

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Saluran Drainase Kawasan Daerah Khatib Sulaiman Sebelah Kanan Dari Pusat Kota, Padang” ini ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Srata Satu Universitas Bung Hatta, Padang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan do’a dari berbagai pihak, Laporan Tugas Akhir ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Nasfryzal Carlo, M.Sc, selaku Dekan Fakultas.
2. Ibu Indra Khaidir, ST, M.Sc, selaku Ketua Progam Studi Teknik Sipil.
3. Bapak Ir. Mawardi Samah, Dipl, HE, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Yulcherlina, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
5. Keluarga besar, terutama kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan do’a kepada penulis.
6. Sahabat dan teman-teman yang membantu dan memberikan semangat kepada penulis.
7. Terimakasih banyak kepada rekan – rekan Teknik Sipil Angkatan 2018, serta semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Padang, 18 September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	I
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL.....	XIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Umum.....	6
2.2 Fungsi Drainase	7
2.3 Sistem Drainase	8
2.3.1 Standar dan Sistem Penyediaan Drainase	8
2.3.2 Jenis-jenis drainase	9
2.4 Pola Jaringan Drainase	9
2.5 Analisa Hidrologi	12
2.5.1 Daerah Aliran Sungai	13
2.5.2 Analisa Curah hujan.....	13
2.5.3 Analisa Curah Hujan Rencana	15
2.5.4 Uji Keselarasan Data.....	23
2.5.5 Analisa Intensitas Curah Hujan.....	26
2.6 Debit Banjir Rencana	27

2.6.1 Debit Air Hujan Pemukiman	27
2.6.2 Debit air hujan Permukaan Jalan	28
2.6.3 Debit Air Buangan	28
2.7 Waktu Konsentrasi	30
2.7.1 Waktu kosentrasi permukaan jalan	30
2.7.2 Waktu kosentrasi pemukiman (t_c).....	32
2.8 Koefisien aliran (C)	33
2.8.1 Koefisien aliran permukaan jalan.....	33
2.8.2 Koefisien aliran pemukiman.....	34
2.9 Analisa Hidrolika	36
2.10 Kapasitas saluran	36
2.10.1 Penampang Saluran.....	37
2.10.2 Koefisien kekasaran <i>manning</i>	39
2.10.3 Kemiringan Saluran	42
2.10.4 Kecepatan Aliran yang Diizinkan.....	43
2.11 Dimensi Penampang saluran	44
Tinggi Jagaan.....	44
2.12 Perhitungan Air Balik (<i>Back Water</i>)	45
BAB III	46
3.1 Lokasi Penelitian	46
3.2 Pengumpulan Data.....	48
3.3 Metode Pengolahan Data.....	49
3.4 Bagan Alir Penulisan Tugas Akhir.....	51
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Penentuan Stasiun Curah Hujan	52
4.2 Analisa Curah Hujan	53

4.3	Analisa Frekuensi Curah Hujan	53
4.3.1	Distribusi normal	54
4.3.2	Distribusi Log Pearson Type III	56
4.3.3	Distribusi Gumbel.....	57
4.3.4	Distribusi Log Normal.....	59
4.4	Uji kesesuaian Data	60
4.4.1	Uji Chi – Kuadrat.....	60
4.4.2	Metode Smirnov Kolmogorof.....	66
4.5	Perhitungan Waktu Kosentrasi (tc)	72
4.5.1	Waktu Kosentrasi Sub DAS Kuranji	72
4.5.2	Waktu Kosentrasi Permukaan Jalan	73
4.5.3	Waktu Kosentrasi Kawasan.....	78
4.6	Analisa Intesitas Curah Hujan.....	80
4.6.1	Intensitas Curah Hujan Sub DAS Kuranji	81
4.6.2	Intensitas Curah Hujan Permukaan Jalan	81
4.6.3	Intensitas Curah Hujan Pemukiman	82
4.7	Analisa Hidraulika.....	83
4.8	Analisis Debit Rencana	84
4.8.1	Debit Limpasan.....	87
4.8.2	Debit Air Kotor.....	91
4.8.3	Debit <i>Inflow</i>	98
4.8.4	Analisa Debit Banjir Rencana.....	99
4.9	Perhitungan Dimensi Saluran.....	101
4.10	Perhitungan Air Balik (<i>Back Water</i>)	107
4.11	Validasi Penampang Saluran.....	111
BAB V PENUTUP.....		112

5.1 Kesimpulan.....	112
5.2 Saran.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Genangan Air Diruas Jalan Raya Khatib Sulaiman, 2022	3
Gambar 2. 1 Jaringan drainase siku	10
Gambar 2. 2 Drainase Grid iron.....	10
Gambar 2. 3 drainase alamiah.....	10
Gambar 2. 4 drainase paralel.....	11
Gambar 2. 5 drainase radial	11
Gambar 2. 6 drainase jaring-jaring	12
Gambar 2. 7 Siklus Hidrologi	12
Gambar 2. 8 Metode Poligon Thiessen.....	15
Gambar 2. 9 Kebutuhan air bersih	30
Gambar 2. 10 Contong kemiringan memanjang 0%.....	31
Gambar 2. 11 Contoh kemiringan tidak mendatar	32
Gambar 2. 12 Keofisien limpasan jalan	34
Gambar 2. 13 Dimensi Saluran Segi Empat.....	38
Gambar 2. 14 Dimensi Saluran Trapesium.....	39
Gambar 3. 1 Potongan Peta Lokasi Khatib Sulaiman.....	46
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Khatib Sulaiman	47
Gambar 3. 3 Bagan Alir Perencanaan Drainase.....	51
Gambar 4. 1 Stasiun Curah Hujan	52
Gambar 4. 2 Pola Arah Aliran Primer, Sekunder dan Tersier	73
Gambar 4. 3 Elevasi Saluran.....	85
Gambar 4. 4 Skema Limpasan Air Dari Pemukiman.....	86
Gambar 4. 5 Kawasan yang Diteliti	88
Gambar 4. 6 Kawasan yang Diteliti	89
Gambar 4. 7 Penampang Saluran Drainase Ruas Jalan 11-12	105
Gambar 4. 8 Back Water Saluran.....	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai variable reduksi Gauss	17
Tabel 2. 2 Reduced Mean, Y_n	18
Tabel 2. 3 Reduced Standard Deviation, S_n	19
Tabel 2. 4 Reduced Variate, YTr sebagai fungsi periode ulang	19
Tabel 2. 5 Nilai K untuk distribusi Log-Person III	21
Tabel 2. 6 Nilai Kritis Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat (x^2_{cr}).....	24
Tabel 2. 7 Nilai kritis D untuk uji Smirnov-Kolmogrov.....	25
Tabel 2. 8 Wilayah luas dibawah Kurva Normal Uji <i>Smirnov-Kolmogrov</i>	26
Tabel 2. 9 Koefisien limpasan permukaan untuk	34
Tabel 2. 10 Koefisien Kekasaran Manning.....	41
Tabel 2. 11 Kemiringan dinding saluran.....	43
Tabel 2. 12 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material ...	44
Tabel 2. 13 Tinggi Jagaan	45
Tabel 4. 1 Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata	53
Tabel 4. 2 Hujan Rata-Rata Distribusi Normal.....	54
Tabel 4. 3 Perhitungan Curah Hujan Distribusi Normal.....	55
Tabel 4. 4 Analisa Curah Hujan Distribusi Log Person III.....	56
Tabel 4. 5 Perhitungan Curah Hujan Distribusi Log-Person III	57
Tabel 4. 6 Analisa Curah Hujan Distribusi Gumbel	57
Tabel 4. 7 Perhitungan Curah Hujan Distribusi Gumbel	58
Tabel 4. 8 Analisa curah hujan distribusi Log Normal	59
Tabel 4. 9 Perhitungan curah hujan Distribusi Log Normal	60
Tabel 4. 10 Perhitungan Curah hujan rencana 4 metode	60
Tabel 4. 11 Nilai Rata – Rata dan Standar Deviasi.....	61
Tabel 4. 12 Perhitungan Distribusi Probabilitas Normal	63
Tabel 4. 13 Distribusi Probabilitas Gumbel.....	63
Tabel 4. 14 Distribusi Probabilitas Log Person Type III	64
Tabel 4. 15 Distribusi probabilitas Log Normal	65
Tabel 4. 16 Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Normal.....	65
Tabel 4. 17 Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Gumbel	65
Tabel 4. 18 Perhitungan Nilai X^2 untuk distribusi Log Person III.....	65

Tabel 4. 19 Perhitungan Nilai X^2 untuk distribusi Log normal	66
Tabel 4. 20 rekapitulasi nilai X^2 dan X^2_{cr}	66
Tabel 4. 21 Perhitungan Uji Distribusi Normal dengan Metode Smirnov Kolmogorof.....	67
Tabel 4. 22 Perhitungan Uji Distribusi Gumbel Dengan Metode Smirnov Kolmogorof.....	68
Tabel 4. 23 Perhitungan Uji Distribusi Log Person Type III dengan Metode Smirnov Kolmogorof	69
Tabel 4. 24 Perhitungan Uji Distribusi Log Normal dengan Metode Smirnov Kolmogorof.....	70
Tabel 4. 25 Rekapitulasi nilai ΔP hitung dan ΔP kritis.....	71
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Nilai Chikuadrat dan Smirnov Kolmogorof	71
Tabel 4. 27 Catchment area yang digunakan	71
Tabel 4. 28 Hujan Rencana Terpilih dengan Distribusi Probabilitas Normal.....	72
Tabel 4. 29 Data Jalan Raya Khatib Sulaiman.....	74
Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan t_0 Jalan	75
Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan t_0 bahu.....	75
Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan t_0 Permukaan Jalan	76
Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan t_d Permukaan Jalan	77
Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan t_c Permukaan Jalan.....	77
Tabel 4. 35 Hasil Perhitungan t_0 Kawasan.....	78
Tabel 4. 36 Hasil Perhitungan t_d Kawasan.....	79
Tabel 4. 37 Hasil Perhitungan t_c Kawasan.....	80
Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Sub DAS Kuranji	81
Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Permukaan Jalan.....	82
Tabel 4. 40 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Kawasan	83
Tabel 4. 41 Tabel Koefisien Limpasan Permukaan Jalan	88
Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Debit Permukaan Jalan.....	89
Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Debit Permukiman	90
Tabel 4. 44 Data Hasil Survey Lapangan.....	91
Tabel 4. 45 Hasil Perhitungan Debit Air Kotor	97
Tabel 4. 46 Debit Dari Setiap Ruas Saluran	99

Tabel 4. 47 Debit Yang Masuk Dari Setiap Ruas Saluran.....	100
Tabel 4. 48 Debit Banjir Rencana	100
Tabel 4. 49 Hasil Perhitungan Penampnag Menggunakan (Trial and error)	103
Tabel 4. 50 Hasil Perhitungan Penampang Menggunakan (Trial and error)	106
Table 4. 51 Perhitungan Back Water	108
Tabel 4. 52 Perbandingan Dimensi Saluran Drainase.....	111

DAFTAR NOTASI

X_i	=	Data Curah Hujan Harian Maksimum
X_r	=	Curah Hujan Rata – rata
S	=	Standar Deviasi
C_v	=	Koefisien Variant
C_s	=	Koefisien Skew
C_k	=	Koefisien Kurtosis
L	=	Panjang Saluran (m)
S	=	Kemiringan Saluran
R	=	Curah Hujan Rencana (mm)
K_T	=	Koefisien Distribusi berdasarkan nilai Distribusi LogPearson III
I	=	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)
t_c	=	Waktu Konsentrasi
t_o	=	Waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari permukaan tanah ke saluran terdekat (menit)
t_d	=	Waktu yang diperlukan air untuk mengalir didalam saluran ke tempat yang direncanakan (menit)
Q	=	Debit Rencana dengan Periode Ulang T tahun (m^3)
C	=	Koefisien Pengaliran
A	=	Luas Daerah Aliran (m^2)
Q_{ah}	=	Debit Air Hujan (m^3)
Q_{ak}	=	Debit Air Kotor (m^3)
P_n	=	Jumlah Penduduk (km^2)

CA	=	Luas Daerah Aliran (km ²)
P ₀	=	Jumlah Penduduk pada Tahun Awal
P _t	=	Jumlah Penduduk Tahun ke –n
r	=	Laju Pertumbuhan Penduduk
n	=	Jangka Waktu (tahun)
e	=	2.71828 (bilangan pokok dari sistim logaritma)
V	=	Kecepatan rata – rata dalam saluran (m/detik)
R	=	Jari – jari Hidrolis (m)
Q _{kap}	=	Kapasitras Saluran (m ³ /dt)
n	=	Koefisien Kakasaran Manning
A	=	Luas Penampang Basah (m ²)
S	=	Kemiringan dasar Saluran
F	=	Tinggi Ambang Bebas (m)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk yang cepat telah menyebabkan tekanan terhadap lingkungan dan perubahan tata guna lahan. Tidak sedikit lahan-lahan yang semula berupa lahan terbuka atau lahan basah berubah menjadi lahan terbangun. Perubahan fungsi lahan dari kawasan terbuka menjadi terbangun ini seringkali tidak terkendali dan tidak sesuai dengan tata ruang dan konsep pembangunan yang berkelanjutan.

Pengalih fungsian suatu tata guna lahan yang sebelumnya berguna sebagai daerah resapan air hujan menjadi suatu wilayah terbangun pada perkotaan mengakibatkan aliran air alami terganggu dan tidak adanya cadangan air tanah. Hal ini menyebabkan fungsi resapan menurun dan aliran permukaan (limpasan) menjadi tinggi, sehingga berdampak pada rendahnya kemampuan drainase perkotaan dan kapasitas sarana prasarana pengendali banjir untuk mengeringkan kawasan terbangun dan mengalir ke pembuangan akhirnya.

Drainase merupakan salah satu prasarana atau sarana dasar kota yang dinilai cukup penting. Kota yang baik sangat perlu memperhatikan kondisi saluran drainasenya, sebab jika suatu pemukiman tergenang, maka akan sangat berdampak bagi kehidupan kota tersebut, bangunan-bangunan menjadi rusak, lingkungan menjadi tidak sehat dan permukiman menjadi kumuh.

Kelebihan air hujan pada suatu daerah atau kawasan dapat menimbulkan suatu masalah yaitu banjir atau genangan, sehingga diperlukan suatu saluran drainase yang berfungsi menampung air hujan dan kemudian mengalirkannya ke kolam penampungan atau ke sungai. Untuk mengantisipasi terjadinya banjir atau genangan, diperlukan suatu perencanaan pembuatan saluran drainase yang menghitung kapasitas saluran sesuai dengan debit rencana sehingga dapat ditentukan dimensi saluran rencana. Dalam perencanaan drainase jalan di daerah perkotaan perlu dicari kemana air hujan harus dibuang, apakah dialirkan melalui selokan samping dan gorong-gorong atau dapat disimpan ke dalam tanah di lokasi wilayah yang bersangkutan sehingga berdaya guna secara berkelanjutan.

Air juga merupakan sumber daya alam yang mempunyai karakteristik unik dibandingkan dengan sumber daya alam lainnya. Air bersifat sumber daya terbarukan dan dinamis. Artinya sumber utama air yang berupa hujan akan selalu datang sesuai dengan waktu atau musimnya sepanjang tahun. (Kodoatie, 2012:35).

Akar permasalahan banjir dikarenakan tidak memadainya drainase untuk menampung debit buangan air yang bersumber dari bertambahnya jumlah penduduk dan bangunan, perubahan iklim serta perubahan tata guna lahan. Permasalahan muncul ketika air tidak mengalir dengan semestinya, tidak meresap ke dalam tanah dan tidak mengalir dengan baik ke sungai yang mengakibatkan genangan atau dalam kapasitas besar terjadi banjir.

Permasalahan lain muncul dari air buangan rumah tangga, yang kadang kala justru bertambah dengan sampah yang dibuang ke saluran. Wilayah perkotaan yang padat tidak bisa mengolah air buangan secara individu, sehingga air buangan dialirkan ke saluran drainase perkotaan. Selain itu, banyak sistem drainase dibangun terlalu kecil untuk debit yang terus meningkat sehingga timbul permasalahan.

Salah satu kawasan yang rawan terhadap banjir atau genangan air adalah kawasan Khatib Sulaiman Padang. Apabila hujan turun dengan durasi lama, maka kawasan ini akan mengalami banjir, tidak hanya kawasan perumahan warga yang terjadi banjir melainkan akses jalan utama di kawasan ini juga mengalami banjir, hal ini tentu saja berakibat terganggunya kenyamanan masyarakat dalam beraktifitas.

Banjir dan genangan ini disebabkan oleh kondisi saluran drainase yang ada di sekitar jalan belum dapat difungsikan dengan baik disamping itu sebagian sudah terisi oleh sampah dan sedimen. Saluran drainase yang ada belum dapat menampung seluruh debit air bila terjadi hujan dengan curah hujan yang tinggi, adanya pendangkalan di saluran, terjadinya perubahan tata guna lahan dari jalur hijau menjadi beton dan “tinggi genangan air yang melimpah ± 30 cm ketika hujan yang turun dengan durasi turun yang cukup lama” kondisi seperti ini selalu terjadi secara berulang setiap musim penghujan tiba. (BMKG, 2022)



Gambar 1. 1 Genangan Air Diruas Jalan Raya Khatib Sulaiman, 2022

Dengan demikian diperlukan adanya suatu analisis untuk mengetahui tingkat efektifitas dari debit saluran dan kapasitas daya tampungan dari saluran drainase tersebut jika terjadi hujan dalam durasi waktu yang lama, judul yang akan Penulis angkat dalam penelitian ini ialah **“ANALISA SALURAN KAWASAN DAERAH KHATIB SULAIMAN SEBELAH KANAN DARI PUSAT KOTA, PADANG”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalahnya sebagai berikut :

- 1) Apa penyebab banjir dan genangan dikawasan Khatib Sulaiman?
- 2) Bagaimana cara mengevaluasi saluran drainase yang ada pada saat ini?
- 3) Berapa debit akibat curah hujan dikawasan Khatib Sulaiman?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui penyebab banjir dan genangan di sekitar ruas saluran dikawasan Khatib Sulaiman.

- 2) Mengevaluasi saluran drainase pada masing-masing ruas saluran drainase dikawasan Khatib Sulaiman.
- 3) Merencanakan dimensi serta kapasitas saluran drainase yang tepat untuk mengatasi besar debit banjir akibat curah hujan yang didapat.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka penulis membatasi permasalahan yang akan diteliti agar lebih terarah, adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Lokasi yang akan diteliti terdapat pada drainase dikawasan Khatib Sulaiman, sebelah kanan dari pusat kota Padang, mulai dari Kantor BWS Sumatera V Padang sampai pertigaan Kantor DPRD Kota Padang.
2. Perencanaan saluran drainase saluran primer, saluran sekunder dan saluran tersier.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui debit rencana pada saluran drainase dikawasan Khatib Sulaiman.
2. Memberikan pengetahuan tentang banjir dan genangan.
3. Memenuhi tugas akhir untuk mencapai gelar sarjana.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas secara ringkas tentang kondisi umum kawasan, letak geografis, iklim, hidrologi dan penduduk setempat.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan secara ringkas mengenai tinjauan umum, jenis-jenis dan fungsi drainase, serta prinsip dasar sistem drainase. Analisa hidrologi, debit banjir rencana, analisa hidrolika, penampang hidrolis terbaik saluran, dimensi saluran dan analisa air balik.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas evaluasi perencanaan drainase Kawasan Khatib Sulaiman Kota Padang.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil perencanaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Drainase ialah saluran air yang berada dibawah tanah atau dipermukaan tanah, dalam bahasa indonesia drainase bisa merujuk pada parit dipermukaan tanah atau gorong-gorong dibawah tanah, baik itu terbentuk secara alami maupun dibuat oleh manusia. Menurut (Suripin, 2004) drainase memiliki arti yaitu mengalirkan. Membuang, menguras dan mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu lahan, sehingga lahan tersebut dapat difungsikan dengan optimal.

Menurut SK kementerian PU Nomor 233 Tahun 1987 yang dimaksud dengan drainase kota ialah jaringan pembuangan air yang berfungsi mengeringkan atau menguras bagian-bagian wilayah kota dari genangan air, baik dari hujan lokal maupun luapan sungai yang berada didalam kota. Klasifikasi permasalahan drainase perkotaan, yang sering terjadi yaitu sebagai berikut :

- 1) Permasalahan drainase karena alam, seperti:
 - a) Kapasitas sungai atau saluran drainase yang tidak sesuai
 - b) Curah hujan
 - c) Erosi dan sedimentasi
- 2) Permasalahan drainase karena manusia, seperti:
 - a) Pembuangan sampah ke saluran drainase
 - b) Kawasan kumuh di sepanjang sungai atau saluran
 - c) Infrastruktur saluran drainase kurang berfungsi dengan baik
 - d) Kawasan yang padat dan kumuh disepanjang saluran drainase

Dari beberapa permasalahan di atas, salah satu permasalahan yang sering terjadi di setiap tahunnya adalah genangan air dan banjir pada musim hujan. Banjir tersebut biasanya terjadi karena fungsi drainase yang belum tertangani secara menyeluruh untuk mengalirkan debit air. Kurangnya kesadaran dan partisipasi masyarakat untuk merawat dan memelihara saluran drainase yang ada disekitaran

mereka, yang menyebabkan penyumbatan saluran drainase oleh sampah, baik sampah rumah tangga maupun sampah industri.

2.2 Fungsi Drainase

Dalam bukunya “Penataan Drainase Perkotaan” (Mulyanto, 2013) Menyatakan bahwa fungsi drainase adalah sebagai berikut:

1) Membuang air lebih

Membuang air berlebih maksudnya adalah mengalirkan air lebih ke tujuan akhirnya yaitu perairan bebas yang dapat berupa sungai, danau maupun laut, ke dalamnya air lebih ini dapat dialirkan. Membuang air berlebih merupakan fungsi utama untuk mencegah menggenangnya air pada lahan perkotaan maupun di dalam saluran yang menjadi bagian dari sistem drainase.

2) Mengangkut limbah dan mencuci polusi dari daerah perkotaan

Debu dan sampah merupakan bahan polutan yang tertumpuk di atas lahan perkotaan yang berpotensi mencemari lingkungan hidup, polutan akan terbawa ke dalam sistem drainase oleh air hujan dan dialirkan pergi sambil dinetralisir secara alami di mana sungai menetralisasi cemaran yang memasuki/terbawa alirannya dalam jumlah terbatas/batas-batas tertentu menjadi zat-zat anorganik yang tidak berbahaya/ tidak mencemari lingkungan.

3) Mengatur arah dan kecepatan aliran

Air buangan berupa air hujan dan limbah harus di atur alirannya melewati sistem drainase dan diarahkan ke tempat tempat penampungan akhir atau perairan bebas di mana sistem drainase bermuara. Sistem drainase akan mengalirkan air agar tidak menimbulkan kekumuhan serta kecepatan alirannya dapat diatur sebaik mungkin agar tidak terjadi penggerusan atau pengendapan pada saluran-saluran drainase.

4) Mengatur elevasi muka air tanah

Daya serap lahan pada kondisi muka air tanah dangkal yang kecil dapat menambah potensi terjadinya banjir, muka air tanah yang dalam akan menyulitkan tetumbuhan penghijauan kota untuk menyerapnya khususnya pada musim kemarau tetapi daya serap terhadap hujan tinggi. Apabila terjadi penurunan muka air tanah akan terjadi pemadatan atau subsidensi yaitu menurunnya muka tanah di atas muka air tanah.

Hal tersebut disebabkan ruang antar butir dalam tanah yang terisi air akan menjadi kosong sehingga tanah memadat.

5) Menjadi sumber daya air alternative

Daur ulang air dari sistem drainase dapat menjadi alternatif pemenuhan akan sumberdaya air karena semakin bertambahnya kebutuhan manusia sehari-hari akan air maka sumberdaya air akan sangat diperlukan.

6) Sistem drainase juga dapat dijadikan sebagai salah satu prasarana mencegah erosi dan gangguan stabilitas lereng pada daerah perbukitan, run off permukaan akibat hujan yang jatuh akan mengalir dengan kecepatan tinggi kalau tidak mengalami hambatan cukup dan menimbulkan erosi permukaan. Untuk mengendalikannya diperlukan pembuatan sistem drainase teknis bagi menata aliran run off permukaan maupun aliran di dalam saluran.

2.3 Sistem Drainase

(Suripin, 2004) sistem drainase merupakan bagian dari infrastruktur pada satu wilayah, drainase masuk pada kelompok infrastruktur air pada pengelempokan infrastruktur wilayah, selain itu ada kelompok sarana transportasi, kelompok jalan dan kelompok pengelolaan limbah, kelompok bangunan kota, serta kelompok energi dan kelompok telekomunikasi.

2.3.1 Standar dan Sistem Penyediaan Drainase

Standar dan sistem penyediaan drainase kota sistem penyediaan jaringan drainase terdiri dari empat macam, yaitu (Hasmar, 2002) :

- 1) Sistem drainase utama merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat kota.
- 2) Sistem drainase lokal merupakan sistem drainase perkotaan yang melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.
- 3) Sistem drainase terpisah merupakan sistem drainase yang mempunyai Jaringan saluran pembuangan terpisah untuk air permukaan atau air limpasan.
- 4) Sistem gabungan merupakan sistem drainase yang mempunyai jaringan Saluran pembuangan yang sama, baik untuk air genangan atau air limpasan yang telah diolah.

Ditinjau dari segi fisik, sistem drainase perkotaan di klasifikasikan beberapa saluran, yaitu :

- 1) **Saluran Primer**, saluran ini ialah saluran utama yang menerima aliran air dari saluran sekunder, saluran ini memanfaatkan sungai dan anak sungai.
- 2) **Saluran Sekunder**, saluran ini ialah saluran yang menghubungkan antara saluran tersier dan primer.
- 3) **Saluran trasier**, saluran trasier digunakan untuk mengalirkan limbah rumah tangga ke saluran sekunder.

2.3.2 Jenis-jenis drainase

Menurut (Achmad Erwin Nurhamidin dan M. Ihsan Jasin, 2015) Berdasarkan sejarah terbentuknya jenis-jenis drainase dapat dibedakan menjadi drainase alamiah (*natural drainage*) dan drainase buatan (*artificial drainage*), sedangkan berdasarkan letak bangunan drainase dibedakan menjadi drainase permukaan tanah (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*) serta jenis drainase berdasarkan fungsi dibedakan menjadi *single perpose* dan *multi purpose*.

2.4 Pola Jaringan Drainase

Menurut (Wesli, 2008), sistem jaringan drainase terdiri atas beberapa saluran yang berhubungan sehingga membentuk suatu pola jaringan. Berikut adalah pola jaringan drainase:

1) Jaringan drainase siku

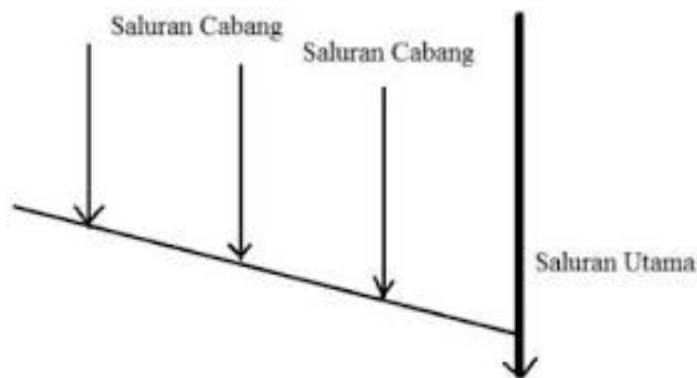
Jaringan yang dibuat pada daerah yang mempunyai topografi, yang sedikit lebih tinggi dari sungai disekitarnya. Sungai tersebut nantinya akan dijadikan sebagai pembuangan utama atau pembuangan akhir.



Gambar 2. 1 Jaringan drainase siku

2) Jaringan Drainase Grid iron

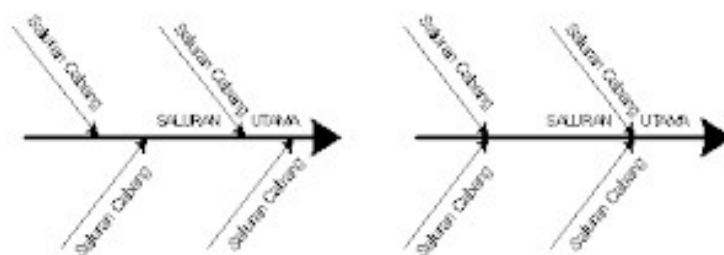
Jaringan drainase ini diperuntukan untuk daerah pinggir kota dengan skema pengumpulan pada drainase cabang sebelum masuk kedalam saluran utama.



Gambar 2. 2 Drainase Grid iron

3) Jaringan drainase alamiah

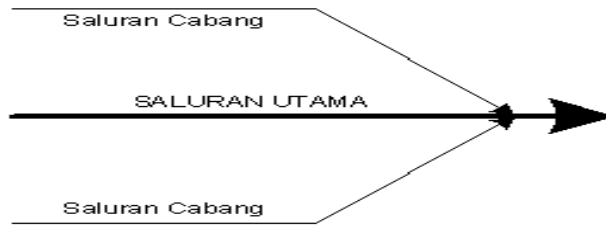
Jaringan drainase ini hampir mirip seperti jaringan siku. Hanya saja pada drainase alamiah ini beban sungainya lebih besar.



Gambar 2. 3 drainase alamiah

4) Jaringan drainase paralel

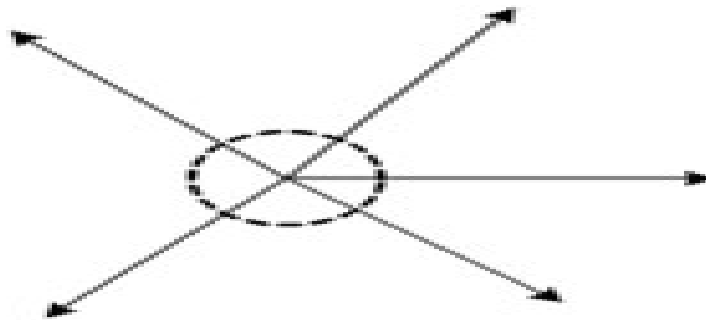
Jaringan ini memiliki saluran utama yang sejajar dengan saluran cabang, biasanya memiliki saluran cabang yang pendek-pendek dan cukup banyak, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran ini akan menyesuaikan.



Gambar 2. 4 drainase paralel

5) Jaringan drainase radial

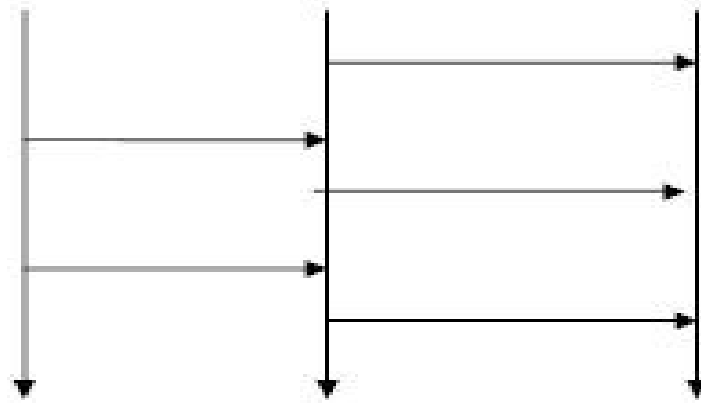
Jaringan ini memiliki pola menyebarkan aliran pada pusat saluran menuju luar, biasanya terletak pada daerah berbukit.



Gambar 2. 5 drainase radial

6) Jaringan drainase jaring-jaring

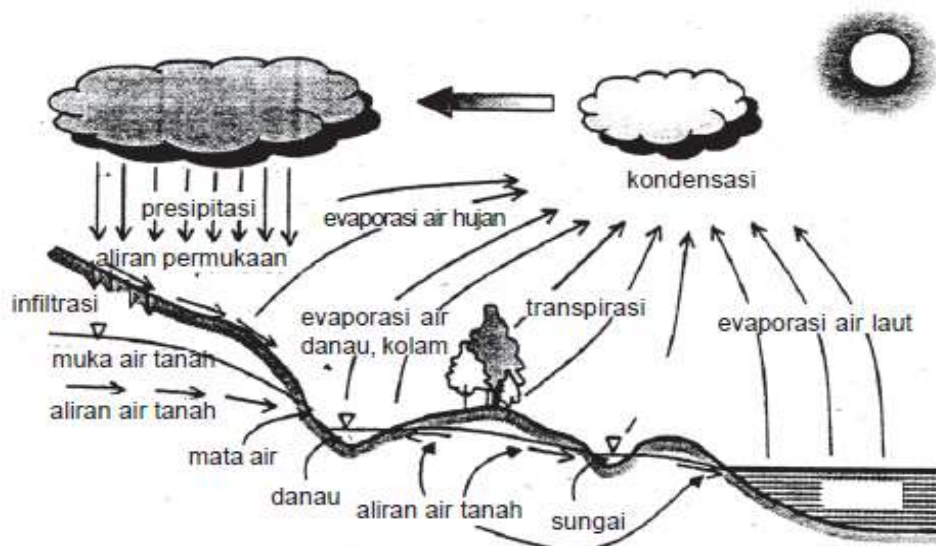
Jaringan drainase ini mempunyai saluran-saluran pebuangan mengikuti arah jalan raya, jaringan ini biasanya sangat cocok untuk daerah yang mempunyai topografi datar.



Gambar 2. 6 drainase jaring-jaring

2.5 Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (Suripin, 2004). Fenomena hidrologi sebagai mana telah dijelaskan di bagian sebelumnya adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi. Fenomena hidrologi seperti besarnya curah hujan, temperature, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air, akan selalu berubah menurut waktu. Untuk suatu tujuan tertentu data-data hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, disajikan, dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu.



Gambar 2. 7 Siklus Hidrologi

Sumber : Suripin, 2004:20

Menurut (Soemarwoto, 1991) Didalam alam, air mengalami siklus yang disebut siklus air. Hujan (P) turun kebumi. Sebagian besar air itu langsung menguap (E), Sebagian mengalir diatas permukaan(Q) sebagai dana, sungai dan laut. Air sungai danau dan laut mengalami penguapan (E). Sebagian lagi meresap kedalam tanah dan menjadi air simpanan (S). Air tu ada yang meresap oleh tumbuhan dan menguap (ET), ada pula yang keluar sebagai mata air dan mengalir sebagai air permukaan. Air permukaan penguapan, Uap yang terbawa angin keatas mengembun menjadi awan. Dan awan menjadi hujan.

2.5.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anaknya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP DAS NO 37 TH 2012).

Stasiun Curah hujan yang di pakai ialah stasiun curah hujan Khatib Sulaiman dan stasiun curah hujan Gunung Nago.

2.5.2 Analisa Curah hujan

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisis hidrologi pada perancangan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase. Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (space), maka untuk kawasan sangat luas tidak bisa diwakili satu titik pos pengukuran. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa pos pengukuran hujan yang ada disekitar kawasan tersebut. Ada 3 macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan rata-rata aljabar, poligon thiessen dan isohyet.

a) Metode Rata-rata Aljabar

Metode ini didasari pada asumsi bahwa semua pemakar hujan mempunyai pengaruh yang setara. Cara ini cocok untuk kawasan dengan topografi rata atau datar dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata rendah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

R1, R2, ..., Rn = Curah hujan tiap titik pengamatan

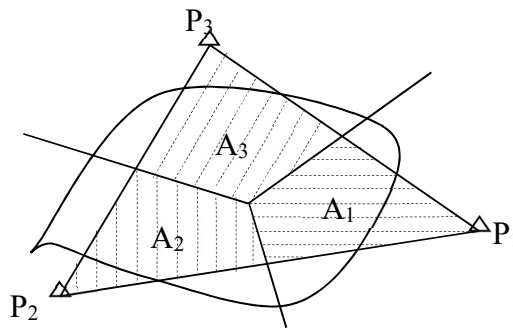
b) Poligon Thiessen

Cara ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu. Luas termasuk faktor koreksi bagi hujan di stasiun yang bersangkutan. Luas tiap daerah tersebut diperoleh dengan cara berikut:

- 1) Semua stasiun yang terdapat dalam dihubungkan dengan garis sehingga terbentuk jaringan segitiga-segitiga.
- 2) Pada masing-masing segitiga ditarik garis sumbunya, dan semua garis sumbu tersebut membentuk poligon.
- 3) Luas daerah yang hujannya dianggap mewakili oleh satu stasiun yang bersangkutan adalah daerah yang dibatasi oleh garis-garis poligon tersebut atau batas DAS. Luas relatif daerah ini dengan luas DAS merupakan faktor koreksinya. Rumus yang digunakan sebagai berikut (Soemarto, 1999)

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana P₁, P₂, ..., P_n adalah curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan 1, 2, ..., n. A₁, A₂, ..., A_n adalah luas areal poligon 1, 2, ..., n. n adalah banyaknya pos penakar hujan.



Gambar 2. 8 Metode Poligon Thiessen

c) Metode Isohyet

Metode Isohyet cocok digunakan didaerah perbukitan dengan kontur tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km², Curah hujan tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{(A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

\bar{R} = Curah hujan daerah

A₁, A₂, ..., A_n = Luas daerah yang mewakili titik pengamatan

R₁, R₂, ..., R_n = Curah hujan tiap titik pengamatan

2.5.3 Analisa Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi pada suatu daerah tertentu pada periode ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan suatu dimensi bangunan air. Perhitungan curah hujan rencana didasarkan pada analisis frekuensi, dengan sasaran utama untuk menentukan kala ulang peristiwa hidrologi yang berharga tertentu, yang mencakup juga peristiwa yang diharapkan menyamai atau lebih besar dari reratanya (Subarkah, 1980 : 16)

Dalam Curah hujan rencana adalah perkiraan besarnya curah hujan yang akan terjadi pada periode tertentu seperti curah hujan 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahunan. Data curah hujan rencana ini nantinya akan dipergunakan untuk mencari debit rencana.

Analisa frekuensi Curah Hujan, untuk menganalisa frekuensi curah hujan dapat menggunakan cara distribusi normal, distribusi Gumbel, distribusi log person

III dan distribusi log normal. Cara ini dilakukan dengan mengurutkan data hujan hasil pengamatan mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil. Kemudian dihitung parameter statistiknya dengan rumus-rumus sebagai berikut:

- a. Rata-rata (X_r) $= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} x_i$
- b. Simpangan Baku (s) $= \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - x_r)^2 \right]^{1/2}$
- c. Standar Deviasi (S) $= \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_r)^2}{n-1}}$
- d. Koefisien Varian (C_v) $= \frac{S}{X_r}$
- e. Koefisien kurtosis (C_k) $= \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - x_r)^3}{S^4}$

Dimana:

n = Jumlah tahun pengamatan

X_i = Data curah hujan harian maksimum

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi, di antaranya yang banyak digunakan dalam hidrologi adalah:

a) Metode Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Rumus yang dipakai pada distribusi normal adalah:

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

Dimana:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.7)$$

- X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,
- \bar{X} = nilai rata-rata hitung variat
- S = deviasi standar nilai variat,
- K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai faktor frekuensi K_T umumnya sudah tersedia dalam bentuk tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam tabel 2.5, yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*).

Tabel 2. 1 Nilai variable reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
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
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	0.200	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: Bonnier (1980) dalam Suripin (2004)

b) Metode Gumbel

Data-data untuk metode ini yang harus tersedia adalah curah hujan tahunan dengan pengamatan minimum 10 tahun. Metode gumbel ini disebut juga dengan metode distribusi ekstrim. Umumnya digunakan untuk analisa data maksimum. Persamaan yang digunakan adalah:

$$X_t = \bar{X} + sK \dots \dots \dots (2.4)$$

\bar{X} = harga rata-rata sampel

S = standar deviasi (*simpangan baku*) sampel

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim gumbel dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$K = \frac{Y_{T_r} - Y_n}{S_n}$$

Y_n = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel/ data n (Tabel 2.2)

S_n = *reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel/ data n (Tabel 2.3)

Y_{T_r} = *reduced variate*, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$Y_{T_r} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\}$$

Tabel 2. 2 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	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518

60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Sumber: Suripin (2004)

Tabel 2. 3 Reduced Standard Deviation, Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
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	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	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. 4 Reduced Variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang

Periode ulang, T_r (tahun)	Reduced variate, Y_{Tr}	Periode ulang, T_r (tahun)	Reduced variate, Y_{Tr}
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
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)

c) Metode Distribusi Log-person III

Metode distribusi Log Person III banyak digunakan dalam analisa hidrologi terutama dalam analisa data maksimum dan minimum dengan nilai ekstrim. Langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person Tipe III adalah:

1) Ubah data ke dalam bentuk logaritmis, $X = \log X$

2) Hitung harga rata-rata:

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots (2.8)$$

3) Hitung harga simpangan baku:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (2.9)$$

4) Hitung koefisien kemencengan:

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots (2.10)$$

5) Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus:

$$\text{Log}X_T = \overline{\log X} + K \cdot s \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana K adalah variabel standar (standardized variable) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G. tabel 2.6 memperlihatkan harga K untuk berbagai nilai kemencengan G. Hitung hujan atau banjir kala ulang T dengan menghitung antilog dari $\log X_T$.

Tabel 2. 5 Nilai K untuk distribusi Log-Person III

Interval kejadian (<i>Reccurence interval</i>), tahun (periode ulang)								
Koef G	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)							
	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	1,248	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,484	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	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	0,666	0,667

Sumber: Suripin (2004)

d) Metode Distribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Persamaan distribusi log normal dapat ditulis (A. Syafirudin, 2018) dengan :

$$X_r = \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

X_r = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahunan

X = Nilai rata-rata variat,

KT = Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang.,

S = Deviasi standar nilai variat,

Nilai dapat dilihat pada tabel nilai variabel reduksi Gauss (distribusi normal).

2.5.4 Uji Keselarasan Data

Uji keselarasan dimaksudkan untuk menentukan persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Menurut buku I Made Kamiana (2011) Uji Distribusi probabilitas dimaksud untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada yaitu *Chi Square* atau yang biasa dikenal dengan Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorof.

2.5.4.1 Chi Kuadrat (*Chi Square*)

Uji sebaran ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi-distribusi yang memenuhi syarat untuk dijadikan dasar dalam menentukan debit air rencana dengan periode ulang tertentu. Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode uji chi kuadrat adalah sebagai berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(of - Ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

- X^2 = Parameter Chi – Kuadrat Terhitung
- Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
- Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
- N = Jumlah sub kelompok

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus :

$$Dk = k - (p+1)$$
$$K = 1 + 3,3 \log n$$

Dimana:

- Dk = Derajat Kebebasan
- p = Banyaknya parameter, untuk Chi Kuadrat adalah 2
- k = jumlah kelas distribusi
- n = Banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

$$X^2 < X^2_{cr} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana:

X^2 = parameter Chi Kuadrat terhitung

X^2_{cr} = parameter Chi Kuadrat kritis

Prosedur perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Menghitung parameter statistik X rata-rata dan Standar Deviasi (data curah hujan diurut dari besar ke kecil).
2. Menghitung Jumlah Kelas
Kelas distribusi (k) = $1 + 3,3 \log n = 1 + 3,3 \log 10$
3. Menghitung derajat kebebasan (DK) dan X^2_{cr}
Derajat kebebasan (Dk) = $k - (P+1)$
4. Menghitung interval kelas

Tabel 2. 6 Nilai Kritis Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat (x^2_{cr})

No	(α) Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00004	0,00016	0,00098	0,00039	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,021	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	18,584
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,533	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,155	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	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	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,607	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	7,663	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	42,402
23	9,620	10,196	11,689	13091,000	36,172	38,076	41,632	44,181
24	9,885	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,620	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	14,578	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	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 : Suripin,2004

2.5.4.2 Smirnov-Kolmogrov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Pengujian dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Urutkan data (X_i) dari besar ke kecil
- 2) Tentukan peluang empiris masing-masing data dengan rumus *weibull*

$$P(x_i) = \frac{i}{n+1} \dots \dots \dots (2.15)$$
- 3) Tentukan peluang teoritis masing-masing data $P'(X_i)$ berdasarkan distribusi probabilitas yang dipilih.
- 4) Hitung selisih (ΔP_i) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data.
- 5) Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis. Jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

Tabel 2. 7 Nilai kritis D untuk uji Smirnov-Kolmogrov

N	Derajat kepercayaan (α)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
40	0,19	0,22	0,24	29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	1,07/N^{0,5}	1,22/N^{0,5}	1,36/N^{0,5}	1,63/N^{0,5}

Sumber: Suripin,2004

Tabel 2. 8 Wilayah luas dibawah Kurva Normal Uji *Smirnov-Kolmogrov*

T	$\alpha = 0,05$	T	$\alpha = 0,05$	t	$\alpha = 0,05$	t	$\alpha = 0,05$
-3,40	0,0003	-1,40	0,0753	0,50	0,7088	2,50	0,9946
-3,30	0,0004	-1,30	0,0885	0,60	0,7422	2,60	0,9960
-3,20	0,0006	-1,20	0,1056	0,70	0,7734	2,70	0,9970
-3,10	0,0008	-1,10	0,1251	0,80	0,8023	2,80	0,9978
-3,00	0,0011	-1,00	0,1469	0,90	0,8289	2,90	0,9984
-2,90	0,0016	-0,90	0,1711	1,00	0,8591	3,00	0,9989
-2,80	0,0022	-0,80	0,1977	1,10	0,8749	3,10	0,9992
-2,70	0,0030	-0,70	0,2266	1,20	0,8944	3,20	0,9994
-2,60	0,0040	-0,60	0,2578	1,30	0,9151	3,30	0,9996
-2,50	0,0054	-0,50	0,2912	1,40	0,9265	3,40	0,9997

Sumber: Suripin, “ Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan

2.5.5 Analisa Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam. Data intensitas hujan dapat diperoleh dari analisis pencatatan hujan otomatis, kemudian distribusi hujan jam-jamannya didistribusikan. Selanjutnya dilakukan penggambaran kurva masa hujan dan dari gambar kurva masa dapat dibuat Gambar Hyetograph. Apabila disekitar daerah penelitian tidak terdapat stasiun hujan otomastis, makan sebaiknya dilakukan pendekatan dengan menggunakan beberapa rumus empiris dalam hidrologi di antaranya metode Talbot (1881) biasanya digunakan untuk hujan dengan durasi 5 menit sampai 2 jam, metode Sherman (1905) biasanya digunakan untuk hujan dengan durasi lebih dari 2 jam, metode Ishiguro (1953), dan yang terakhir adalah metode Mononobe, metode ini sering dipakai dalam perhitungan karena bisa digunakan untuk hujan sembarang berdasarkan percobaan di Jepang. (Hadisusanto, 2010). Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode Mononobe yaitu :

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{0.67} \text{ (mm/jam)} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

R = Hujan harian dengan periode ulang tahun dalam (mm)

t_c = Waktu tempuh aliran (jam)

Intensitas tersebut diperoleh dengan analisis curah hujan, dengan cara statistik maupun empiris. Untuk menentukan intensitas suatu perencanaan drainase faktor yang mempengaruhinya antara lain:

- a) Periode ulang hujan
- b) Karakteristik Intensitas hujan-durasi pada frekuensi yang ditetapkan
- c) Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu Konsentrasi (t_c) ialah waktu yang diperlukan oleh butiran air untuk bergerak dari titik terjauh pada daerah pengaliran sampai ketitik pembuangan.

2.6 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana ialah debit air yang akan mengalir dalam saluran drainase yang direncanakan. Umumnya debit rencana untuk daerah perkotaan diinginkan aliran air mengalir secepatnya kedaerah pembuangan, agar tidak terjadi genangan air. Yang berarti untuk memenuhi tujuan tersebut saluran-saluran drainase harus dibuat sesuai dengan debit yang telah direncanakan. Debit banjir rencana ini didapat oleh perhitungan dan penjumlahan debit air hujan.

Koefisien aliran permukaan (c), didefinisikan antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor ini merupakan variable yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir. Faktor utama yang mempengaruhi (c) adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan.

2.6.1 Debit Air Hujan Pemukiman

Debit aliran dicari dengan menggunakan metode rasional, karena daerah pengaliran yang ditinjau tidak luas dan curah hujandianggap seragam untuk suatu luas daerah pengaliran yang kecil. Metode rasional mempunyai persamaan dasar.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

Q = Debit air (m^3/dt)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah Pengaliran (km^2)

C = Koefisien Aliran pemukiman

f = Faktor Konversi sebesar 0.278

2.6.2 Debit air hujan Permukaan Jalan

Untuk mengetahui debit air hujan dari permukaan jalan dihitung dengan metode rasional dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ (m}^3\text{/dt)(2.18)}$$

Dimana :

Q = Debit air (m³/dt)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah Pengaliran (km)²

C = Koefisien Aliran permukaan jalan

f = Faktor Konversi sebesar 0.278

2.6.3 Debit Air Buangan

Pembuangan air limbah mengacu pada pembuangan air kotor dari rumah, gedung, fasilitas, dll. Untuk memperkirakan jumlah air kotor yang akan dibuang ke saluran pembuangan, perlu diketahui terlebih dahulu kebutuhan air rata-rata dan jumlah penduduk di wilayah yang direncanakan.

Saat menentukan jumlah air limbah di kota yang ada berdasarkan kebutuhan air bersih, jumlah air yang akan dibuang dapat dihitung berdasarkan jumlah penduduk saat ini dan ekspektasi perkembangan kota dan jumlah penduduk di masa mendatang. Pada saat yang sama, di kota-kota yang masih dalam perencanaan, hitung jumlah air yang dibutuhkan di wilayah pemukiman, daerah industri, dan sebagainya, berdasarkan rencana kota dan perkembangan kota nantinya.

Air limbah harus dibuang secara berkala dengan berbagai cara :

- a) Digunakan kembali (reuse)
- b) Dibuang ke air permukaan/badan air (sungai, danau, dan lain-lain)
- c) Dimasukkan/diinjeksikan atau diperkolasikan kedalam air tanah
- d) Dibiarkan menguap keudara / atmosfer

Hampir seluruh metode air limbah wajib diolah lebih dulu untuk membuang bahan pencemar, baik untuk kepentingan teknik, ataupun memenuhi syarat/ ketentuan kawasan.

Untuk menetapkan tingkatan/derajat pengolahan air limbah, butuh dipertimbangkan pengaruh bermacam polutan (bahan pencemar) terhadap area pembuangan, sesuai peraturan yang berlaku.

$$\text{Volume limbah} = \frac{\text{Jumlah Air yang dibuang} \times (\text{Jumlah air yang diberikan})}{\text{Jumlah Air yang diberikan}}$$

1) Air Domestik

Kebutuhan Air Rumah Tangga :

Berdasarkan uji statistik dari berbagai kebutuhan untuk berbagai kebutuhan rumah tangga, maka ditetapkan :

$$q = 250 \text{ lt/orang. Hari}$$

Produksi Air Limbah dari rumah tangga ditetapkan sebesar 60 s/d 70 % dari jumlah air kebutuhan

2) Kebutuhan Air untuk Kawasan Industri

a. Bila diketahui luas lahannya :

$$q = 0,4 \text{ lt/dt. Ha}$$

b. Bila ada data karyawan :

$$q = 30 \text{ lt/dt. Hari}$$

Produksi Air Limbah Kawasan Industri :

a) Industri berbasis Air = 20% dari kebutuhan air

b) Industri berbasis non air = 90% dari kebutuhan air

3) Kebutuhan Air Peternakan

Berdasarkan banyaknya ternak (standar untuk sapi)

$$q = 150 \text{ lt/ekor. Hari}$$

Produksi air limbah kawasan peternakan : 95% dari air yang diberikan

4) Untuk Perikanan (kolam atau tambak)

Rata-rata 10 x NFR lokasi yang bersangkutan atau berdekatan

$$q = 10 \text{ s/d } 15 \text{ lt/dt. Ha}$$

5) Kebutuhan Air Pemeliharaan Sungai

Berdasarkan banyaknya penduduk disekitar wilayah layanan :

$$q = 330 \text{ lt/kapita. Hari}$$

Produksi air buangan dari No, 4. 5. Dan 6 hampir 100%

Setelah didapatkan produksi Air limbah kotor lalu dikalikan dengan angka keamanan sebesar 1.25 (sumber: Bahan ajar drainase jalan raya **Ir. Mawardi Samah, Dipl.HE.,**)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	2000	liter/unit/hari
Masjid	3000	liter/unit/hari
Kantor	10	liter/pegawai/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Hotel	150	liter/bed/hari
Rumah Makan	100	liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	liter/orang/hari
Kawasan Industri	0,2 - 0,8	liter/detik/hektar
Kawasan Pariwisata	0,1 - 0,3	liter/detik/hektar

Gambar 2. 9 Kebutuhan air bersih

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU,

2.7 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh butiran air untuk bergerak dari titik jatuh pada daerah pengaliran ke titik tinjauan. Jadi waktu konsentrasi (t_c) adalah penjumlahan dari waktu yang diperlukan oleh air hujan untuk mengalir pada permukaan tanah atau jalan menuju saluran terdekat (t_0) dan waktu untuk mengalir di dalam saluran ke suatu tempat yang ditinjau (t_f) dan (t_d).

2.7.1 Waktu konsentrasi permukaan jalan

Untuk perhitungan t_c dari jalan digunakan :

$$t_c = t_0 + t_f \text{ jam} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

t_f = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di sepanjang *channel flowing* (jam)

t_0 = Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan hingga mencapai *outlet* (jam)

• Rumus Kerby

$$t_0 = 1.44 \times \left(l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S_0}} \right)^{0.467} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana : l_0 = Jarak dari titik terjauh ke inlet (m)

nd = Koefisien hambatan setara koefisien kekasaran

S_0 = Kemiringan daerah pengaliran

• Rumus t_f

$$t_f = \frac{L}{V} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana : L = Panjang Saluran (m)

V = Kecepatan di dalam saluran (m/dt)

Berdasarkan bahan ajar **Ir. Mawardi Samah, Dipl.HE.**, untuk menentukan perhitungan t_0 untuk Permukaan Jalan dapat menggunakan cara sebagai berikut:

a) Untuk jalan dengan kemiringan mendatar $g = 0$ dan kemiringan melintang $s \neq 0$

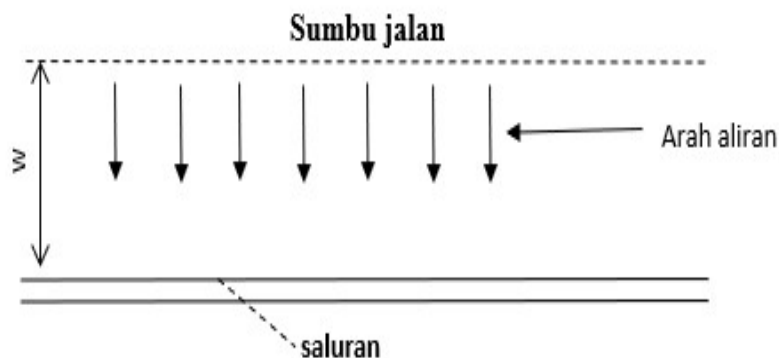
Penentuan t_0 pada jalan mendatar untuk setengah lebar jalan

$$T_0 = 1.44 \times \left(l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S_0}} \right)^{0.467} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana : l_0 = Jarak dari titik terjauh ke inlet (m)

nd = Koefisien hambatan setara koefisien kekasaran

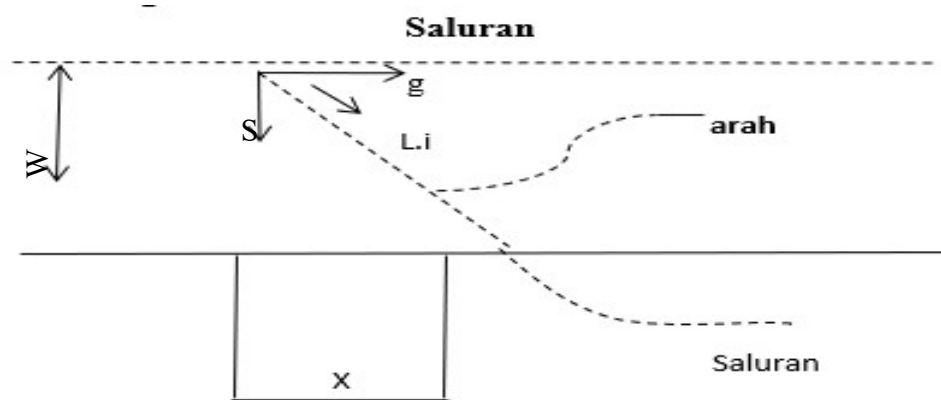
S_0 = Kemiringan daerah pengaliran



Aliran langsung menuju saluran tepi.

Gambar 2. 10 Contong kemiringan memanjang 0%

- b) Untuk jalan dengan kemiringan memanjang tidak mendatar $g \neq 0$ dan kemiringan melintang $s \neq 0$



Gambar 2. 11 Contoh kemiringan tidak mendatar

Dimana :

$L.i$ = jarak aliran arah

W = lebar jalan

X = memanjang

L = Panjang aliran menuju saluran

Sehingga untuk menghitung harga T_o digunakan rumus seperti berikut :

- a) $X = g/s \cdot W$
- b) $L = \sqrt{W^2 + X^2}$
- c) $\Delta h_g = X \cdot g$
- d) $\Delta h_s = W \cdot S$
- e) $\Delta h = \Delta h_g + \Delta h_s$
- f) $i = \Delta h / L$

2.7.2 Waktu kosentrasi pemukiman (t_c)

Untuk perhitungan t_c dari pemukiman digunakan:

$$t_c = t_o + t_d \text{ jam} \dots \dots \dots (2.23)$$

Untuk mencari harga t_o dan t_d dipakai rumus:

Rumus Kerby

$$t_o = 1.44 \times \left(l_o \times \frac{nd}{\sqrt{S_o}} \right)^{0.467} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana : l_0 = Jarak dari titik terjauh ke inlet (m)

n_d = Koefisien hambatan setara koefisien kekasaran

S_o = Kemiringan daerah pengaliran

Rumus Kerby

$$t_d = \frac{L}{V} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana : L = Panjang Saluran (m)

V = Kecepatan di dalam saluran (m/dt)

2.8 Koefisien aliran (C)

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu permukaan. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan.

2.8.1 Koefisien aliran permukaan jalan

Untuk permukaan jalan nilai C yang digunakan adalah nilai C gabungan seperti pada perhitungan berikut :

Nilai C : dipakai C gabungan permukaan yang dilwati aliran :

- a) C gabungan aspal/beton dan berm (bahu jalan)
- b) bila ada lahan yang membuang air hujan ke saluran yang sama, maka C gabungan aspal/beton, berm (bahu jalan) dan lahan

Dengan rumus :

$$C = \frac{(C_1 \times A_1) + (C_2 \times A_2) \dots}{(A_1 + A_2) \dots} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

C_1 = koefisien aspal

C_2 = Koefisien Berm

A_1 = Lebar aspal

A_2 = Lebar Berm

Sehingga untuk menentukan nilai C gabungan dari permukaan jalan dapat menggunakan persamaan seperti diatas.

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0.70-0.95
2.	Jalan kerikil dan Jalan tanah	0.40-0.70
3.	Bahu jalan	
	- Tanah berbutir halus	0.40-0.65
	- Tanah berbutir kasar	0.10-0.20
	- Batuan masif keras	0.70-0.85
	- Batuan masif lunak	0.50-0.75
4.	Daerah perkotaan	0.70-0.95
5.	Daerah pinggir kota	0.60-0.70
6.	Daerah industri	0.60-0.90
7.	Pemukiman padat	0.40-0.60
8.	Pemukiman tidak padat	0.40-0.60
9.	Taman dan kebun	0.20-0.40
10.	Persawahan	0.45-0.60
11.	Perbukitan	0.70-0.80
12.	Pegunungan	0.75-0.90

Gambar 2. 12 Keofisien limpasan jalan

2.8.2 Koefisien aliran permukiman

Untuk menentukan Koefisien aliran C gabungan dari pemukiman digunakan cara yang sama tetapi untuk nilai koefisien antara pemukiman dan jalan tentu sangat berbeda berikut contoh perhitungan untuk nilai C dari pemukiman.

Nilai C : dipakai sesuai koefisien sesuai dengan daerah aliran air yang dilalui air menuju kedalam saluran drainase, untuk C pemukiman dapat dilihat dari penggunaan lahan dilokasi sekitar Disesuaikan dengan kondisi tata guna lahan untuk daerah disekita kawasan drainase tersebut untuk nilai Koefisien C dapat dilihat seperti pada tabel dibawah.

Tabel 2. 9 Koefiseien limpasan permukaan untuk

Dekripsi lahan / Karakter Permukaan	Koefisien Pengaliran (c)
Business :	
a) Perkotaan	0.7-0,95
b) Pinggiran	0.5-0.70

Perumahan :	
a) Rumah tinggal	0,30-0,50
b) Multi unit, tergabung	0,40-0,60
c) Perkampungan	0,60-0,75
d) Apartemen	0,75-0,40
Industri :	
a) Ringan	0,50-0,80
b) Berat	0,60-0,90
Perkerasan :	
a) Aspal dan Beton	0,70-0,95
b) Batu bata, paving	0,50-0,70
Halaman tanah berpasir :	
a) Datar 2%	0,05-0,10
b) Rata-rata 2-7 %	0,10-0,15
c) Curam, 7 %	0,15-0,20
Halaman tanah berat :	
a) Datar 2 %	0,13-0,17
b) Rata-rata, 2-7 %	0,18-0,22
c) Curam, 7 %	0,25-0,35
Halaman kereta api	0,10-0,35
Taman tempat	0,20-0,35
Taman, perkuburan	0,10-0,25
Hutan :	
a) Datar 0-5 %	0,10-0,40
b) Bergelombang 5-10%	0,25-0,50
c) Berbukit, 10-30 %	0,30-0,60

(Sumber: Suripin, Dr, Ir, M.Eng., 2004)

2.9 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika diperlukan sebagai pengetahuan dasar untuk menentukan berbagai macam bangunan air yang bertujuan mencari rumus dan hukum yang dapat menggambarkan peristiwa alam.

Yang perlu diperhatikan dalam perencanaan drainase dilihat dari sisi hidrolika yaitu:

- 1) Kecepatan maksimum aliran agar ditentukan tidak lebih besar dari kecepatan maksimum yang diizinkan sehingga tidak terjadi kerusakan.
- 2) Kecepatan minimum aliran agar ditentukan tidak lebih kecil dari kecepatan minimum yang diizinkan sehingga tidak terjadi pengendapan dan pertumbuhan tanaman air.
- 3) Bentuk penampang saluran agar dipilih berupa segi empat, trapesium, lingkaran, sebagian dari lingkaran, atau kombinasi dari bentuk diatas.
- 4) Saluran hendaknya dibuat dalam bentuk majemuk, terdiri dari saluran kecil dan saluran besar, guna mengurangi beban pemeliharaan.
- 5) Kelancaran pengaliran air dari jalan kedalam saluran agar dilewatkan melalui lubang pemetus yang berdimensi dan berjarak penempatan tertentu.
- 6) Dimensi bangunan pelengkap seperti gorong-gorong, pintu air dan lobang pemeriksaan agar ditentukan berdasarkan kriteria perancangan sesuai dengan macam kota.

2.10 Kapasitas saluran

Kapasitas saluran didapat setelah melakukan pengukuran dimensi saluran lapangan. Penaksiran kapasitas tampung saluran pada sebagian tampang melintang adalah dengan mengandaikan bahwa aliran saluran dalam kondisi seragam. Rumus yang digunakan secara umum untuk perhitungan hidrolika pada penampang saluran yang seragam digunakan persamaan manning, dengan mengalihkan kecepatan aliran dengan luas penampang basah.

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.27)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

- Q = debit saluran (m³/det)
- V = kecepatan Aliran (m/det)
- n = angka kekasaran saluran
- R = jari-jari hidrolis saluran (m)
- S = kemiringan dasar saluran
- A = luas penampang basah saluran (m²)

2.10.1 Penampang Saluran

Saluran untuk drainase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air lain pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tampang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu kecil tingkat kerugian akan besar. Efektifitas penggunaan dari berbagai bentuk tampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut:

1). Penampang Saluran Segi Empat

Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang, Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini, saluran harus dari pasangan atau beton. Bentuk ini juga berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi. Luas penampang basah Saluran persegi adalah :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

$$A \text{ (Luas penampang)} = b \times h$$

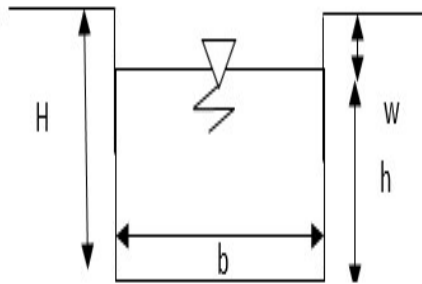
$$P \text{ (Keliling Basah)} = b + 2h = \frac{a}{h} + 2h$$

$$R \text{ (Jari jari hidrolis)} = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{b+2h}$$

Keterangan:

- Q = Debit Saluran (m³/detik)
- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- A = Luas penampang basah saluran (m²)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- P = Keliling basah saluran (m)
- S = Kemiringan saluran

- n = Koefisien kekasaran Manning
- f = Tinggi jagaan (m)
- b = Lebar dasar saluran (m)
- B = Lebar atas saluran (m)
- h = Tinggi basah saluran (m)



Gambar 2. 13 Dimensi Saluran Segi Empat

2). Penampang Saluran Trapesium

Pada umumnya saluran berbentuk trapesium terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Luas penampang basah Saluran Trapesium adalah:

$$Q = V \cdot A \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana :

$$A \text{ (Luas penampang)} = (b + mh) h$$

$$P \text{ (Keliling Basah)} = b + 2h \sqrt{(1 + m^2)}$$

$$R \text{ (Jari jari hidrolis)} = \frac{A}{P} = \frac{b+mh h}{b+2h \sqrt{(1+ m^2)}}$$

Keterangan:

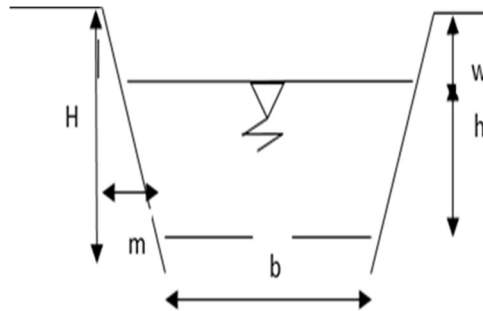
- Q= Debit Saluran (m³/detik)
- V= Kecepatan aliran (m / detik)
- A = Luas penampang basah saluran (m²)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- P = Keliling basah saluran (m)
- S = Kemiringan saluran
- n = Koefisien kekasaran Manning
- m = Kemiringan sisi saluran

f = Tinggi jagaan (m)

b = Lebar dasar saluran (m)

B = Lebar atas saluran (m)

h = Tinggi basah saluran (m)



Gambar 2. 14 Dimensi Saluran Trapesium

2.10.2 Koefisien kekasaran *manning*

Faktor-faktor yang memiliki pengaruh besar terhadap koefisien Manning antara lain:

1) Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan ditandai dengan ukuran dan bentuk butiran bahan yang membentuk luas basah dan menimbulkan efek hambatan terhadap aliran. Secara umum dikatakan bahwa butiran halus mengakibatkan nilai n yang relatif rendah dan butiran kasar memiliki nilai n yang tinggi.

2) Tetumbuhan

Tetumbuhan dapat digolongkan dalam jenis kekasaran permukaan, tetapi hal ini juga memperkecil kapasitas saluran dan menghambat aliran. Efeknya terutama tergantung pada tinggi, kerapatan, distribusi dan jenis tetumbuhan, dan hal ini sangat penting dalam perancangan saluran pembuangan kecil.

3) Ketidak beraturan Saluran

Mencakup pula ketidakberaturan keliling basah dan variasi penampang, ukuran dan bentuk di sepanjang saluran. Pada saluran alam, ketidakberaturan seperti ini biasanya diperlihatkan dengan adanya alur-alur pasir, gelombang pasir, cekungan dan gundukan, lubang-lubang dan tonjolan di dasar saluran. Ketidakberaturan ini jelas menandakan kekasaran sebagai tambahan dari yang ditimbulkan oleh

kekasaran permukaan dan faktor-faktor lainnya. Secara umum, perubahan lambat laun dan teratur dari penampang ukuran dan bentuk tidak terlalu mempengaruhi nilai n , tetapi perubahan tiba-tiba atau peralihan dari penampang kecil ke besar memerlukan penggunaan nilai n yang besar.

4) Trase Saluran

Kelengkungan yang landai dengan garis tengah yang besar akan mengakibatkan nilai n yang relatif rendah, sedangkan kelengkungan yang tajam dengan belokan-belokan yang patah akan memperbesar nilai n , sebab kelengkungan dapat mengakibatkan bertumpuknya endapan sehingga secara tidak langsung akan memperbesar nilai n . Belokan-belokan pada saluran alam dapat memperbesar nilai n sampai sebesar 30%.

5) Pengendapan dan Penggerusan

Secara umum, pengendapan dapat mengubah saluran yang sangat tidak beraturan menjadi cukup beraturan dan memperkecil nilai n , sedangkan penggerusan dapat berakibat sebaliknya dan memperbesar nilai n .

6) Hambatan

Adanya balok sekat, pilar jembatan dan sejenisnya cenderung memperbesar nilai n . Besarnya kenaikan ini tergantung pada sifat alamiah hambatan, ukuran, bentuk, banyaknya dan penyebarannya.

7) Ukuran dan Bentuk Saluran

Belum ada bukti nyata bahwa ukuran dan bentuk saluran merupakan faktor penting yang mempengaruhi nilai n . perbesaran jari-jari hidrolis dapat memperbesar maupun memperkecil n , tergantung pada keadaan saluran.

8) Taraf Air dan Debit

Nilai n pada saluran umumnya berkurang bila taraf air dan debitnya bertambah. Bila air rendah, ketidakberaturan dasar saluran akan menonjol dan efeknya kelihatan. Namun nilai n dapat pula besar pada taraf air tinggi bila dinding saluran kasar dan berumput. Bila debit terlalu besar, air banjir dapat melimpas ke tebing-tebingnya dan sebagian aliran akan mengairi bantaran banjir. Nilai n pada bantaran banjir biasanya lebih besar dari pada di saluran, dan besarnya tergantung pada kondisi

permukaan dan tetumbuhannya. Bila dasar dan tebing saluran sama halusya, teratur dan kemiringan dasar seragam, nilai n hampir sama pada setiap taraf muka air sehingga dapat dipilih suatu nilai-nilai n yang tetap dalam perhitungan aliran.

Tabel 2. 10 Koefisien Kekasaran *Manning*

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
Saluran dilapis dan dipolas			
1. Logam			
a. Baja dengan permukaan licin			
1) Tidak dicat	0,011	0,012	0,014
2) Dicat	0,012	0,013	0,017
b. Baja dengan permukaan bergelombang	0,021	0,025	0,030
2. Bukan Logam			
a. Semen			
1) Acian	0,011	0,012	0,015
2) Adukan			
b. Kayu	0,010	0,012	0,014
1) Diserut, tidak diawetkan	0,011	0,012	0,015
2) Diserut, diawetkan dengan creosoter	0,011	0,013	0,015
3) Tidak diserut	0,012	0,015	0,018
4) Papan	0,010	0,014	0,017
5) Dilapis dengan kertas kadap air	0,011	0,013	0,015
c. Beton	0,013	0,015	0,016
1) Dipoles dengan sendok kayu	0,015	0,017	0,020
2) Dipoles sedikit	0,014	0,017	0,020
3) Dipoles	0,016	0,019	0,023
4) Tidak dipoles	0,018	0,022	0,025
5) Adukan semprot, penampang rata	0,017	0,020	
6) Adukan semprot, penampang bergelombang	0,022	0,027	

7) Padagangan batu yang teratur	0,015	0,017	0,020
8) Pada galian batu yang tak teratur	0,017	0,020	0,024
d. Dasar beton dipoles sedikit dengan tebing dari :	0,016	0,020	0,024
	0,020	0,025	0,030
1) Batu teratur dalam adukan	0,020	0,030	0,035
2) Batu tak teratur dalam adukan			
3) Adukan batu, semen, diplaster	0,017	0,020	0,025
4) Adukan bata dan semen	0,020	0,023	0,026
5) Batu kosong atau rip rap	0,023	0,033	0,036
e. Dasar kerikil doipoles sedikit dari			
1) Beton acuan	0,011	0,013	0,015
2) Batu tak teratur dalam adukan	0,012	0,015	0,018
3) Batu kosong atau rip rap			
f. Bata	0,017	0,025	0,030
1) Diglasir	0,023	0,032	0,035
2) Dalam adukan semen	0,013	0,015	0,017
g. Pasangan batu			
1) Batu pecah disemen	0,013	0,013	
2) Batu kosong	0,016	0,016	
h. Batu polong diatur	0,030		0,500
i. Aspal			
1) Halus			
2) Kasar			
j. Lapisan dari tanaman			

Sumber: Ven Te Chow (1959)

2.10.3 Kemiringan Saluran

Kemiringan memanjang dasar saluran biasanya diatur dengan keadaan tinggi topografi dan tinggi energi yang diperlukan untuk mengalirkan air. Dalam berbagai hal, kemiringan ini dapat pula bergantung pada kegunaan saluran. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kemiringan saluran adalah cara

pembangunan, kehilangan akibat rembesan, perubahan iklim, dan ukuran saluran, kemiringan saluran dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \frac{\Delta h}{L} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana:

S = kemiringan memanjang dasar saluran

h = Beda tinggi elevasi dasar saluran pada titik yang ditinjau

L = Panjang saluran (m)

Tabel 2. 11 Kemiringan dinding saluran

Bahan	Kemiringan dinding saluran
Batu	Hampir tegak lurus
Tanah gambut, rawang	0.25 : 1
Tanah berlapis beton	0.5 : 1 sampai 1 : 1
Tanah berlapis batu	1 : 1
Lempung kaku	1.5 : 1
Tanah berlapis lepas	2 : 1
Lempung berpasir atau lempung berpori	3 : 1

Sumber: Ven Te Chow, 1959 : 34

2.10.4 Kecepatan Aliran yang Diizinkan

Kecepatan aliran dapat ditentukan berdasarkan kemiringan tanah sepanjang daerah saluran yang direncanakan, dimana pergerakannya tidak boleh terlalu minimum ataupun terlalu maksimum. Jika kecepatan aliran terlalu kecil akan menimbulkan sedimentasi pasir maupun tanah pada dasar saluran. Jika kecepatan aliran terlalu besar, maka akan menyebabkan penggerukan terhadap dasar saluran. Besarnya kecepatan aliran yang diizinkan terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 12 Kecepatan Aliran Air yang Diizinkan Berdasarkan Jenis Material

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (m/dt)
Pasir halus	0,45
Lempung kepasiran	0,50
Lanau alluvial	0,60
Kerikil halus	0,75
Lempung kokoh	0,75
Lempung padat	1,10
Kerikil kasar	1,20
Batu-batu besar	1,50
Pasangan batu	1,50
Beton bertulang	1,50

Sumber : Suripin, 2004

2.11 Dimensi Penampang saluran

Saluran untuk drainase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air lain pada umumnya. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tampang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu kecil tingkat kerugian akan besar. Efektifitas penggunaan dari berbagai bentuk tampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut:

Tinggi Jagaan

Yang dimaksud tinggi jagaan adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air pada kondisi rencana. Jarak ini harus cukup untuk mencegah gelombang atau kenaikan muka air yang melimpah ke tepi. Faktor ini sangat penting terutama dalam perencanaan talang air yang dipertinggi, sebab bagian bawah talang dapat terancam oleh limpasan air. Besarnya jagaan yang dipakai dalam perencanaan biasanya berkisar antara kurang dari 5% sampai lebih besar dari 30% dari dalamnya aliran.

Tabel 2. 13 Tinggi Jagaan

Debit	Tinggi jagaan pasangan batu	Tinggi jagaan saluran dari tanah
(m ³ /detik)	(m)	(m)
< 0,5	0,40	0,20
0,5 - 1,5	0,50	0,20
1,5 - 5,0	0,60	0,25
5,0 - 10,0	0,75	0,30
10,0 - 15,0	0,85	0,40
> 15,0	1,00	0,50

Sumber: Suripin, 2004

2.12 Perhitungan Air Balik (*Back Water*)

Untuk menentukan apakah terjadi back water pada saluran drainase ketika masuk ke sungai pembuangan, maka perlu di hitung analisa pengaruh aliran balik /back water terhadap Saluran. Metode perhitungan dikerjakan dengan menggunakan metode langkah standar, bila potongan melintang saluran, kemiringan dan faktor dan kekasaran saluran kearah hulu saluran sudah diketahui sampai cukup jauh. (Sumber : Standar Perencanaan Irigasi, KP 02)

$$z = h \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 \dots\dots\dots(2.32)$$

Untuk $\frac{h}{a} \geq 1$ maka $L = \frac{2h}{I}$

Untuk $\frac{h}{a} < 1$ maka $L = \frac{a+h}{I}$

a= tinggi air disaluran(m)

h= Tinggi air banjir (m)

L= Panjang total dimana kurva pengempangan terlihat (m)

Z= Kedalaman air pada jarak x dari Bendung (m)

I= Kemiringan saluran

BAB III

METODE PENELITIAN

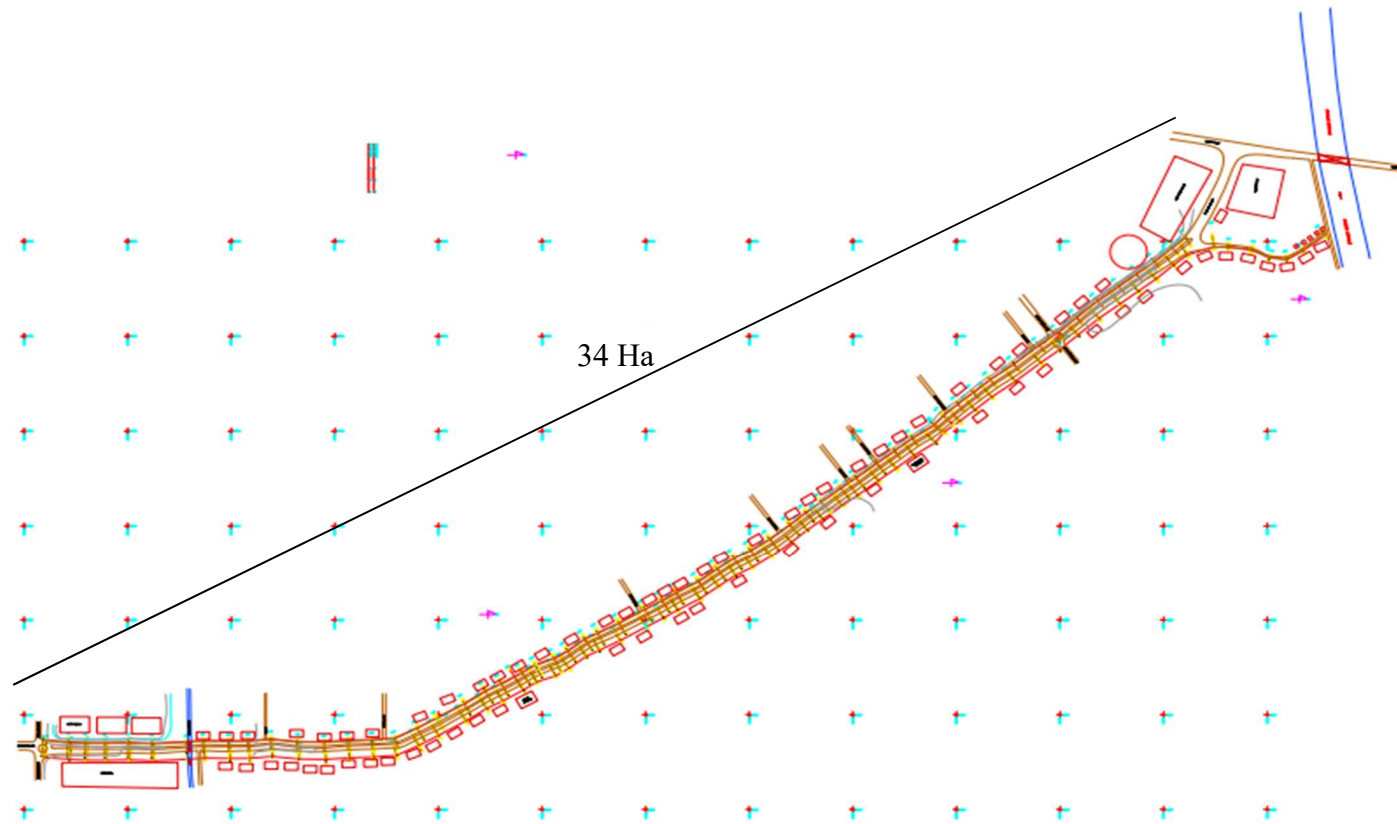
3.1 Lokasi Penelitian

Khatib Sulaiman berada pada kawasan Kelurahan Alai Parak Kopi yang merupakan salah satu kelurahan yang ada dikecamatan Padang Timur Kota Padang. Drainase Khatib Sulaiman Kanan memiliki luas 0,34 Km² dengan arah aliran air Batang Kuranji dan secara administrasi Khatib Sulaiman berbatasan dengan:

- a) Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Nanggalo
- b) Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Padang Barat
- c) Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Padang Utara
- d) Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Kuranji



Gambar 3. 1 Potongan Peta Lokasi Khatib Sulaiman



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Khatib Sulaiman

3.2 Pengumpulan Data

Data-data dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang di pakai yaitu berupa data primer dan skunder. Data primer diperoleh dengan melakukan survei lang kelapangan, sedangkan data skunder berupa informasi yang diperoleh dari dinas serta instansi yang terkait. Data- data yang dimaksud sebagai berikut :

a) Data Primer

1) Kondisi Existing Drainase dan Panjang Saluran

Data dimensi dan panjang saluran diperlukan untuk simulasi pada tahap selanjutnya. Data ini nantinya akan diukur secara manual oleh peneliti langsung di lapangan menggunakan alat pengukur berupa meteran.

2) Arah Aliran Drainase

Data ini bertujuan untuk mengetahui arah aliran air yang masuk hingga keluar di sepanjang lokasi yang ditinjau dilapangan.

b) Data Sekunder

1) Peta Topografi dan Daerah Aliran Sungai

Peta Topografi tersebut berguna untuk melihat kemiringan serta relief dimuka bumi, serta peta DAS digunakan untuk mengetahui tangkapan air didaerah tersebut.

2) Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan yaitu data curahan hujan harian maksimum setiap tahun, sejak tahun 2013 hingga tahun 2022 yang berasal dari Instansi yang terkait di kota Padang. Data tersebut digunakan untuk mencari angka curahan hujan rencana dari beberapa periode ulang tertentu yang nantinya dipakai untuk mencari nilai intensitas hujan.

3) Data jalan raya

Dengan data ini penulis melakukan perhitungan debit air hujan dari jalan dan juga bahu jalan, data ini terdiri dari lebar jalan, lebar bahu jalan serta kemiringan jalan di tiap ruasnya. Digunakan untuk perhitungan debit air hujan yang masuk kedalam saluran drainase di tiap ruasnya.

3.3 Metode Pengolahan Data

Metode adalah suatu cara atau langkah yang ditempuh dalam menyelesaikan suatu masalah dengan mempelajari, mengumpulkan, mencatat, dan menganalisa semua data-data yang diperoleh, metode yang digunakan untuk perhitungan tersebut ialah:

1) Analisa peta

a) Analisa Peta DAS

Analisa Peta DAS ini menggunakan software arcGIS.

b) Analisa Peta Poligon Thiessen

Analisa Metode ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu Luas termasuk faktor koreksi bagi hujan di stasiun yang bersangkutan.

2) Analisa Stasiun curah hujan yang digunakan

digunakan berupa data curah hujan maksimum harian rata-rata. Penentuan curah hujan harian rata-rata dengan cara sebagai berikut :

- a) Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di stasiun pengukur curah hujan.
- b) Cari besarnya curah hujan dengan tanggal-bulan-tahun yang sama untuk stasiun pengukur curah hujan.
- c) Hitung curah hujan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan salah satu metode yang akan digunakan.
- d) Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk stasiun hujan yang lain.
- e) Ulangi langkah 1 dan 2 untuk setiap tahunnya. Dari hasil data hujan yang diperoleh, pilih data tertinggi pada setiap tahun. Data hujan yang terpilih merupakan data curah hujan maksimum harian yang terjadi pada DAS untuk setiap tahunnya

3) Analisa Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana diperlukan sebagai data untuk menganalisa debit banjir rencana. Perhitungan curah hujan rencana periode ulang menggunakan metode sebagai berikut :

- a) Metode Distribusi Gumbel
- b) Metode Distribusi normal
- c) Metode Distribusi log normal
- d) Metode Distribusi log person tipe III

4) Uji Keselarasan Data

Menentukan jenis distribusi probabilitas yang akan digunakan, hasil perhitungan distribusi probabilitas diuji dengan metode sebagai berikut :

- a) Metode Chi-Kuadrat
- b) Metode Simirnov-Kolmogorof

5) Hujan Rata-rata DAS

Setelah melakukan perhitungan analisa curah hujan menggunakan metode-metode yang ada diata dan dilakukan uji keselarasan data, maka didapatkan hasil perhitungan hujan rata-rata DAS.

6) Menentukan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana ialah debit air yang akan mengalir dalam saluran drainase yang direncanakan.

7) Analisa Hidrolika (Analisa Saluran Drainase)

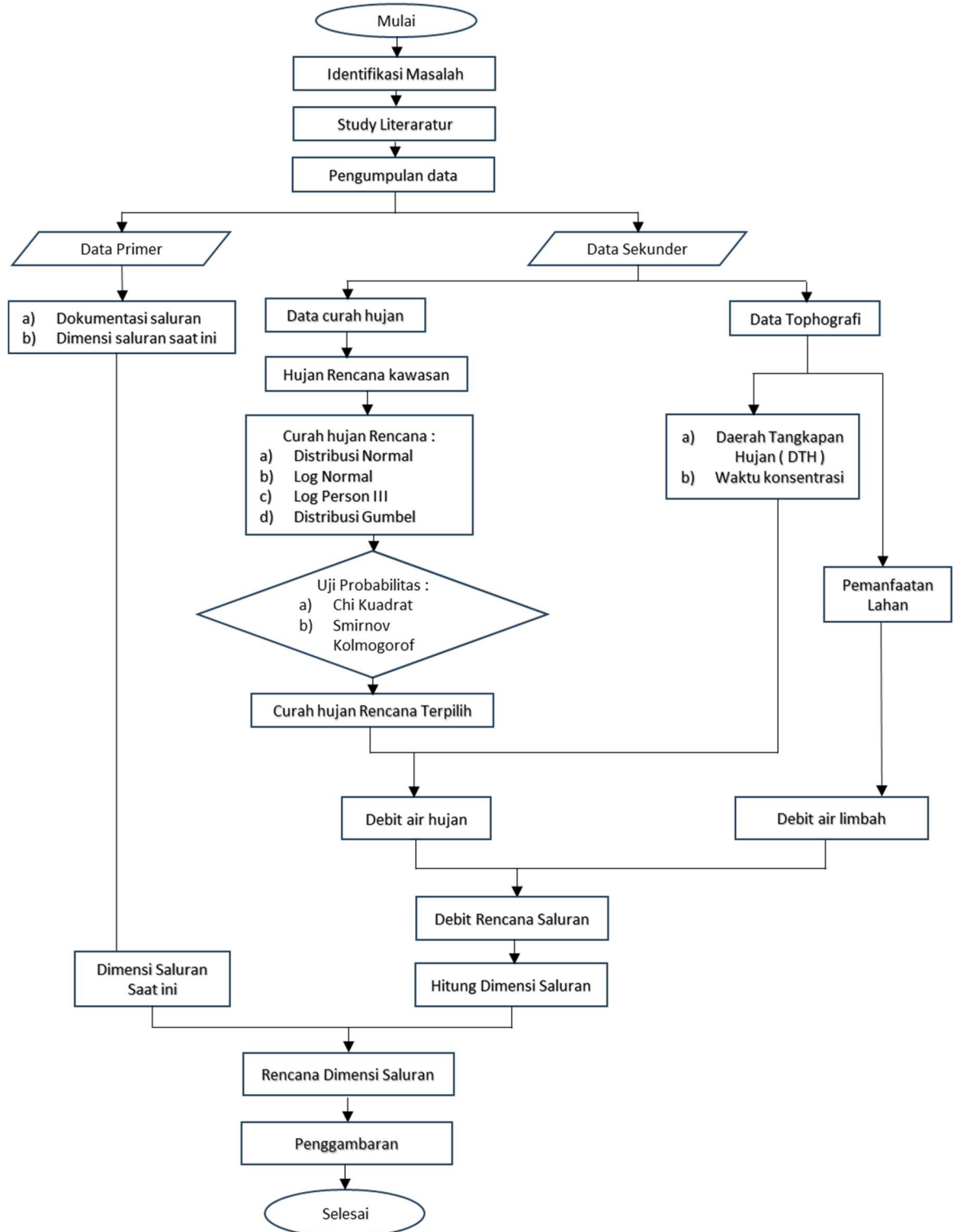
Analisa ini bertujuan untuk memberikan dimensi penampang saluran yang cocok dengan perhitungan yang telah dilakukan.

8) Validasi Penampang Saluran

Tahapan ini digunakan untuk membandingkan data penampang saluran drainase yang ada dilapangan, dan membandingkanya dengan perhitungan yang telah dilakukan.

3.4 Bagan Alir Penulisan Tugas Akhir

Tahapan ini berupa langkah-langkah yang akan dilakukan dalam “Menganalisa saluran drainase Kawasan Khatib Sulaiman Kota Padang”, sebagai berikut:



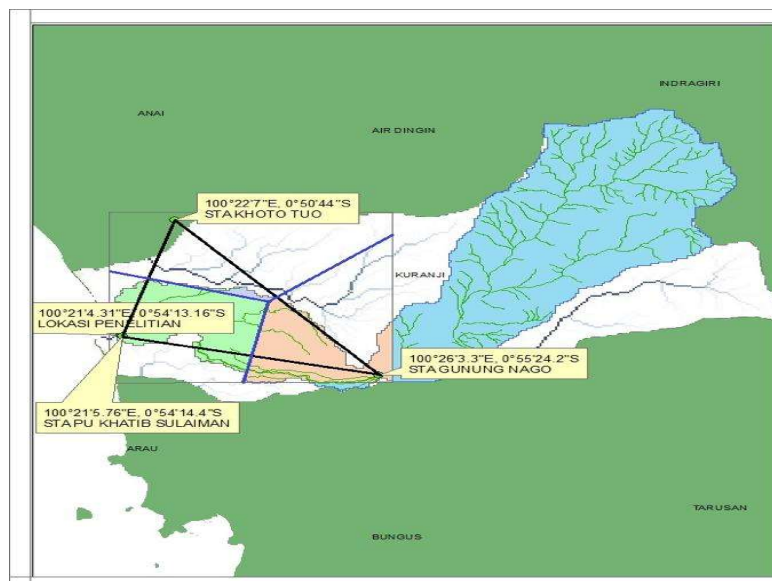
Gambar 3. 3 Bagan Alir Perencanaan Drainase

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Stasiun Curah Hujan

Pada metode Polygon Thiessen ini memberikan proporsi luasan daerah yang berpengaruh pada pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidak seragaman jarak metode Polygon Thiessen ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5.000 km² Cara ini diperoleh dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian tiap stasiun penakar R_n akan terletak pada suatu poligon tertentu A_n. Dengan menghitung perbandingan luas untuk setiap stasiun yang besarnya = A_n/A , dimana A adalah luas daerah penampungan atau jumlah luas seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya. Curah hujan rata-rata diperoleh dengan cara menjumlahkan pada masing-masing penakar yang mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara pos penakar.



Gambar 4. 1 Stasiun Curah Hujan

Dari Gambar 4.1 ada 2 stasiun curah hujan yang berpengaruh pada kawasan studi yaitu dalam bentuk kalimat Stasiun Kantor PU Khatib Sulaiman dan Stasiun Gunung Nago Terletak pada posisi $00^{\circ}.54'.14,4''$ LS / $100^{\circ}.21'.00''$ BT.

4.2 Analisa Curah Hujan

Penentuan untuk luas stasiun curah hujan ini dilakukan menggunakan Metode aljabar, Dengan asumsi semua stasiun curah hujan tersebut memberi pengaruh yang sama terhadap lokasi yang ditinjau, Stasiun yang digunakan dalam hitungan ini adalah stasiun yang berada dalam DAS, tetapi stasiun yang berada di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan.

Tabel 4. 1 Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata

NO.	Tahun	Stasiun Curah Hujan (mm)		Curah Hujan Rata-Rata (mm)
		Khatib Sulaiman	Gunung Nago	
1	2013	128	121	125
2	2014	100	139	120
3	2015	206	231	219
4	2016	270	102	186
5	2017	195	241	218
6	2018	147	146	147
7	2019	100	126	113
8	2020	230	231	231
9	2021	200	58	129
10	2022	160	132	146

Sumber: Analisa perhitungan data

Pada tabel diatas dapat kita lihat curah hujan dibagi pertahun dan curah hujan yang diambil ialah curah hujan yang paling tinggi pada tahun tersebut, setelah itu dilakukan proses perhitungan curah hujan menggunakan metode aljabar.

4.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Untuk menganalisa frekuensi curah hujan dilakukan dengan cara mengurutkan data curah hujan harian maksimum mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil. Selanjutnya dihitung deskripsi statistiknya, yaitu:

Curah Hujan dihitung menurut distribusi frekuensi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

- 1) Distribusi Normal
- 2) Distribusi Log Person III
- 3) Distribusi Gumbel
- 4) Distribusi Log normal

Hujan maksimum harian rata-rata yang telah diperoleh diurutkan dari besar sampai terkecil, kemudian dianalisis berdasarkan distribusi yang dipilih untuk mendapatkan hujan dengan periode ulang (*return period*) seperti pada tabel berikut:

4.3.1 Distribusi normal

Perhitungan curah hujan rencana metoda Distribusi Normal, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hujan Rata-Rata Distribusi Normal

No.	Tahun (n)	Xi (mm)	Xi-Xr (mm)	(Xi-Xr) ² (mm)	(Xi-Xr) ³ (mm)	(Xi-Xr) ⁴ (mm)
1	2013	125	-38,4	1474,56	-56623,104	2174327,194
2	2014	120	-43,4	1883,56	-81746,504	3547798,274
3	2015	219	55,6	3091,36	171879,616	9556506,65
4	2016	186	22,6	510,76	11543,176	260875,7776
5	2017	218	54,6	2981,16	162771,336	8887314,946
6	2018	147	-16,4	268,96	-4410,944	72339,4816
7	2019	113	-50,4	2540,16	-128024,064	6452412,826
8	2020	231	67,6	4569,76	308915,776	20882706,46
9	2021	129	-34,4	1183,36	-40707,584	1400340,89
10	2022	146	-17,4	302,76	-5268,024	91663,6176
11	Jumlah (Xi)	1634	0,0000	18806,4	338329,68	53326286,11
12	Xr	163,4				
13	SD	45,71				

Sumber: Analisa Perhitungan data

1) Curah Hujan Rata-Rata

$$X = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{1634}{10} = 163,4 \text{ mm}$$

2) Standar Deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (Xi-x)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{18806,4}{10-1}} = 45,71$$

3. Faktor kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum (x-xi)^3}{(n-1)(n-2)(S^3)} = \frac{10 \times (338329,68)}{9 \times 8 \times (45,71^3)} = 0,49$$

$$Ck = \frac{n^2 \sum (x-xi)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S^4)} = \frac{10^2 \times (53326286,11)}{9 \times 8 \times 7 \times (45,71^4)} = 2,42$$

4. Nilai K_T (nilai reduksi Gauss)

$$2 \text{ thn} = 0$$

$$5 \text{ thn} = 0.84$$

$$10 \text{ thn} = 1.28$$

$$25 \text{ thn} = 1.7507$$

$$50 \text{ thn} = 2.05$$

5. Perhitungan Curah hujan Rencana

$$R_2 = X + K_T \times S$$

$$= 163,4 + (0 \times 45,71)$$

$$= 163,4 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Distribusi Normal selanjutnya dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4. 3 Perhitungan Curah Hujan Distribusi Normal

No.	Periode ulang (T)	X Rata-rata	SD	KT	Hujan (XT)
1	2	163,4	45,71	0	163,4000
2	5	163,4	45,71	0,84	201,7982
3	10	163,4	45,71	1,28	221,9115
4	25	163,4	45,71	1,7507	243,4282
5	50	163,4	45,71	2,05	257,1099

Sumber : analisa perhitungan data

4.3.2 Distribusi Log Pearson Type III

Perhitungan curah hujan rencana metode Log Person , yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Analisa Curah Hujan Distribusi Log Person III

No.	Tahun	Xi (mm)	Log Xi	Log X	Log Xi-LogX	(Log Xi-LogX) ²	(LogXi-LogX) ³	Log Xi-LogX) ⁴
1	2013	125	2,097	2,1983	-0,101	0,010	-0,00104	0,00011
2	2014	120	2,079	2,1983	-0,119	0,014	-0,00169	0,00020
3	2015	219	2,340	2,1983	0,142	0,020	0,00287	0,00041
4	2016	186	2,270	2,1983	0,071	0,005	0,00036	0,00003
5	2017	218	2,338	2,1983	0,140	0,020	0,00275	0,00039
6	2018	147	2,167	2,1983	-0,031	0,001	-0,00003	0,00000
7	2019	113	2,053	2,1983	-0,145	0,021	-0,00307	0,00045
8	2020	231	2,364	2,1983	0,165	0,027	0,00451	0,00075
9	2021	129	2,111	2,1983	-0,088	0,008	-0,00068	0,00006
10	2022	146	2,164	2,1983	-0,034	0,0012	-0,000039	0,00000134
	Jumlah	1634	21,983			0,128	0,00395	0,00238
	Rata-rata	163,4						
	SD	45,71						
	Log X	2,1983						
	S Log X	0,119						
	Cs	0,325						

Sumber : analisa perhitungan data.

1) Menentukan log X rata-rata

$$\text{Log X} = \frac{\sum \log Xi}{n} = \frac{21,983}{10} = 2,198 \text{ mm}$$

2) Menentukan standar deviasi

$$S \log x = \sqrt{\frac{\sum (\log Xi - \log x)^2}{n-1}} \quad S \log x = \sqrt{\frac{0,128}{10-1}}$$

$$S \log x = 0,119$$

3) Menghitung koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{n \sum (\log xi - \log x)^3}{(n-1)(n-2)S \log x^3} = \frac{10 \times (0,00395)}{9 \times 8 \times (0,119)}$$

$$C_s = 0,325$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (x-xi)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S \log X^4)} = \frac{10^2 \times (0,0073)}{9 \times 8 \times 7 \times (0,1483^4)}$$

$$C_k = 2,348$$

4) Nilai KTR (tabel nilai reduksi Distribusi Person III)

$$2 \text{ thn} = 0.017$$

$$5 \text{ thn} = 0.846$$

$$10 \text{ thn} = 1.270$$

$$25 \text{ thn} = 1.716$$

$$50 \text{ thn} = 2.000$$

5) Perhitungan Curah Hujan Rencana

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{2 \text{ tahun}} &= \log X_i + K_T \times s \\ &= 2,198 + (0,017) \times 0,119 \end{aligned}$$

$$X_{2 \text{ tahun}} = 157,8867 \text{ mm/hari}$$

Untuk hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Log-Person III selanjutnya dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4. 5 Perhitungan Curah Hujan Distribusi Log-Person III

No.	T	KT	Log X	S Log X	Hujan
1	2	0	2,1983	0,119	157,8867
2	5	0,842	2,1983	0,119	198,8875
3	10	1,282	2,1983	0,119	224,3887
4	25	1,751	2,1983	0,119	255,1807
5	50	2,054	2,1983	0,119	277,2859

Sumber: Analisa perhitungan data

4.3.3 Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana metoda Distribusi Gumbel, dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4. 6 Analisa Curah Hujan Distribusi Gumbel

No.	Tahun	Hujan Maks. (Xi)	(Xi-Xr)	(Xi-Xr) ²	(Xi-Xr) ³	(Xi-Xr) ⁴
1	2013	125	-38,4	1474,56	-56623,104	2174327,194
2	2014	120	-43,4	1883,56	-81746,504	3547798,274
3	2015	219	55,6	3091,36	171879,616	9556506,65
4	2016	186	22,6	510,76	11543,176	260875,7776
5	2017	218	54,6	2981,16	162771,336	8887314,946
6	2018	147	-16,4	268,96	-4410,944	72339,4816
7	2019	113	-50,4	2540,16	-128024,064	6452412,826
8	2020	231	67,6	4569,76	308915,776	20882706,46
9	2021	129	-34,4	1183,36	-40707,584	1400340,89
10	2022	146	-17,4	302,76	-5268,024	91663,6176
	Jumlah	1634		18806,4	338329,68	53326286,11
	Rata-rata	163,4				
	SD	45,71				
	Cs	0,492				
	Ck	2,424				

Sumber: Analisa perhitungan data

1) Curah hujan Rata-rata

$$X = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{1634}{10} = 163,4 \text{ mm}$$

2) Standar deviasi

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum (Xi-xr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{18806,4}{10-1}} = 45,71$$

3) Faktor kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum (x-xi)^3}{(n-1)(n-2)(S^3)} = \frac{10 \times (338329,68)}{9 \times 8 \times (45,71^3)}$$

$$= 0,492$$

$$Ck = \frac{n^2 \sum (x-xi)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S^4)} = \frac{10^2 \times (53326286,11)}{9 \times 8 \times 7 \times (45,71^4)}$$

$$= 2,424$$

4) Perhitungan Curah Hujan Rencana

$$X = \bar{X} + \frac{Yt - Yn}{Sn} * Sd \quad X_{2 \text{ th}} = X + \frac{0,3668 - 0,4952}{0,9496} * 45,71$$

$$= 157,2190 \text{ mm}$$

Untuk hasil perhitungan curah hujan rencana dengan metode Distribusi Gumbel selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 7 Perhitungan Curah Hujan Distribusi Gumbel

No.	T	Yn	Sn	Yt	Yt-Yn	K=(Yt-Yn)/Sn	Hujan Rencana (Xt)
1	2	0,4952	0,9496	0,3668	-0,1284	-0,1352	157,2190
2	5	0,4952	0,9496	1,5004	1,0052	1,0586	211,7886
3	10	0,4952	0,9496	2,2510	1,7558	1,8490	247,9213
4	25	0,4952	0,9496	3,1993	2,7041	2,8476	293,5708
5	50	0,4952	0,9496	3,9028	3,4076	3,5885	327,4361

Sumber: Perhitungan Analisa Data

4.3.4 Distribusi Log Normal

Perhitungan curah hujan rencana metoda Distribusi log normal , yaitu sebagai tabel berikut :

Tabel 4. 8 Analisa curah hujan distribusi Log Normal

No.	Tahun	Hujan (mm)	Log Xi	Log Xr	Log Xi-Log Xr	(Log Xi-Log Xr) ²
1	2013	125	2,0969	2,1983	-0,1014	0,0103
2	2014	120	2,0792	2,1983	-0,1192	0,0142
3	2015	219	2,3404	2,1983	0,1421	0,0202
4	2016	186	2,2695	2,1983	0,0712	0,0051
5	2017	218	2,3385	2,1983	0,1401	0,0196
6	2018	147	2,1673	2,1983	-0,0310	0,0010
7	2019	113	2,0531	2,1983	-0,1453	0,0211
8	2020	231	2,3636	2,1983	0,1653	0,0273
9	2021	129	2,1106	2,1983	-0,0878	0,0077
10	2022	146	2,1644	2,1983	-0,0340	0,0012
	Jumlah	1634	21,9835			0,1276
	Rata-rata	163,4				
	Log X	2,1983				
	S Log X	0,1191				

Sumber: Analisa perhitungan data

1) Menentukan log X rata-rata :

$$\text{Log X} = \frac{\sum \log X_i}{n} = \frac{21,9835}{10} = 2,1983 \text{ mm}$$

2) Menentukan standar deviasi

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log X)^2}{n-1}} \quad S_{\log x} = \sqrt{\frac{0,1276}{10-1}}$$

$$S_{\log x} = 0,1191$$

3) Nilai KTR (tabel nilai reduksi Distribusi Log Normal)

2 $t_{hn} = 0,000$

5 $t_{hn} = 0,840$

10 $t_{hn} = 1,280$

25 $t_{hn} = 1,750$

50 $t_{hn} = 2,050$

Tabel 4. 9 Perhitungan curah hujan Distribusi Log Normal

No.	T	KT	S Log X	Log X	Log XT	Hujan
1	2	0	0,1191	2,1983	2,1983	157,8867
2	5	0,84	0,1191	2,1983	2,2984	198,7785
3	10	1,28	0,1191	2,1983	2,3508	224,2657
4	25	1,71	0,1191	2,1983	2,4020	252,3281
5	50	2,05	0,1191	2,1983	2,4425	276,9820

Sumber: Analisa perhitungan data

Dari perhitungan curah hujan rencana dengan 4 metode di atas, maka akan didapat curah hujan rencana rata-rata adalah:

Tabel 4. 10 Perhitungan Curah hujan rencana 4 metode

Periode Ulang (T)	Hujan Rencana Harian Maksimum			
	Metode Distribusi Probabilitas			
	Distribusi Gumbel	Distribusi Normal	Distribusi Log Normal	Distribusi Log Pearson Type III
	mm	mm	mm	mm
2	157,2190	163,4000	157,8867	157,8867
5	211,7886	201,7982	198,7785	198,8875
10	247,9213	221,9115	224,2657	224,3887
25	293,5708	243,4282	252,3281	255,1807
50	327,4361	257,1099	276,9820	277,2859

Sumber: Analisa Perhitungan data

4.4 Uji kesesuaian Data

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov.

4.4.1 Uji Chi – Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode uji chi kuadrat adalah sebagai berikut:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

Dimana :

χ^2 : Parameter chi kuadrat terhitung

Ef : Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Of : Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

N : Jumlah sub kelompok

Derajat nyata atau drajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Drajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus:

$$Dk = k - (p + 1)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

Dimana :

Dk : Derajat kebebasan

P : Banyaknya parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

K : Jumlah kelas distribusi

N : Banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

$$\chi^2 < \chi^2 \text{ kritis}$$

dimana:

χ^2 : parameter Chi kuadrat terhitung

χ^2_{cr} : parameter Chi kuadrat kritis

Prosedur perhitungan adalah sebagai berikut:

1). Menghitung Parameter Statistik Xrata-rata Dan Standar Deviasi

Tabel 4. 11 Nilai Rata – Rata dan Standar Deviasi

No.	Curah Hujan Maksimum (Xi) mm	Rangking dari besar ke kecil (mm)	P = m / (N+1)	T = 1 / P
1	125	231	21,000	0,048
2	120	219	19,909	0,050
3	219	218	19,818	0,050
4	186	186	16,909	0,059
5	218	147	13,364	0,075
6	147	146	13,273	0,075
7	113	129	11,727	0,085
8	231	125	11,364	0,088
9	129	120	10,909	0,092
10	146	113	10,273	0,097

Sumber: analisa perhitungan data

2). Menghitung Jumlah Kelas

a) Jumlah data (n) = 10

b) Kelas distribusi (K) = $1 + 3,3 \log n$
 $= 1 + 3,3 \log 10$
 $= 4,4-5 \text{ kelas}$

3). Menghitung Derajat Kebebasan (Dk) dan X^2_{cr}

- Parameter (P) = 2
- Derajat kebebasan (Dk) = $K - (p+1) = 5 - (2+1) = 2$
- Nilai X^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 10 $\alpha = 5\%$ Dk = 2
- $X^2_{cr} = 5,991$ (dilihat pada bab sebelumnya tabel 2.7)

4). Menghitung Kelas Distribusi

- Kelas distribusi = $1/5 \times 100 = 20\%$
- Interval distribusi adalah 20%, 40%, 60%, 80%
- Persentase 20%

$$P_{(x)} = 20\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{PX} = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ tahun}$$

- Persentase 40%

$$P_{(x)} = 40\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{PX} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ tahun}$$

- Persentase 60%

$$P_{(x)} = 60\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{PX} = \frac{1}{0,60} = 1,67 \text{ tahun}$$

- Persentase 80%

$$P_{(x)} = 80\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{PX} = \frac{1}{0,80} = 1,25 \text{ tahun}$$

5). Menghitung Interval Kelas

a) Distribusi Probabilitas Normal

Nilai K_T berdasarkan T dari Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

- T = 5 tahun, $K_T = 0,84$
- T = 2,5 tahun, $K_T = 0,25$
- T = 1,67 tahun, $K_T = -0,25$
- T = 1,25 tahun, $K_T = -0,84$

Nilai X rata-rata = 163.400 mm

Nilai Standar Deviasi = 45.71

Interval Kelas :

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S_D$$

$$X_T = 163.400 + K_T \times S_D$$

Contoh perhitungan untuk T5 tahun

$$\begin{aligned} X_5 &= 163.400 + 0,84 \times 45.71 \\ &= 201,7982 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4. 12 Perhitungan Distribusi Probabilitas Normal

No.	Periode Ulang (Tahun)	KT	X Rata-rata	SD	XT
1	5	0,84	163,400	45,712143	201,7982
2	2,5	0,25	163,400	45,712143	174,8280
3	1,67	-0,25	163,400	45,712143	151,9720
4	1,25	-0,84	163,400	45,712143	125,0018

Sumber: analisa perhitungan data

b) Distribusi Probabilitas Gumbel

Dengan jumlah data (n) = 10 maka didapatkan nilai :

$$Y_n = 0,4952$$

$$S_n = 0,9496$$

$$Y_t = -\ln \left(-\ln \frac{T-1}{T} \right)$$

$$K = \frac{Y_t - Y}{S_n} = \frac{Y_t - 0,4952}{0,9496}$$

Sehingga :

$$T = 5, \quad Y_t = 1,4999 \quad \text{maka } K = 1,0586$$

$$T = 2,5, \quad Y_t = 0,6717 \quad \text{maka } K = 0,0638$$

$$T = 1,67, \quad Y_t = 0,0907 \quad \text{maka } K = -0,1989$$

$$T = 1,25, \quad Y_t = -0,4759 \quad \text{maka } K = -0,2800$$

Nilai X rata-rata = 163,400 mm

Nilai Standar Deviasi = 45,71

Maka Interval Kelas :

$$X_T = \bar{X} + S_D \times K_t$$

Sehingga :

$$X_5 = 163,400 + (45,71 \times 1,0586) = 211,7886 \text{ mm}$$

Tabel 4. 13 Distribusi Probabilitas Gumbel

No.	Periode Ulang (Tahun)	X Rata-rata	SD	XT
1	5	163,400	45,7121428	211,7886
2	2,5	163,400	45,7121428	166,3172
3	1,67	163,400	45,7121428	154,3067
4	1,25	163,400	45,7121428	150,6000

Sumber: analisa perhitungan data

c) Distribusi Probabilitas Log Person Type III

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai C_s atau $G = -0.01$

Nilai T untuk faktor frekuensi K_T (G atau C_s)

$$T = 5,0 \text{ maka } K_T = 0.842$$

$$T = 2,5 \text{ maka } K_T = 0.321$$

$$T = 1,67 \text{ maka } K_T = -0.644$$

$$T = 1,25 \text{ maka } K_T = -0.745$$

Nilai $\text{Log } X = 2,2986$

Nilai $S \text{ Log } X = 0,1191$

Interval kelas = $\text{Log } X_T = \text{Log } X + (K_T \times S \text{ Log } X)$

Sehingga :

$$\text{Log } X_5 = 2,2986 + (0,842 \times 0,1191) = 198,8875 \text{ mm}$$

Tabel 4. 14 Distribusi Probabilitas Log Person Type III

No.	Periode Ulang (Tahun)	K_T	$S \text{ Log } X$	$\text{Log } X \text{ Rata-rata}$	$\text{Log } X_T$	X_T
1	5	0,842	0,1191	2,1983	2,2986	198,8875
2	2,5	0,321	0,1191	2,1983	2,2366	172,4126
3	1,67	-0,644	0,1191	2,1983	2,1217	132,3307
4	1,25	-0,745	0,1191	2,1983	2,1096	128,7164

Sumber: analisa perhitungan data

d) Distribusi Probabilitas Log Normal

Nilai T untuk berbagai periode ulang berdasarkan faktor frekuensi K_T (G atau C_s)

$$-T = 5,0 \text{ maka } K_T = 0.84$$

$$-T = 2,5 \text{ maka } K_T = 0.25$$

$$-T = 1,6 \text{ maka } K_T = -0.25$$

$$-T = 1,2 \text{ maka } K_T = -0.84$$

Nilai $\text{Log } X = 2,1983$

Nilai $S \text{ Log } X = 0,1191$

Interval kelas = $\text{Log } X_T = \text{Log } X + (K_T \times S \text{ Log } X)$

Sehingga :

$$\text{Log } X_5 = 2,2984 + (0,84 \times 0,1191) = 198,7785 \text{ mm}$$

Tabel 4. 15 Distribusi probabilitas Log Normal

No.	Periode Ulang	KT	S Log X	Log X Rata-rata	Log XT	XT
1	5	0,84	0,1191	2,1983	2,2984	198,7785
2	2,5	0,25	0,1191	2,1983	2,2281	169,0887
3	1,67	-0,25	0,1191	2,1983	2,1686	147,4268
4	1,25	-0,84	0,1191	2,1983	2,0983	125,4069

Sumber: analisa perhitungan data

6) Perhitungan nilai X^2

Tabel 4. 16 Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Normal

No.	Interval		Ef	Of	Of - Ef	$(Of-Ef)^2/Ef$	
1	>	201,7982	2	3	1	0,5	
2	174,8280357	-	201,7982	2	1	-1	0,5
3	151,9719643	-	174,8280	2	0	-2	2
4	125,0018	-	151,9719643	2	4	2	2
5	<	125,0018	2	2	0	0	
			10	10	0	5,000	

Sumber: analisa perhitungan data

Tabel 4. 17 Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Gumbel

No.	Interval		Ef	Of	Of - Ef	$(Of-Ef)^2/Ef$	
1	>	211,7886331	2	1	-1	0,5	
2	166,3171818	-	211,7886331	2	3	1	0,5
3	154,3066725	-	166,3171818	2	0	-2	2
4	150,6000224	-	154,3066725	2	1	-1	0,5
5	<	150,6000224	2	5	3	4,5	
			10	10	0	8,000	

Sumber: analisa perhitungan data

Tabel 4. 18 Perhitungan Nilai X^2 untuk disribusi Log Person III

No.	Interval		Ef	Of	Of - Ef	$(Of-Ef)^2/Ef$	
1	>	198,8875433	2	3	1	0,5	
2	172,4125754	-	198,8875433	2	1	-1	0,5
3	132,3306696	-	172,4125754	2	3	1	0,5
4	128,7163822	-	132,3306696	2	1	-1	0,5
5	<	128,7163822	2	2	0	0	
			10	10	0	2,000	

Sumber: analisa perhitungan data

Tabel 4. 19 Perhitungan Nilai X^2 untuk distribusi Log normal

No.	Interval		Ef	Of	Of - Ef	$(Of-Ef)^2/Ef$	
1		>	198,7785101	2	2	0	
2	169,0886811	-	198,7785101	2	2	0	
3	147,4268	-	169,0886811	2	0	-2	
4	125,4069472	-	147,4268175	2	4	2	
5		<	125,4069472	2	2	0	
				10	10	0	
							4,000

Sumber: analisa perhitungan data

Tabel 4. 20 rekapitulasi nilai X^2 dan X^2_{cr}

No.	Distribusi Probabilitas	X^2		X^2_{cr}	Keterangan
		Hitung		Kritis	
1	Normal	5,000	<	5,991	Diterima
2	Log Normal	4,000	<	5,991	Diterima
3	Gumbel	8,000	>	5,991	Tidak Diterima
4	Log Pearson Type III	2,000	<	5,991	Diterima

Sumber: Analisa perhitungan data

4.4.2 Metode Smirnov Kolmogorof

1) Untuk Distribusi Probabilitas Normal

Langkah perhitungan :

1. Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
2. Menghitung probabilitas $P(X_i)$ dengan rumus :

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

$$P(X_i) = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

3. Menghitung $f(t)$

$$f(t) = \frac{X_i - X_R}{SD}$$

$$f(t) = \frac{231-163,4}{45,71} = 1.48$$

4. Dari hasil $f(t)$

$$F(t) = 1,48 \text{ maka dari tabel didapat } 0.9564$$

5. Menghitung $P'(x) = 1 - 0,9564$

$$P'(x) = 0,0436$$

6. Menghitung $(\Delta p) = P'x - Px$

Dengan contoh :

$$\Delta P1 = 0,0436 - 0,091$$

$$= 0,0473$$

7. Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.22
8. Dari tabel tersebut cari Δ_{max} didapat $\Delta_{max} = 0,1025$
9. Membandingkan Δ_{max} dengan nilai kritis Δ_{kritis} . Untuk $n = 10$ dan derajat nyata 5% dari **tabel 2.8** didapat nilai $\Delta_{kritis} = 0,41$
10. Karena $\Delta_{max} < \Delta_{kritis} = 0.1025 < 0.41$ maka distribusi Probabilitas Normal **dapat diterima**.

Tabel 4. 21 Perhitungan Uji Distribusi Normal dengan Metode Smirnov Kolmogorof

No	Urut dari Besar ke kecil	P(Xi)	f(t)	Luas di bawah kurva normal	P'(Xi)	Delta P
1	2	3	4	5	6	7 = 6-3
1	231	0,091	1,48	0,9564	0,0436	0,0473
2	219	0,182	1,22	0,8413	0,1587	0,0231
3	218	0,273	1,19	0,719	0,281	0,0083
4	186	0,364	0,49	0,6808	0,3192	0,0444
5	147	0,455	-0,36	0,6480	0,3520	0,1025
6	146	0,545	-0,38	0,4052	0,5948	0,0493
7	129	0,636	-0,75	0,3192	0,6808	0,0444
8	125	0,727	-0,84	0,209	0,7910	0,0637
9	120	0,818	-0,95	0,0951	0,9049	0,0867
10	113	0,909	-1,10	0,0951	0,9049	0,0042
Jumlah	1634					
XR	163,4					
SD	45,71					
Maks.						0,1025

Sumber: analisa perhitungan data

2) Untuk Distribusi Probabilitas Gumbel

Langkah Perhitungan :

1. Mengurutkan data dari yang terbesar sampai yang terkecil
2. Menghitung probabilitas P(Xi) dengan rumus :

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

$$P(X_i) = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

3. Menghitung nilai f(t)

$$f(t) = \frac{X_i - XR}{SD}$$

$$f(t) = \frac{231-163,4}{45,71} = 1,479$$

4. Y_t maka $Y_t = (f_t \times S_n) + Y_n$
 $= (1,479 \times 0,9496) + 0,4952$
 $= 1,8995$
5. T dihitung dengan rumus $Y_t = -\ln\{-\ln(T-1)/T\}$
atau interpolasi Tabel Nilai Reduced Variate (Y_t).
 $Y_t = 1,8995 = -\ln\{-\ln(T-1)/T\}$, dengan T coba-coba didapat
 $T = 8,863$
6. Berdasarkan Tabel 4.22 dapat dilihat bahwa $\Delta_{max} = 0,1086$
7. Jika jumlah data 10 dan α (drajat kepercayaan) adalah 5 %) maka dari Tabel nilai Δ_p kritis Smirnov Kolmogorof didapat $\Delta_p = 0.41$
8. Jadi Δ_p maksimum ($0,1086$) $<$ Δ_p kritis (0.41)
Oleh karena itu, Distribusi Probabilitas Gumbel **dapat diterima**
untuk menganalisis data hujan.

Tabel 4. 22 Perhitungan Uji Distribusi Gumbel Dengan Metode Smirnov Kolmogorof

No.	Urut dari Besar ke kecil	P(Xi)	f(t)	Yn	Sn	Yt	T	P'(Xi)	ΔP
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	231	0,091	1,479	0,4952	0,9496	1,8995	8,863	0,1128	0,0219
2	219	0,182	1,216	0,4952	0,9496	1,6502	4,771	0,2096	0,0278
3	218	0,273	1,194	0,4952	0,9496	1,6294	3,3649	0,2972	0,0245
4	186	0,364	0,494	0,4952	0,9496	0,9647	3,0947	0,3231	0,0405
5	147	0,455	-0,359	0,4952	0,9496	0,1545	2,8903	0,3460	0,1086
6	146	0,545	-0,381	0,4952	0,9496	0,1337	1,8675	0,5355	0,0100
7	129	0,636	-0,753	0,4952	0,9496	-0,2194	1,6256	0,6152	0,0212
8	125	0,727	-0,840	0,4952	0,9496	-0,3025	1,36649	0,7318	0,0045
9	120	0,818	-0,949	0,4952	0,9496	-0,4064	1,13777	0,8789	0,0607
10	113	0,909	-1,103	0,4952	0,9496	-0,5518	1,13777	0,8789	0,0302
Jumlah	1634								
XR	163,4								
SD	45,71								
Maks.									0,1086

Sumber: analisa perhitungan data

3) Untuk Distribusi Probabilitas Log Person Type III

Langkah perhitungan :

1. Mengurutkan data curah hujan dari yang terbesar ke yang terkecil
2. Nilai Log curah hujan di urut dari yang terbesar sampai terkecil
3. Menghitung probabilitas $P(X_i)$ dengan rumus :

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

$$P(X_i) = \frac{1}{10+1} = 0.091$$

$$\text{Untuk nilai } f(t) = \frac{\log X_i - \log X}{S \log X}$$

$$F(t) = \frac{2,4314 - 2,2177}{0,1483} = 1,44$$

4. $P'(X_i)$ = Persentase peluang teoritis berdasarkan nilai C_s dan nilai $KT C_s = -0,008$ $KT = 1,329$ Dari hasil interpolasi, diperoleh peluang teoritis terlampaui $P'(X_i) = 0,0024$
5. $\Delta P = P'(X_i) - P(X_i)$
 $= 0,0024 - 0,0909 = 0,0885$
6. Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.23
7. Berdasarkan tabel 4.24 dapat dilihat bahwa $\Delta P \text{ max} = 0,8994$
8. Jika jumlah data 11 dan α (drajat kepercayaan) adalah 5 %) maka dari Tabel nilai Δp kritis Smirnov Kolmogorof didapat $\Delta p = 0,41$
9. Jadi Δp maksimum (0,9289) > Δp kritis (0,41)
 Oleh karena itu, Distribusi Probabilitas Log person III **tidak dapat diterima** untuk menganalisis data hujan.

Tabel 4. 23 Perhitungan Uji Distribusi Log Person Type III dengan Metode Smirnov Kolmogorof

No.	Urut dari Besar ke	Log (Xi)	P(Xi)	f(t)	P'(Xi)	Delta P
1	2	3	4	5	6	7=6-4
1	231	2,3636	0,0909	1,39	-0,0400	0,1309
2	219	2,3404	0,1818	1,19	0,0625	0,1193
3	218	2,3385	0,2727	1,18	0,0619	0,2108
4	186	2,2695	0,3636	0,60	0,0732	0,2904
5	147	2,1673	0,4545	-0,26	-0,0032	0,4578
6	146	2,1644	0,5455	-0,29	-0,0054	0,5509
7	129	2,1106	0,6364	-0,74	-0,0456	0,6820
8	125	2,0969	0,7273	-0,85	-0,0559	0,7832
9	120	2,0792	0,8182	-1,00	-0,0691	0,8873
10	113	2,0531	0,9091	-1,22	0,0097	0,8994
Jumlah	1634					
Log X	2,1983					
S Log X	0,1191					
Cs	0,3248					
Maks.						0,8994

Sumber: Analisa Perhitungan Data

4) Untuk Distribusi Probabilitas Log Normal

Langkah perhitungan :

1. Mengurutkan data curah hujan dari yang terbesar ke yang terkecil
2. Nilai Log curah hujan diurut dari yang terbesar sampai terkecil
3. Menghitung probabilitas $P(X_i)$ dengan rumus :

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

$$P(X_i) = \frac{1}{10+1} = 0,0909$$

$$\text{Untuk nilai } f(t) = \frac{\text{Log } X_i - \text{Log } X}{S \text{ Log } X}$$

$$F(t) = \frac{2,3636 - 2,1983}{0,1191} = 1,39$$

4. $\Delta P = P'(X_i) - P(X_i)$
 $= 0,0749 - 0,0909 = 0,0160$
5. Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada tabel 4.25
6. Berdasarkan tabel 4.25 dapat dilihat bahwa $\Delta P_{\max} = 0,4695$
7. Jika jumlah data 11 dan α (derajat kepercayaan) adalah 5 %) maka dari Tabel nilai Δp kritis Smirnov Kolmogorof didapat $\Delta p = 0,41$
8. Jadi $\Delta p_{\text{maksimum}} (0,4695) > \Delta p_{\text{kritis}} (0,41)$ Oleh karena itu, Distribusi Probabilitas Log Normal **tidak dapat diterima** untuk menganalisis data hujan.

Tabel 4. 24 Perhitungan Uji Distribusi Log Normal dengan Metode Smirnov Kolmogorof

No.	Urut dari	Log (Xi)	P(Xi)	f(t)	Luas di bawah	P'(Xi)	Delta P
1	2	3	4	5	6	7	8
1	231	2,3636	0,0909	1,39	0,9251	0,0749	0,0160
2	219	2,3404	0,1818	1,19	0,8340	0,1660	0,0158
3	218	2,3385	0,2727	1,18	0,2578	0,7422	0,4695
4	186	2,2695	0,3636	0,60	0,2877	0,7123	0,3487
5	147	2,1673	0,4545	-0,26	0,6879	0,3121	0,1424
6	146	2,1644	0,5455	-0,29	0,4641	0,5359	0,0096
7	129	2,1106	0,6364	-0,74	0,3669	0,6331	0,0033
8	125	2,0969	0,7273	-0,85	0,2266	0,7734	0,0461
9	120	2,0792	0,8182	-1,00	0,0708	0,9292	0,1110
10	113	2,0531	0,9091	-1,22	0,0708	0,9292	0,0201
Jumlah	1634						
Log X	2,1983						
S Log X	0,1191						
Maks.							0,4695

Sumber: analisa perhitungan data

Tabel 4. 25 Rekapitulasi nilai ΔP hitung dan ΔP kritis

No.	Distribusi Probabilitas	ΔP		ΔP	Keterangan
		terhitung		kritis	
1	Normal	0,1025	<	0,41	Diterima
2	Gumbel	0,1086	<	0,41	Diterima
3	Log Pearson Type III	0,8994	>	0,41	Tidak Diterima
4	Log Normal	0,4695	>	0,41	Tidak Diterima

Sumber: analisa perhitungan data

Berdasarkan Tabel 4.26 distribusi Normal dan Gumbel dapat diterima, sedangkan Log Person Type III dan Log Normal tidak dapat diterima karena nilai ΔP hitung (besar) $>$ ΔP Kritis = 0.41.

Hujan rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun sebagai berikut :

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Nilai Chikudrat dan Smirnov Kolmogorof

No.	Distribusi Probabilitas	Metode Chi-Kuadrat		Metode Smirnov			Keterangan	
		X^2		X^2	ΔP			ΔP
		terhitung		kritis	terhitung			kritis
1	Normal	5,000	<	5,991	0,1025	<	0,41	Diterima
2	Gumbel	8,000	>	5,991	0,1086	<	0,41	Diterima di Smirnov
3	Log Pearson Type III	2,000	<	5,991	0,8994	>	0,41	Diterima di Chi-Kuadrat
4	Log Normal	4,000	<	5,991	0,4695	>	0,41	Diterima di Chi-Kuadrat

Sumber: analisa perhitungan data

Tabel 4. 27 Catchment area yang digunakan

No.	Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
		<10	10-100	101-500	>500
1	Kota Metropolitan	2 Tahun	2-5 Tahun	5-10 Tahun	10-25 Tahun
2	Kota Besar	3 Tahun	2-5 Tahun	2-5 Tahun	5-20 Tahun
3	Kota Sedang	4 Tahun	2-5 Tahun	2-5 Tahun	5-10 Tahun
4	Kota kecil	5 Tahun	2 Tahun	2 Tahun	2-5 Tahun

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, Nomor 12/Prt/M/2014

Dari pengujian diatas, maka yang diambil adalah simpangan nilai yang terkecil yaitu distribusi Normal, sehingga diambil metode distribusi Normal dengan Curah Hujan untuk periode ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun.

Tabel 4. 28 Hujan Rencana Terpilih dengan Distribusi Probabilitas Normal

No.	Curah Hujan (mm)	Peluang (%)	Periode Ulang (tahun)
1	163,4000	50	2
2	201,7982	20	5
3	221,9115	10	10
4	243,4282	4	25
5	257,1099	2	50

Sumber: analisa perhitungan data

4.5 Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS atau titik kontrol (Suripin, 2004).

4.5.1 Waktu Konsentrasi Sub DAS Kuranji

Pada sub DAS ini, metode yang digunakan adalah metode kirpich (1940) dengan rumus sebagai berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

diketahui:

$$L = 250 \text{ m} = 0,25 \text{ km}$$

$$S = 0,00043$$

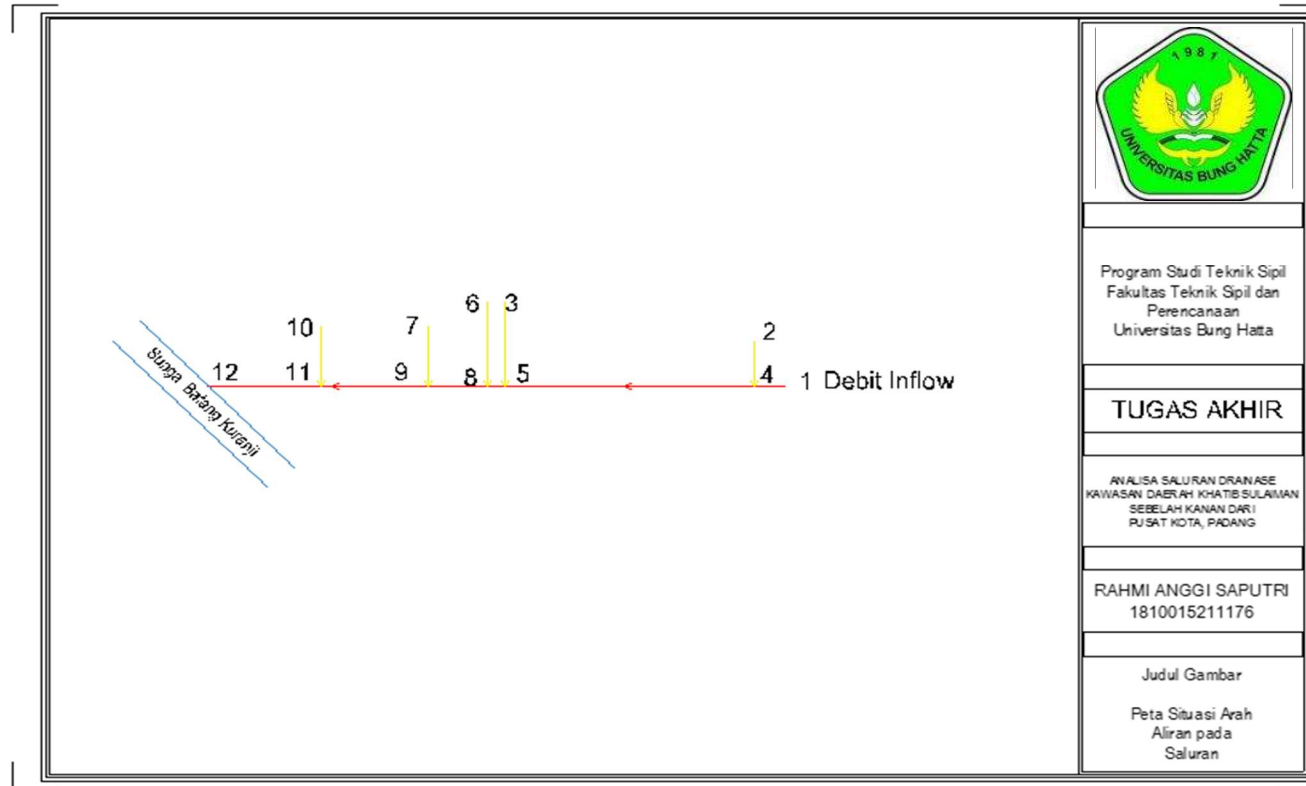
Sehingga,

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times 250^2}{1000 \times 0,00043} \right)^{0,385} = 0,45107 \text{ jam}$$

No	EL Tinggi (m)	EL Rendah (m)	Panjang sungai (m)	tc (mm)
1	4,53	4,23	250	0,451069

4.5.2 Waktu Konsentrasi Permukaan Jalan

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan jatuh ke permukaan tanah kemudian mengalir ke saluran hingga ke titik yang ditinjau.



Gambar 4. 2 Pola Arah Aliran Primer, Sekunder dan Tersier
(Sumber: Pengolahan Data)

Waktu Konsentrasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t_o = 1.44 \times \left(l_o \times \frac{nd}{\sqrt{S_o}} \right)^{0.467}$$

Perhitungan waktu konsentrasi ruas jalan 1- 4:

a) Perhitungan t_o

Tabel 4. 29 Data Jalan Raya Khatib Sulaiman

No	Ruas	Lebar Jalan (m)	Lebar Bahu Jalan (m)	Kemiringan Memanjang (%)	Kemiringan Melintang (%)	Panjang Jalan (m)
1	Jalan 1-4 Tersier	9,6	0	0	2	50
2	Jalan 2-4 Tersier	5	0	0	2	50
3	Jalan 4-5 Sekunder	9,6	0	0	2	100
4	Jalan 3-5 Tersier	6,3	0	0	2	50
5	Jalan 5-8 Sekunder	9,6	0	0	2	100
6	Jalan 6-8 Tersier	6,3	0	0	2	50
7	Jalan 8-9 Primer	9,6	0	0	2	150
8	Jalan 7-9 Tersier	4,75	0	0	2	50
9	Jalan 9-11 Primer	9,6	0	0	2	200
10	Jalan 10-11 Tersier	4,75	0	0	2	50
11	Jalan 11-12 Primer	9,6	0	0	2	250

(Sumber: analisa perhitungan data)

Rumus yang digunakan untuk mencari nilai t_o untuk permukaan jalan yaitu sebagai berikut:

$$t_o = 1.44 \times \left(l_o \times \frac{nd}{\sqrt{S_o}} \right)^{0.467}$$

Dimana: l_o = Jarak (melintang jalan dan berm) terjauh sampai kesaluran (m)

nd = angka kekasaran permukaan lahan

S_o = Kemiringan daerah pengaliran

Perhitungan t_o ruas jalan 1- 4:

$$\text{Aspal } t_o = 1.44 \times \left(9,6 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,02}} \right)^{0.467} = 1,368 \text{ menit} = 0,0228 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4. 30 berikut:

Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan t_0 Jalan

No	Ruas	Lo (m)	nd	So	to (menit)	to (jam)
1	Jalan 1-4 Tersier	9,6	0,02	0,02	1,368	0,0228
2	Jalan 2-4 Tersier	2,5	0,02	0,02	0,730	0,0122
3	Jalan 4-5 Sekunder	9,6	0,02	0,02	1,368	0,0228
4	Jalan 3-5 Tersier	3,15	0,02	0,02	0,813	0,0135
5	Jalan 5-8 Sekunder	9,6	0,02	0,02	1,368	0,0228
6	Jalan 6-8 Tersier	3,15	0,02	0,02	0,813	0,0135
7	Jalan 8-9 Primer	9,6	0,02	0,02	1,368	0,0228
8	Jalan 7-9 Tersier	2,65	0,02	0,02	0,750	0,0125
9	Jalan 9-11 Primer	9,6	0,02	0,02	1,368	0,0228
10	Jalan 10-11 Tersier	2,375	0,02	0,02	0,712	0,0119
11	Jalan 11-12 Primer	9,6	0,02	0,02	1,368	0,0228

(Sumber: analisa perhitungan data)

$$\text{Berm (bahu jalan)} t_0 = 1.44 \times \left(0,75 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,04}}\right)^{0.467} = 0,354 \text{ menit} = 0,0059 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4. 31 Berikut:

Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan t_0 bahu

No	Ruas	Lo (m)	nd	So	to (menit)	to (jam)
1	Jalan 1-4 Tersier	0,75	0,02	0,04	0,354	0,0059
2	Jalan 2-4 Tersier	0	0,02	0,04	0,000	0,0000
3	Jalan 4-5 Sekunder	0	0,02	0,04	0,000	0,0000
4	Jalan 3-5 Tersier	0	0,02	0,04	0,000	0,0000
5	Jalan 5-8 Sekunder	0,75	0,02	0,04	0,354	0,0059
6	Jalan 6-8 Tersier	0	0,02	0,04	0,000	0,0000
7	Jalan 8-9 Primer	0,75	0,02	0,04	0,354	0,0059
8	Jalan 7-9 Tersier	0	0,02	0,04	0,000	0,0000
9	Jalan 9-11 Primer	0,75	0,02	0,04	0,354	0,0059
10	Jalan 10-11 Tersier	0	0,02	0,04	0,000	0,0000
11	Jalan 11-12 Primer	0,75	0,02	0,04	0,354	0,0059

(Sumber: analisa perhitungan data)

$$\text{Jadi, } t_0 \text{ jalan ruas 1- 4} = t_0 \text{ aspal} + t_0 \text{ berm} = 0,0228 + 0,0059 = 0,0287 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4. 32 berikut:

Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan t_0 Permukaan Jalan

Ruas	t_0 Jalan (jam)	t_0 Bahu (jam)	t_0 Permukaan Jalan (jam)
Jalan 1-4 Tersier	0,0228	0,0059	0,0287
Jalan 2-4 Tersier	0,0122	0,0000	0,0122
Jalan 4-5 Sekunder	0,0228	0,0000	0,0228
Jalan 3-5 Tersier	0,0135	0,0000	0,0135
Jalan 5-8 Sekunder	0,0228	0,0059	0,0287
Jalan 6-8 Tersier	0,0135	0,0000	0,0135
Jalan 8-9 Primer	0,0228	0,0059	0,0287
Jalan 7-9 Tersier	0,0125	0,0000	0,0125
Jalan 9-11 Primer	0,0228	0,0059	0,0287
Jalan 10-11 Tersier	0,0119	0,0000	0,0119
Jalan 11-12 Primer	0,0228	0,0059	0,0287

(Sumber: analisa perhitungan data)

b) Perhitungan t_d

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V}$$

dimana:

L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

Diambil dari tabel 2.17 = 1,50 m/det

Perhitungan t_d untuk permukaan jalan ruas 11-12:

$$t_d \text{ permukaan jalan ruas 1-4} = \frac{50}{60 \times 1,5} = 1,25 \text{ menit} = 0,0208 \text{ jam}$$

Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan t_d Permukaan Jalan

Ruas	Ls (m)	V (m/det)	td (menit)	td (jam)
Jalan 1-4 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 2-4 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 4-5 Sekunder	100	1,5	2,5	0,0417
Jalan 3-5 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 5-8 Sekunder	100	1,5	2,5	0,0417
Jalan 6-8 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 8-9 Primer	150	1,5	3,75	0,0625
Jalan 7-9 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 9-11 Primer	200	1,5	5	0,0833
Jalan 10-11 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 11-12 Primer	250	1,5	6,25	0,1042

(Sumber: analisa perhitungan data)

c) Perhitungan t_c

Untuk nilai t_c dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$t_c = t_o + t_d$$

Perhitungan t_c untuk permukaan jalan ruas 1-4:

Diketahui:

$$t_o = 0,0287 \text{ jam}$$

$$t_d = 0,0208 \text{ jam}$$

$$t_c = 0,0287 + 0,0208 = 0,0495 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4. 34 berikut:

Tabel 4. 34 Hasil Perhitungan t_c Permukaan Jalan

Ruas	t_o Permukaan Jalan (jam)	td (jam)	t_c (jam)
Jalan 1-4 Tersier	0,0287	0,0208	0,0495
Jalan 2-4 Tersier	0,0122	0,0208	0,0330
Jalan 4-5 Sekunder	0,0228	0,0417	0,0645
Jalan 3-5 Tersier	0,0135	0,0208	0,0344
Jalan 5-8 Sekunder	0,0287	0,0417	0,0704
Jalan 6-8 Tersier	0,0135	0,0208	0,0344
Jalan 8-9 Primer	0,0287	0,0625	0,0912
Jalan 7-9 Tersier	0,0125	0,0208	0,0333
Jalan 9-11 Primer	0,0287	0,0833	0,1120
Jalan 10-11 Tersier	0,0119	0,0208	0,0327
Jalan 11-12 Primer	0,0287	0,1042	0,1329

(Sumber: analisa perhitungan data)

4.5.3 Waktu Konsentrasi Kawasan

Rumus yang digunakan untuk mencari nilai t_o kawasan sebagai berikut:

$$t_o = 1.44 \times \left(l_o \times \frac{nd}{\sqrt{S_o}} \right)^{0.467}$$

Dimana :

l_o = Jarak (melintang jalan dan berm) terjauh sampai kesaluran (m)

nd = angka kekasaran permukaan lahan

S_o = Kemiringan daerah pengaliran

Perhitungan t_o kawasan 1- 4:

$$\text{Aspal } t_o = 1.44 \times \left(50 \times \frac{0,02}{\sqrt{0,0004}} \right)^{0.467} = 3,92 \text{ menit} = 0,0653 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4. 35 berikut:

Tabel 4. 35 Hasil Perhitungan t_o Kawasan

Ruas	Ls (m)	nd	So	to (menit)	to (jam)
Jalan 1-4 Tersier	50	0,02	0,0060	3,92	0,0653
Jalan 2-4 Tersier	50	0,02	0,0060	3,92	0,0653
Jalan 4-5 Sekunder	100	0,02	0,0030	6,36	0,1060
Jalan 3-5 Tersier	50	0,02	0,0060	3,92	0,0653
Jalan 5-8 Sekunder	100	0,02	0,0030	6,36	0,1060
Jalan 6-8 Tersier	50	0,02	0,0060	3,92	0,0653
Jalan 8-9 Primer	150	0,02	0,0020	8,45	0,1409
Jalan 7-9 Tersier	50	0,02	0,0060	3,92	0,0653
Jalan 9-11 Primer	200	0,02	0,0015	10,34	0,1723
Jalan 10-11 Tersier	50	0,02	0,0060	3,92	0,0653
Jalan 11-12 Primer	250	0,02	0,0012	12,09	0,2015

(Sumber: analisa perhitungan data)

Perhitungan t_d kawasan 1- 4:

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V}$$

dimana:

L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

Diambil dari tabel 2.17 = 1,50 m/det

Perhitungan t_d untuk kawasan ruas 1- 4:

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V}$$

dimana :

Ls = Panjang lintasan alisan dalam saluran (m)

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

Perhitungan t_d untuk kawasan ruas 1- 4 :

$$t_d \text{ kawasan ruas 1- 4} = \frac{50}{60 \times 1,50} = 1,25 \text{ menit} = 0,0208 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.36 berikut:

Tabel 4. 36 Hasil Perhitungan t_d Kawasan

Ruas	Ls (m)	V (m/det)	td (m/det)	td (jam)
Jalan 1-4 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 2-4 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 4-5 Sekunder	100	1,5	2,5	0,0417
Jalan 3-5 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 5-8 Sekunder	100	1,5	2,5	0,0417
Jalan 6-8 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 8-9 Primer	150	1,5	3,75	0,0625
Jalan 7-9 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 9-11 Primer	200	1,5	5,0	0,0833
Jalan 10-11 Tersier	50	1,5	1,25	0,0208
Jalan 11-12 Primer	250	1,5	6,25	0,1042

(Sumber: analisa perhitungan data)

Perhitungan t_c kawasan 1- 4:

Untuk nilai t_c dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t_c = t_o + t_d$$

Perhitungan t_c untuk kawasan ruas 1- 4 :

Diket :

$$t_o = 0,0653 \text{ jam}$$

$$t_d = 0,0208 \text{ jam}$$

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_c = 0,0653 + 0,0208 = 0,0861 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4,37 berikut:

Tabel 4. 37 Hasil Perhitungan t_c Kawasan

Ruas	t_o Permukaan Jalan (jam)	t_d (jam)	t_c (jam)
Jalan 1-4 Tersier	0,0653	0,0208	0,0861
Jalan 2-4 Tersier	0,0653	0,0208	0,0861
Jalan 4-5 Sekunder	0,1060	0,0417	0,1477
Jalan 3-5 Tersier	0,0653	0,0208	0,0861
Jalan 5-8 Sekunder	0,1060	0,0417	0,1477
Jalan 6-8 Tersier	0,0653	0,0208	0,0861
Jalan 8-9 Primer	0,1409	0,0625	0,2034
Jalan 7-9 Tersier	0,0653	0,0208	0,0861
Jalan 9-11 Primer	0,1723	0,0833	0,2557
Jalan 10-11 Tersier	0,0653	0,0208	0,0861
Jalan 11-12 Primer	0,2015	0,1042	0,3056

(Sumber: analisa perhitungan data)

4.6 Analisa Intesitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah besarnya laju hujan rata-rata yang terjadi dalam kurun waktu tertentu, dimana air hujan tersebut berkonsentrasi, waktu konsentrasi adalah lamanya waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh di tempat terjauh dari suatu titik untuk mencapai titik tersebut. Dalam menganalisa keadaan lapangan, penulis membagi daerah studi menjadi beberapa ruas tinjau dari hulu ke hilir, Metode yang digunakan yaitu metode Mononobe. Metode ini dipakai apabila data yang tersedia hanya curah hujan harian saja (Suripin, 2004).

I = Intensitas curah hujan adalah besarnya laju hujan rata-rata yang terjadi dalam kurun waktu tertentu, dimana air hujan tersebut berkonsentrasi.

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

Dimana :

I = intenistas hujan (mm/jam)

t_c = lamanya hujan (jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm)

4.6.1 Intensitas Curah Hujan Sub DAS Kuranji

Untuk menghitung intensitas curah hujan sub DAS Kuranji periode ulang 5 tahun digunakan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm)

Sehingga,

$$I = \frac{163,40}{24} \times \left(\frac{24}{0,0495}\right)^{\frac{2}{3}} = 420,066 \text{ mm/jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.38 berikut

Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Sub DAS Kuranji

No	Periode Ulang (T)	R 24 (mm)	t_c (jam)	I (mm/jam)
1	2	163,40	0,0495	420,066
2	5	201,80	0,0495	518,780
3	10	221,91	0,0495	570,487
4	20	243,43	0,0495	625,802
5	100	257,11	0,0495	660,974

(Sumber: analisa perhitungan data)

4.6.2 Intensitas Curah Hujan Permukaan Jalan

Metode ini dipakai apabila data yang tersedia hanya curah hujan harian saja (suripin, 2004). Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

Intensitas curah hujan ruas jalan 1- 4 :

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

R24 = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm)

Sehingga,

$$I = \frac{201,80}{24} \times \left(\frac{24}{0,0495}\right)^{\frac{2}{3}} = 518,780 \text{ mm/jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.39 berikut:

Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Permukaan Jalan

Ruas	R24 (mm)	t_c (jam)	I (mm/jam)
Jalan 1-4 Tersier	201,80	0,0495	518,780
Jalan 2-4 Tersier	201,80	0,0330	680,085
Jalan 4-5 Sekunder	201,80	0,0645	435,163
Jalan 3-5 Tersier	201,80	0,0344	661,683
Jalan 5-8 Sekunder	201,80	0,0704	410,503
Jalan 6-8 Tersier	201,80	0,0344	661,683
Jalan 8-9 Primer	201,80	0,0912	345,319
Jalan 7-9 Tersier	201,80	0,0333	675,514
Jalan 9-11 Primer	201,80	0,1120	301,055
Jalan 10-11 Tersier	201,80	0,0327	684,069
Jalan 11-12 Primer	201,80	0,1329	268,696

(Sumber: analisa perhitungan data)

4.6.3 Intensitas Curah Hujan Pemukiman

Metode ini dipakai data yang tersedia hanya curah hujan harian saja (Suripin, 2004). Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

Perhitungan intensitas curah hujan permukiman ruas 1-4:

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t_c = lamanya hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)(mm)

Sehingga,

$$I = \frac{201,80}{24} x \left(\frac{24}{0,0861} \right)^{\frac{2}{3}} = 358,829 \text{ mm/jam}$$

Didapatlah intensitas curah hujan permukiman di ruas 1-4 sebesar 358,829 mm/jam

Tabel 4. 40 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Kawasan

Ruas	R24 (mm)	tc (jam)	I (mm/jam)
Jalan 1-4 Tersier	201,80	0,0861	358,829
Jalan 2-4 Tersier	201,80	0,0861	358,829
Jalan 4-5 Sekunder	201,80	0,1477	250,367
Jalan 3-5 Tersier	201,80	0,0861	358,829
Jalan 5-8 Sekunder	201,80	0,1477	250,367
Jalan 6-8 Tersier	201,80	0,0861	358,829
Jalan 8-9 Primer	201,80	0,2034	202,294
Jalan 7-9 Tersier	201,80	0,0861	358,829
Jalan 9-11 Primer	201,80	0,2557	173,676
Jalan 10-11 Tersier	201,80	0,0861	358,829
Jalan 11-12 Primer	201,80	0,3056	154,182

(Sumber: analisa perhitungan data)

4.7 Analisa Hidraulika

Dalam menghitung dimensi saluran drainase untuk kawasan Khatib Sulaiman ini direncanakan penampang saluran yang berbentuk segi empat, dengan pertimbangan saluran ini mampu menampung dan mengalirkan debit rencana saluran dan menghemat lahan serta mudah dalam pemeliharaan saluran. Pada perhitungan model saluran drainase kita harus mengetahui dasar dari perhitungan tersebut, diantaranya:

- 1) Menentukan hujan kawasan atau stasiun hujan yang dipakai untuk pengolahan data hujan dengan menggunakan metode pholygon thissen. Kemudian didapatlah jumlah stasiun hujan yang mempengaruhi pada daerah penelitian.
- 2) Menentukan hujan maksimum rata-rata dengan periode ulang 10 tahun terakhir pada stasiun hujan yang didapat dengan mengambil nilai curah hujan yang paling tinggi pada tahun tersebut.

- 3) Kemudian data hujan tersebut dihitung dengan analisa distribusi frekuensi hujan yang menggunakan 4 metode diantaranya metode distribusi normal, gumbel, log person III dan log normal.
- 4) Kemudian dari nilai distribusi frekuensi hujan tersebut dilakukan uji statistik yaitu chi kuadrat dan smirnov kolmogrov. Dengan mengambil nilai simpangan terkecil dari syarat kritisnya untuk dijadikan hujan rencananya.
- 5) Kemudian menghitung intensitas hujan dengan menggunakan metode monobe.
- 6) Menghitung debit rencana dengan menggunakan metode rasional.
- 7) Menghitung air buangan dan debit inflow.
- 8) Menentukan debit banjir rencana dengan menjumlahkan debit rencana, debit air kotor dan debit inflow.
- 9) Kemudian nilai debit banjir rencana digunakan untuk perhitungan pada evaluasi saluran dan penampang salurang yang cocok.

Dalam menghitung dimensi saluran digunakan asumsi sebagai berikut: nilai koefisien kekasaran Manning dipakai 0,020 (susunan batu dengan adukan semen dan diplester).

4.8 Analisis Debit Rencana

Debit rencana merupakan penjumlahan dari debit limpasan permukaan dan debit air kotor. Debit banjir rencana dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{br} = Q_{ah \text{ jalan}} + Q_{ah \text{ kawasan}} + Q_{ak} + Q_{inflow}$$

Dimana :

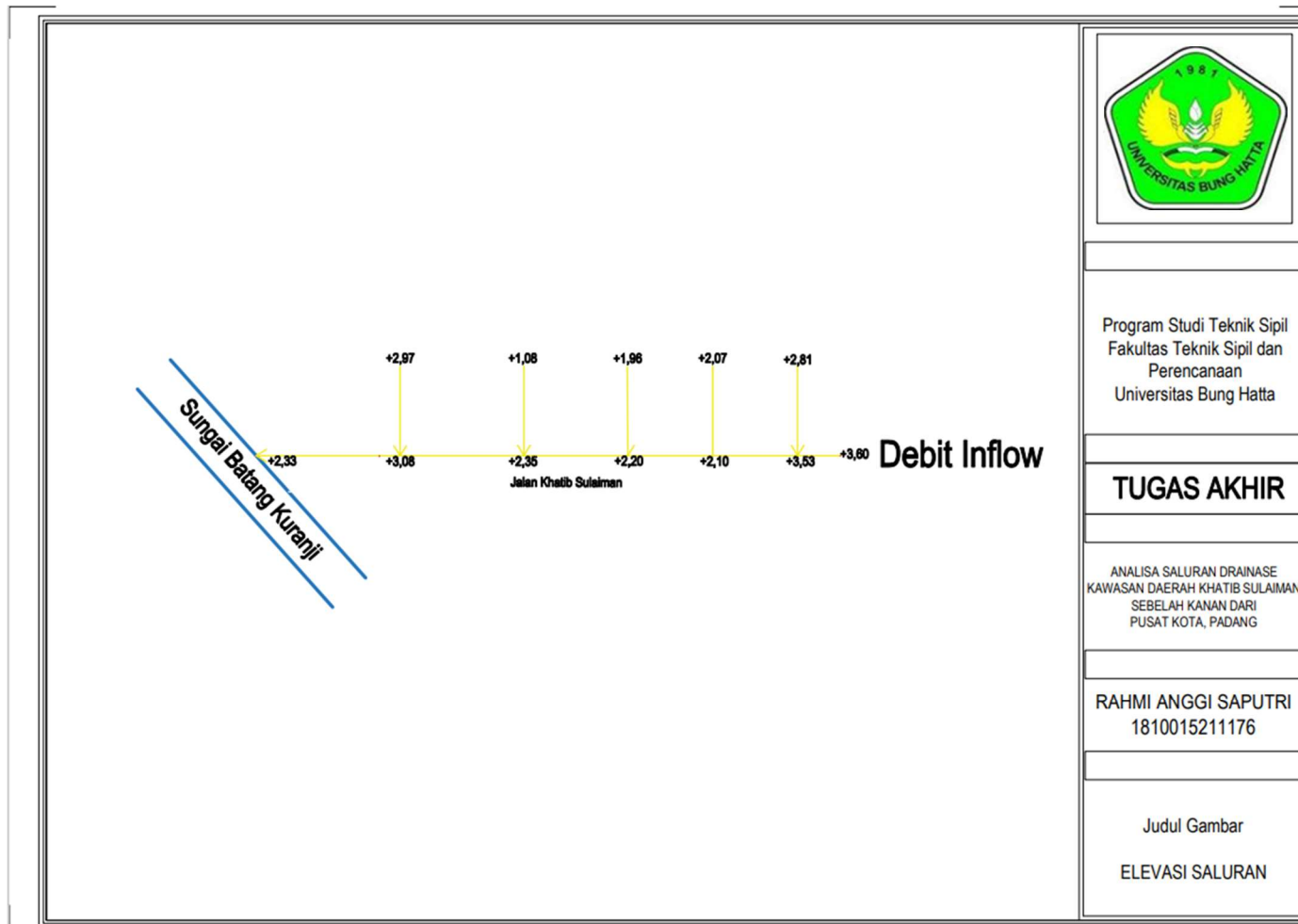
Q_{br} = debit banjir rencana

$Q_{ah \text{ jalan}}$ = debit banjir hujan permukaan jalan

$Q_{ah \text{ kawasan}}$ = debit air hujan kawasan

Q_{ak} = debit air kotor/air buangan

Q_{inflow} = debit aliran yang masuk pada saluran diluar *catchment area*.



Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Universitas Bung Hatta

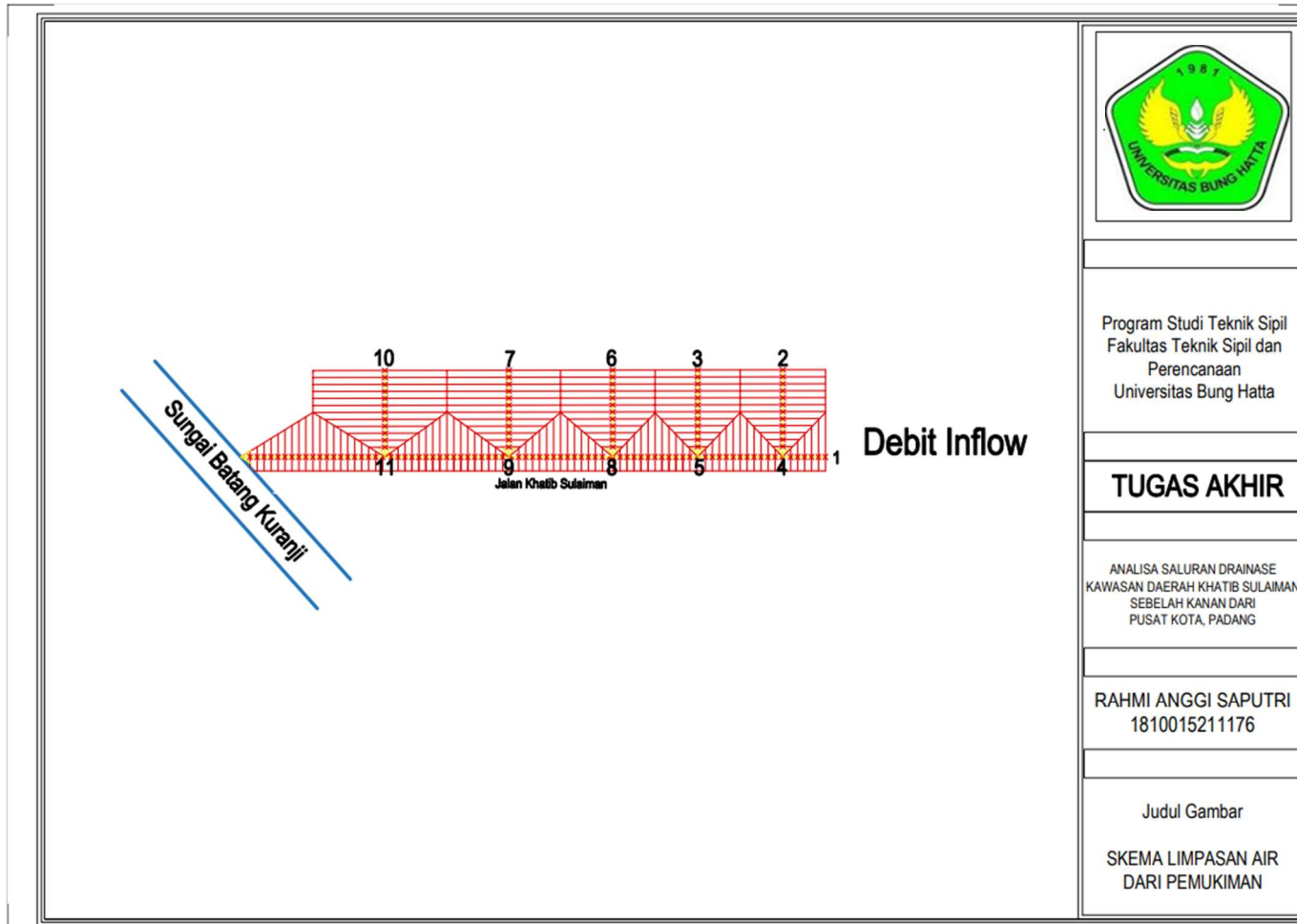
TUGAS AKHIR

ANALISA SALURAN DRAINASE
KAWASAN DAERAH KHATIB SULAIMAN
SEBELAH KANAN DARI
PUSAT KOTA, PADANG

RAHMI ANGGI SAPUTRI
1810015211176

Judul Gambar
ELEVASI SALURAN

Gambar 4. 3 Elevasi Saluran
(Sumber: Pengolahan Data)



Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Universitas Bung Hatta

TUGAS AKHIR

ANALISA SALURAN DRAINASE
KAWASAN DAERAH KHATIB SULAIMAN
SEBELAH KANAN DARI
PUSAT KOTA, PADANG

RAHMI ANGGI SAPUTRI
1810015211176

Judul Gambar
SKEMA LIMPASAN AIR
DARI PEMUKIMAN

Gambar 4. 4 Skema Limpasan Air Dari Pemukiman
(Sumber: Pengolahan Data)

4.8.1 Debit Limpasan

Debit rencana untuk daerah perkotaan umumnya dikehendaki pembuangan air yang secepatnya, besarnya debit rancangan dapat dihitung dengan menggunakan metode rasional (Lubis, 2016).

a) Debit Limpasan Permukaan Jalan

Untuk menghitung debit air limpasan pada penelitian ini dapat digunakan metode rasional menggunakan rumus sebagai berikut:

Perhitungan debit limpasan permukaan jalan ruas drainase tersier 1- 4:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Diketahui,

Qah = debit air hujan (m³/det)

F = 0,278

I = 518,780 mm/jam

A = 0,0014 km²

Dimana koefisien limpasan permukaan jalan ruas 1-4 didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{(C1 \times A1) + (C2 \times A2)}{(A1 + A2)}$$

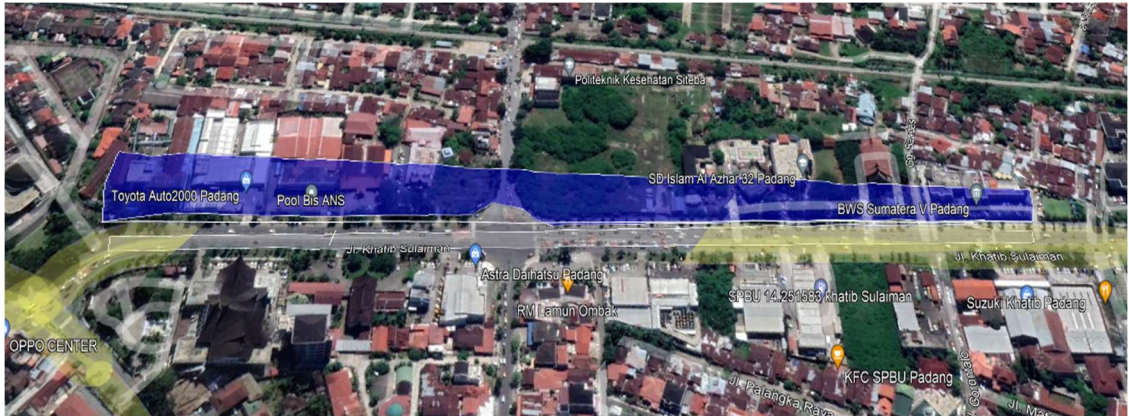
Dimana :

C1 = koefisien aspal = 0,7 (diambil dari tebl 2.11)

C2 = koefisien Berm = 0,7 (diambil dari tabel 2.11)

A1 = Lebar aspal = 9,6 m

A2 = Lebar Berm = 0,75 mm



Gambar 4. 5 Kawasan yang Diteliti
(Sumber Google Earth Pro, 2023)

Maka,

$$C = \frac{(0,7 \times 9,6) + (0,7 \times 0,75)}{(9,6 + 0,75)} = 0,7$$

Jadi, didapatlah koefisien limpasan untuk ruas jalan 1-4 sebesar 0,7.

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.41 berikut:

Tabel 4. 41 Tabel Koefisien Limpasan Permukaan Jalan

Ruas	Lebar Jalan (m)	Koef. Aspal (C)	Lebar Berm (m)	Koef. Berm (C)	Koef. Jalan (C)
Jalan 1-4 Tersier	9,6	0,7	0,75	0,7	0,7
Jalan 2-4 Tersier	2,5	0,7	0	0,7	0,7
Jalan 4-5 Sekunder	9,6	0,7	0	0,7	0,7
Jalan 3-5 Tersier	3,15	0,7	0	0,7	0,7
Jalan 5-8 Sekunder	9,6	0,7	0	0,7	0,7
Jalan 6-8 Tersier	3,15	0,7	0	0,7	0,7
Jalan 8-9 Primer	9,6	0,7	0,75	0,7	0,7
Jalan 7-9 Tersier	2,65	0,7	0	0,7	0,7
Jalan 9-11 Primer	9,6	0,7	0,75	0,7	0,7
Jalan 10-11 Tersier	2,375	0,7	0	0,7	0,7
Jalan 11-12 Primer	9,6	0,7	0,75	0,7	0,7

(Sumber: analisa perhitungan data)

Sehingga,

$$Q = 0,278 \times 0,70 \times 518,780 \times 0,00025$$

$$= 0,0252 \text{ m}^3/\text{det}$$

Maka didapatlah debit limpasan permukaan jalan ruas 1-4 sebesar 0,04 m³/det.

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4. 42 berikut:

Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Debit Permukaan Jalan

No	Ruas	F	C	I (mm/jam)	A (Km2)	Q (m3/dt)
1	Jalan 1-4 Tersier	0,278	0,7	518,780	0,00025	0,0252
2	Jalan 2-4 Tersier	0,278	0,7	680,085	0,00005	0,0066
3	Jalan 4-5 Sekunder	0,278	0,7	435,163	0,00015	0,0127
4	Jalan 3-5 Tersier	0,278	0,7	661,683	0,00005	0,0064
5	Jalan 5-8 Sekunder	0,278	0,7	410,503	0,00015	0,0120
6	Jalan 6-8 Tersier	0,278	0,7	661,683	0,00005	0,0064
7	Jalan 8-9 Primer	0,278	0,7	345,319	0,00025	0,0168
8	Jalan 7-9 Tersier	0,278	0,7	675,514	0,00005	0,0066
9	Jalan 9-11 Primer	0,278	0,7	301,055	0,00025	0,0146
10	Jalan 10-11 Tersier	0,278	0,7	684,069	0,00005	0,0067
11	Jalan 11-12 Primer	0,278	0,7	268,696	0,00025	0,0131

(Sumber: analisa perhitungan data)

b) Debit Limpasan Permukiman

Untuk menghitung debit air limpasan pada penelitian ini dapat digunakan metode rasional menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

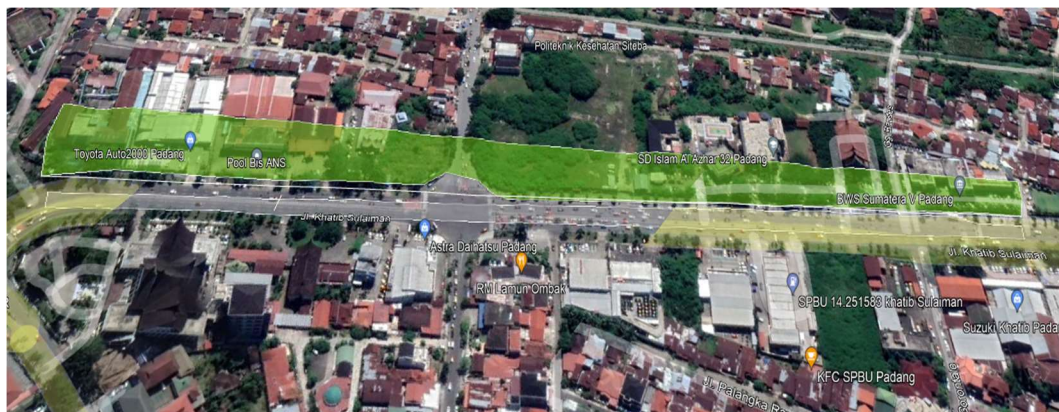
Dimana :

Qah = debit air hujan (m³/det)

C = 0,10 (koefisien Limpasan didapat dari tabel 2.10)

I = 358,829 mm/jam

A = 0,0031 km²



Gambar 4. 6 Kawasan yang Diteliti
(Sumber Google Earth Pro, 2023)

$$Q = 0,278 \times 0,10 \times 358,829 \times 0,00031$$

$$= 0,003 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4. 43 berikut:

Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Debit Permukiman

No	Ruas Drainase	F	C	I (mm/jam)	A (Km ²)	Q (m ³ /dt)
1	Jalan 1-4					
	Kantor	0,278	0,75	358,829	0,036	2,693
	halaman	0,278	0,13	358,829	0,0015	0,019
Total Debit Ruas Jalan 1-12						2,713
2	Jalan 2-4					
	Permukiman	0,278	0,20	358,829	0,002	0,040
Total Debit Ruas Jalan 2-4						0,040
3	Jalan 4-5					
	sekolah	0,278	0,75	250,367	0,012	0,626
Total Debit Ruas Jalan 4-5						0,626
4	Jalan 3-5					
	Lahan Kosong	0,278	0,10	358,829	0,0375	0,374
Total Debit Ruas Jalan 3-5						0,374
5	Jalan 5-8					
	Lahan Kosong	0,278	0,10	250,367	0,0262	0,182
Total Debit Ruas Jalan 5-8						0,182
6	Jalan 6-8					
	Kantor	0,278	0,75	358,829	0,0029	0,217
Total Debit Ruas Jalan 6-8						0,217
7	Jalan 8-9					
	Halaman	0,278	0,13	202,294	0,0013	0,010
Total Debit Ruas Jalan 7-9						0,010
8	Jalan 7-9					
	Kantor	0,278	0,75	358,829	0,0035	0,262
Total Debit Ruas Jalan 7-9						0,262
9	Jalan 9-11					
	Perusahaan	0,278	0,75	173,676	0,0095	0,344
Total Debit Ruas Jalan 9-11						0,344
10	Jalan 10-11					
	Kantor	0,278	0,75	358,829	0,028	2,095
	Permukiman	0,278	0,20	358,829	0,0031	0,062
Total Debit Ruas Jalan 10-11						2,157
11	Jalan 11-12					
	Permukiman	0,278	0,75	154,182	0,0031	0,100
	Halaman	0,278	0,13	154,182	0,0009	0,005
Total Debit Ruas Jalan 11-12						0,105
Debit Total						7,029

(Sumber: analisa perhitungan data)

4.8.2 Debit Air Kotor

Untuk perhitungan debit air buangan banyak bangunan dihitung dari pemetaan google earth dan survey lapangan.

Tabel 4. 44 Data Hasil Survey Lapangan

No	Ruas Jalan	Jenis Bangunan	Jumlah	orang/unit
1	Jalan 1-4 Tersier	Kantor	1	25
		Halaman	1	-
2	Jalan 2-4 Tersier	Rumah Tinggal	3	5
3	Jalan 4-5 Sekunder	Sekolah	1	1500
4	Jalan 3-5 Tersier	Lahan Kosong	1	-
5	Jalan 5-8 Sekunder	Lahan Kosong	1	-
6	Jalan 6-8 Tersier	Kantor	1	25
7	Jalan 8-9 Primer	Halaman	1	-
8	Jalan 7-9 Tersier	Kantor	1	25
9	Jalan 9-11 Primer	Perusahaan	1	25
10	Jalan 10-11 Tersier	Kantor	1	25
		Perusahaan	1	25
11	Jalan 11-12 Primer	Rumah Tinggal	3	5
		Halaman	1	-

(Sumber: analisa perhitungan data)

Debit masing-masing saluran dapat dihitung :

Pemakaian air rata-rata dapat dari tabel SNI 03-6481-2000

1. Ruas Jalan 1-4

-Kantor

Jumlah pegawai = 25 orang

Perhitungan banyak pegawai

$P = \text{banyak kantor (n)} \times \text{jumlah pegawai}$

$$= 1 \times 25$$

$$= 25 \text{ orang}$$

Kebutuhan air beriah kantor :

Pemakaian air rata-rata kantor (q) = 10 pegawai/hari

Jangka waktu pemakaian rata-rata = 8 jam

$Q_{ab} = \text{jumlah pegawai} \times q$

$$= 25 \times 10 \text{ lt/pegawai/hari}$$

$$= \frac{25 \times 10}{1000 \times 8 \times 3600} = 0,0000086 \text{ m}^3/\text{det}$$

Produksi air limbah (air kotor) :

Debit air kotor yang dibuang ke saluran 80 % dari air bersih

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= 80 \% Q_{ab} \\ &= 80 \% \times 0,0000086 \\ &= 0,000069 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

2. Ruas Jalan 2-4

-Rumah tinggal

Jumlah penghuni rata-rata 1 rumah = 5 orang

Perhitungan banyak penghuni/penduduk daerah drainase A :

$$\begin{aligned} P &= \text{banyak rumah (n)} \times 5 \\ &= 3 \times 5 \\ &= 15 \text{ orang} \end{aligned}$$

Kebutuhan air bersih di rumah tinggal :

Pemakaian air rata-rata perumahan (q) = 250 lt/orang/hari

Jangka waktu pemakaian air rata-rata = 8 jam

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= \text{jumlah penduduk (blok A)} \times q \\ &= 15 \times 250 \text{ lt/orang/hari} \\ &= \frac{15 \times 250}{1000 \times 8 \times 3600} = 0,00013 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Produksi air limbah (air kotor)

Debit air kotor yang dibuang ke saluran 80% dari air bersih

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= 80\% \times Q_{ab} \\ &= 80 \% \times 0,000043 \text{ m}^3/\text{det} \\ &= 0,000104 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

3. Ruas Jalan 4-5

-Sekolah

Jumlah mahasiswa = 1500 orang

Perhitungan banyak siswa :

$$\begin{aligned} P &= \text{banyak siswa (n)} \times \text{jumlah siswa} \\ &= 1 \times 1500 \\ &= 1500 \text{ orang} \end{aligned}$$

Kebutuhan air bersih di Sekolah :

Pemakaian rata-rata Sekolah (q) = 80 lt/siswa/hari

Jangka waktu pemakaian air rata-rata = 8 jam

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= \text{jumlah mahasiswa} \times q \\ &= 1500 \times 80 \text{ lt/mahasiswa/hari} \\ &= \frac{1500 \times 80}{1000 \times 8 \times 3600} = 0,00416 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

Produksi air limbah (air kotor)

Debit air kotor yang dibuang ke saluran 80 % dari air bersih

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= 80 \% \times Q_{ab} \\ &= 80 \% \times 0,00416 \\ &= 0,00333 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

4. Ruas Jalan 6-8

-Kantor

Jumlah pegawai = 25 orang

Perhitungan banyak pegawai :

$$\begin{aligned} P &= \text{banyak kantor (n)} \times \text{jumlah pegawai} \\ &= 1 \times 25 \\ &= 25 \text{ orang} \end{aligned}$$

Kebutuhan air bersih dikantor :

$$\begin{aligned} P &= \text{banyak kantor (n)} \times \text{jumlah pegawai} \\ &= 1 \times 25 \\ &= 25 \end{aligned}$$

Kebutuhan air bersih di kantor :

Pemakaian rata-rata kantor (q) = 10 lt/pegawai/hari

Jangka waktu pemakaian rata-rata = 8 jam

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= \text{jumlah pegawai} \times q \\ &= 25 \times 10 \text{ lt/pegawai/hari} \\ &= \frac{25 \times 10}{1000 \times 8 \times 3600} = 0,0000086 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Produksi air limbah (air kotor) :

Debit air kotor yang dibuang ke saluran 80 % dari air bersih

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= 80 \% \times Q_{ab} \\ &= 80 \% \times 0,0000086 \\ &= 0,0000069 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

5. Ruas Jalan 7-9

-Kantor

Jumlah pegawai = 25 orang

Perhitungan banyak pegawai :

$$\begin{aligned} P &= \text{banyak kantor (n) x jumlah pegawai} \\ &= 1 \times 25 \\ &= 25 \text{ orang} \end{aligned}$$

Kebutuhan air bersih di kantor :

Pemakaian air rata-rata kantor (q) = 10 lt/pegawai/hari

Jangka waktu pemakaian rata-rata = 8 jam

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= \text{jumlah} \times q \\ &= 25 \times 10 \text{ lt/pegawai/hari} \\ &= \frac{25 \times 10}{1000 \times 8 \times 3600} = 0,0000086 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Produksi air limbah (air kotor) :

Debit air kotor yang dibuang ke saluran 80% dari air bersih

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= 80 \% \times Q_{ab} \\ &= 80\% \times 0,0000086 \\ &= 0,0000069 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

6. Ruas Jalan 9-11

-Kantor

Jumlah pegawai = 25 orang

Perhitungan banyak pegawai

$$\begin{aligned} P &= \text{banyak kantor (n) x jumlah pegawai} \\ &= 1 \times 25 \\ &= 25 \text{ orang} \end{aligned}$$

Kebutuhan air bersih kantor :

Pemakaian air rata-rata kantor (q) = 10 pegawai/hari

Jangka waktu pemakaian rata-rata = 8 jam

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= \text{jumlah pegawai} \times q \\ &= 25 \times 10 \text{ lt/pegawai/hari} \\ &= \frac{25 \times 10}{1000 \times 8 \times 3600} = 0,0000086 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Produksi air limbah (air kotor) :

Debit air kotor yang dibuang ke saluran 80 % dari air bersih

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= 80 \% Q_{ab} \\ &= 80 \% \times 0,0000086 \\ &= 0,0000069 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

7. Ruas Jalan 10-11

-Kantor

Jumlah pegawai = 25 orang

Perhitungan banyak pegawai

$$\begin{aligned} P &= \text{banyak kantor (n)} \times \text{jumlah pegawai} \\ &= 2 \times 25 \\ &= 50 \text{ orang} \end{aligned}$$

Kebutuhan air beriah kantor :

Pemakaian air rata-rata kantor (q) = 10 pegawai/hari

Jangka waktu pemakaian rata-rata = 8 jam

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= \text{jumlah pegawai} \times q \\ &= 50 \times 10 \text{ lt/pegawai/hari} \\ &= \frac{50 \times 10}{1000 \times 8 \times 3600} = 0,0000173 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Produksi air limbah (air kotor) :

Debit air kotor yang dibuang ke saluran 80 % dari air bersih

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= 80 \% Q_{ab} \\ &= 80 \% \times 0,0000173 \\ &= 0,0000138 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

8. Ruas Jalan 11-12

-Rumah tinggal

Jumlah penghuni rata-rata 1 rumah = 5 orang

Perhitungan banyak penghuni/penduduk daerah drainase A :

$$\begin{aligned} P &= \text{banyak rumah (n)} \times 5 \\ &= 3 \times 5 \\ &= 15 \text{ orang} \end{aligned}$$

Kebutuhan air bersih di rumah tinggal :

Pemakaian air rata-rata perumahan (q) = 250 lt/orang/hari

Jangka waktu pemakaian air rata –rata = 8 jam

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= \text{jumlah penduduk (blok A)} \times q \\ &= 15 \times 250 \text{ lt/orang/hari} \\ &= \frac{15 \times 250}{1000 \times 8 \times 3600} = 0,00013 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

Produksi air limbah (air kotor)

Debit air kotor yang dibuang ke saluran 80% dari air bersih

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= 80\% \times Q_{ab} \\ &= 80\% \times 0,00013 \text{ m}^3/\text{det} \\ &= 0,000104 \text{ m}^3/\text{det.} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan air kotor selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4. 45 berikut:

Tabel 4. 45 Hasil Perhitungan Debit Air Kotor

No	Ruas Jalan	Jenis Bangunan	Jumlah	orang/unit	Pemakaian air	Satuan	Qab (m ³ /det)	Qak (m ³ /det)	Σ Qak (m ³ /det)
1	(Jalan 1-4)	Kantor	1	25	10	Liter/pegawai/hari	0,0000086	0,0000069	0,0000069
2	(Jalan 2-4)	Rumah Tinggal	3	5	250	Liter/orang/hari	0,00013	0,000104	0,000104
3	(Jalan 4-5)	Sekolah	1	1500	80	Liter/siswa/hari	0,00416	0,0033	0,0033
4	(Jalan 3-5)	Lahan Kosong	1	-	-		0		
5	(Jalan 5-8)	Lahan Kosong	1	-	-		0		
6	(Jalan 6-8)	Kantor	1	-	-		0		
7	(Jalan 7-9)	Kantor	1	25	10	Liter/pegawai/hari	0,0000086	0,0000069	0,0000069
8	(Jalan 9-11)	Kantor	1	25	10	Liter/pegawai/hari	0,0000086	0,0000069	0,0000069
9	(Jalan 10-11)	Kantor	2	25	10	Liter/pegawai/hari	0,000026	0,0000208	0,0000208
10	(Jalan 11-12)	Rumah Tinggal	3	5	250	Liter/orang/hari	0,00013	0,000104	0,000104
Total Debit Air Kotor									0,00355

(Sumber: analisa perhitungan data)

4.8.3 Debit *Inflow*

Dalam konteks drainase adalah debit air yang masuk kedalam saluran yang ditinjau, terdiri dari debit yang masuk dari saluran yang ditinjau 1,1 km dari kawasan, melalui saluran primer yang ada akan dibuang ke sungai Kuranji.

$$\text{Panjang saluran} = 0,25 \text{ km}$$

$$\text{Elevasi hulu} = 2,56 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi hilir} = 1,652 \text{ m}$$

Luas penampang

$$A = b \times h$$

$$= 2,0 \times 1,00$$

$$= 2,00 \text{ m}^2$$

Keliling basah saluran

$$P = b + 2h$$

$$= 2,0 + 2(1,00)$$

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

Jari-jari hidrolis

$$R = A/P$$

$$= \frac{2,00}{4,00}$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

Kemiringan saluran

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

$$= \frac{2,56 - 1,652}{700}$$

$$= 0,0013$$

Kecepatan aliran

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,02} \times 0,5^{2/3} \times 0,0013^{1/2}$$

$$= 1,13 \text{ m/det}$$

Debit

$$Q = A \times V$$

$$= 2,0 \times 1,13 = 2,269 \text{ m}^3/\text{det} .$$

4.8.4 Analisa Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan penjumlahan dari debit limpasan permukaan dan debit air kotor. Debit banjir rencana dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{br} = Q_{ah \text{ jalan}} + Q_{ah \text{ kawasan}} + Q_{ak} + Q_{inflow}$$

Dimana :

Q_{br} = debit banjir rencana

$Q_{ah \text{ jalan}}$ = debit air hujan jalan

$Q_{ah \text{ kawasan}}$ = debit air kawasan

Q_{ak} = debit air kotor/ air buangan

Q_{inflow} = debit air yang masuk diluar daerah yang diteliti

Diketahui,

$$Q_{br} = Q_{ah \text{ jalan}} + Q_{ah \text{ kawasan}} + Q_{ak} + Q_{inflow}$$

Tabel 4. 46 Debit Dari Setiap Ruas Saluran

Ruas Jalan	Q sal (m3/det)	Q inflow (m3/det)		Q Total (m3/det)
		Q Inflow 1	Q Inflow 2	
Jalan 1-4 Tersier	Q 1-4	-	-	Q 1-4
Jalan 2-4 Tersier	Q 2-4	-	-	Q 2-4
Jalan 4-5 Sekunder	Q 4-5	Q 1-4	Q 2-4	Q 4-5
Jalan 3-5 Tersier	Q 3-5	-	-	Q 3-5
Jalan 5-8 Sekunder	Q 5-8	Q 4-5	Q 3-5	Q 5-8
Jalan 6-8 Tersier	Q 6-8	-	-	Q 6-8
Jalan 8-9 Primer	Q 8-9	Q 5-8	Q 6-8	Q 8-9
Jalan 7-9 Tersier	Q 7-9	-	-	Q 7-9
Jalan 9-11 Primer	Q 9-11	Q 8-9	Q 7-9	Q 9-11
Jalan 10-11 Tersier	Q 10-11	-	-	Q 10-11
Jalan 11-12 Primer	Q 11-12	Q 10-11	-	Q 11-12

(Sumber: analisa perhitungan data)

Tabel 4. 47 Debit Yang Masuk Dari Setiap Ruas Saluran

Ruas Jalan	Q sal (m3/det)	Q inflow (m3/det)		Q Total (m3/det)
		Q Inflow 1	Q Inflow 2	
Jalan 1-4 Tersier	1,4880	0,0000	0,0000	1,4880
Jalan 2-4 Tersier	0,4317	0,0000	0,0000	0,4317
Jalan 4-5 Sekunder	0,3348	1,4880	0,4317	2,2546
Jalan 3-5 Tersier	1,2138	0,0000	0,0000	1,2138
Jalan 5-8 Sekunder	0,7297	2,2546	1,2138	4,1981
Jalan 6-8 Tersier	0,7954	0,0000	0,0000	0,7954
Jalan 8-9 Primer	0,9856	4,1981	0,7954	5,9791
Jalan 7-9 Tersier	0,0482	0,0000	0,0000	0,0482
Jalan 9-11 Primer	1,9816	5,9791	0,0482	8,0089
Jalan 10-11 Tersier	2,1083	0,0000	0,0000	2,1083
Jalan 11-12 Primer	2,1822	2,1083	0,0000	4,2905

(Sumber: analisa perhitungan data)

Perhitungan debit aliran yang dilayani saluran dapat dilihat pada tabel 4. 48 berikut:

Tabel 4. 48 Debit Banjir Rencana

No	Ruas Drainase	Q Permukaan Jalan (m3/det)	Q Kawasan (m3/det)	Q air kotor (m3/det)	Q inflow (m3/det)	Q rencana (m3/det)
1	Jalan 1-4 Tersier	0,025	2,713	0,0000069	1,488	4,226
2	Jalan 2-4 Tersier	0,007	0,040	0,000104	0,432	0,478
3	Jalan 4-5 Sekunder	0,013	0,626	0,0033	2,255	2,897
4	Jalan 3-5 Tersier	0,006	0,374	0	1,214	1,594
5	Jalan 5-8 Sekunder	0,012	0,182	0	4,198	4,392
6	Jalan 6-8 Tersier	0,006	0,217	0	0,795	1,019
7	Jalan 8-9 Primer	0,017	0,010	0,0000069	5,979	6,005
8	Jalan 7-9 Tersier	0,007	0,262	0,0000069	0,048	0,317
9	Jalan 9-11 Primer	0,015	0,344	0,0000208	8,009	8,368
10	Jalan 10-11 Tersier	0,007	2,157	0,000104	2,108	4,272
11	Jalan 11-12 Primer	0,013	0,105	0,0035495	4,290	4,412

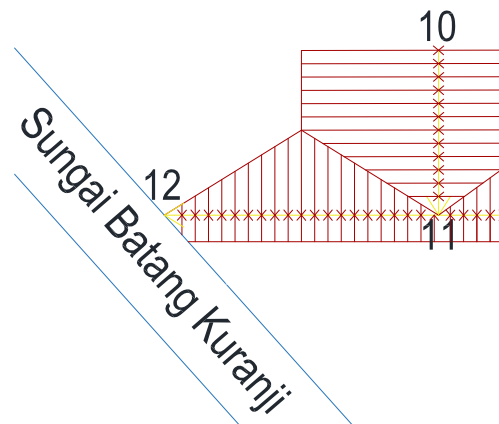
(Sumber: analisa perhitungan data)

4.9 Perhitungan Dimensi Saluran

Debit rencana yang digunakan adalah debit dari hasil perhitungan drainase primer 11-12 menggunakan metode Rasioncval. Dari perhitungan didapatkan nilai Q sebesar 4,412 m³/detik.

Penampang hidrolis saluran segi empat:

Diketahui:



$$Q = 0,8841 \text{ m}^3/\text{detik.}$$

$$n = 0,020 \text{ (Koefisien Manning)}$$

$$S = 0,00043 \quad b = 2,0 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ (Trial and error)}$$

Perhitungan dilakukan dengan cara (*Trial and error*) sehingga didapatkan nilai sebagai berikut:

- Luas Penampang Basah

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 2,0 \times 0,6 \\ &= 1,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Keliling Basah Saluran (P)

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 2,0 + (2 \times 0,6) \\ &= 3,2 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jari-jari Hidrolis (R)

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

$$= \frac{1,4}{3,4}$$

$$= 0,3750 \text{ m}$$

- Kecepatan Aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,02} \cdot 0,3750^{\frac{2}{3}} \cdot 0,00043^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0,5392 \text{ m/detik}$$

- Freeboard

Umumnya 0,15 m – 0,6 m (Ir. Haryano Sukarto, M.Si, Drainase Perkotaan, DPU) ambil $f = 0,3$ m. Maka tinggi saluran

- Tinggi Saluran (H)

$$H = h + f$$

$$= 0,6 + 0,3$$

$$= 0,9 \text{ m}$$

- Debit (Q)

$$Q = A \times V$$

$$= 1,2 \text{ m} \times 0,5392 \text{ m/detik}$$

$$= 0,6470 \text{ m}^3/\text{detik} < Q_{\text{lama}} = 0,8034 \text{ m}^3/\text{detik} \dots \dots (\text{Belum Oke!!!})$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama yaitu menggunakan cara (*Trial and error*) untuk menentukan nilai h yang tepat untuk saluran tersebut. Berikut penulis lampirkan hasil perhitungan metode coba-coba menggunakan aplikasi Microsoft excel.

Tabel 4. 49 Hasil Perhitungan Penampnag Menggunakan (*Trial and error*)

Ruas	n	s	h	b	f	H	A	P	R	V	Q lama	Q baru
11 – 12	0,020	0,00043	0,50	2,00	0,30	0,80	1,00	3,00	0,3333	0,4985	0,8034	0,4985
11 – 12	0,020	0,00043	0,55	2,00	0,30	0,85	1,10	3,10	0,3548	0,5197	0,8034	0,5716
11 – 12	0,020	0,00043	0,60	2,00	0,30	0,90	1,20	3,20	0,3750	0,5392	0,8034	0,6470
11 – 12	0,020	0,00043	0,65	2,00	0,30	0,95	1,30	3,30	0,3939	0,5572	0,8034	0,7243
11 – 12	0,020	0,00043	0,70	2,00	0,30	1,00	1,40	3,40	0,4118	0,5739	0,8034	0,8034
11 – 12	0,020	0,00043	0,75	2,00	0,30	1,05	1,50	3,50	0,4286	0,5894	0,8034	0,8841
11 – 12	0,020	0,00043	0,80	2,00	0,30	1,10	1,60	3,60	0,4444	0,6038	0,8034	0,9661
11 – 12	0,020	0,00043	0,85	2,00	0,30	1,15	1,70	3,70	0,4595	0,6174	0,8034	1,0495
11 – 12	0,020	0,00043	0,90	2,00	0,30	1,20	1,80	3,80	0,4737	0,6300	0,8034	1,1341
11 – 12	0,020	0,00043	0,95	2,00	0,30	1,25	1,90	3,90	0,4872	0,6419	0,8034	1,2197
11 – 12	0,020	0,00043	1,00	2,00	0,30	1,30	2,00	4,00	0,5000	0,6532	0,8034	1,3063

(Sumber: analisa perhitungan data)

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode coba-coba seperti pada tabel diatas, didapatkan nilai h yang mendekati dengan Q rencana yaitu sebesar 0,75 m, serta penampang yang cocok untuk mengaliri debit sebesar 0,8034 m³/detik untuk ruas 1-4 di ruas Drainase Khatib Sulaiman.

- Luas Penampang Basah

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 2,0 \times 0,75 \\ &= 1,50 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Keliling Basah Saluran (P)

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 2,0 + (2 \times 0,75) \\ &= 3,50 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jari-jari Hidrolis (R)

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{1,5}{3,5} \\ &= 0,4286 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kecepatan Aliran (V)

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \\ V &= \frac{1}{0,02} \cdot 0,4286^{\frac{2}{3}} \cdot 0,00043^{\frac{1}{2}} \\ &= 0,5894 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

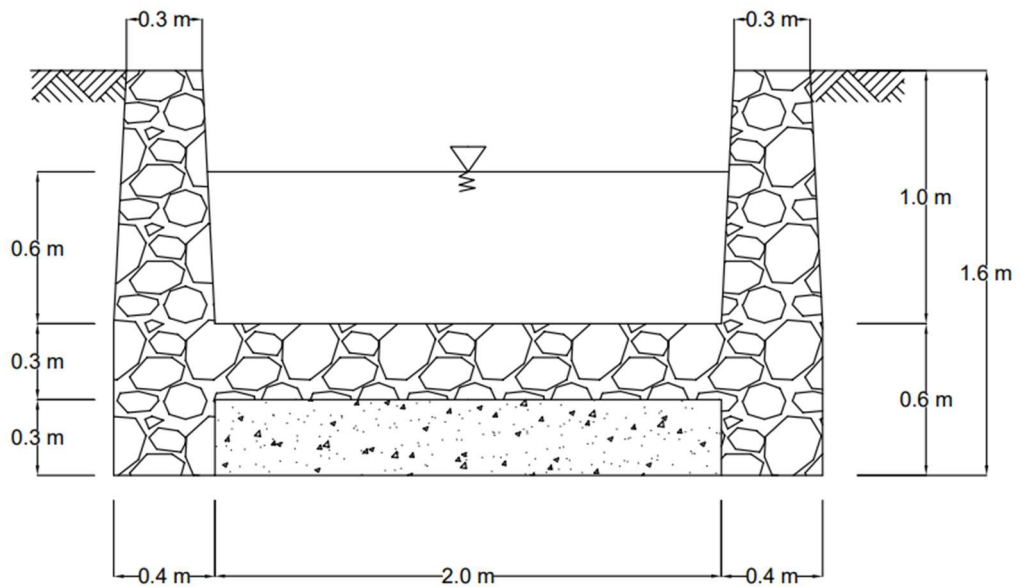
- Freeboard, umumnya 0,15 m – 0,6 m (Ir. Haryano Sukarto, M.Si, Drainase Perkotaan, DPU) ambil f = 0,3 m. Maka tinggi saluran,

- Tinggi Saluran (H)

$$\begin{aligned} H &= h + f \\ &= 0,75 + 0,3 \\ &= 1,05 \text{ m} \end{aligned}$$

- Debit (Q)

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ &= 1,5 \text{ m} \times 0,5894 \text{ m/detik} \\ &= 0,8841 \text{ m}^3/\text{detik} > \text{ atau mendekati } Q_{\text{lama}} = 0,8034 \text{ m}^3/\text{detik} \dots\dots(\text{OK!!}) \end{aligned}$$



Gambar 4. 7 Penampang Saluran Drainase Ruas Jalan 11-12

Untuk perhitungan dimensi saluran pada tiap ruas drainase di kawasan Khatib Sulaiman dengan menggunakan metode coba-coba dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 50 Hasil Perhitungan Penampang Menggunakan (*Trial and error*)

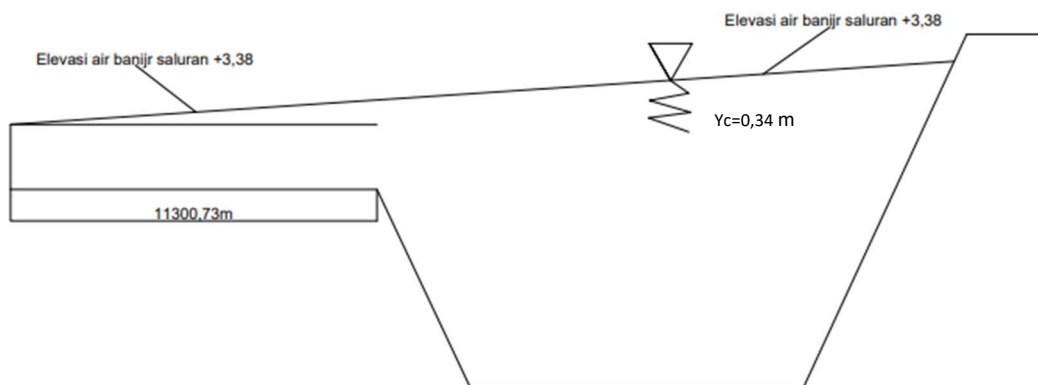
Ruas	n	s	h	b	f	H	A	P	R	V	Q lama	Q baru
1-4 Tersier	0,020	0,00064	0,70	1,90	0,30	1,00	1,330	3,30	0,4030	0,6902	0,8971	0,9179
2-4 Tersier	0,020	0,01020	0,50	0,50	0,30	0,80	0,250	2,10	0,1190	1,2220	0,3055	0,3055
4-5 Sekunder	0,020	0,00410	0,90	1,90	0,30	1,20	1,710	4,30	0,3977	1,7313	2,9606	2,9606
3-5 Tersier	0,020	0,00510	0,55	1,00	0,30	0,85	0,550	2,70	0,2037	1,2362	0,5940	0,6799
5-8 Sekunder	0,020	0,00330	0,95	1,90	0,30	1,25	1,805	4,40	0,4102	1,5858	2,6561	2,8623
6-8 Tersier	0,020	0,00438	0,50	0,50	0,30	0,80	0,250	2,10	0,1190	0,8008	0,2002	0,2002
8-9 Primer	0,020	0,0030	0,90	1,90	0,30	1,20	1,710	4,30	0,3977	1,4810	2,5325	2,5325
7-9 Tersier	0,020	0,0333	0,30	0,40	0,30	0,60	0,120	1,60	0,0750	1,6227	0,1083	0,1947
9-11 Primer	0,020	0,0016	0,70	2,00	0,30	1,00	1,400	4,00	0,3500	0,9933	1,3906	1,3906
10-11 Tersier	0,020	0,0022	0,70	2,00	0,30	1,00	1,400	4,00	0,3500	1,1647	1,6306	1,6306
11-12 Primer	0,020	0,00043	0,75	2,00	0,30	1,05	1,50	3,50	0,4286	0,5894	0,8034	0,8841

(Sumber: analisa perhitungan data)

4.10 Perhitungan Air Balik (*Back Water*)

Debit air dari saluran yang masuk ke sungai Batang Kuranji. Untuk menentukan apakah terjadi *back water* pada saluran drainase ketika masuk ke sungai Batang Kuranji, maka perlu di hitung analisa pengaruh aliran balik / *back water* dari sungai Batang Kuranji terhadap Saluran.

Metode perhitungan dikerjakan dengan menggunakan metode tahapan langsung (*direct step method*) metode ini adalah cara yang mudah untuk menentukan profil muka air pada aliran tidak permanen atau aliran tidak tetap berubah lambat laun (*gradually varied unsteady flow*)



Gambar 4. 8 *Back Water* Saluran

Selanjutnya kita menghitung panjang terjadinya back water dengan elevasi muka air di muara sebesar +4,00. Selanjutnya dilakukan pada tabel berikut ini.

Table 4. 51 Perhitungan *Back Water*

y (m)	A (m ²)	p (m)	R (m)	V (m/s)	E (m)	ΔE (m)	Sf	Sf Rata ²	S ₀ -Sf Rata ²	Δx	x (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,34	0,796	2,962	0,2686	1,689	0,4855		0,006586				0
						0,0144		0,00519	-0,00479	-3,02	
0,40	0,960	3,131	0,3066	1,400	0,4999		0,003793				3,02
						0,0590		0,00278	-0,00238	-24,81	
0,50	1,250	3,414	0,3661	1,075	0,5589		0,001766				27,82
						0,0789		0,00135	-0,00095	-82,89	
0,60	1,560	3,697	0,4220	0,862	0,6378		0,000938				110,72
						0,0879		0,00074	-0,00034	-257,09	
0,70	1,890	3,980	0,4749	0,711	0,7258		0,000546				367,80
						0,0926		0,00044	-0,00004	-2163,31	
0,80	2,240	4,263	0,5255	0,600	0,8183		0,000340				2531,11
						0,0952		0,00028	0,00012	799,29	
0,90	2,610	4,546	0,5742	0,515	0,9135		0,000222				1731,83
						0,0482		0,00020	0,00020	244,03	
0,95	2,803	4,687	0,5979	0,480	0,9617		0,000183				1487,80
						0,0485		0,00017	0,00023	208,22	
1,00	3,000	4,828	0,6213	0,448	1,0102		0,000151				1279,58
						0,0385		0,00014	0,00026	148,85	
1,0395	3,160	4,940	0,6396	0,425	1,0487		0,000131				1130,73

(Sumber: analisa perhitungan data)

Langkah:

- 1) Menghitung nilai ψ untuk kedalaman kritis y_c

$$\xi = \frac{my_c}{B} \text{ dan } \psi, \text{ yang didapat dari hasil interpolasi}$$

$$\xi = \frac{my_c}{B}$$

$$\xi = \frac{1 \times 0,34}{2}$$

$$\xi = 0,169,$$

$$\psi = \frac{a Q^2 m^3}{g B^5}$$

$$\psi = \frac{1 \times 1,344^2 \times 1^3}{9,81 \times 2^5}$$

$$\psi = 0,0759$$

- 2) Maka di dapat nilai y_c

$$y_c = \frac{\xi B}{m}$$

$$y_c = \frac{0,169 \times 2}{1}$$

$$y_c = 0,34 \text{ m}$$

- 3) Menghitung profil muka air, dimulai dari kedalaman yang sudah diketahui dihilir titik control, $h = 4,00 \text{ m}$, bergerak kearah hulu. Pada titik kontrol ini kita beri notasi $x = 0$. Perhitungan profil muka air dihentikan jika kedalaman air sudah mendekati kedalaman kritis ($y_c = 0,34 \text{ m}$).

- 4) Menghitung luas potongan melintang

$$\begin{aligned} A &= (b + m \times y_c) \times y_c \\ &= (2,00 + 1,00 \times 0,34) \times 0,34 \\ &= 0,796 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- 3) Menghitung Keliling Basah (P)

$$\begin{aligned} P &= (b + 2 y_c \times ((1 + m^2)^{0,5})) \\ &= (2,00 + 2(0,34) \times ((1 + 1^2)^{0,5})) \end{aligned}$$

$$= 2,962 \text{ m}$$

4) Menghitung Jari-jari Hidrolis

$$R = A/P$$

$$= 0,796/2,962$$

$$= 0,2686 \text{ m}$$

5) Menghitung Kecepatan

$$V = Q/A$$

$$= 1,34/0,796$$

$$= 1,689 \text{ m}$$

6) Tinggi Kecepatan

$$V^2/2g = 1,689^2/2(9,81) = 0,15 \text{ m}$$

7) Energi Spesifik

$$E = y_c + (V^2/2g)$$

$$= 0,34 + 0,009$$

$$= 0,4855 \text{ m}$$

8) Menghitung Selisih Energi Spesifik ΔE

$$\Delta E = E_2 \text{ (didapat pada perhitungan tabel baris ke dua)} - E_1$$

$$= 0,4855 - 0,4999 = 0,0144 \text{ m}$$

9) Dengan menggunakan angka kekasaran manning (n) tertentu maka:

$$S_f = \frac{V^2 n^2}{R^4}$$

$$= \frac{1,689^2 n^2}{0,2686^4}$$

$$= 0,006586$$

10) Rata-rata S_f pada kedalaman yang bersangkutan dan kedalaman sebelumnya.

Kolom ini dibiarkan kosong pada baris pertama, karena disini belum ada kedalaman sebelumnya.

11) Pertambahan jarak dihitung dengan persamaan:

$$\Delta X = \frac{E_2 - E_1}{S_o - S_f}$$

$$\Delta X = \frac{0,0144}{0,0004 - 0,006586}$$

$$\Delta X = -3,21 \text{ m}$$

12) X merupakan jarak dari titik control sampai kedalaman yang ditinjau dan merupakan akumulasi dari ΔX .

Dapat disimpulkan bahwa air balik terjadi sepanjang 1130,73 m ke arah hulu saluran primer dengan tinggi air 1,0395 m.

4.11 Validasi Penampang Saluran

Setelah didapat desain penampang dan ukuran drainase yang direncanakan, lalu penulis membandingkan ukuran yang dilapangan dengan hasil perhitungan. Berikut tabel tentang perbandingan dimensi yang berada dilapangan dengan yang penulis perhitungkan.

Tabel 4. 52 Perbandingan Dimensi Saluran Drainase

Nama Saluran	Dimensi saluran Dilapangan	Dimensi Hasil Perhitungan	Keterangan
1-4 Tersier	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,90 m • H = 1,00 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,90 m • H = 1,00 m 	Cukup
2-4 Tersier	<ul style="list-style-type: none"> • b = 0,50 m • H = 0,50 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 0,50 m • H = 0,80 m 	Perlu dievaluasi
4-5 Sekunder	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,90 m • H = 0,90 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,90 m • H = 1,20 m 	Perlu dievaluasi
3-5 Tersier	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,00 m • H = 0,50 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,00 m • H = 0,85 m 	Perlu dievaluasi
5-8 Sekunder	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,90 m • H = 0,90 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,90 m • H = 0,90 m 	Cukup
6-8 Tersier	<ul style="list-style-type: none"> • b = 0,50 m • H = 0,50 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 0,50 m • H = 0,55 m 	Cukup
8-9 Primer	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,90 m • H = 0,90 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 1,90 m • H = 1,20 m 	Perlu dievaluasi
7-9 Tersier	<ul style="list-style-type: none"> • b = 0,40 m • H = 0,20 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 0,40 m • H = 0,30 m 	Cukup
9-11 Primer	<ul style="list-style-type: none"> • b = 2,00 m • H = 1,00 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 2,00 m • H = 1,00 m 	Cukup
10-11 Tersier	<ul style="list-style-type: none"> • b = 2,00 m • H = 1,00 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 2,00 m • H = 1,00 m 	Cukup
11-12 Primer	<ul style="list-style-type: none"> • b = 2,00 m • H = 1,00 m 	<ul style="list-style-type: none"> • b = 2,00 m • H = 1,05 m 	Cukup

(Sumber: analisa perhitungan data)