tunggal	21,1	19,36
3	Kalampangan	7,4	6,79
4	Tangkiling	0,0	0,00
5	Rakumpit	0,0	0,00
	Σ	109,0	100,00

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Tabel 4. 11 Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Metode Poligon Thiessen

No	Tahun	Curah Hujan Rencana Harian (mm)					Metode Polygon Thiessen					
		Palangka Raya	Bukit Tunggal	Kalampangan	Tangkiling	Rakumpit	Bobot Sta Hujan Palangka Raya 73,85%	Bobot Sta Hujan Bukit Tunggal 19,36%	Bobot Sta Hujan Kalampangan 6,79%	Bobot Sta Hujan Tangkiling 0,0%	Bobot Sta Hujan Rakumpit 0,00%	Curah Hujan Menggunakan Rata- Rata Bobot (Average Weight)
1	2004	131,20	165,73	126,09	98,28	109,42	96,89	32,08	11,25	0	0	140,23
2	2005	80,00	101,05	76,88	59,93	66,72	59,08	19,56	6,86	0	0	85,51
3	2006	96,20	121,52	92,45	72,06	80,23	71,04	23,53	8,25	0	0	102,82
4	2007	121,50	153,47	116,76	91,02	101,33	89,73	29,71	10,42	0	0	129,86
5	2008	195,90	247,45	188,26	146,75	163,38	144,67	47,91	16,80	0	0	209,38
6	2009	139,00	175,58	133,58	104,12	115,92	102,65	33,99	11,92	0	0	148,57
7	2010	195,00	164,00	210,00	64,00	131,10	144,01	31,75	11,14	0	0	186,89
8	2011	148,00	240,00	162,41	126,60	140,94	109,30	46,46	16,30	0	0	172,06
9	2012	155,00	199,00	150,18	130,00	133,93	114,47	38,53	13,51	0	0	166,51
10	2013	119,60	166,00	120,62	104,00	107,45	88,32	32,14	11,27	0	0	131,73
11	2014	119,80	174,00	150,00	103,28	114,99	88,47	33,69	11,81	0	0	133,97
12	2015	149,90	131,00	121,86	94,99	105,75	110,70	25,36	8,89	0	0	144,96
13	2016	269,20	257,00	126,00	112,70	142,00	198,80	49,76	17,45	0	0	266,01
14	2017	168,00	155,50	115,00	123,80	106,00	124,07	30,10	10,56	0	0	164,73
15	2018	100,00	172,00	100,00	121,20	117,00	73,85	33,30	11,68	0	0	118,83

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.4 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan maksimum yang terjadi dalam suatu periode ulang tertentu. Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode analisis distribusi probabilitas yaitu:

1. Distribusi Probabilitas Gumbel

Data yang digunakan dalam perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel berupa data sampel. Untuk langkah-langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.12 di bawah ini:

Tabel 4. 12 Perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel

No	Tahun	Curah Hujan (Xi) mm	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	2004	140,23	-13,24	175,34
2	2005	85,51	-67,96	4619,23
3	2006	102,82	-50,65	2565,43
4	2007	129,86	-23,61	557,39
5	2008	209,38	55,91	3126,02
6	2009	148,57	-4,90	24,06
7	2010	186,89	33,42	1117,12
8	2011	172,06	18,59	345,51
9	2012	166,51	13,04	169,93
10	2013	131,73	-21,74	472,48
11	2014	133,97	-19,50	380,13
12	2015	144,96	-8,51	72,46
13	2016	266,01	112,54	12665,15
14	2017	164,73	11,26	126,81
15	2018	118,83	-34,64	1200,08
	Σ	2302,05		27617,13
	\bar{X}	153,47		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

a. Hitung Rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}}$$

$$\bar{X} = 153,47$$

Berdasarkan Tabel 4.12 diperoleh nilai Deviasi Standar, sebagai berikut:

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

$$S = \sqrt{\frac{27617,13}{15-1}}$$

$$S = 44,4146$$

b. Hitung Nilai Faktor Frekuensi Gumbel (K)

Nilai K dihitung berdasarkan nilai Y_n , S_n , Y_t yang didapat dari Tabel 2.4 *Reduced Mean* (Y_n) dan Tabel 2.5 *Reduced Standard Deviation* (S_n), didapat:

Tabel 4. 13 Nilai Y_n dan S_n Distribusi Probabilitas Gumbel

N	Y_n	S_n
15	0,5128	1,021

Dalam penelitian ini digunakan periode ulang (T) adalah 5, 10, dan 25 Tahun.

Perhitungan sebagai berikut:

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{T-1}{1}$$

Periode Ulang 5 Tahun:

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{5-1}{1} = 1,4999$$

Periode ulang 10 tahun:

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{10-1}{10} = 2,2504$$

Periode ulang 25 tahun:

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{25-1}{25} = 3,1255$$

Dengan nilai Y_n , S_n , dan Y_t yang sudah didapat diatas maka nilai K adalah:

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Nilai K periode Ulang 5 Tahun:

$$K = \frac{1,4999 - 0,5128}{1,0210} = 0,9668$$

Nilai K periode ulang 10 tahun:

$$K = \frac{2,2504 - 0,5128}{1,0210} = 1,7019$$

Nilai K periode ulang 25 tahun:

$$K = \frac{3,1255 - 0,5128}{1,0210} = 2,2590$$

Dengan memasukkan nilai \bar{X} , S , dan K ke persamaan 2.16, hasilnya diperoleh persamaan curah hujan rancangan menurut distribusi probabilitas Gumbel sebagai berikut:

$$X_{TR} = 153,4702 + 44,4146.K$$

Besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang 5, 10, dan 25 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Perhitungan Curah Hujan Rancangan (Analisis Gumbel)

Tr (tahun)	\bar{X} (mm)	S	K	X_{Tr} (mm)
5	153,4702	44,4146	0,9668	196,4118
10	153,4702	44,4146	1,7019	229,0575
25	153,4702	44,4146	2,5590	267,1253

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2. Distribusi Probabilitas Normal

Data yang digunakan dalam perhitungan Distribusi Probabilitas Normal berupa data sampel. Untuk langkah-langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Normal dapat dilihat pada Tabel 4.15 di bawah ini:

Tabel 4. 15 Perhitungan Distribusi Probabilitas Normal

No	Tahun	Curah Hujan (Xi) mm	(Xi - \bar{X})	(Xi - \bar{X})²
1	2004	140,23	-13,24	175,34
2	2005	85,51	-67,96	4619,23
3	2006	102,82	-50,65	2565,43
4	2007	129,86	-23,61	557,39
5	2008	209,38	55,91	3126,02
6	2009	148,57	-4,90	24,06
7	2010	186,89	33,42	1117,12
8	2011	172,06	18,59	345,51
9	2012	166,51	13,04	169,93
10	2013	131,73	-21,74	472,48
11	2014	133,97	-19,50	380,13
12	2015	144,96	-8,51	72,46
13	2016	266,01	112,54	12665,15
14	2017	164,73	11,26	126,81
15	2018	118,83	-34,64	1200,08
	Σ	2302,05		27617,13
	\bar{X}	153,47		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

a. Hitung Rata-rata (\bar{X})

$$\bar{X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}}$$

$$\bar{X} = 153,47$$

Berdasarkan Tabel 4.15 diperoleh nilai Deviasi Standar, sebagai berikut:

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

$$S = \sqrt{\frac{27617,13}{15-1}}$$

$$S = 44,4146$$

b. Hitung Nilai Variabel Standar (K_T)

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai T yang didapat pada Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss, didapat:

Tabel 4. 16 Nilai K_T Distribusi Probabilitas Normal untuk Periode Ulang

No	Tr (Tahun)	KT
1	5	0,8400
2	10	1,2800
3	25	1,7083

Dengan memasukkan nilai \bar{X} , S, dan K ke persamaan 2.16, hasilnya diperoleh persamaan curah hujan rancangan menurut distribusi probabilitas Gumbel sebagai berikut:

$$X_{TR} = 153,47 + 44,4146.K$$

Besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang 5, 10, dan 25 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Perhitungan Curah Hujan Rancangan (Analisis Normal)

Tr (tahun)	\bar{X} (mm)	KT	S	X_{Tr} (mm)
5	153,47	0,8400	44,4146	190,7784
10	153,47	1,2800	44,4146	210,3208
25	153,47	1,7083	44,4146	229,3450

(Sumber: Hasil Perhitungan)

3. Distribusi Probabilitas Log Normal

Data yang digunakan dalam perhitungan Distribusi Probabilitas Log Normal berupa data sampel. Untuk langkah-langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Log Normal dapat dilihat pada Tabel 4.18 di bawah ini:

Tabel 4. 18 Perhitungan Distribusi Probabilitas Log Normal

No	Tahun	Curah Hujan (Xi) (mm)	Log Xi	(Log Xi - Log \bar{X})²
1	2004	140,23	2,1468	0,0005
2	2005	85,51	1,9320	0,0567
3	2006	102,82	2,0121	0,0249
4	2007	129,86	2,1135	0,0032
5	2008	209,38	2,3209	0,0228
6	2009	148,57	2,1719	0,0000
7	2010	186,89	2,2716	0,0103
8	2011	172,06	2,2357	0,0043
9	2012	166,51	2,2214	0,0026
10	2013	131,73	2,1197	0,0025
11	2014	133,97	2,1270	0,0019
12	2015	144,96	2,1612	0,0001
13	2016	266,01	2,4249	0,0650
14	2017	164,73	2,2168	0,0022

Tabel 4. 18 Perhitungan Distribusi Probabilitas Log Normal (Lanjutan)

No	Tahun	Curah Hujan (Xi) (mm)	Log Xi	(Log Xi - Log \bar{X}) ²
15	2018	118,83	2,0749	0,0090
	Σ		32,5505	0,2060
	Log \bar{X}		2,1700	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- a. Harga rata-rata (Log \bar{X})

$$\text{Log } \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X}{n}}$$

$$\text{Log } \bar{X} = 2,17$$

Berdasarkan Tabel 4.18 diperoleh nilai Deviasi Standar dari log X (S Log X) sebagai berikut:

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } x_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$S \text{ Log } X = \frac{0,2060^{0,5}}{15-1}$$

$$S \text{ Log } X = 0,1213$$

- b. Hitung Nilai Variabel Standar (K_T)

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai T yang didapat pada Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss, didapat:

Tabel 4. 19 Nilai K_T Distribusi Probabilitas Normal untuk Periode Ulang

No	Tr (Tahun)	K_T
1	5	0,8400
2	10	1,2800
3	25	1,7083

c. Hitung Curah Hujan Rancangan

Setelah nilai X , K_T , dan $S \text{ Log } X$ didapat, maka curah hujan rancangan dengan Distribusi Log Normal dapat dihitung menggunakan rumus 2-13 sebagai berikut:

$$\text{Log } X_{TR} = \text{Log } \bar{X} + K_T + S \text{ Log } X$$

Kemudian dari data tabel 4.19 dimasukkan ke tabel perhitungan Tabel 4.20 Nilai curah hujan rancangan (distribusi probabilitas log normal)

Tabel 4. 20 Perhitungan Curah Hujan Rancangan (Analisis Log Normal)

Tr (tahun)	$\text{Log } \bar{X}$ (mm)	K_T	$S \text{ Log } X$	X_{Tr} (mm)
5	2,17	0,8400	0,1213	187,0408
10	2,17	1,2800	0,1213	211,5020
25	2,17	1,7083	0,1213	238,3841

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4. Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

Data yang digunakan dalam perhitungan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III berupa data sampel. Untuk langkah-langkah perhitungan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III dapat dilihat pada Tabel 4.21 di bawah ini:

Tabel 4. 21 Perhitungan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

No	Tahun	Curah Hujan (Xi) (mm)	Log Xi	(Log Xi - Log \bar{X}) ²	(Log Xi - Log \bar{X}) ³
1	2004	140,23	2,1468	0,0005	-0,00001
2	2005	85,51	1,9320	0,0567	-0,0135
3	2006	102,82	2,0121	0,0249	-0,0039
4	2007	129,86	2,1135	0,0032	-0,0002
5	2008	209,38	2,3209	0,0228	0,0034
6	2009	148,57	2,1719	0,0000	0,0000
7	2010	186,89	2,2716	0,0103	0,0010
8	2011	172,06	2,2357	0,0043	0,0003
9	2012	166,51	2,2214	0,0026	0,0001
10	2013	131,73	2,1197	0,0025	-0,0001
11	2014	133,97	2,1270	0,0019	-0,0001
12	2015	144,96	2,1612	0,0001	0,00000
13	2016	266,01	2,4249	0,0650	0,0166
14	2017	164,73	2,2168	0,0022	0,0001
15	2018	118,83	2,0749	0,0090	-0,0009
	Σ		32,5505	0,2060	0,0029
	Log \bar{X}		2,1700		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- a. Harga rata-rata (Log \bar{X})

$$\text{Log } \bar{X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X}{n}}$$

$$\text{Log } \bar{X} = 2,17$$

- b. Berdasarkan Tabel 4.21 perhitungan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III diperoleh nilai Deviasi Standar dari log X (S Log X) sebagai berikut:

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } xi - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$S \text{ Log } X = \frac{0,2060^{0,5}}{15-1}$$

$$S \text{ Log } X = 0,1213$$

Berdasarkan Tabel 4.21 perhitungan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III diperoleh nilai Cs atau G sebagai berikut:

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

$$= \frac{15 \times (0,0029)}{14 \times 13 \times (0,1213)^3}$$

$$= 0,1325$$

Nilai G tergantung pada harga koefisien kepengangan (Cs) dan harga kala ulangnya dengan menggunakan tabel harga G untuk koefisien kepengangan (Cs) positif pada Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III (lihat pada lampiran 4).

Nilai G untuk kala ulang 5, 10, dan 25 diperoleh:

$$G_5 = 0,8341$$

$$G_{10} = 1,2950$$

$$G_{25} = 1,7960$$

Dengan memasukkan nilai Log \bar{X} , G, dan S hasilnya didapat persamaan banjir rancangan menurut Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III sebagai berikut:

Tabel 4. 22 Perhitungan Curah Hujan Rancangan**(Analisis Log Pearson Type III)**

Tr (tahun)	Log \bar{X} (mm)	G	S	XTr (mm)
5	2,1700	0,834	0,1213	186,7303
10	2,1700	1,295	0,1213	212,3853
25	2,1700	1,796	0,1213	244,2739

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan Distribusi Probabilitas diperoleh seperti tabel dibawah ini :

Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Tr (tahun)	Curah Hujan Rancangan (mm)			
	Gumbel	Log Pearson III	Normal	Log Normal
5	196,4118	186,7303	190,7784	187,0408
10	229,0575	212,3853	210,3208	211,5020
25	267,1253	244,2739	229,3450	238,3841

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.5 Pengujian Distribusi Probabilitas Curah Hujan Rancangan

Uji distribusi probabilitas dilakukan dengan dua cara yaitu uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov yang bertujuan untuk mengetahui apakah data curah hujan harian daerah tersebut benar dengan distribusi teoritis yang dipakai.

a. Uji Chi-Kuadrat

Pengujian Chi-Kuadrat terhadap Distribusi Probabilitas Gumbel, Distribusi Probabilitas Normal, Distribusi Probabilitas Log Normal, Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III dilakukan dengan langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Data hujan diurutkan dari besar ke kecil

Tabel 4. 24 Pengurutan Data Hujan Dari Besar Ke Kecil

No	Curah Hujan (Xi) (mm)	Xi diurutkan dari besar ke kecil
1	140,23	266,01
2	85,51	209,38
3	102,82	186,89
4	129,86	172,06
5	209,38	166,51
6	148,57	164,73
7	186,89	148,57
8	172,06	144,96
9	166,51	140,23
10	131,73	133,97
11	133,97	131,73
12	144,96	129,86
13	266,01	118,83
14	164,73	102,82
15	118,83	85,51
Σ	2302,05	
\bar{X}	153,47	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2. Menghitung jumlah kelas

- a. Jumlah data (n) = 15
- b. Jumlah distribusi (K) = $1 + 3,3 \text{ Log } n$
 $= 4,8811 = 5 \text{ Kelas}$

3. Menghitung derajat kebebasan (DK) dan χ^2_{cr}

- a. Parameter (p) = 2
- b. Derajat kebebasan (DK) = $K - (p + 1)$

$$= 5 - (2 + 1) = 2$$

- c. Nilai χ^2_{cr} dengan jumlah data (n) =, $\alpha = 5\%$, dan DK = 2 adalah $\chi^2_{cr} = 5,991$ (Lihat Tabel 2.7 Nilai kritis untuk distribusi Chi-Kuadrat, halaman 36).

4. Menghitung kelas distribusi

Kelas distribusi = $\frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$, interval distribusi adalah 20%, 40%, 60%, dan 80%

- a. Persentase 20%

$$P_x = 20\%, \text{ maka nilai } T = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ tahun}$$

- b. Persentase 40%

$$P_x = 40\%, \text{ maka nilai } T = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ tahun}$$

- c. Persentase 60%

$$P_x = 60\%, \text{ maka nilai } T = \frac{1}{0,6} = 1,67 \text{ tahun}$$

- d. Persentase 80%

$$P_x = 80\%, \text{ maka nilai } T = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ tahun}$$

5. Menghitung interval kelas

- a. Distribusi Probabilitas Gumbel

Dengan jumlah data (n) = 15 maka didapat nilai:

$$Y_n = 0,5128 \text{ dan } S_n = 1,021$$

$$Y_t = -\ln - \ln \frac{T-1}{T}$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{Y_t - 0,5128}{1,021}$$

Sehingga:

$$T = 5 \quad \text{maka } Y_t = 1,4999 \quad ; \quad K = 0,9668$$

$$T = 2,5 \quad \text{maka } Y_t = 0,6717 \quad ; \quad K = 0,1557$$

$$T = 1,67 \quad \text{maka } Y_t = 0,0874 \quad ; \quad K = -0,4166$$

$$T = 1,25 \quad \text{maka } Y_t = -0,4759 \quad ; \quad K = -0,9683$$

$$\text{Nilai } \bar{X} = 153,47$$

$$\text{Nilai } S = 44,41$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas : } X_T &= \bar{X} + K \cdot S \\ &= 153,47 + K \cdot 44,41 \end{aligned}$$

Sehingga didapat interval kelas seperti terlihat pada Tabel 4.25

Interval Kelas Distribusi Probabilitas Gumbel, sebagai berikut:

Tabel 4. 25 Interval Kelas Distribusi Probabilitas Gumbel

No.	Probabilitas			Interval Kelas (mm)
	%	\bar{X}	K	
1	20	153,47	0,9668	196,4118
2	40	153,47	0,1557	160,3836
3	60	153,47	-0,4166	134,9658
4	80	153,47	-0,9683	110,4613

b. Distribusi Probabilitas Normal

Nilai K_T berdasarkan nilai T dari Tabel 2.2 nilai Variasi Reduksi

Gauss, didapat:

$$T = 5 \quad ; \quad K_T = 0,84$$

$$T = 2,5 \quad ; \quad K_T = 0,25$$

$$T = 1,67 \quad ; \quad K_T = -0,25$$

$$T = 1,25 \quad ; \quad K_T = -0,84$$

$$\text{Nilai } \bar{x} = 153,47$$

$$\text{Nilai } S = 44,41$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas : } X_T &= \bar{X} + K \cdot S \\ &= 153,47 + K \cdot 44,41 \end{aligned}$$

Sehingga didapat interval kelas seperti terlihat pada Tabel 4.26

Interval Kelas Distribusi Probabilitas Normal, sebagai berikut:

Tabel 4. 26 Interval Kelas Distribusi Probabilitas Normal

No.	Probabilitas %	\bar{X}	K	S	Interval Kelas (mm)
1	20	153,47	0,8400	44,41	190,7784
2	40	153,47	0,2500	44,41	164,5738
3	60	153,47	-0,2500	44,41	142,3665
4	80	153,47	-0,8400	44,41	116,1619

(Sumber: Hasil Perhitungan)

c. Distribusi Probabilitas Log Normal

Nilai K_T berdasarkan nilai T dari Tabel 2.2 nilai Variasi Reduksi

Gauss, didapat:

$$T = 5 \quad ; \quad K_T = 0,84$$

$$T = 2,5 \quad ; \quad K_T = 0,25$$

$$T = 1,67 \quad ; \quad K_T = -0,25$$

$$T = 1,25 \quad ; \quad K_T = -0,84$$

$$\text{Nilai Log } \bar{X} = 2,17$$

$$\text{Nilai S Log X} = 0,1213$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas : Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K \cdot S \text{ Log X} \\ &= 2,17 + K \cdot 0,1213 \end{aligned}$$

Sehingga didapat interval kelas seperti terlihat pada Tabel 4.27

Interval Kelas Distribusi Probabilitas Log Normal, sebagai berikut:

Tabel 4. 27 Interval Kelas Distribusi Probabilitas Log Normal

No.	Probabilitas		Log \bar{X}	K	S Log X	Interval Kelas (mm)
	%					
1	20		2,1700	0,8400	0,1213	187,0408
2	40		2,1700	0,2500	0,1213	158,6211
3	60		2,1700	-0,2500	0,1213	137,9444
4	80		2,1700	-0,8400	0,1213	116,9846

(Sumber: Hasil Perhitungan)

d. Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

Nilai K_T berdasarkan nilai C_s atau $G = 0,1325$ dan nilai T untuk berbagai periode ulang (Lihat tabel 2.3 Nilai K_T untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III) adalah:

$$T = 5 \quad ; \quad K_T = 0,8341$$

$$T = 2,5 \quad ; \quad K_T = 0,1205$$

$$T = 1,67 \quad ; \quad K_T = -0,7600$$

$$T = 1,25 \quad ; \quad K_T = -1,6822$$

$$\text{Nilai Log } \bar{X} = 2,17$$

$$\text{Nilai S Log X} = 0,1213$$

$$\begin{aligned}\text{Interval kelas : Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K. S \text{ Log } X \\ &= 2,17 + K. 0,1213\end{aligned}$$

Sehingga didapat interval kelas seperti terlihat pada Tabel 4.28

Interval Kelas Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III, sebagai berikut:

Tabel 4. 28 Interval Kelas Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

No.	Probabilitas		\bar{X}	K	S	Interval Kelas (mm)
	%					
1	20		2,1700	0,8341	0,1213	186,7303
2	40		2,1700	0,1205	0,1213	152,9864
3	60		2,1700	-0,7600	0,1213	119,6298
4	80		2,1700	-1,6822	0,1213	92,4620

(Sumber: Hasil Perhitungan)

6. Perhitungan nilai X^2

a. Frekuensi Teoritis (Ef) dan Frekuensi pengamatan (Of)

Nilai Frekuensi Teoritis diperoleh dengan membagi jumlah data terhadap banyak kelas.

$$E_f = \frac{\text{Jumlah Data}}{\text{Banyak Kelas}} = \frac{15}{3} = 3$$

Nilai frekuensi Pengamatan (Of) diperoleh dengan memilah dan memasukkan data hujan kedalam interval yang tersedia.

- b. Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Gumbel

Tabel 4. 29 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Gumbel

No	Probabilitas %	Interval	Frekuensi Teoritis (Ef)	Frekuensi Pengamatan (Of)	(Of - Ef) ² /Ef
1	0 - 20	> 196,4118	3	2	0,33333
2	20 - 40	160,3836 - 196,4118	3	4	0,33333
3	40 - 60	134,9658 - 160,3836	3	3	0,00000
4	60 - 80	110,4613 - 134,9658	3	4	0,33333
5	80 - 100	< 110,4613	3	2	0,33333
Σ			15	15	1,33333

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- c. Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Normal

Tabel 4. 30 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Normal

No	Probabilitas %	Interval	Frekuensi Teoritis (Ef)	Frekuensi Pengamatan (Of)	(Of - Ef) ² /Ef
1	0 - 20	> 190,7784	3	2	0,33333
2	20 - 40	164,5738 - 190,7784	3	4	0,33333
3	40 - 60	142,3665 - 164,5738	3	2	0,33333
4	60 - 80	103,6199 - 142,3665	3	5	1,33333
5	80 - 100	< 103,6199	3	2	0,33333
Σ			15	15	2,66667

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- d. Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Normal

Tabel 4. 31 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Normal

No	Probabilitas %	Interval	Frekuensi Teoritis (Ef)	Frekuensi Pengamatan (Of)	(Of - Ef) ² /Ef
1	0 - 20	> 187,0408	3	2	0,33333

Tabel 4. 31 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Normal (Lanjutan)

No	Probabilitas %	Interval	Frekuensi Teoritis (Ef)	Frekuensi Pengamatan (Of)	(Of - Ef) ² /Ef
2	20 - 40	158,6211 - 187,0408	3	4	0,33333
3	40 - 60	137,9444 - 158,6211	3	3	0,00000
4	60 - 80	116,9846 - 137,9444	3	4	0,33333
5	80 - 100	< 116,9846	3	2	0,33333
Σ			15	15	1,33333

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- e. Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Pearson Type III

Tabel 4. 32 Perhitungan nilai X^2 untuk Distribusi Log Pearson Type III

No	Probabilitas %	Interval	Frekuensi Teoritis (Ef)	Frekuensi Pengamatan (Of)	(Of - Ef) ² /Ef
1	0 - 20	> 186,7303	3	3	0,00000
2	20 - 40	152,9864 - 186,7303	3	3	0,00000
3	40 - 60	119,6298 - 152,9864	3	6	3,00000
4	60 - 80	92,4620 - 119,6298	3	2	0,33333
5	80 - 100	< 92,4620	3	1	1,33333
Σ			15	15	4,66667

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- f. Rekapitulasi nilai X^2 dan X^2_{Cr} untuk 2 Distribusi Probabilitas

Tabel 4. 33 Rekapitulasi Nilai X^2 dan X^2_{Cr}

Distribusi Probabilitas	X^2 Terhitung	X^2_{Cr}	Keterangan
Gumbel	1,3333	5,9910	Diterima
Normal	2,6667	5,9910	Diterima
Log Normal	1,3333	5,9910	Diterima
Log Pearson Type III	4,6667	5,9910	Diterima

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- g. Berdasarkan Tabel 4.33 Distribusi Probabilitas Gumbel, Normal, Log Normal dan Log Pearson Type III memiliki nilai $X^2 < X^2_{Cr}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua distribusi probabilitas yang digunakan dapat diterima.

b. Uji Smirnov-Kolmogorof

Pada pengujian Uji Smirnov-Kolmogorof terhadap Distribusi Probabilitas Gumbel, Normal, Log Normal, Log Pearson Type III dilakukan dengan cara analitis. Langkah kerja dalam pengujian Smirnov-Kolmogorof seperti di jelaskan di bab II.

Tabel 4. 34 Hasil Curah Hujan Wilayah

No	Curah Hujan (Xi) (mm)	Xi diurutkan dari besar ke kecil
1	140,23	266,01
2	85,51	209,38
3	102,82	186,89
4	129,86	172,06
5	209,38	166,51
6	148,57	164,73
7	186,89	148,57
8	172,06	144,96
9	166,51	140,23
10	131,73	133,97
11	133,97	131,73
12	144,96	129,86
13	266,01	118,83
14	164,73	102,82
15	118,83	85,51
Σ	2302,05	
\bar{X}	153,47	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

1. Distribusi Probabilitas Gumbel

Peluang teoritis berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel.

$$X_T = \bar{X} + K X S ; \text{ sehingga}$$

$$K = \frac{X_t - \bar{X}}{S} ; \text{ atau } K = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

Dimana $K = f(t)$

$$\text{Nilai } x = 153,47$$

$$\text{Nilai } S = 44,4146$$

$$F(t) = \frac{266,01 - 153,47}{44,4146}$$

Nilai $P'(X_i)$ ditentukan Y_n , S_n , dan K atau $F(t)$

$$Y_n = 0,5128$$

$$S_n = 1,0210 ; F(t) = 2,5338$$

Sehingga didapat perhitungan uji distribusi Gumbel dengan metode Smirnov-Kolmogorof seperti terlihat pada tabel 4.35 Perhitungan Uji distribusi Gumbel dengan metode Smirnov-Kolmogorof, sebagai berikut:

Tabel 4. 35 Perhitungan Uji distribusi Gumbel dengan Metode Smirnov-Kolmogorof

No	X_i	$P(X_i)$	$F(t)$	Y_t	T	$\frac{1/T}{P'(X_i)}$	ΔP	$ \Delta P $
1	266,01	0,0625	2,5338	3,0999	22,6994	0,0441	0,0184	0,0184
2	209,38	0,1250	1,2588	1,7981	6,5519	0,1526	-0,0276	0,0276
3	186,89	0,1875	0,7525	1,2811	4,1237	0,2425	-0,0550	0,0550
4	172,06	0,2500	0,4185	0,9401	3,0927	0,3233	-0,0733	0,0733
5	166,51	0,3125	0,2935	0,8125	2,7903	0,3584	-0,0459	0,0459

**Tabel 4. 35 Perhitungan Uji distribusi Gumbel dengan
Metode Smirnov-Kolmogorof (Lanjutan)**

No	Xi	P (Xi)	F (t)	Yt	T	1/T P' (Xi)	ΔP	ΔP
6	164,73	0,3750	0,2535	0,7717	2,7018	0,3701	0,0049	0,0049
7	148,57	0,4375	-0,1104	0,4000	2,0427	0,4895	-0,0520	0,0520
8	144,96	0,5000	-0,1917	0,3171	1,9333	0,5173	-0,0173	0,0173
9	140,23	0,5625	-0,2981	0,2084	1,7986	0,5560	0,0065	0,0065
10	133,97	0,6250	-0,4390	0,0646	1,6437	0,6084	0,0166	0,0166
11	131,73	0,6875	-0,4894	0,0131	1,5941	0,6273	0,0602	0,0602
12	129,86	0,7500	-0,5316	-0,0299	1,5549	0,6431	0,1069	0,1069
13	118,83	0,8125	-0,7800	-0,2836	1,3606	0,7350	0,0775	0,0775
14	102,82	0,8750	-1,1404	-0,6515	1,1721	0,8532	0,0218	0,0218
15	85,51	0,9375	-1,5302	-1,0496	1,0609	0,9426	-0,0051	0,0051

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2. Distribusi Probabilitas Normal

Peluang teoritis berdasarkan Distribusi Probabilitas Normal

$$X_T = \bar{X} + K X S ; \text{ sehingga}$$

$$K = \frac{X_t - \bar{X}}{S} ; \text{ atau } K = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

Dimana $K = f(t)$

$$\text{Nilai } x = 153,47$$

$$\text{Nilai } S = 44,4146$$

$$F(t) = \frac{266,01 - 153,47}{44,4146}$$

Nilai $P'(X_i)$ ditentukan berdasarkan nilai 1 - Luas bawah kurve normal sesuai dengan nilai $F(t)$ yang ditentukan dengan lampiran 7. Tabel luas wilayah dibawah kurve normal.

Sehingga, didapat perhitungan uji Distribusi Normal dengan metode Smirnov Kolmogorof seperti terlihat pada Tabel 4.36 Perhitungan Uji distribusi Normal dengan metode Smirnov-Kolmogorof, sebagai berikut:

Tabel 4. 36 Perhitungan Distribusi Normal dengan Metode Smirnov-Kolmogorof

No	Xi	P (Xi)	F (t)	Luas Wilayah di bawah Kurva normal	P' (Xi)	ΔP	$ \Delta P $
1	266,01	0,0625	2,53	0,9943	0,0057	-0,0568	0,0568
2	209,38	0,1250	1,26	0,8962	0,1038	-0,0212	0,0212
3	186,89	0,1875	0,75	0,7734	0,2266	0,0391	0,0391
4	172,06	0,2500	0,42	0,6628	0,3372	0,0872	0,0872
5	166,51	0,3125	0,29	0,6141	0,3859	0,0734	0,0734
6	164,73	0,3750	0,25	0,5987	0,4013	0,0263	0,0263
7	148,57	0,4375	-0,11	0,4562	0,5438	0,1063	0,1063
8	144,96	0,5000	-0,19	0,4247	0,5753	0,0753	0,0753
9	140,23	0,5625	-0,30	0,3821	0,6179	0,0554	0,0554
10	133,97	0,6250	-0,44	0,3300	0,6700	0,0450	0,0450
11	131,73	0,6875	-0,49	0,3121	0,6879	0,0004	0,0004
12	129,86	0,7500	-0,53	0,2981	0,7019	-0,0481	0,0481
13	118,83	0,8125	-0,78	0,2177	0,7823	-0,0302	0,0302
14	102,82	0,8750	-1,14	0,1271	0,8729	-0,0021	0,0021
15	85,51	0,9375	-1,53	0,0630	0,9370	-0,0005	0,0005

(Sumber: Hasil Perhitungan)

3. Distribusi Probabilitas Log Normal

Peluang teoritis berdasarkan Distribusi Probabilitas Log Normal

$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T \times S \text{ Log } X$; Sehingga

$$K = \frac{\text{Log } X_t - \text{Log } \bar{X}}{S \text{ Log } X} \quad ; \text{ atau } K = \frac{\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}}{S \text{ Log } X}$$

Dimana $K = F(t)$

$$\text{Nilai Log } \bar{X} = 2,1700$$

$$P(X_i) = \frac{\text{Nomor Urut}}{(1+n)}$$

$$\text{Nilai S log } X = 0,1213$$

$$= \frac{1}{1+15} = 0,0625$$

$$F(t) = \frac{2,4249 - 2,1700}{0,1213} = 2,10$$

Nilai $P'(X_i)$ ditentukan berdasarkan nilai 1 - luas bawah kurve normal sesuai dengan nilai $F(t)$ yang ditentukan dengan lampiran 7.

Sehingga, didapat perhitungan uji Distribusi Log Normal dengan metode Smirnov Kolmogorof seperti terlihat pada Tabel 4.37 Perhitungan Uji distribusi Log Normal dengan metode Smirnov-Kolmogorof, sebagai berikut:

Tabel 4. 37 Perhitungan Distribusi Log Normal dengan Metode Smirnov-Kolmogorof

No	X_i	Log X_i	$P(X_i)$	$F(t)$	Luas Wilayah di bawah Kurva normal	$P'(X_i)$	ΔP	$ \Delta P $
1	266,01	2,4249	0,0625	2,10	0,9821	0,0179	-0,0446	0,0446
2	209,38	2,3209	0,1250	1,24	0,8925	0,1075	-0,0175	0,0175
3	186,89	2,2716	0,1875	0,84	0,7995	0,2005	0,0130	0,0130
4	172,06	2,2357	0,2500	0,54	0,7054	0,2946	0,0446	0,0446
5	166,51	2,2214	0,3125	0,42	0,6628	0,3372	0,0247	0,0247
6	164,73	2,2168	0,3750	0,39	0,6517	0,3483	-0,0267	0,0267
7	148,57	2,1719	0,4375	0,02	0,5080	0,4920	0,0545	0,0545
8	144,96	2,1612	0,5000	-0,07	0,4721	0,5279	0,0279	0,0279
9	140,23	2,1468	0,5625	-0,19	0,4247	0,5753	0,0128	0,0128
10	133,97	2,1270	0,6250	-0,35	0,3632	0,6368	0,0118	0,0118
11	131,73	2,1197	0,6875	-0,41	0,3409	0,6591	-0,0284	0,0284
12	129,86	2,1135	0,7500	-0,47	0,3192	0,6808	-0,0692	0,0692

Tabel 4. 37 Perhitungan Distribusi Log Normal dengan Metode Smirnov-Kolmogorof (Lanjutan)

No	Xi	Log Xi	P (Xi)	F (t)	Luas Wilayah di bawah Kurva normal	P' (Xi)	ΔP	ΔP
13	118,83	2,0749	0,8125	-0,78	0,2177	0,7823	-0,0302	0,0302
14	102,82	2,0121	0,8750	-1,30	0,0968	0,9032	0,0282	0,0282
15	85,51	1,9320	0,9375	-1,96	0,0250	0,9750	0,0375	0,0375
	Σ	32,5505						
	Log \bar{X}	2,1700						

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4. Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

Peluang teoritis berdasarkan Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K_T \times S \text{ Log } X$; Sehingga

$$K = \frac{\text{Log } X_t - \text{Log } \bar{X}}{S \text{ Log } X} \quad ; \text{ atau } K = \frac{\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}}{S \text{ Log } X}$$

Dimana $K = F(t)$

$$\text{Nilai Log } \bar{X} = 2,1700 \quad P(X_i) = \frac{\text{Nomor Urut}}{(1+n)}$$

$$\text{Nilai } S \text{ log } X = 0,1213 \quad = \frac{1}{1+15} = 0,0625$$

$$F(t) = \frac{2,4249 - 2,1700}{0,1213} = 2,101 \quad C_s = 0,1325$$

Nilai $P'(X_i)$ ditentukan berdasarkan nilai C_s dan nilai K_T atau $F(t)$ pada lampiran 7. yang diperoleh dengan cara interpolasi nilai.

Sehingga, didapat perhitungan uji Distribusi Log Pearson Type III dengan metode Smirnov Kolmogorof seperti terlihat pada Tabel 4.38 Perhitungan Uji

distribusi Log Pearson Type III dengan metode Smirnov-Kolmogorof, sebagai berikut:

Tabel 4. 38 Perhitungan Distribusi Log Pearson Type III dengan Metode Smirnov-Kolmogorof

No	Xi	Log Xi	P (Xi)	F (t)	Faktor Frekuensi KT (P'Xi)	ΔP	$ \Delta P $
1	266,01	2,4249	0,0625	2,101	0,0396	-0,0229	0,0229
2	209,38	2,3209	0,1250	1,244	0,1105	-0,0145	0,0145
3	186,89	2,2716	0,1875	0,837	0,1997	0,0122	0,0122
4	172,06	2,2357	0,2500	0,541	0,3037	0,0537	0,0537
5	166,51	2,2214	0,3125	0,424	0,3450	0,0325	0,0325
6	164,73	2,2168	0,3750	0,385	0,3585	-0,0165	0,0165
7	148,57	2,1719	0,4375	0,016	0,4886	0,0511	0,0511
8	144,96	2,1612	0,5000	-0,072	0,5195	0,0195	0,0195
9	140,23	2,1468	0,5625	-0,191	0,5613	-0,0012	0,0012
10	133,97	2,1270	0,6250	-0,355	0,6187	-0,0063	0,0063
11	131,73	2,1197	0,6875	-0,415	0,6399	-0,0476	0,0476
12	129,86	2,1135	0,7500	-0,466	0,6580	-0,0920	0,0920
13	118,83	2,0749	0,8125	-0,784	0,7698	-0,0427	0,0427
14	102,82	2,0121	0,8750	-1,302	0,9519	0,0769	0,0769
15	85,51	1,9320	0,9375	-1,962	1,1841	0,2466	0,2466
	Σ	32,5505					
	Log \bar{X}	2,1700					

(Sumber: Hasil Perhitungan)

6. Berdasarkan Tabel 4.35 - Tabel 4.38, maka didapat nilai simpangan maksimum (ΔP maksimum) masing-masing Distribusi Probabilitas. Karena jumlah data adalah 15 dan α (derajat kepercayaan) adalah 5 % maka dari Tabel 2.8 Nilai Delta Kritis (D_0) untuk uji keselarasan Smirnov-Kolmogorof didapat ΔP kritis = 0,34. Distribusi Probabilitas tersebut dapat diterima

apabila nilai ΔP maksimum $<$ ΔP kritis, seperti terlihat pada Tabel 4. 39 sebagai berikut:

Tabel 4. 39 Rekapitulasi Nilai ΔP Maksimum dan ΔP Kritis

Distribusi Probabilitas	ΔP Maksimum	ΔP Kritis	Keterangan
Gumbel	0,1069	0,34	Dapat Diterima
Normal	0,1063	0,34	Dapat Diterima
Log Normal	0,0692	0,34	Dapat Diterima
Log Pearson Type III	0,2466	0,34	Dapat Diterima

(Sumber: Hasil Perhitungan)

7. Berdasarkan Tabel 4.39, Distribusi Probabilitas Gumbel, Normal, Log Normal, Log Pearson Type III memiliki nilai ΔP maksimum $<$ ΔP kritis, maka dapat disimpulkan bahwa Uji Distribusi Probabilitas tersebut dapat diterima untuk menganalisis data hujan.

Hasil Uji Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel, Normal, Log Normal, Log Pearson Type III.

Tabel 4. 40 Hasil Uji Chi Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov

Distribusi Probabilitas	Uji Kesesuaian					
	Smirnov-Kolmogorov			Chi Kuadrat		
	Δ maks	Δ kritis	Keterangan	Δ maks	Δ kritis	Keterangan
Gumbel	0,1069	0,34	Diterima	1,33333	5,9910	Diterima
Normal	0,1063	0,34	Diterima	2,66667	5,9910	Diterima
Log Normal	0,0692	0,34	Diterima	1,33333	5,9910	Diterima
Log Pearson III	0,2466	0,34	Diterima	4,66667	5,9910	Diterima

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 4.40 bahwa Distribusi Probabilitas yang dapat diterima dan memiliki nilai terendah adalah Distribusi Probabilitas Log Normal. Dengan demikian distribusi tersebut dapat digunakan dalam analisis.

4.3 Profil Memanjang dan Melintang Saluran Drainase

Hasil pengukuran dan perhitungan dari profil memanjang dan melintang ini diperlukan untuk mengetahui ketinggian titik pada suatu tempat terhadap ketinggian pada suatu titik tertentu dengan mengukur beda tinggi antara titik tersebut, dengan tujuan untuk mengetahui elevasi dasar saluran. Pengukuran dilakukan terhadap profil memanjang dan profil melintang saluran. Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan pengukuran adalah persiapan pengukuran, perhitungan data hasil pengukuran, dan penggambaran hasil perhitungan.

a. Persiapan pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran dilapangan agar pengukuran tersebut dapat berjalan lancar, maka ada beberapa hal yang harus disiapkan terlebih dahulu, yaitu:

1. Perlengkapan yang digunakan

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| a) Alat Theodolit Topcon DT-200 | : 1 buah |
| b) Statif | : 1 buah |
| c) Rambu Ukur | : 1 buah |
| d) Patok, Cat | : Secukupnya |
| e) Payung | : 1 buah |
| f) Meteran 50 m | : 1 buah |

g) Tabel Pengukuran, Alat Tulis, dll : Secukupnya

2. Penentuan titik BM (*Benchmark*)

Penentuan titik tetap dilihat berdasarkan data dari *Global Position Stationing* (GPS). Hasil dari pembacaan GPS diperoleh dari titik mulai pengukuran atau titik BM lokal yaitu +14,50. Kemudian dilakukan pengukuran antara titik BM menggunakan alat pengukuran ke titik selanjutnya.

3. Pengukuran

Pada pengukuran di lapangan yang dilakukan meliputi pengukuran profil memanjang, pengukuran profil melintang dimana pengukuran dimulai dari titik awal yang sudah diketahui koordinat yaitu BM. Pengukuran selanjutnya dilakukan sesuai rencana patok yang sudah dipasang dan diberi nomor untuk mempermudah dalam pengukuran. Semua hasil data pengukuran di lapangan dicatat pada tabel pengukuran yang sudah disiapkan. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dapat dilihat pada Lampiran 9. Pengukuran Perhitungan Profil Memanjang dan Lampiran 10. Pengukuran Perhitungan Profil Melintang.

b. Perhitungan Data

Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan selanjutnya dianalisis sesuai dengan prosedur perhitungan. Hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran 9. Tabel pengukuran perhitungan profil memanjang dan lampiran 10. Tabel pengukuran perhitungan profil melintang.

Berdasarkan prosedur dalam perhitungan data hasil pengukuran di lapangan:

1. Perhitungan Profil Memanjang

a) Jarak Optis (Jarak rambu ke alat)

$$\begin{aligned} D_{\text{optis}} &= (BA - BB) \times 100 \\ &= (2,602 - 0,500) \times 100 \\ &= 210,2 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Beda Tinggi

$$\begin{aligned} \Delta h &= \text{Tinggi alat} - \text{Benang Tengah} \\ &= 1,458 - 1,551 \\ &= -0,093 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Tinggi Garis Bidik (TGB) di Atas Permukaan Laut

$$\begin{aligned} &\text{Tinggi BM} + \text{Beda tinggi dengan titik tempat alat} \\ &= 14,5 + (-0,093) \\ &= 14,407 \text{ m} \end{aligned}$$

d) Kontrol Bacaan Rambu Ukur

$$\begin{aligned} BT &= (BA + BB)/2 \\ &= (2,602 + 0,5)/2 \\ &= 1,551 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Profil Melintang

a) Beda Tinggi

$$\begin{aligned} \Delta h &= \text{Tinggi alat} - \text{Benang Tengah} \\ &= 1,458 - 2,190 = -0,732 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Tinggi titik dari permukaan laut

$$\begin{aligned} \text{Elevasi} &= \text{Tinggi Titik Tanah} + \text{Beda tinggi dengan titik tempat alat} \\ &= 14,500 + (-0,732) \\ &= 13,768 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Penggambaran Hasil Dari Pengukuran dan Perhitungan

Hasil perhitungan dari pengukuran profil memanjang dan profil melintang yang telah diperoleh selanjutnya dapat digunakan dalam penggambaran dengan skala yang sudah ditentukan. Hasil penggambaran dapat dilihat pada gambar *layout* yang terdapat pada Lampiran 33.

4.4 Perhitungan Beban Drainase

4.4.1 Penentuan Luas Daerah Tangkapan

Luas daerah tangkapan dapat ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor yaitu faktor topografi dan arah dominan aliran, berdasarkan faktor-faktor tersebut luas daerah tangkapan hujan untuk masing-masing saluran yang ditinjau dapat dihitung. Hasil perhitungan luas daerah tangkap hujan dapat dilihat pada Lampiran 12. Hasil Perhitungan Luas Daerah Tangkapan Hujan dan Koefisien Pengaliran Rata-rata.

4.4.2 Perhitungan Koefisien Pengaliran Tangkapan Hujan (C)

Penentuan koefisien pengaliran pada perencanaan ini ditentukan dengan mempertimbangkan kemungkinan perkembangan daerah kawasan tersebut dalam jangka panjang.

Harga koefisien pengaliran dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i.C_i}{\sum A_i}$$

Dengan, C_i adalah koefisien pengaliran daerah aliran sungai, A_i adalah luas daerah aliran.

Contoh perhitungan koefisien pengaliran rata-rata (C) dapat dilihat pada Tabel 4.41 dibawah ini, sebagai contoh perhitungan digunakan daerah saluran 1. Hasil perhitungan koefisien pengaliran rata-rata untuk daerah lainnya dapat dilihat pada Lampiran. 12 Perhitungan Luas Daerah Tangkapan Hujan dan Koefisien Pengaliran Rata-rata (C).

Tabel 4. 41 Perhitungan Koefisien Pengaliran Rata-rata (C)

Tata Guna Lahan	C_i	A_i	$A_i \times C_i$	Koefisien Pengaliran Rata-rata (C)
Daerah Perniagaan	0,95	0,1988	0,1889	0,95
Jalan Aspal	0,95	0,0491	0,0466	
Jumlah		0,2479	0.2355	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i.C_i}{\sum A_i}$$

$$= \frac{0.2355}{0,2479} = 0,95$$

4.4.3 Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe dengan tahapan perhitungan sebagai berikut:

1. Tentukan nilai t_0 dengan rumus Kerby (1959) :

$$t_o = 1,44 \times (n_d \times \frac{L_o}{\sqrt{S}})^{0,467}$$

dimana : t_o = Waktu pengaliran dalam saluran (menit)

n_d = Koefisien kekasaran lahan

L_o = Jarak dari titik terjauh ke inlet (m)

S = Kemiringan medan

2. Menentukan nilai t_d dengan rumus:

$$t_d = \frac{L_d}{V}$$

dimana : t_d = Waktu pengaliran dalam saluran (menit)

L_d = Panjang saluran (m)

V = Kecepatan rencana aliran dalam saluran

3. Hitung nilai waktu konsentrasi (t_c)

4. Hitung Intensitas hujan.

Untuk memperjelas langkah-langkah dalam perhitungan intensitas hujan diatas maka akan diuraikan dalam bentuk contoh perhitungan intensitas hujan untuk daerah 1 seperti dibawah ini:

a. Data

Jarak Pengaliran dari permukaan lahan ke saluran (L_o) = 44,6 m

Kemiringan saluran (S_o) = 0,50%

Koefisien rencana pengaliran (C) = 0,95 (lihat Lampiran 12)

Panjang saluran L_d = 89,2 m

Kecepatan rencana saluran = 0,40 m/detik

b. Perhitungan intensitas hujan

$$\begin{aligned}
 t_o &= 1,44 \times \left(n_d \times \frac{L_o}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \\
 &= 1,44 \times \left(0,2 \times \frac{44,6}{\sqrt{0,005}} \right)^{0,467} \\
 &= 13,7871 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_d &= \frac{L_d}{V} \\
 &= \frac{89,2}{0,4} = 3,7167 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_c &= t_o + t_d \\
 &= 13,7871 \text{ menit} + 3,7167 \text{ menit} = 17,5038 \text{ menit} = 0,2917 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Intensitas hujan untuk periode ulang tertentu

$$I_{TR} = \frac{X_{TR}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\begin{aligned}
 I_5 &= \frac{187,0408}{24} \left(\frac{24}{0,2917} \right)^{\frac{2}{3}} \\
 &= 147,4163 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{10} &= \frac{211,5020}{24} \left(\frac{24}{0,2917} \right)^{\frac{2}{3}} \\
 &= 166,6954 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{25} &= \frac{238,3841}{24} \left(\frac{24}{0,2917} \right)^{\frac{2}{3}} \\
 &= 187,8825 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan rancangan untuk daerah tinjauan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 15. Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan Rancangan.

4.4.4 Perhitungan Debit Rancangan

Debit rancangan yang ditentukan dengan menggunakan rumus Rasional, dalam perhitungan debit rancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Data
 - a) Luas daerah tangkapan hujan (A)
 - b) Koefisien pengaliran (C)
 - c) Jarak pengaliran dari permukaan lahan ke saluran (L_o)
 - d) Kemiringan lahan (S_o)
 - e) Panjang saluran (L_d)
 - f) Kecepatan rencana saluran (V)
2. Penentuan Besar Waktu Konsentrasi (t_c)
3. Perhitungan Nilai Intensitas Hujan Rancangan (I)
4. Perhitungan Debit Rencana
5. Perhitungan Debit Total/Debit Kumulatif per Ruas Jalan yang Ditinjau

Untuk memperjelas langkah-langkah dalam perhitungan debit rancangan diatas maka akan diuraikan dalam bentuk contoh perhitungan debit rancangan untuk daerah I seperti dibawah ini:

a. Data

Koefisien pengaliran (C) = 0,95 (lihat lampiran 12)

Intensitas curah hujan periode ulang 10 tahun (I_{10}) = 166,6954 mm/jam

Luas daerah tangkapan hujan daerah 1 = 0,0025 km²

Perhitungan debit rancangan daerah tersebut:

$$Q_{r\ 10\ tahun} = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$\begin{aligned} Q_{r\ 10\ tahun} &= 0,278 \times 0,95 \times 166,6954 \times 0,0025 \\ &= 0,1092\ m^3/detik \end{aligned}$$

Hasil perhitungan debit rancangan untuk daerah tinjauan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 16. Perhitungan Debit Rencana Per Segmen Luas Tangkapan Hujan.

4.5 Perhitungan Kapasitas Drainase Eksisting (Qs)

Data yang digunakan pada perhitungan ini meliputi panjang saluran (L_d), lebar dasar saluran (B), kedalaman saluran (H), dan kondisi saluran untuk menentukan koefisien kekasaran Manning (n). Berikut adalah langkah-langkah perhitungan:

1. Hitung kemiringan dasar saluran berdasarkan elevasi dasar saluran dan panjang saluran (L_d)

$$S_{saluran} = \frac{\text{Elevasi dasar saluran hulu} - \text{Elevasi dasar saluran hilir}}{L_d}$$

2. Tentukan luas penampang basah saluran (A) berdasarkan data kedalam saluran (H) dan lebar dasar saluran (B)
3. Hitung keliling penampang basah saluran (P)
4. Hitung jari-jari hidrolis saluran (R)

5. Tentukan koefisien kekasaran Manning (n)

6. Hitung kapasitas drainase (Qs)

Di bawah ini adalah uraian contoh perhitungan kapasitas drainase untuk saluran

Jl. Seth Adji 54 Kiri:

a. Data

Elevasi dasar saluran hulu = 14,266 m

Elevasi dasar saluran hilir = 13,890 m

Panjang saluran L_d = 82,90 m

Lebar dasar saluran B = 0,80 m

Kedalaman dasar saluran H = 1,0 m

Nilai kekasaran Manning (n) ditentukan berdasarkan tipe saluran Jalan Seth Adji menggunakan pasangan batu pecah semen dengan nilai kekasaran manning sebesar 0,025 (lampiran 18).

Bentuk saluran persegi.

b. Perhitungan kapasitas drainase (Qs)

$$S_{\text{saluran}} = \frac{14,266 - 13,890}{82,90}$$

$$= 0,005$$

$$A = b \times h$$

$$= 0,80 \times 1,0 = 0,80 \text{ m}^2$$

$$P = B + 2h$$

$$= 0,80 + 2 \cdot 1,0 = 2,80 \text{ m}$$

$$R = A/P$$

$$= 0,80/2,80 = 0,4338 \text{ m}$$

$$Q_s = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{0,025} \times 0,80 \times 0,4338^{\frac{2}{3}} \times 0,005^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,9816 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan kapasitas drainase eksisting (Q_s) untuk daerah lainnya dapat dilihat pada Lampiran 19. Perhitungan Nilai Kapasitas Drainase Eksisting (Q_s)

4.6 Perbandingan Q_r Rencana dan Q_s Eksisting

Data dimasukkan ke dalam tabel perhitungan dan dibandingkan dengan cara sebagai berikut:

Dalam perhitungan ini diambil contoh perhitungan Jl. Seth Adji 54 kiri:

- Masukkan data debit komulatif (Q_r) kedalam tabel perhitungan Jl. Seth Adji 54 kiri (Q_r) = 0,1661 m³/detik
- Masukkan data debit eksisting (Q_s) kedalam tabel perhitungan Jl. Seth Adji 54 kiri (Q_s) = 0,9816 m³/detik
- Bandingkan nilai Q_r dan Q_s dengan cara nilai Q_r dibagi nilai Q_s

$$\frac{Q_r}{Q_s} = \frac{0,1661}{0,9816} = 0,1692 \text{ m}^3/\text{detik} < 1$$

Karena nilai perbandingan yang diperoleh kurang dari 1 (satu) maka daerah yang ditinjau tidak mengalami banjir. Untuk perhitungan perbandingan

lainnya dapat dilihat pada Lampiran 21. *Lay out/* lokasi – lokasi yang mengalami banjir dapat dilihat pada lampiran 33.

4.7 Perhitungan Dimensi Hidrolis Saluran Desain

Saluran yang didesain adalah saluran cor beton dengan penampang persegi. Sebagai contoh perhitungan perencanaan diambil desain dimensi hidrolis saluran pada Jl. Seth Adji dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan data perhitungan:
 - a) Data debit kumulatif (Qr), lihat pada lampiran 17.
 - b) Data koefisien kekasaran Manning (koefisien diambil nilai $n = 0,015$. Lihat Lampiran 18.
 - c) Data kemiringan talud (m). dalam perencanaan ini menggunakan bentuk persegi sehingga $m = 0$.
 - d) Data b/h dapat dilihat pada lampiran 22.
 - e) Data kemiringan saluran (S). dalam perencanaan ini nilai S diambil $0,0020$ (asumsi perencanaan).

2. Perhitungan Dimensi

Untuk mendapatkan nilai ketinggian saluran hitung dan lebar saluran hitung. Perhitungan dilakukan dengan cara sebagai berikut. Contoh perhitungan diambil trase drainase jalan Seth Adji 1 kiri:

- a) $b/h = 3,0$
- b) $A = b \times h = nh \times h = h^2$

$$c) P = b + 2h = (n + 2) h = (1,0 + 2) h = 3h$$

$$d) R = \frac{A}{P} = \frac{1h^2}{3h} = \frac{1}{3} h$$

$$e) Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$3,3585 = \frac{1}{0,015} \times h^2 \times \left(\frac{1}{3}h\right)^{2/3} \times 0,0020^{1/2}$$

Dari persamaan diatas diperoleh:

$$h \text{ hitung} = 0,7869 \text{ m} ; b \text{ hitung} = 2,3607 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh:

$$h \text{ pakai} = 0,80 \text{ m}$$

$$b \text{ pakai} = 2,40 \text{ m}$$

$$A = 1,92 \text{ m}^2$$

$$P = 4,00 \text{ m}$$

$$R = 0,61 \text{ m}$$

f) Kontrol Q saluran desain terhadap Q rencana:

$$Q_s \text{ desain} = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,015} \times 1,92 \times (0,61)^{2/3} \times (0,0020)^{1/2}$$

$$= 3,5093 \text{ m}^3/\text{detik} > Q_r = 3,3585 \text{ m}^3/\text{detik} \dots \dots \dots (\text{Ok})$$

g) Tinggi Jagaan (F):

$$F = 25\% \times h$$

$$= 25 \% \times 0,80 = 0,20 \text{ m}$$

Maka dimensi penampang saluran persegi jalan Seth Adji 1 kiri:

$$H = h + F$$

$$= 0,80 + 0,20 = 1,00 \text{ m}$$

Diambil :

$$h = 1,00 \text{ m}$$

$$b = 2,40 \text{ m}$$

Selanjutnya perhitungan dimensi hidrolis saluran untuk Jl. Karet, dan Jl. Ebony dapat dilihat pada lampiran 23.

4.8 Perhitungan Struktur Dimensi Saluran Drainase

Berikut merupakan perhitungan struktur dimensi saluran pada Jl. Seth Adji:

4.8.1 Data Struktur

- | | |
|-------------------------|---------------|
| 1. Lebar Saluran | (b) = 2,40 m |
| 2. Tinggi saluran | (h) = 1,00 m |
| 3. Tebal Beton | (ts) = 0,25 m |
| 4. Lebar saluran total | (B) = 2,90 m |
| 5. Tinggi Saluran total | (H) = 1,25 m |

4.8.2 Bahan Struktur

- Mutu Beton (K - 175)

a. Kuat tekan beton $f_c' = 0,83 \times K / 10 = 14,53 \text{ Mpa}$

b. Modulus elastis $E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'} = 17.912,49 \text{ Mpa}$

2. Mutu Baja

- a. Untuk baja tulangan $\varnothing > 12 \text{ mm}$ = U – 39
- b. Tegangan leleh baja (fy) = 390 Mpa
- c. Untuk baja tulangan $\varnothing < 12 \text{ mm}$ = U – 24
- d. Tegangan leleh baja (fy) = 240 Mpa

4.8.3 Berat Jenis

- 1. Berat beton bertulang (wc) = 25 kN/m³
- 2. Berat aspal padat (wa) = 22 kN/m³
- 3. Berat jenis air (ww) = 9,80 kN/m³

4.8.4 Analisis Beban

1. Berat Sendiri saluran Drainase (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian saluran yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Sebagai contoh perhitungan beban berat sendiri saluran (Gambar 4.5) dihitung sebagai berikut:

a. Berat sendiri saluran

$$Q_{MS} = (2,90 \times 1,25) - (2,40 - 1,00) \times 25 = 30,63 \text{ kN/m}$$

b. Gaya momen akibat berat sendiri (MS):

$$M_{MS} = 1/8 \times Q_{MS} \times B^2 = 1/8 \times 30,63 \times 2,90^2 = 32,19 \text{ kNm}$$

4.8.5 Tekanan Tanah (TA)

Pada bagian tanah dibelakang dinding saluran, harus diperhitungkan adanya beban tambahan yang setara dengan tanah setebal 0,60 m (asumsi). Tekanan tanah lateral dihitung berdasarkan harga nominal dari berat tanah W_s , sudut gesek dalam ϕ , dan kohesi (c) dengan :

1. Berat tanah (W_s) = 17,20 kN/m³
2. Sudut gesek dalam (ϕ) = 35,00°
3. Kohesi (c) = 0,40 t/m²
4. Tinggi total saluran (H) = 1,25 m
5. Lebar saluran (B) = 2,90 m
6. Beban merata (q) = 0,60 x W_s = 0,60 x 17,20 = 10,32 kPa
7. Koefisien tekanan tanah aktif:

$$\phi' = \tan^{-1} (K_{\phi}^R \times \tan \phi) ; \text{ dengan faktor reduksi } K_{\phi}^R = 0,70$$

$$= \tan^{-1} (0,7 \times \tan 35^\circ) = 0,4557 \text{ rad} = 26,11^\circ$$

Maka,

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi / 2)$$

$$= \tan^2 (45 - 26,11 / 2) = 0,3406$$

8. Gaya akibat tekanan tanah:

Tabel 4. 42 Gaya Akibat Tekanan Tanah

No	Gaya akibat tekanan tanah	T_{TA} (kN)	Lengan thd. X	y (m)	M_{TA} (kNm)
1	$q \times H \times K_a \times B$	12,74	$y = H / 2$	0,63	7,96
2	$1/2 \times H^2 \times W_s \times K_a \times B$	13,27	$y = H / 3$	0,42	5,53
	$\sum T_{TA}$	26,02	$\sum M_{TA}$		13,49

Sumber: Data hasil Perhitungan

Diperoleh beban akibat tekanan tanah sebesar 26,02 kN dan momen 13,49 kNm.

4.8.6 Kombinasi Beban Ultimate**Tabel 4. 43 Koefisien Faktor Beban**

No	Jenis Beban	Faktor Beban
1	Berat sendiri (Ms)	1,30
2	Tekanan Tanah	1,00

Sumber: RSNI T-02-2005

Rekapitulasi kombinasi momen ultimate untuk berat sendiri dan tekanan tanah dapat dilihat pada Tabel 4.44.

Tabel 4. 44 Kombinasi Momen Ultimate

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M (kNm)	Mu (kNm)
1	Berat sendiri (Ms)	1,30	32,19	41,85
2	Tekanan Tanah	1,00	13,49	13,49
		Σ		55,35

Sumber: Hasil Perhitungan

4.8.7 Tulangan Pokok

1. Lebar saluran drainase yang ditinjau (B) = 2900 mm
2. Tebal beton (ts) = 250 mm
3. Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton (d') = 50 mm
4. Tebal efektif plat (d) = ts – d' = 200 mm
5. Kuat tekan rencana beton (fc') = 14,53 MPa
6. Kuat leleh baja tulangan (fy) = 390 MPa
7. Faktor distribusi tegangan beton (β_1) = 0,85
 $\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y) = 0,02$
8. Momen Ultimate rencana saluran (Mu) = 55,35 kN/m
9. Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,80
10. Faktor tahanan momen maksimum
 $R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - (1/2 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y) / (0,85 \times f_c')] = 3,85$
11. Momen nominal rencana (Mn) = Mu / ϕ = 69,18 kNm
12. Faktor tahanan momen (R_n) = Mn x 10⁶ / (b x d²) = 0,6
 ($R_n \leq R_{max}$ oke)
13. Rasio tulangan yang di perlukan:
 $\rho = 0,85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0,85 \times f_c')}]$
 $= 0,85 \times 14,53 / 390,00 \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times 2,56 / (0,85 \times 14,53)}]$
 $= 0,0016$
14. Rasio tulangan minimum (ρ_{min}) = 1,4/fy = 0,0036
 Diambil rasio tulangan terbesar = 0,0036
15. Luas tulangan yang diperlukan $A_s = \rho \times b \times d$ = 2.082,05 mm²

16. Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 157,45 \text{ mm}$$

17. Digunakan tulangan dengan D 12 mm = D 12 – 150 mm

18. Luas tulangan pakai $A_s = \pi / 4 \times D^2 \times b / s = 2.185,44 \text{ mm}^2$

19. Kontrol luas tulangan $2.185,44 \text{ mm}^2 \geq 2.082,05 \text{ mm}^2$ Oke

4.8.8 Tulangan Bagi

Tulangan bagi diambil 30% dari tulangan pokok, maka:

$$A_s' = 30\% \times 2.185,44 \text{ mm}^2$$

$$= 655,63 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan } s = \pi/4 \times D^2 \times B/A_s'$$

$$= 222,22 \text{ mm}$$

$$= 220 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan } A_{sb} = \pi/4 \times D^2 \times B/s$$

$$= 662,25 \text{ mm}^2 > 655,63 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

Digunakan tulangan D 8 – 220 mm

Sehingga diperoleh:

$$\text{Tulangan bagi arah horizontal} = (2800/220) + 1$$

$$= 13,73 \approx 14 \text{ buah}$$

$$\text{Tulangan bagi arah vertikal} = (1150/220) + 1$$

$$= 6,23 \approx 7 \text{ buah}$$

Perhitungan struktur pada Jl. Ebony dan Jl. Karet dapat dilihat pada lampiran 25.

4.9 Perhitungan Dimensi Hidrolis Gorong-Gorong Desain

Pada penelitian ini gorong-gorong yang digunakan adalah gorong-gorong box dengan jenis aliran termasuk aliran terbuka. Perhitungan dimensi hidrolis gorong-gorong ini sendiri dilakukan dengan mengikuti tahapan atau langkah kerja perhitungan dengan maksud agar dalam perhitungan tersebut selalu terarah. Adapun tahapan kerja dalam perhitungan dimensi hidrolis gorong-gorong meliputi:

1. Penentuan Data

- a. Debit rancangan komulatif daerah yang ditinjau (Q)
- b. Bentuk penampang gorong-gorong
- c. Kecepatan rencana gorong-gorong (V_{gor}) menggunakan kecepatan rencana gorong-gorong, yang perlu diperhatikan adalah bahwa kecepatan aliran pada gorong-gorong harus lebih besar dari kecepatan aliran pada saluran (V_{sal}), nilai kecepatan aliran yang diijinkan pada gorong-gorong adalah 1,5 – 2,5 m/detik.
- d. Panjang gorong-gorong

2. Perhitungan Dimensi

- a. Hitung luas penampang basah gorong-gorong yang diperlukan (A_{perlu})
- b. Hitung dimensi gorong-gorong, dalam hal ini dapat berupa lebar (B), kedalaman (H).
- c. Tentukan jumlah gorong-gorong yang diperlukan untuk menyalurkan debit rancangan berdasarkan dengan dimensi.
- d. Hitung tinggi kehilangan energi yang terjadi (H_L)

Untuk memperjelas langkah-langkah dalam perhitungan dimensi hidrolis gorong-gorong diatas, maka akan diuraikan dalam bentuk contoh perhitungan dimensi gorong-gorong seperti dibawah ini:

1. Data

$$Q = 3,3585 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V_{\text{sal}} = 1,8278 \text{ m/detik}$$

$$V_{\text{gor}} = 1,5 \text{ m/detik}$$

$$n = 0,015$$

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$\text{Panjang gorong-gorong (Lgor)} = 4 \text{ m}$$

2. Perhitungan Dimensi

Luas penampang gorong-gorong

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

$$= \frac{3,3585}{1,5} = 2,2390 \text{ m}^2$$

Nilai A disubstitusikan ke persamaan:

$$A = b \times h ; h = b$$

$$A = b \times b$$

$$2,2390 = b^2$$

$$b = 1,4963 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$$

b yang digunakan adalah 1,5 m dengan h = 1,5

$$A_{\text{pakai}} = b \times h$$

$$= 1,5 \times 1,5 = 2,25 \text{ m}^2$$

Jumlah gorong-gorong yang diperlukan:

$$\frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{pakai}}} = \frac{2,2390}{2,25}$$

$$= 0,9951 \approx 1 \text{ buah}$$

Kontrol debit gorong-gorong (Q_{gor}) terhadap debit rancangan:

$$Q = V.A$$

$$= 1,5 \times 2,25$$

$$= 3,38 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{\text{gor}} = 3,38 \text{ m}^3/\text{detik} > 3,3585 \text{ m}^3/\text{detik} \text{ (Oke)}$$

Keliling basah gorong-gorong:

$$P = 2b + 2h$$

$$= 2(1,5) + 2.(1,5)$$

$$= 6 \text{ m}$$

Jari-jari hidrolis gorong-gorong:

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

$$= \frac{2,25}{6}$$

$$= 0,3750 \text{ m}$$

Kehilangan tinggi energi (h_L):

Akibat pemasukan (h_e)

$$\begin{aligned}
 h_e &= K_e \frac{(V_{\text{gor}} - V_{\text{sal}})^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,5 \frac{(1,5 - 1,8278)^2}{2(9,81)} \\
 &= 0,0027 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Akibat pengeluaran (h_v)

$$\begin{aligned}
 h_v &= \frac{(V_{\text{gor}} - V_{\text{sal}})^2}{2 \cdot g} \\
 &= \frac{(1,5 - 1,8278)^2}{2(9,81)} \\
 &= 0,0055 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Akibat gesekan (h_f)

$$\begin{aligned}
 h_f &= \frac{n^2 \times V_{\text{gor}}^2 \times L}{2,22 \times R^{\frac{4}{3}}} \\
 &= \frac{0,015^2 \times 1,5^2 \times 4}{2,22 \times 0,37501^{\frac{4}{3}}} \\
 &= 0,0034 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi kehilangan tinggi energi (h_L):

$$\begin{aligned}
 h_L &= h_e + h_v + h_f \\
 &= 0,0027 + 0,0055 + 0,0034 \\
 &= 0,0116 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.10 Perhitungan Struktur Dimensi Gorong-Gorong

Berikut merupakan perhitungan struktur dimensi gorong-gorong pada Jl. Seth Adji:

4.10.1 Data Struktur

1. Lebar box gorong-gorong (b) = 1,50 m
2. Tinggi box gorong-gorong (h) = 1,50 m
3. Tebal Beton (ts) = 0,20 m
4. Lebar box gorong-gorong total (B) = 1,90 m
5. Tinggi box gorong-gorong total (H) = 1,90 m
6. Tebal lapisan aspal + *overlay* (ta) = 0,10 m
7. Tinggi genangan air hujan (th) = 0,05 m

4.10.2 Bahan Struktur

1. Mutu Beton (K - 175)
 - a. Kuat tekan beton $f_c' = 0,83 \times K / 10 = 14,53 \text{ Mpa}$
 - b. Modulus elastis $E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'} = 17.912,49 \text{ Mpa}$
2. Mutu Baja
 - a. Untuk baja tulangan $\emptyset > 12 \text{ mm}$ = U - 39
 - b. Tegangan leleh baja (fy) = 390 Mpa
 - c. Untuk baja tulangan $\emptyset < 12 \text{ mm}$ = U - 24
 - d. Tegangan leleh baja (fy) = 240 Mpa

4.10.3 Berat Jenis

1. Berat beton bertulang $(w_c) = 25 \text{ kN/m}^3$
2. Berat aspal padat $(w_a) = 22 \text{ kN/m}^3$
3. Berat jenis air $(w_w) = 9,80 \text{ kN/m}^3$

4.10.4 Analisis Beban

1. Berat Sendiri box gorong - gorong (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian gorong-gorong yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Sebagai contoh perhitungan beban berat sendiri gorong-gorong dihitung sebagai berikut:

- a. Berat sendiri Gorong-gorong

$$\text{Plat atas} = Q_{MS} = 2,0 \times 1,9 \times 25 = 9,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Plat Dinding} = Q_{MS} = 2,0 \times 1,9 \times 25 = 9,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total} = 19,0 \text{ kN/m}$$

- b. Gaya momen akibat berat sendiri (MS):

$$M_{MS} = 1/8 \times Q_{MS} \times B^2 = 1/8 \times 19 \times 1,90^2 = 8,57 \text{ kNm}$$

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada saluran yang merupakan elemen non-struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur saluran. Berikut merupakan beban gorong-gorong yang harus dipikul oleh saluran:

- a. Penambahan lapisan aspal (*Overlay*) dikemudian hari

$$Q_{Overlay} = B \times t_a \times w_a = 1,9 \times 0,10 \times 22 = 4,18 \text{ kN/m}$$

- b. Genangan air hujan

$$Q_{hujan} = B \times t_h \times w_w = 1,9 \times 0,05 \times 9,8 = 0,93 \text{ kN/m}$$

Sehingga didapat beban tambahan total:

$$Q_{MA} = 4,18 + 0,93 = 5,11 \text{ kN/m}$$

- c. Gaya momen akibat beban mati tambahan (MA):

$$M_{MA} = 1/8 \times Q_{MA} \times B^2 = 1/8 \times 5,11 \times 1,90^2 = 2,31 \text{ kNm}$$

4.10.5 Beban Lalu Lintas

1. Beban Lajur "D" (TD)

Untuk penentuan nilai q adalah sebagai berikut:

$$q = 9,0 \text{ kPa} \quad \text{untuk } L \leq 30 \text{ m}$$

$$q = 9,0 \times (0,5 + 15 / B) \text{ kPa} \quad \text{untuk } L \geq 30 \text{ m}$$

Untuk panjang bentang:

$$B = 1,90 \text{ m} \quad \text{maka, } q = 9,0 \text{ kPa}$$

Faktor beban dinamis diambil $p = 49,00 \text{ kN/m}$, dengan perhitungan sebagai

berikut:

$$DLA = 0,40 \quad \text{untuk } B \leq 50 \text{ m}$$

$$DLA = 0,40 - 0,0025 \times (B - 50) \quad \text{untuk } 50 \text{ m} \leq B \leq 90 \text{ m}$$

$$DLA = 0,30 \quad \text{untuk } B \geq 90 \text{ m}$$

Untuk panjang bentang:

$$B = 1,90 \text{ m} \qquad \text{maka, DLA} = 0,40$$

Beban lajur pada gorong-gorong:

$$Q_{TD} = q \times B = 9 \times 1,90 = 17,10 \text{ kN/m}$$

$$P_{TD} = (1 + \text{DLA}) \times p \times B = (1 + 0,4) \times 49 \times 1,90 = 130,34 \text{ kN}$$

Gaya momen akibat beban lajur "D"

$$\begin{aligned} M_{MA} &= 1/8 \times Q_{TD} \times B^2 + 1/4 \times P_{TD} \times B \\ &= 1/8 \times 18 \times 1,90^2 + 1/4 \times 137,20 \times 1,90 = 69,63 \text{ kNm} \end{aligned}$$

2. Beban Truk "T"

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil $T = 80 \text{ kN}$

Momen maksimum akibat beban T

$$\begin{aligned} M_{TT} &= 1/4 \times P_{TT} \times B \\ &= 1/4 \times 80 \times 1,90 \\ &= 38 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Gaya momen yang terjadi akibat pembebanan lalu lintas, diambil yang memberikan pengaruh terbesar terhadap saluran diantara beban lajur "D" dan beban "T". Dari perhitungan di atas, maka diambil beban terbesar beban lajur "D".

4.10.6 Kombinasi Beban Ultimate

Tabel 4. 45 Koefisien Faktor Beban

No	Jenis Beban	Faktor Beban
1	Berat sendiri (Ms)	1,30
2	Beban mati tambahan (Ma)	1,30
3	Beban lajur "D"	1,00

Sumber: RSNIT-02-2005

Rekapitulasi kombinasi momen ultimate untuk berat sendiri, beban mati tambahan, beban lajur "D", dan tekanan tanah dapat dilihat pada Tabel 4.46.

Tabel 4. 46 Kombinasi Momen Ultimate

No	Jenis Beban	Faktor Beban	M (kNm)	Mu (kNm)
1	Berat sendiri (Ms)	1,30	8,57	11,15
2	Beban mati tambahan (Ma)	1,30	2,31	3,00
3	Beban lajur "D"	1,00	69,63	69,63
	Σ			83,77

Sumber: Hasil Perhitungan

4.10.8 Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Arah X

1. Lebar plat yang ditinjau (B) = 1900 mm
2. Tebal plat beton (ts) = 200 mm
3. Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton (d') = 50 mm
4. Tebal efektif plat (d) = $h - d' = 150$ mm
5. Kuat tekan rencana beton (fc') = 14,53 MPa
6. Kuat leleh baja tulangan (fy) = 390 MPa
7. Faktor distribusi tegangan beton (β_1) = 0,85

- $\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y) = 0,02$
8. Momen Ultimate rencana saluran (M_u) = 158,57 kN/m
9. Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,80
10. Faktor tahanan momen maksimum
- $R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - (1/2 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y) / (0,85 \times f_c')] = 3,85$
11. Momen nominal rencana (M_n) = $M_u / \phi = 104,71$ kNm
12. Faktor tahanan momen (R_n) = $M_n \times 10^6 / (B \times d^2) = 2,45$
- ($R_n \leq R_{max}$ oke)
13. Rasio tulangan yang di perlukan:
- $\rho = 0,85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0,85 \times f_c')}]$
 $= 0,85 \times 14,53 / 390,00 \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times 2,25 / (0,85 \times 14,53)}]$
 $= 0,0071$
14. Rasio tulangan minimum (ρ_{min}) = $1,4/f_y = 0,0036$
- Diambil rasio tulangan terbesar = 0,0071
15. Luas tulangan yang diperlukan $A_s = \rho \times B \times d = 2.015,01$ mm²
16. Jarak tulangan yang diperlukan
- $s = \pi / 4 * D^2 * B / A_s = 106,59$ mm
17. Digunakan tulangan dengan D 12 mm = D 12 – 100 mm
18. Luas tulangan pakai $A_s = \pi / 4 \times D^2 \times B / s = 2.147,76$ mm²
19. Kontrol luas tulangan $2.147,76$ mm² \geq $2.015,01$ mm² Oke

Tulangan bagi diambil 30% dari tulangan pokok, maka:

$$A_s' = 30\% \times 2.147,76 \text{ mm}^2$$

$$= 644,33 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter 8 mm

$$\text{Jarak tulangan } s = \pi/4 \times D^2 \times B/A_s'$$

$$= 148,15 \text{ mm}$$

$$= 140 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan } A_{sb} = \pi/4 \times D^2 \times B/s$$

$$= 681,83 \text{ mm}^2 > 644,33 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

Digunakan tulangan D 8 – 140 mm

Sehingga diperoleh:

$$\text{Tulangan bagi arah horizontal} = (1800/140) + 1$$

$$= 13,86 \approx 14 \text{ buah}$$

b. Tulangan Arah Y

1. Lebar plat dinding yang ditinjau (H) = 1900 mm
2. Tebal plat beton (ts) = 200 mm
3. Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton (d') = 50 mm
4. Tebal efektif plat (d) = h – d' = 150 mm
5. Kuat tekan rencana beton (fc') = 14,53 MPa
6. Kuat leleh baja tulangan (fy) = 390 MPa
7. Faktor distribusi tegangan beton (β_1) = 0,85

- $\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times f_c' / f_y \times 600 / (600 + f_y) = 0,02$
8. Momen Ultimate rencana saluran (Mu) = 158,57 kN/m
9. Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,80
10. Faktor tahanan momen maksimum
- $R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times [1 - (1/2 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y) / (0,85 \times f_c')] = 3,85$
11. Momen nominal rencana (Mn) = Mu / ϕ = 104,71 kNm
12. Faktor tahanan momen (R_n) = Mn x 10⁶ / (H x d²) = 2,45
- (Rn ≤ Rmax oke)
13. Rasio tulangan yang di perlukan:
- $\rho = 0,85 \times f_c' / f_y \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times R_n / (0,85 \times f_c')}]$
 $= 0,85 \times 14,53 / 390,00 \times [1 - \sqrt{1 - 2 \times 2,25 / (0,85 \times 14,53)}]$
 $= 0,0071$
14. Rasio tulangan minimum (ρ_{min}) = 1,4/fy = 0,0036
- Diambil rasio tulangan terbesar = 0,0071
15. Luas tulangan yang diperlukan $A_s = \rho \times H \times d = 2.015,01 \text{ mm}^2$
16. Jarak tulangan yang diperlukan
- $s = \pi / 4 * D^2 * H / A_s = 106,59 \text{ mm}$
17. Digunakan tulangan dengan D 12 mm = D 12 – 100 mm
18. Luas tulangan pakai $A_s = \pi / 4 \times D^2 \times H / s = 2.147,76 \text{ mm}^2$
19. Kontrol luas tulangan $2.147,76 \text{ mm}^2 \geq 2.015,01 \text{ mm}^2$ Oke

Tulangan bagi diambil 30% dari tulangan pokok, maka:

$$\begin{aligned} A_s' &= 30\% \times 2.147,76 \text{ mm}^2 \\ &= 644,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter 8 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan } s &= \pi/4 \times D^2 \times H/A_s' \\ &= 148,15 \text{ mm} \\ &= 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan } A_{sb} &= \pi/4 \times D^2 \times H/s \\ &= 681,83 \text{ mm}^2 > 644,33 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke}) \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 8 – 140 mm

Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Tulangan bagi arah vertikal} &= (1800/140) + 1 \\ &= 13,86 \approx 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan struktur gorong-gorong di Jl. Ebony dan Jl. Karet dapat dilihat pada lampiran 26.

4.11 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Saluran Drainase

Pada perencanaan biaya ini dihitung pada anggaran yang dikeluarkan sesuai dengan perencanaan. Berikut merupakan contoh perhitungan pada drainase Jl. Seth Adji untuk mendapatkan volume masing – masing pekerjaan:

I. Pekerjaan Galian dan Timbunan

1. Volume Galian Saluran

$$\begin{aligned} V \text{ Galian} &= (2,90 + (2 \times 0,2)) \times 1,25 \times 662,00 \\ &= 2.730,75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Volume Timbunan Tanah Kembali

$$\begin{aligned} V \text{ Tanah Kembali} &= 1,25 \times (2 \times 0,2) \times 662,00 \\ &= 331,00 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

II. Pekerjaan Pembesian

1. Pembesian Tulangan Pokok D12 – 150 m

$$\begin{aligned} \text{a. Jumlah Tulangan} &= (662,0 / 0,15) + 1 = 4.414 \text{ buah} \\ \text{b. Panjang Tulangan} &= 2,89 + (1,15 \times 2) = 5,19 \text{ m} \\ \text{c. Berat Tulangan} &= 4.414 \times 5,19 \times 0,89 = 20.360,11 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2. Pembesian Tulangan Bagi D8 – 220 m

$$\begin{aligned} \text{a. Jumlah Tulangan} &= 14 + 6 + 6 = 26 \text{ Buah} \\ \text{b. Panjang Tulangan} &= 662,0 \text{ m} \\ \text{c. Berat Tulangan} &= 26 \times 662,0 \times 0,40 = 6.798,74 \text{ Kg} \end{aligned}$$

III. Pekerjaan Beton

1. Beton Tumbuk $f_c' = 3,7 \text{ Mpa}$ (K-60)

$$\text{Volume Beton} = 0,03 \times 662,0 \times 2,90 = 57,59 \text{ m}^3$$

2. Beton $f_c' = 14,5 \text{ Mpa}$ (K-175)

$$\begin{aligned} \text{Volume Beton} &= ((2,90 \times 0,25 \times 662,00) \times 1) + (0,25 \times 662,00 \times 1,00 \times 2) \\ &= 810,95 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

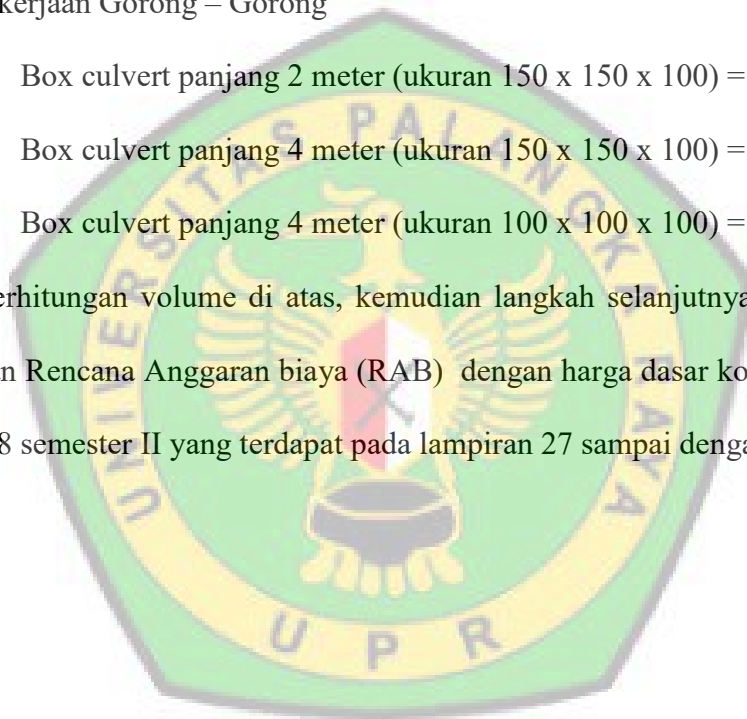
3. Bekisting

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan Bekisting} &= (2,40 \times 662,00) + ((1,00 \times 662,00) \times 2) \\
 &\quad + ((1,25 \times 662,00) \times 2) \\
 &= 4.567,80/3 \\
 &= 1.522,60 \text{ m}^2 \text{ (Bekisting 3x pakai)}
 \end{aligned}$$

4. Pekerjaan Gorong – Gorong

- a. Box culvert panjang 2 meter (ukuran 150 x 150 x 100) = 2 buah
- b. Box culvert panjang 4 meter (ukuran 150 x 150 x 100) = 52 buah
- c. Box culvert panjang 4 meter (ukuran 100 x 100 x 100) = 8 buah

Setelah perhitungan volume di atas, kemudian langkah selanjutnya adalah ke tahap pengolahan Rencana Anggaran biaya (RAB) dengan harga dasar kota Palangka Raya tahun 2018 semester II yang terdapat pada lampiran 27 sampai dengan lampiran 31.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada “Kajian Saluran Drainase Di Daerah Jalan Seth Adji Kota Palangka Raya” dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil perhitungan di daerah Jalan Seth Adji kota Palangka Raya, lokasi rawan banjir yaitu Jl. Seth Adji, Jl. Karet dan Jl. Ebony dengan total panjang penanganan 2.173,3 meter.
2. Hasil perhitungan debit banjir rancangan maksimum menggunakan periode 10 tahun untuk perencanaan saluran drainase di Jl. Seth Adji, Jl. Karet dan Jl. Ebony Kota Palangka Raya. (Lampiran)
3. Hasil perhitungan kapasitas drainase eksisting Jl. Seth Adji, Jl. Karet dan Jl. Ebony kota Palangka Raya tidak mampu mengalirkan beban drainase karena kapasitas saluran eksisting lebih kecil dari pada beban drainase. (Lampiran)
4. Tipe saluran yang dihitung adalah saluran sekunder dengan dimensi saluran berpenampang persegi untuk Jl. Seth Adji lebar saluran (B) adalah 2,9 m dan kedalaman saluran (H) adalah 1,25 m. (Lampiran)
5. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan dalam perencanaan saluran drainase pada Jl. Seth Adji, Jl. Karet dan Jl. Ebony kota Palangka Raya adalah sebesar Rp. 4.152.800.000,00- (Lampiran 21)

5.2 Saran

1. Perlunya pengetahuan dalam pengolahan suatu lahan dalam perencanaan drainase agar tidak berdampak pada penduduk sekitar yang sudah berada di permukiman tersebut.
2. Berdasarkan keadaan drainase di Jl. Seth Adji, Jl. Karet dan Jl. Ebony kota Palangka Raya perlu adanya pemeliharaan secara rutin oleh Pemerintah Kota sebagai penunjang agar saluran drainase dapat berfungsi dengan baik dalam waktu rentang yang lama.



DAFTAR PUSTAKA

- Edisono, S. dkk. 1997. *Drainase Perkotaan*. Jakarta: Gunadarma.
- Fauziah, N. A. 2017. Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase Di Jalan R. A. Kartini Kota Palangka Raya. *Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil UPR*. Palangka Raya.
- Harto, S. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Hasmar, H. A. H. 2011. *Drainase Terapan*. Yogyakarta: UII Press Yogyakarta.
- Ibrahim, H. B. 1993. *Rencana Dan Estimate Real Of Cost*. Cetakan ke-2. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kamiana, I M. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kodoatie, R. J. & Roestam, S. 2005. *Pengelolaan Sumber Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Noverdi, D. 2016. Perencanaan Teknis Saluran Drainase Tertutup di Sisi Kiri-Kanan Jalan Taurus Permukiman Amaco Kota Palangka Raya. *Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil UPR*. Palangka Raya.
- Soemarto, C. D. 2006. *Hidrologi Teknik*. Malang: PPMITT.
- Soewarno. 1995. *Aplikasi Model Statistik Untuk Analisis Data Hidrologi*. Bandung: Nova.

Sosrodarsono, S. & Takeda, K. 1993. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT.

Pradnya Paramita.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.

