

REVIEW DESIGN SALURAN DRAINASE DI JALAN DEMAK SURABAYA

by Turnitin Administrator

Submission date: 27-Feb-2024 10:38PM (UTC+0700)

Submission ID: 2188873468

File name: SKRIPSI_19.11.0042_Joeylie_Pasaribu.pdf (3.22M)

Word count: 25861

Character count: 138681

TUGAS AKHIR

**REVIEW DESIGN SALURAN DRAINASE
DI JALAN DEMAK SURABAYA**



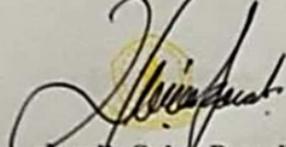
JOEYLIE SPING PASARIBU
NPM : 19.11.0042

4
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA
2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana Teknik (ST)
di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Oleh:



Joevlie Sping Pasaribu
19.11.0042

Tanggal Ujian : 27 Desember 2023

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Soebagio, MT
NIP/NIK : 94249-ET

Mengetahui



Dekan Fakultas Teknik

Johan Paing H.W. ST.MT
NIP/NIK : 196903102005011002

Ketua Program Studi Teknik Sipil



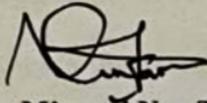
Dr. Ir. Utari Khatulistiani, MT
NIP/NIK : 93190-ET

LEMBAR PENGESAHAN REVISI

Judul Tugas Akhir : Review Design Saluran Drainase
Nama : Joeylie Sping Pasaribu
NPM : 19.11.0042
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

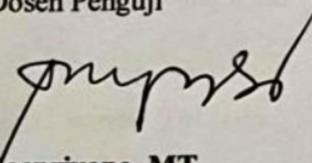
Disetujui Oleh,

Dosen Penguji



Dr. Ir. Minarni Nur Trilita, MT
NIP/NPT : 196902081994032001

Dosen Penguji



Ir. Soeprivono, MT
NIP/NIK : 23877-ET

Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Soebagio, MT
NIP/NIK : 94249-ET

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat yang di limpahkan nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tuga Akhir dengan judul **“Review Design Saluran Drainase Di Jalan Demak Surabaya”**. “Penyusunan Tugas Akhir ini digunakan untuk memperoleh gelar sebagai lulusan Fakultas Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Oleh karena itu, penulis berupaya semaksimal mungkin agar Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik. adalah dengan kualitas terbaik. Keberhasilan penyelesaian tugas ini sangat dipengaruhi oleh bimbingan, dukungan, dan kontribusi yang sangat berharga dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada pihak-pihak berikut:

1. kepada orang tua tercinta penulis: Maju Marusaha Pasaribu dan Lesmina Tarihoran, atas dukungan dan dorongan yang konsisten selama pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr.Ir. Soebagio, MT sebagai dosen pembimbing yang memberikan bimbingan dan arahan yang tulus sepanjang proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Johan Paing H.W, ST., MT, dekan Fakultas Teknik Sipil Wijaya Kusuma urabaya.
4. Ibu Dr. Ir. Utari Khatulistiani, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Wijaya Kusuma Surabaya
5. Seluruh Bapak/Ibu dosen pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, yang telah memberikan pencerahan kepada penulis mengenai topik-topik yang berhubungan dengan teknik sipil.
6. Bapak/Ibu Staff Biro Administrasi Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
7. Untuk Penulis sendiri yang telah tekun dan antusias menyelesaikan tugas akhir ini dan mencapai tonggak sejarah ini.
8. Orang yang saya sayangi, Irlin Alrahmi, turut berkontribusi besar dalam terselesaikannya tugas akhir ini melalui dukungannya yang tabah dan penuh semangat.
9. Untuk sahabat dan teman-teman yang telah memberikan dorongan dan bantuan yang tak tergoyahkan kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.

Karena keterbatasan penulis, Laporan Tugas Akhir ini mungkin tidak sempurna. Namun, segala upaya telah dilakukan dengan sangat hati-hati. Penulis mengharapkan adanya

kritik dan saran yang membangun sebagai pembelajaran masa depan. Penulis menyampaikan optimisme yang tulus bahwa tugas akhir ini akan memberikan kontribusi positif bagi bidang konstruksi teknik sipil.

Surabaya, 27 Desember 2023

Joeylie Sping Pasaribu
19.11.0042

REVIEW DESIGN SALURAN DRAINASE DI JALAN DEMAK SURABAYA

Nama Mahasiswa : Joeylie Sping Pasaribu

NPM : 19.11.0042

Jurusan : Teknik Sipil, FT-UWKS

Dosen Pembimbing : Dr.Ir. Soebagio, MT

Abstrak

Masalah banjir yang sering terjadi di kawasan jalan Demak menjadi salah satu isu yang perlu mendapat perhatian serius. Berdasarkan data tahun 2020, curah hujan air di wilayah tersebut memiliki durasi 48 menit dengan kedalaman hingga 22 cm. Oleh karena itu, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surabaya telah melakukan redesain saluran drainase pada pertengahan tahun 2022. Namun, setelah konstruksi selesai, perlu dievaluasi kembali. Hal ini disebabkan oleh disproporsionalitas dimensi saluran yang telah dibangun dengan kebutuhan aktual. Saluran yang terlalu besar dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti pemborosan sumber daya, biaya konstruksi yang tinggi, dan dampak lingkungan yang negatif. Oleh karena itu, penting dilakukan review desain pada saluran drainase untuk mengevaluasi pembangunan yang telah dilakukan, sehingga saluran tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan untuk menampung debit air yang ada di area jalan Demak. Pada penelitian ini, rencana curah hujan yang digunakan adalah selama periode ulang lima tahun (R5) dengan menggunakan Metode Gumbell sebesar $R5 = 118$ mm. Total debit banjir yang direncanakan dihitung dengan Metode Rasional menggunakan periode ulang 5 tahun untuk saluran tersier sebesar 1,404 m³/detik. Total debit banjir yang direncanakan akan dibandingkan dengan kapasitas saluran yang ada yang dihitung menggunakan rumus Manning. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa debit saluran (Qs) baru sebesar 4,88 m³/detik terlalu besar dalam menampung debit banjir sebesar 1,404 m³/detik. Dimensi saluran yang telah dibangun yaitu 180/210 cm. Oleh karena itu, dilakukan evaluasi perencanaan ulang saluran usulan dengan menggunakan debit saluran sebesar 2,462 m³/detik dengan dimensi saluran yang seharusnya 150/150 cm. Saluran tersebut menggunakan pracetak saluran U-ditch. Dengan langkah evaluasi ini seharusnya pemerintah kota dapat menghemat anggaran dalam pembangunan saluran drainase di jalan Demak Surabaya sebesar Rp. 1.554.088.800.

Kata Kunci : Review Design Saluran, Saluran Tersier Jalan Demak

Abstrak

The problem of flooding that often occurs in the Demak road area is one of the issues that needs serious attention. Based on 2020 data, puddles in the region have a duration of 48 minutes with a depth of up to 22 cm. Therefore, the Surabaya City Regional Development Planning Agency has redacted the drainage channel in mid-2022. However, after the construction is completed, it needs to be reevaluated. This is due to the disproportionality of the dimensions of the channel that has been built with actual needs. Too large channels can cause various problems, such as wastage of resources, high construction costs, and negative environmental impacts. Therefore, it is important to review the design of the drainage channel to evaluate the construction that has been carried out, so that the channel can be adjusted to the needs to accommodate the water discharge in the Demak road area. In this study, the rainfall plan used as during the five-year anniversary period (R5) using the Gumbell Method of $R5 = 118$ mm. The total planned flood discharge was calculated by the Rational Method using a 5-year reset period for tertiary channels of 1,404 m³/s. The total planned flood discharge will be compared with the existing channel capacity calculated using Manning's formula. The evaluation results showed that the new channel discharge (Q_s) of 4.88 m³ / second was too large in storing flood discharge of 1,404 m³ / second. The dimensions of the channel that has been built are 180/210 cm. Therefore, an evaluation of the replanning of the intestinal tract was carried out using a channel discharge of 2.462 m³ / second with a channel dimension that should be 150/150 cm. The channel uses precast U-ditch channels. With this evaluation step, the city government should be able to save the budget in the construction of drainage canals on Demak street Surabaya by Rp. 1,554,088,800.

Keywords : Channel Design Review, Tertiary Channel Demak Road

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	52 i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN REVISI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
24 DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Maksud dan Tujuan	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Batasan Masalah	4
1.7. Sistematika Dalam Penulisan Skripsi	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Sistem Drainase	6
2.1.1. Drainase Perkotaan	8
2.1.2. Sistem Drainase Perkotaan	9
2.1.3. Jenis Drainase	11
2.1.4. Pola Jaringan Drainase	12
2.1.5. Hidrologi	14
2.1.6. Banjir	17
2.2. Data Curah Hujan Daerah	18
2.2.1. Peta Tata Guna Lahan	18
2.2.2. Peta Daerah Studi	18
2.3. Landasan Teori	18
4.6.1 Menghitung Curah Hujan Rerata Maksimum	18

4.6.2	Perhitunan Hujan Rencana	21
4.6.3	Uji Kecocokan Distribusi (<i>The Good Of The Text</i>)	26
4.6.4	Metode Seleksi Curah Hujan Wilayah	28
4.6.5	Waktu Konsentrasi (<i>Time Of Concentration</i>)	29
4.6.6	Analisa Intensitas Curah Hujan	29
4.6.7	Limpasan	29
4.6.8	Debit Air Bungan	34
4.6.9	Analisa Hidrolika	35
4.6.10	Saluran Persegi	36
4.6.11	Review Desain Dimensi Saluran	38
13	BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	39
3	3.1. Pengumpulan Data	39
4	3.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum	40
4	3.3. Perhitungan Curah Hujan Rata-rata Wilayah	40
4	3.4. Perhitungan Curah Hujan Rencana	40
	3.5. Perhitungan Debit Banjir Rencana	40
	3.6. Perhitungan Debit Air Kotor	41
	3.7. Perhitungan Debit Saluran Baru	41
	3.8. Perhitungan Debit Saluran Lama	41
	3.9. Analisa Kapasitas Saluran Drainase	42
4	3.10. Diagram Alir Penelitian	42
	BAB 4 ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN	44
	4.1. Penentuan <i>Cathment Area</i>	44
	4.2. Data Hujan	46
	4.3. Pengujian Data Curah Hujan	47
27	4.4. Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum	50
	4.5. Analisa Frekuensi	53
	4.6. Perhitungan Curah Hujan Rencana	54
14	4.6.1 Perhitungan Hujan Rencana Dengan Metode Gumbel	54
	4.6.2 Perhitungan Hujan Rencana Dengan Metode Log Person III	58
	4.7. Kesimpulan Uji Kecocokan	62
	4.8. Perhitungan Debit Rencana	64

4.8.1	Perhitungan Debit Banjir Saluran Tersier Demak	65
4	4.9. Analisa Debit Air Kotor	68
4.10.	Perhitungan Kapasitas Saluran Existing Baru.....	71
4.11.	Perhitungan Kapasitas Saluran Existing Lama	72
46	4.12. Perencanaan Dimensi Saluran Berdasarkan Q5	73
4.13.	Analisa Perbandingan ketiga Saluran (Saluran Baru,Saluran Lama, Saluran Rencana	75
4.14.	Tinjauan Terhadap Biaya Pelaksanaan	75
4.14.1	Analisa Volume Perhitungan Pekerjaan	75
4.14.2	Analisa Harga Satuan Pekerjaan	84
4.14.3	Analisis Perbandingan Anggaran Biaya Kontruksi	92
13	4.15. Pembahasan.....	93
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		95
4.16.	Kesimpulan	95
4.17.	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN		98

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data Genangan Wilayah Pemukiman Jalan Demak Surabaya	2
Tabel 2.1	Nilai <i>Variabel</i> Pada <i>Reduksi Gauss</i>	19
Tabel 2.2	Frekuensi Reduksi Metode Log Person III	23
Tabel 2.3	Nilai Pada ΔCr Untuk Uji Smirnov Kolmogrov	25
Tabel 2.4	Metode Seleksi Curah Hujan Pada Wilayah	26
Tabel 2.5	Kemiringan Saluran Memanjang (<i>S</i>) Berdasarkan Tipe Material	27
Tabel 2.6	Nilai Koefisien C Pada Limpasan	29
Tabel 2.7	Kemiringan Dinding Saluran	35
Tabel 2.8	Harga Pada Koefisien Manning	36
Tabel 4.1	Data Hujan Harian 2010-2022	44
Tabel 4.2	Data Curah Hujan Tahunan 2010-2022	44
Tabel 4.3	Uji Konsistensi Stasiun Perak Terhadap Stasiun Gubeng dan Stasiun Simo	45
Tabel 4.4	Uji Konsistensi Stasiun Gubeng Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Simo	46
Tabel 4.5	Uji Konsistensi Stasiun Simo Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Gubeng	47
Tabel 4.6	Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Aljabar	48
Tabel 4.7	Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Thiessen	49
Tabel 4.8	Perhitungan Parameter Statistik	51
Tabel 4.9	Curah Hujan Dengan Periode Ulang Tertentu Untuk Distribusi Gumbel ...	53
Tabel 4.10	Derajat Kepercayaan	54
Tabel 4.11	Uji Smirnov Kolmogrov Untuk Distribusi Gumbel	54
Tabel 4.12	Perhitungan Uji Chi-Square Untuk Distribusi Gumbel	56
Tabel 4.13	Perhitungan Parameter Statistika Distribu Log Person Tipe III	57
Tabel 4.14	Curah Hujan Dengan Periode Ulang Tertentu Untuk Distribusi Log Person Tipe III	58
Tabel 4.15	Uji Smirnov Kolmogrov Untuk Distribusi Log Person Tipe III	59
Tabel 4.16	Perhitungan Uji Chi-Square Metode Log Person Tipe III	60
Tabel 4.17	Perbandingan Tabel Perhitungan Rerata Metode Gumbel & Log Person III	61

Tabel 4.18 Tabel Persyaratan <i>Gumbel</i> dan ¹ <i>Log Person Tipe III</i>	61
Tabel 4.19 Tabel Uji Kecocokan Distribusi	61
Tabel 4.20 Nilai Koefisien C	63
⁴ Tabel 4.21 Kebutuhan Air Bersih Domestik	67
Tabel 4.22 Jumlah Penduduk di Wilayah Demak Kelurahan Gundih Surabaya	67
Tabel 4.23 Perhitungan Debit Air Limbah di Wilayah Demak Kelurahan Gundih	68
Tabel 4.24 Pekerjaan Galian Tanah Keras Per m ³ dan Pengangkutan Sejauh ≤ 2 m	81
Tabel 4.25 Pekerjaan Pengurugan dan Pemasangan Per m ³	82
Tabel 4.26 Pekerjaan Pemasangan Lantai K-100 Per m ³	82
Tabel 4.27 Pemasangan Saluran <i>U-ditch</i> 180 x 210 x 120 cm Per m ¹	83
Tabel 4.28 Pemasangan Penutup Saluran 120 x 180 x 15 cm Per m ¹	83
Tabel 4.29 Pemasangan Masuk Air Per m ³	84
Tabel 4.30 Anggaran Biaya Pekerjaan Saluran Baru	84
Tabel 4.31 Pekerjaan Galian Tanah Keras Per m ³ dan Pengangkutan Sejauh ≤ 2 m ...	85
Tabel 4.32 Pekerjaan Pengurugan Tanah dan Pemasangan Per m ³	86
Tabel 4.33 Pekerjaan Pemasangan Lantai K-350 Per m ³	86
Tabel 4.34 Pemasangan Saluran <i>U-ditch</i> 150 x 150 x 120 cm Per m ¹	87
Tabel 4.35 Pemasangan Penutup Saluran 120 x 150 x 15 cm Per m ¹	87
Tabel 4.36 Pemasangan Masuk Air Per m ³	88
¹ Tabel 4.37 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Saluran Rencana	88
Tabel 4.38 Selisih Anggaran Biaya Saluran Baru Dengan Saluran Rencana	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Genangan di Wilayah Demak Surabaya	3
Gambar 2.1	Pola Jaring-Jaring Pada Saluran Drainase	11
Gambar 2.2	Pola Pada Jaringan Drainase Radial	12
Gambar 2.3	Jaringan Drainase <i>Grid Iron</i>	12
Gambar 2.4	Pola Pada Jaringan Saluran Drainase Pararel	13
Gambar 2.5	Pola Pada Jaringan Drainase Siku	13
Gambar 2.6	Pola Pada Jaringan Drainase Alamiah	13
Gambar 2.7	Siklus Hidrologi	14
Gambar 2.8	Stasiun Hujan Polygon Thiessen Pada DAS	18
Gambar 2.9	Penampang Saluran Bentuk Persegi	34
Gambar 3.1	Diagram Alir Pada Penelitian	41
Gambar 4.1	Cathment Area Banjir Daerah Demak Surabaya	42
Gambar 4.2	Wilayah DAS Sekitar Lokasi Banjir Demak Surabaya	43
Gambar 4.3	<i>Grafik Uji Konsistensi Sta.Perak Terhadap Sta. Simo dan Sta. Gubeng</i>	46
Gambar 4.4	<i>Grafik Uji Konsistensi Sta.Gubeng Terhadap Sta.Perak dan Sta. Simo</i>	47
Gambar 4.5	<i>Grafik Uji Konsistensi Sta.Simo Terhadap Sta.Perak dan Sta. Gubeng</i>	48
Gambar 4.6	Saluran Drainase di Wilayah Demak Surabaya	62
Gambar 4.7	Cathment Area Demak Surabaya	66
Gambar 4.8	Penampang Persegi	69
Gambar 4.9	Penampang Saluran Persegi	70
Gambar 4.10	Penampang Saluran Persegi	72
Gambar 4.11	Saluran Lama	77
Gambar 4.12	Saluran Baru	77
Gambar 4.13	Saluran Rencana	77
Gambar 4.14	Detail Saluran Baru	78
Gambar 4.15	Detail Saluran Rencana	78
Gambar 4.16	Detail Galian Tanah Saluran Baru	79
Gambar 4.17	Detail Galian Tanah Saluran Rencana	80

Gambar 4.18 Detail Pemasangan Lantai Saluran Baru.....	81
Gambar 4.19 Detail Pemasangan Lantai Saluran Rencana.....	81
Gambar 4.20 Detail Pemasangan <i>U-ditch</i> Saluran Baru	82
Gambar 4.21 Detail Pemasangan <i>U-ditch</i> Saluran Rencana.....	82
Gambar 4.22 Detail Pemasangan Penutup Saluran Baru.....	83
Gambar 4.23 Detail Pemasangan Penutup Saluran Rencana.....	83
Gambar 4.24 Detail Pemasangan Masuk Air.....	83

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lokasi jalan Demak yang terletak di Desa Gundih Kecamatan Bubutan merupakan kawasan krusial di Surabaya yang memiliki arti cukup penting. Desa Gundih berpenduduk 36.369 individu per kilometer persegi dan memiliki luas lahan 0,85 km². Seiring dengan berkembangnya kawasan pemukiman dan fasilitas penunjang lainnya, Kecamatan Gundih mengalami peningkatan jumlah penduduk yang cukup signifikan. Sayangnya, perluasan tersebut tidak disertai dengan infrastruktur drainase yang tangguh.

Untuk mengurangi potensi genangan atau banjir, pemasangan saluran drainase menjadi salah satu upaya yang perlu dilakukan. Namun demikian, saluran-saluran drainase di sekitar Jalan Demak saat ini mengalami penurunan kondisi sehingga menghambat kemampuan saluran-saluran tersebut dalam menangani air limpasan secara efisien dan mengakibatkan terbentuknya kolam-kolam. Berdasarkan survei yang dilakukan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surabaya, faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya genangan di kawasan ini adalah: kapasitas saluran yang tidak memadai, sedimentasi, penumpukan sampah, dimensi saluran masuk yang kurang optimal, dan kemiringan saluran drainase yang tidak sesuai. Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surabaya telah melakukan Redisain saluran drainase dengan pada pertengahan tahun 2022, dan pembangunan rampung pada akhir tahun 2022, yaitu dengan mengganti saluran drainase lama yang memiliki dimensi 0,8 m x 0,6 m menjadi 1,8 m x 2,1 m. Namun pembangunan yang dilakukan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surabaya perlu dilakukan Review desain dimensi, karena saluran yang telah dibangun memiliki dimensi yang tidak proporsional dengan kebutuhan yang sebenarnya. Saluran yang terlalu besar dapat menyebabkan masalah, seperti pemborosan sumber daya, biaya konstruksi yang tinggi, dan dampak lingkungan yang negatif. Perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap karakteristik hidrologi daerah dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti curah hujan maksimum, luas lahan yang harus ditangani, dan debit air yang diharapkan. Dengan demikian, desain saluran drainase dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang sebenarnya, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan sesuai dengan tata ruang yang ada.

Wilayah Demak sering kali dilanda banjir apa bila curah hujan cukup tinggi dengan luas genangan mencapai 18,28 ha, tingginya mencapai 28 cm dan lama genangan yang mencapai 50 menit. Oleh karena itu, selain mengganggu berbagai aktivitas masyarakat dan kehidupan perkotaan serta mengganggu kenyamanan lingkungan (terutama pasca banjir), keberadaan genangan air dan kelebihan air permukaan juga meningkatkan risiko penularan penyakit.

1.2 Identifikasi Masalah

Santri memadati sepanjang Jalan Demak di Desa Gundih yang terletak di bagian utara Kota Surabaya. Wilayah ini sering mengalami genangan air dan genangan akibat kapasitas saluran yang tidak memadai. Akibat curah hujan sedang, tidak memadainya sistem drainase menyebabkan genangan air menumpuk dan meluap ke jalan raya Demak. Curah hujan dalam jumlah besar dan berkepanjangan, seperti dilansir Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Surabaya, berpotensi menimbulkan banjir pemukiman. Kedalaman banjir pada tahun 2019 tercatat 20 sentimeter dengan durasi perkiraan 54,66 menit dan luas cakupan 14,03 hektare. Kedalaman tersebut meningkat sekitar 48 menit menjadi 22 sentimeter pada tahun 2020, sehingga berdampak pada luas permukaan sebesar 16,39 hektar. Kesehatan dan aktivitas sehari-hari masyarakat setempat terkena dampak signifikan dari insiden ini. Selain itu, kemacetan lalu lintas yang besar dan gangguan di wilayah lain dapat terjadi jika curah hujan turun selama jam kerja. Mengingat hambatan-hambatan ini, penting untuk melakukan penyelidikan mendalam pada bidang tertentu.

Tabel 1.1 Data Genangan Wilayah Pemukiman Jalan Demak Surabaya

Angka Dilapangan	2019	2020	2021
Luas (Ha)	14,03	16,39	18,28
Kedalaman(cm)	20	22	28
Lama (menit)	54,66	48	50

Sumber : Dinas PU Bina Marga Pamutusan Surabaya, 2021



Gambar 1.1 Lokasi Genangan di Wiyah Demak Surabaya
Sumber : Dinas PU Bina Marga Pamutusan, 2021

2
1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas di dapat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa luas *catchment area* yang ada di wilayah jalan Demak Surabaya?
2. Berapa besar debit banjir rencana yang terjadi pada *catchment area*?
3. Berapa besar kapasitas saluran baru yang ada di wilayah genangan Demak Surabaya?
4. Berapa besar kapasitas saluran yang diusulkan dan tinjauan anggaran biaya pelaksanaan di wilayah Demak Surabaya?

18
1.4 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian *review design* saluran drainase ini antara lain sebagai berikut :

1. Mengetahui berapa besar hujan rencana yang terjadi di kawasan Demak Surabaya.
2. Mengetahui berapa besar debit banjir rencana yang terjadi pada *catchment area*.

3. Mengetahui Berapa besar kapasitas saluran yang ada di wilayah genangan Demak Surabaya.
4. Mengetahui apa yang menjadi penyebab banjir.
5. Mengetahui bagaimana mengatasi permasalahan banjir tersebut.

11

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian saluran drainase ini antara lain sebagai berikut :

1. Manfaat penelitian bagi Mahasiswa
Memperluas wawasan dan pengetahuan mengenai perancangan sistem drainase yang baik dan benar, serta mampu mengaplikasikan teori dan ilmu yang telah diperoleh selama proses perkuliahan dengan baik.
2. Manfaat penelitian bagi Pemerintah
Sebagai bahan evaluasi yang penting untuk pengembangan sistem drainase yang optimal di Kota Surabaya, terutama di Kawasan Demak yang terintegrasi.

64

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui berapa besar kapasitas saluran di kawasan Demak Surabaya
2. Tidak menghitung besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk memperbaiki system Drainase di kawasan Demak Surabaya.

1.7 Sistematika Dalam Penulisan Skripsi

Untuk memudahkan pemahaman, materi-materi yang diuraikan dalam Laporan Tesis ini telah diklasifikasikan ke dalam sub-bab tersendiri dan disajikan secara terorganisir sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Laporan Skripsi pada bab satu ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, kajian pustaka, serta sistematika penulisan skripsi yang telah diatur.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka dan teori yang mencakup pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku yang relevan dengan penyusunan laporan skripsi, serta beberapa literature review yang berhubungan dengan penelitian. Referensi yang

digunakan berasal dari berbagai sumber terpercaya, seperti jurnal ilmiah, artikel, dan buku-buku akademik yang terkait dengan bidang penelitian ini.

58
3. **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang jenis penelitian yang digunakan, tahapan penelitian yang dilakukan, serta materi penelitian yang terkait.

9
4. **BAB 4 ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN**

Bab ini berisi uraian tentang data yang digunakan dalam penelitian ini.

38
5. **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang terkait dengan perencanaan jaringan berdasarkan uraian yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

6. **DAFTAR PUSTAKA**

7. **LAMPIRAN**

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Drainase

Sistem drainase berfungsi sebagai komponen infrastruktur penting yang mengalirkan kelebihan air dari satu daerah ke daerah lain. Ini mencakup reservoir air buatan dan alami. Selanjutnya kelebihan air dibuang ke sumur, sungai, danau, laut, dan sistem resapan tambahan. Hasmar (2012) memberikan definisi komprehensif tentang drainase sebagai penyelidikan ilmiah tentang metode untuk menangani kelebihan air secara efektif dalam konteks pemanfaatan tertentu. Hal ini mencakup curah hujan, rembesan, dan sumber air lainnya yang ada di suatu wilayah tertentu, dengan tujuan untuk menjamin kelangsungan pengoperasian wilayah tersebut. Sistem drainase merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengelola aliran air dan menghindari genangan di suatu area. Sistem ini memiliki peran penting dalam menjaga lingkungan dan mencegah kerusakan yang dapat disebabkan oleh air yang tidak terkendali. Sistem drainase terdiri dari berbagai elemen, termasuk saluran air, saluran pembuangan, kolam retensi, dan infrastruktur lainnya.

Sistem drainase merujuk pada rangkaian infrastruktur dan fasilitas yang dirancang untuk mengelola aliran air permukaan dan air limbah, baik di lingkungan perkotaan maupun pedesaan. Tujuan utama dari sistem drainase adalah untuk mencegah banjir, menjaga keseimbangan air tanah, dan mengelola limbah air. Sistem ini melibatkan sejumlah elemen, termasuk saluran air, parit, pipa pembuangan, kolam retensi, dan fasilitas lainnya yang bekerja secara terintegrasi untuk mengarahkan air hujan dan air limbah ke lokasi yang ditentukan.

Desain sistem drainase mencakup beberapa aspek, seperti perencanaan kapasitas yang memadai untuk menangani volume air yang dihasilkan selama curah hujan, pengelolaan air hujan untuk mencegah genangan, dan pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Sistem drainase perkotaan sering kali memerlukan teknologi canggih, seperti pompa air dan tanggul, untuk mengatasi tantangan dalam mengelola aliran air di lingkungan yang padat penduduk.

Selain itu, sistem drainase juga harus memperhitungkan faktor lingkungan dan keberlanjutan. Pendekatan yang berfokus pada pelestarian alam, seperti desain taman hujan dan penggunaan material permeabel, dapat membantu meminimalkan dampak negatif

terhadap ekosistem. Keseluruhan, sistem drainase adalah komponen vital dalam pengembangan kota yang berkelanjutan dan memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan hidrologi serta melindungi lingkungan dari risiko banjir dan pencemaran air.

Saluran air adalah bagian utama dari sistem drainase yang berfungsi sebagai jalur untuk mengalirkan air dari suatu tempat ke tempat lain. Saluran ini dapat dibangun dari berbagai material, seperti beton, batu, atau pipa plastik, tergantung pada kebutuhan dan kondisi geografis setempat. Selain itu, saluran pembuangan dirancang untuk mengarahkan air hujan atau air limbah dari permukaan tanah ke sistem drainase.

Kolam retensi adalah komponen lain yang sering dimasukkan dalam sistem drainase untuk menampung sementara air hujan berlebih. Kolam ini membantu mengurangi risiko banjir dan memungkinkan penyerapan air ke dalam tanah. Selain itu, infrastruktur tambahan seperti sumur resapan atau sumur biopori dapat digunakan untuk meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah.

Pentingnya sistem drainase terutama terlihat dalam perkotaan, di mana lahan yang terbatas dan penutupan permukaan yang besar meningkatkan risiko genangan air. Perencanaan yang baik dan pemeliharaan rutin sistem drainase diperlukan untuk memastikan fungsionalitas optimal dan perlindungan lingkungan. Sebagai upaya berkelanjutan, teknologi hijau juga dapat diintegrasikan dalam sistem drainase, seperti penggunaan atap hijau atau lahan terbuka yang dapat menyerap air dan meningkatkan kualitas air.

Secara teknis, drainase adalah upaya untuk memitigasi dampak buruk dari permasalahan yang berhubungan dengan air seperti rembesan, rembesan, atau irigasi pada suatu wilayah atau bidang tanah tertentu (Gabriel, 2013).

Pengertian drainase dapat dipengaruhi oleh batas-batas atau kemampuan sistem drainase seperti yang dijelaskan oleh Defi (2014). Klasifikasi ini memperkenalkan istilah-istilah berikut.

Drainase permukaan berkaitan dengan pengelolaan kelebihan air yang timbul di atas atau pada permukaan air tanah, dengan penekanan khusus pada pengaturan aliran curah hujan.

1. Drainase bawah permukaan: Sistem ini menurunkan ketinggian air tanah untuk mencegah kelebihan air dengan mengatasi kelebihan air di bawah permukaan bumi atau di lapisan bawah tanah.

2. Drainase perkotaan: Dirancang khusus untuk menangani kelebihan air di wilayah berpenduduk padat, kategori ini mencakup sistem drainase permukaan dan bawah permukaan.

Lebih lanjut Mulyanto (2013) menjelaskan beberapa fungsi penting drainase, yaitu:

1. Penghilangan air dari kelebihan: proses mengalirkan kelebihan air untuk mencegah genangan di suatu wilayah.
2. Pengangkutan sampah dan pemurnian pencemaran: Saluran pembuangan air mempunyai fungsi di daerah perkotaan dengan mengangkut sampah dan memurnikan pencemaran.
3. Pengaturan arah dan kecepatan aliran: membantu pengaturan kecepatan dan arah aliran air untuk mengurangi kemungkinan terjadinya banjir dan genangan air.
4. Pengaturan tinggi muka air tanah berfungsi sebagai upaya preventif terhadap terbentuknya genangan air permukaan.
5. Mempertahankan sumber daya air alternatif: Pelestarian sumber air alternatif, seperti air tanah, dibantu oleh sistem drainase yang direncanakan dengan cermat.
6. Berfungsi sebagai infrastruktur penting di daerah perbukitan untuk mitigasi erosi dan menjaga kestabilan lereng.

⁶ 2.1.1 Drainase Perkotaan

⁶¹ Drainase Sistem yang dimaksudkan untuk mengelola kelebihan air baik di atas maupun di bawah permukaan tanah disebut drainase. Istilah "drain" berasal dari kata kerja "drain", yang berarti proses menghilangkan atau mengeringkan air. Oleh karena itu, untuk mencegah terbentuknya genangan air dan genangan, tujuan utama drainase adalah membuang atau mengeringkan kelebihan air.

⁷⁴ Drainase perkotaan adalah sistem yang dirancang untuk mengelola aliran air permukaan di dalam kota, termasuk air hujan dan air limbah domestik. Tujuan utama dari sistem drainase perkotaan adalah untuk mengendalikan volume dan arah aliran air hujan agar tidak menimbulkan banjir, erosi tanah, dan masalah lingkungan lainnya. Sistem ini mencakup jaringan saluran air, selokan, parit, pipa pembuangan, dan fasilitas lainnya yang membantu membuang air secara efisien dari permukaan kota.

Dengan urbanisasi yang meningkat, lahan yang tertutup oleh bangunan dan jalan-jalan perkotaan menyebabkan peningkatan aliran permukaan air hujan. Drainase perkotaan harus dirancang dan dikelola secara hati-hati agar mampu menangani beban air yang meningkat,

mencegah genangan, dan menjaga kualitas air. Pengelolaan yang baik termasuk desain taman hujan, penggunaan material permeabel, dan praktek-praktek pelestarian alam untuk mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.

Selain mencegah banjir, sistem drainase perkotaan juga berperan dalam mengelola limbah domestik dan industri. Instalasi pengolahan air limbah perkotaan diperlukan untuk membersihkan air sebelum dilepaskan ke sungai atau laut, menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan. Oleh karena itu, perencanaan dan manajemen drainase perkotaan sangat penting dalam mendukung pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Hasmar (2012) mendefinisikan drainase perkotaan/terapan sebagai bidang penelitian khusus yang mengevaluasi sistem drainase di lingkungan perkotaan dengan tetap mempertimbangkan kondisi sosial budaya dan lingkungan yang lazim di wilayah tersebut. Tujuan dari drainase perkotaan/terapan adalah untuk mengendalikan aliran air di lingkungan perkotaan yang meliputi permukiman, kawasan komersial dan industri, tempat parkir, instalasi militer, fasilitas telekomunikasi dan listrik, kampus, sekolah, rumah sakit, fasilitas umum, lapangan olah raga, dan bandara. Oleh karena itu, drainase perkotaan/terapan sangat penting dalam administrasi drainase air dan irigasi yang efektif di berbagai wilayah kota.

2.1.2 Sistem Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan merujuk pada suatu infrastruktur yang dirancang khusus untuk mengatur aliran air hujan dan limbah di wilayah perkotaan. Tujuan utama dari sistem drainase ini adalah untuk menghindari terjadinya banjir, menjamin manajemen air yang efisien, serta melindungi lingkungan dari dampak buruk yang dapat timbul akibat kelimpahan air yang tidak terkendali. Berikut menurut para ahli :

1. Sistem drainase curah hujan eksklusif, juga dikenal sebagai drainase badai

Menurut Mulyanto (2012), sistem drainase ini telah dirancang dengan cermat untuk menangani drainase badai secara efektif, dengan kapasitas yang cukup untuk menghilangkan curah hujan secara efisien pada interval yang telah ditentukan. Frekuensi terjadinya hal ini bergantung pada kondisi regional dan faktor-faktor seperti biaya yang terkait dengan pembangunan sistem drainase. Frekuensi evakuasi di berbagai wilayah digambarkan sebagai berikut:

- a) Frekuensi maksimum setiap 5 tahun sekali di kawasan pemukiman
- b) Frekuensi maksimum setiap 10 tahun di wilayah komersial

c) Frekuensi maksimum setiap 10 tahun pada kawasan industri.

Sistem drainase ini dirancang untuk mengakomodasi frekuensi curah hujan tertentu sesuai dengan kebutuhan wilayah. Oleh karena itu, sistem drainase ini berfungsi sebagai sistem pengisian air tanah dan memfasilitasi pengurangan pencemaran air tanah, selain fungsi utamanya mengalirkan air hujan.

Salah satu manfaat utama sistem drainase limpasan ini adalah pemasangan dan pemeliharaannya yang mudah. Meskipun demikian, hal ini membutuhkan lahan yang cukup luas dan rentan terhadap infiltrasi sampah, khususnya sampah perkotaan. Oleh karena itu, meskipun terdapat keuntungan dari konstruksi yang tidak rumit dan pemeliharaan yang mudah, penting untuk menyadari kebutuhan luas lahan yang besar dan kerentanan terhadap infiltrasi sampah, terutama yang berasal dari perkotaan.

2. Sistem Drainase Air Limbah Saluran Pembuangan Limbah

Tujuan dari infrastruktur ini adalah untuk mengangkut dan mengumpulkan limbah kota untuk diolah di IPAL. Sebelum dibuang ke perairan terbuka, limbah diolah di instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk mengurangi tingkat polutan dan memastikan kepatuhan terhadap standar kualitas air. Sistem drainase air limbah ini biasanya terletak di bawah tanah.

- a) Salah satu manfaatnya adalah tidak menghasilkan polusi.
- b) Tidak mengurangi estetika lingkungan.
- c) Dibangun dengan konstruksi kedap air untuk secara efektif menghambat infiltrasi limbah dan kontaminasi air tanah selanjutnya.

Salah satu kelemahannya adalah :

- a) meningkatnya biaya produksi.
- b) Sulit untuk dipelihara dan disanitasi. Dekomposisi anaerobik pada saluran tertutup sering kali menghasilkan emisi gas berbahaya yang menimbulkan risiko bagi personel pemeliharaan. Karena gas-gas ini mudah terbakar, percikan api pun berpotensi menyebabkan ledakan.
- c) Lubang got yang terputus-putus dibuat untuk memudahkan akses pemeliharaan. Pembuangan gas yang mudah menguap selama inspeksi lubang got secara berkala mengurangi potensi ledakan atau keracunan. Tikus mungkin menggunakan selokan tertutup sebagai tempat bersarang, sehingga mengakibatkan kerusakan properti dan risiko kesehatan. Biaya konstruksi, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem drainase meningkat karena klasifikasinya menjadi dua kategori berbeda. Meskipun demikian,

pemerintah kota mendapatkan keuntungan dalam hal peningkatan sanitasi, kebersihan, dan struktur.

3. Sistem Terintegrasi

Sistem ini menggabungkan kelebihan dan kekurangan dari dua sistem yang berbeda. Sistem drainase gabungan digunakan di Indonesia; desainnya terbuka untuk memudahkan pembersihan tetapi rentan terhadap pembuangan sampah yang tidak tepat. Pembuangan limbah sistem ini ke perairan terbuka berpotensi mengandung limbah dan kontaminan dalam jumlah besar, sehingga mengancam keseimbangan lingkungan. Sistem terintegrasi memberikan keseimbangan antara manfaat seperti pembersihan yang mudah dan kelemahan terkait penggunaan dan dampak lingkungan.

2.1.3 Jenis Drainase

Terdapat beragam jenis drainase, dan dapat dikategorikan berdasarkan kriteria yang berbeda-beda, seperti yang dijelaskan oleh Hasmar (2012). Penjelasan rinci tentang berbagai jenis saluran drainase adalah sebagai berikut:

1. Menggambar dari catatan sejarah pembentukan:
 - a) Drainase alami: Terasing dari bangunan buatan, gorong-gorong, saluran pelimpah, dan pasangan bata beton, drainase alami berkembang secara organik. Saluran ini terbentuk ketika air mengalir secara alami mengikuti arah gravitasi, yang akhirnya berubah menjadi saluran air permanen menyerupai sungai.
 - b) Sistem drainase buatan dibuat khusus dan memerlukan penggunaan struktur tertentu, seperti gorong-gorong, saluran pipa, talang batu atau beton, dan sebagainya.
2. Klasifikasi saluran drainase menurut lokasi strukturnya dimungkinkan. Jenis drainase yang bergantung pada lokasi meliputi:
 - c) Drainase permukaan: Terletak di atas permukaan tanah, sistem ini mengalirkan air buangan permukaan. Analisis aliran saluran terbuka digunakan dalam analisis aliran.
 - d) Drainase bawah permukaan: Teknik ini memanfaatkan saluran bawah tanah, seperti jaringan pipa, untuk mengalihkan air limpasan permukaan untuk tujuan tertentu, seperti memenuhi persyaratan estetika dan fungsional permukaan tanah di taman, bandara, lapangan sepak bola, dan lain sebagainya.
3. Sesuai dengan fungsi drainasinya, drainase memperlancar pergerakan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Klasifikasi drainase menurut fungsinya antara lain:

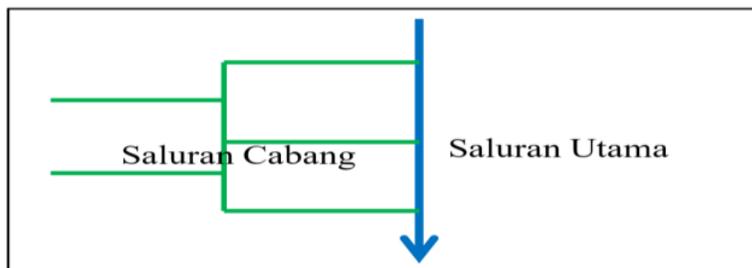
- e) Tujuan tunggal: Saluran yang dirancang khusus untuk mengalirkan air limbah jenis tertentu, seperti limpasan atau jenis air limbah alternatif.
 - f) Multiguna: Misalnya saja membuang air limbah rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.
4. Dalam bidang desain drainase, pemahaman menyeluruh tentang jenis konstruksi sangat penting. Jenis drainase yang diklasifikasikan menurut konstruksinya meliputi:
- g) Saluran terbuka: Saluran yang terhubung ke udara luar melalui bagian atas yang terbuka.
 - h) Saluran tertutup: Saluran yang bagian atasnya tertutup rapat dan tidak terkena udara sekitar. Sering digunakan untuk drainase perkotaan dan untuk membuang air yang terkontaminasi.

2.1.4 Pola Jaringan Drainase

Jaringan pada drainase terdapat lima pola yaitu :

1. Pola Jaring-jaring

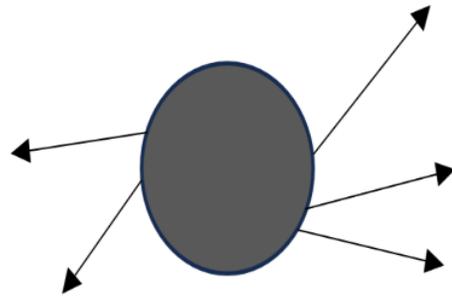
Untuk daerah dengan topografi datar, konfigurasi jaringan ini sering diterapkan untuk memperlancar aliran air dengan memasang saluran drainase yang sesuai dengan jalannya jalan. Untuk melihat ilustrasi pola jaringan ini, silakan lihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pola Jaring-jaring Pada Saluran Drainase

2. Pola Radial

Daerah berbukit merupakan lokasi tipikal untuk jaringan drainase radial, dimana saluran memanjang ke segala arah. Untuk representasi visual dari pola ini, lihat Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pola pada Jaringan Drainase Radial

Daerah pinggiran kota merupakan tempat di mana desain jaringan drainase jaringan besi umumnya diterapkan. Seperti digambarkan pada Gambar 2.3, saluran-saluran tambahan pada awalnya menyatu menjadi saluran pengumpulan primer di wilayah-wilayah ini.



Gambar 2.3 Jaringan Drainase *Grid Iron*

3. Pola Jaringan Pararel

Di pinggiran kota, pola jaringan drainase jaringan besi sering diterapkan. Saluran cabang menyatu menjadi saluran pengumpulan utama dalam konfigurasi ini. Jaringan yang dimaksud diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4 Pola Pada Jaringan Saluran Drainase Pararel

4. Pola Jaringan Siku

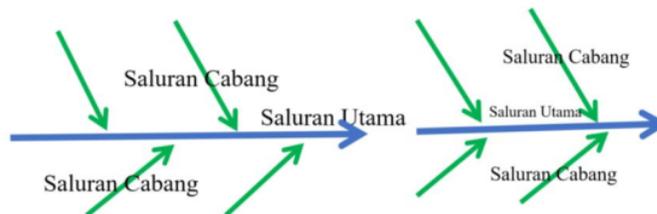
Berbeda dengan topografi sungai, wilayah yang topografinya agak meninggi menggunakan pola jaringan drainase siku. Sungai ini terletak di jantung kota metropolitan dan berfungsi sebagai saluran pembuangan utama. Untuk representasi visual pola jaringan siku, silakan lihat Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pola Pada Jaringan Saluran Drainase Siku

5. Pola Jaringan Alamiah

Pola jaringan drainase alami seperti pola jaringan drainase siku mengalami peningkatan beban sungai. Pola jaringan alami, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.6, membedakan dirinya dari pola siku.



Gambar 2.6 Pola Pada Jaringan Drainase Alamiah

2.1.5 Hidrologi

Bidang keilmuan hidrologi mengkaji karakteristik air, termasuk lokasi, pergerakan, dan sebarannya, di atmosfer, di permukaan bumi, dan di bawah permukaan. Disiplin ini menyelidiki transisi antara wujud air cair, padat, dan gas di atmosfer, yang mencakup lingkungan bawah tanah dan terestrial. Ahmad (2011) menekankan keterkaitan hidrolika dengan berbagai bidang keilmuan, antara lain meteorologi, klimatologi, geologi, kehutanan, ilmu tanah, dan hidrolika.

⁴² Hidrologi adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari siklus air di bumi, termasuk distribusi, sirkulasi, dan properti air di atmosfer, permukaan bumi, dan dalam tanah. Lingkup hidrologi mencakup pemahaman tentang bagaimana air bergerak dan berinteraksi dengan berbagai elemen lingkungan, termasuk sungai, danau, reservoir, salju, gletser, tanah, dan atmosfer.

Ilmu hidrologi membahas proses-proses seperti evaporasi, transpirasi, presipitasi, limpasan permukaan, infiltrasi, dan aliran sungai. Data dan pengetahuan yang diperoleh melalui studi hidrologi sangat penting dalam mengelola sumber daya air, merencanakan tata guna lahan, dan memahami dampak perubahan iklim terhadap siklus hidrologi.

Hidrologi juga berperan dalam merancang infrastruktur pengelolaan air, seperti bendungan, saluran irigasi, dan sistem drainase. Penerapan prinsip hidrologi membantu mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air, mengelola banjir, dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

Secara keseluruhan, hidrologi memiliki peran krusial dalam memahami dan mengelola siklus air bumi, serta memberikan kontribusi penting dalam menjaga keberlanjutan dan keseimbangan ekosistem hidrologis.

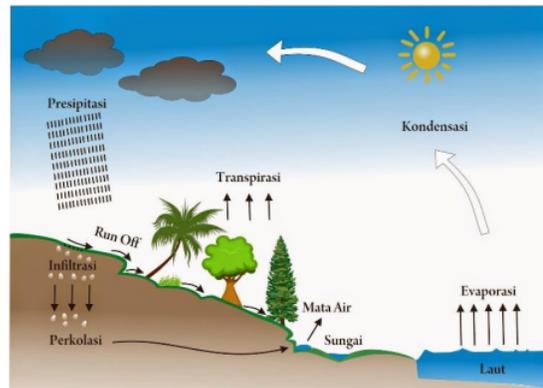
⁴⁷ 1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi terdiri dari serangkaian proses yang saling berhubungan yang mengatur pergerakan air di planet kita. Prosesnya diawali dengan penguapan atau penguapan air dari berbagai perairan, termasuk danau, lautan, dan sungai. Hal ini pada akhirnya menghasilkan pembentukan awan melalui kondensasi. Selanjutnya presipitasi berupa salju atau hujan dibuang oleh awan tersebut dan turun ke permukaan bumi (Hasmar, 2012).

Mengikuti kemiringan alami tanah, sebagian curah hujan kemudian mengalir sebagai air limpasan melintasi permukaan tanah, dan akhirnya mencapai danau, sungai, atau laut terdekat. Pada saat yang sama, sebagian kecil dari curah hujan merembes ke lapisan tanah melalui mekanisme infiltrasi. Tingkat infiltrasi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis tanah, vegetasi, dan kondisi permukaan tanah.

Air yang terinfiltrasi akan membentuk air tanah, yang dapat disimpan di dalam pori-pori batuan dan lapisan air tanah. Air tanah ini dapat menjadi sumber air untuk sumur, mata air, atau bahkan kembali ke permukaan melalui mata air. Selain itu, sebagian air tanah juga dapat mengalir ke sungai atau danau melalui aliran bawah tanah.

Siklus hidrologi berlanjut dengan penguapan dari permukaan tanah, danau, dan sungai, serta transpirasi dari tumbuhan. Uap air yang terbentuk kemudian naik ke atmosfer dan membentuk awan, sehingga siklus hidrologi dapat terus berulang.



3
Gambar 2.7 Siklus Hidrologi

2. Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan proses pengumpulan informasi dan data yang berkaitan dengan fenomena hidrologi. Dalam analisis ini, dikumpulkan berbagai keterangan dan fakta mengenai pergerakan air di lingkungan, seperti curah hujan, aliran sungai, dan kondisi hidrologis lainnya (Suripin, 2004). Fenomena hidrologi, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, mencakup berbagai keterangan dan fakta mengenai pergerakan air di lingkungan. Fenomena hidrologi meliputi curah hujan, suhu, penguapan, durasi sinar matahari, kecepatan angin, debit sungai, dan tinggi muka air. Hal-hal ini senantiasa berubah seiring waktu.

Pengumpulan, penghitungan, penyajian, dan interpretasi data hidrologi dilakukan dengan menggunakan prosedur tertentu untuk tujuan tertentu. Data-data hidrologi ini sangat penting dalam berbagai kegiatan, seperti perencanaan pengelolaan sumber daya air, mitigasi risiko banjir, dan pemodelan hidrologi.

Dengan mengumpulkan data hidrologi yang akurat dan mengikuti prosedur yang tepat, kita dapat memahami serta memprediksi pola dan tren hidrologi yang terjadi. Data hidrologi ini membantu dalam mengambil keputusan yang tepat dalam pengelolaan sumber daya air dan mitigasi risiko bencana.

2.1.6 Banjir

Situasi yang terjadi secara alami dimana air secara tak terduga melebihi kapasitas penyimpanan pada suatu wilayah tertentu merupakan banjir. Penyebab utama banjir adalah curah hujan yang tinggi, meluapnya sungai, dan rusaknya sistem drainase. Banjir dapat menimbulkan dampak yang parah, termasuk terendamnya infrastruktur, kawasan pemukiman, dan jalan raya, serta membahayakan nyawa manusia melalui kerugian ekonomi, kerugian harta benda, dan risiko keselamatan.

Banjir adalah peristiwa alam yang terjadi ketika air meluap dan melimpas dari tempatnya semula, seperti sungai, dan menyebar ke area yang biasanya kering. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk curah hujan yang tinggi, salju yang meleleh, gelombang pasang laut, atau kombinasi dari beberapa faktor tersebut.

Banjir dapat memiliki dampak yang serius terhadap lingkungan dan masyarakat. Air yang meluap dapat merusak tanaman, hewan, serta struktur bangunan dan infrastruktur. Selain itu, banjir juga dapat menyebabkan hilangnya nyawa manusia, mengakibatkan pengungsian massal, dan menimbulkan kerugian ekonomi yang besar.

Pengelolaan banjir melibatkan upaya untuk mengurangi risiko dan dampaknya. Ini mencakup pembangunan tanggul, saluran air yang baik, dan sistem drainase yang efisien. Selain itu, pendekatan pencegahan seperti pengelolaan tata air dan penanaman hutan di daerah resapan air juga dapat membantu mengurangi risiko banjir.

Banjir seringkali menjadi tantangan kompleks karena melibatkan faktor alam dan manusia. Oleh karena itu, pengelolaan yang holistik dan kolaboratif antara pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan banjir dengan efektif.

Banjir dibedakan dengan penggenangan pada daerah yang biasanya kering akibat peningkatan volume air. (Suripin, 2004).

Sudut pandang alternatif, seperti yang diamati oleh Pramono dkk. (2009), mengkarakterisasi banjir sebagai kejadian alami yang diakibatkan oleh tingginya debit air sungai yang tidak normal akibat curah hujan yang terus-menerus. Akibatnya, sungai tersebut meluap dan menggenangi wilayah sekitar. Dampak dari fenomena banjir ini terhadap para korban sangatlah besar, baik dampak yang nyata maupun tidak nyata. Banjir dapat dipahami sebagai akibat dari presipitasi (masukan) yang terus menerus dan transformasi yang berlangsung dalam sistem terestrial. Ketika curah hujan terus menumpuk di bagian hulu sungai atau di suatu wilayah tertentu, aliran sungai saat ini tidak cukup untuk membawa

kelebihan air, sehingga menyebabkan meluap dan menyebabkan genangan di daerah sekitarnya.

66

2.2 Data Curah Hujan Daerah

Metode pengumpulan data curah hujan yang digunakan adalah dengan menggunakan alat pengukuran pluviometer otomatis, yang terpasang di stasiun tersebut dan direkam secara real-time setiap 15 menit. Data curah hujan yang terkumpul kemudian diolah dan disimpan dalam basis data yang terkelola dengan baik di Dinas Perairan Surabaya. Dengan menggunakan data curah hujan yang spesifik ini, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola curah hujan tahunan, bulanan, serta perubahan musiman di daerah Surabaya, dan menganalisis dampaknya terhadap sistem drainase yang ada.

2.2.1 Peta Tata Guna Lahan

5

Peta tata guna lahan ini memperlihatkan pembagian dan penggunaan lahan di wilayah tersebut. Informasi tata guna lahan ini diperoleh melalui penampakan visual pada *Google Earth*, yang memberikan gambaran yang cukup detail mengenai jenis dan penggunaan lahan di area penelitian. Dengan menggunakan peta tata guna lahan yang spesifik ini, penelitian dapat mengidentifikasi dan menganalisis pengaruh tata guna lahan terhadap aliran air di wilayah tersebut.

2.2.2 Peta Daerah Studi

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih spesifik mengenai kondisi lokasi penelitian, diperlukan peta daerah studi yang terperinci. Peta ini memberikan gambaran yang lebih mendalam tentang fitur geografis, topografi, dan elemen lingkungan di wilayah penelitian. Informasi yang terdapat pada peta daerah studi diperoleh melalui *Google Earth*.

42

2.3 Landasan Teori

2.3.1 Menghitung Curah Hujan Rerata Maksimum

97

Curah hujan mengacu pada jumlah air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dalam suatu wilayah dan periode waktu tertentu. Faktor penting ini memiliki dampak yang signifikan terhadap iklim, lingkungan, dan kehidupan sehari-hari manusia. Curah hujan diukur dalam milimeter atau inci dan dapat bervariasi secara signifikan berdasarkan lokasi dan musim.

Curah hujan memainkan peran penting dalam siklus hidrologi, menyediakan air untuk tanaman dan sumber daya air permukaan. Namun, tingkat curah hujan yang ekstrem dapat

40
menyebabkan banjir, tanah longsor, dan masalah lainnya. Oleh karena itu, pemantauan dan pemahaman yang baik terhadap pola curah hujan menjadi kunci dalam pengelolaan risiko bencana alam.

Selain itu, perubahan iklim juga dapat memengaruhi pola curah hujan, menyebabkan perubahan yang signifikan dalam distribusi dan intensitas hujan. Fenomena ini dapat memiliki dampak luas terhadap pertanian, sumber daya air, dan ekosistem alam. Oleh karena itu, pemahaman terkini tentang pola curah hujan menjadi sangat penting dalam konteks perubahan iklim global.

Ketepatan pengukuran curah hujan dan pemahaman yang mendalam terhadap dinamika curah hujan membantu dalam perencanaan tata guna lahan, manajemen sumber daya air, dan mitigasi risiko bencana terkait air, yang semuanya merupakan aspek penting dalam mencapai keberlanjutan lingkungan dan pembangunan yang berkelanjutan. 13
Menghitung rerata curah hujan maksimum untuk mengambil nilai rata-rata dari data curah hujan maksimum yang terjadi dalam suatu periode waktu tertentu. Curah hujan maksimum mengacu pada jumlah hujan terbesar yang tercatat dalam periode waktu tersebut.

Dengan menghitung rerata curah hujan maksimum, dapat memperoleh gambaran tentang rata-rata curah hujan terbesar yang dapat terjadi di lokasi penelitian. Hal ini berguna dalam analisis hidrologi, perencanaan pengelolaan air, dan pemodelan banjir, di mana informasi tentang curah hujan maksimum sangat penting.

a. Metode Perhitungan Aljabar/Aritmatik

Dengan menggunakan metode Aljabar/Aritmatik, maka akan mendapatkan rata-rata curah hujan dengan menghitung jumlah curah hujan dari berbagai lokasi di dalam dan sekitar daerah tersebut, lalu membaginya dengan jumlah total lokasi yang dihitung.

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \quad (2.1)$$

Dengan,

5
R = Curah hujan rata-rata daerah (mm)

R₁...R_n = Curah hujan pada st.hujan (mm)

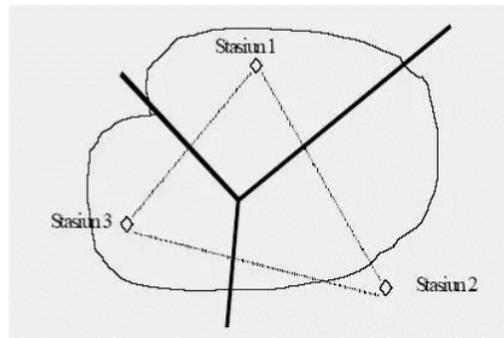
N = Jumlah stasiun

b. Metode Perhitungan Polygon Thiessen

Dalam prosedur ini, digunakan rata-rata tertimbang sebagai metode perhitungan. Metode ini lebih akurat dan objektif dibandingkan dengan pendekatan lain, sehingga sering digunakan dalam studi hidrologi.

Untuk mempertimbangkan pengaruh wilayah yang dicirikan oleh stasiun-stasiun yang mengalami curah hujan tidak teratur, digunakan faktor pembobotan, yang juga disebut sebagai koefisien Thiessen. Lokasi konstruksi harus mempertimbangkan seluruh daerah tangkapan air ketika memilih stasiun curah hujan.

Untuk menentukan besarnya koefisien Thiessen, luas pengaruh masing-masing stasiun hujan diperhitungkan.



Gambar 2.8 Stasiun Hujan Polygon Thiessen Pada DAS

Sehingga hujan rata-rata dapat dicari dengan :

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + A_3R_3 + \dots + A_nR_n}{A_{total}} \quad (2.2)$$

Dengan,

R = Tinggi Curah hujan rata-rata

R_n = Curah hujan pada masing-masing setiap stasiun (mm)

A_n = Luas pada daerah yang di pengaruhi stasiun hujan

A_{total} = Luas DAS di keseluruhan

2.3.2 Perhitungan Hujan Rencana

Analisis data menggunakan parameter termasuk mean, deviasi standar, koefisien variasi, dan koefisien skewness untuk menghitung distribusi frekuensi, yang juga dikenal sebagai kemiringan.

Curah hujan merupakan faktor penting dalam analisis hidrologi, dan penilaian dilakukan dengan menggunakan metode manual dan mekanis selama durasi dua puluh empat jam. Data yang diperoleh berkaitan dengan volume curah hujan yang terjadi dalam satu hari. Kursus hidrologi sering kali menggabungkan berbagai distribusi frekuensi, yang semuanya didasarkan pada prinsip-prinsip statistik dasar.

Empat distribusi frekuensi umum yang sering digunakan dalam domain hidrologi.

Distribusi tersebut adalah sebagai berikut :

- Distribusi Normal
- Distribusi Log Normal
- Distribusi Gumbel
- Distribusi Log Person Tipe III

a. Distribusi Normal

Distribusi normal yang dikenal juga dengan nama Distribusi Gaussian atau Distribusi Gaussian merupakan fungsi distribusi kumulatif yang sangat penting dalam bidang statistika. Distribusi normal mempunyai fungsi kepadatan probabilitas yang unik dan sering digunakan untuk menganalisis data yang mempunyai pola simetris dan berdistribusi normal. Dengan menggunakan distribusi normal, kita dapat mengukur probabilitas kejadian tertentu pada data yang simetris dan berdistribusi normal. Oleh karena itu, distribusi normal memang merupakan alat yang sangat berguna untuk menganalisis data dengan karakteristik tersebut.

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S \quad (2.3)$$

Dengan,

X_T = Perkiraan nilai yang di harapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

\bar{x} = Nilai rata-rata

K_T = Faktor frekuensi

S = Standar deviasi

Seperti yang di tunjukkan pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Nilai Variabel Pada 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	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64

Lanjutan tabel 2.1→

No	Periode Ulang	T (Tahun)	Peluang KT
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	0,67
8	1,43	0,7	0,52
9	1,67	0,6	0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

Sumber: Suripin,2004

b. Distribusi Log Normal

Distribusi logaritma standar melibatkan konversi titik data X ke bentuk logaritmanya, yang direpresentasikan sebagai $Y = \log(X)$. Dilambangkan bahwa X menganut distribusi log-normal jika variabel acak $Y = \log(X)$ menampilkan distribusi normal. Peramalan curah hujan dalam kerangka distribusi log-normal dapat dilakukan melalui persamaan berikut:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \cdot s \quad (2.4)$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{s} \quad (2.5)$$

Dengan

Y_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahun

\bar{Y} = Nilai rata-rata hitungan variant

s = Deviasi standar nilai variant

K_T = Faktor frekuensi

c. Distribusi Gumbel

Metode Gumbel adalah pendekatan khusus yang dirancang untuk pemeriksaan limpasan permukaan dan kejadian banjir di daerah aliran sungai (DAS) yang ditentukan. Metode Gumbel sangat penting untuk pengelolaan sumber daya air dan perencanaan banjir, karena metode ini memberikan data akurat mengenai perkiraan curah hujan tinggi di wilayah sungai. Informasi yang dihasilkan melalui pendekatan ini memberikan perkiraan curah hujan tertinggi yang tercatat pada tahun tertentu dan berfungsi sebagai komponen mendasar dalam prosedur pengambilan keputusan, seperti perancangan kawasan rawan banjir di sepanjang sungai, pembentukan waduk penyimpanan, dan pengembangan infrastruktur drainase (Fairizi, 2015). Distribusi Gumbel dibedakan dengan nilai Beton Kategoris (CK) tidak melebihi 5,4 dan Koefisien Skewness (CS) sebesar 1,139 atau kurang.

Pada metode ini dapat dihitung dengan persamaan berikut :

1. Menyusun data curah hujan (Ri) mulai dari nilai yang terbesar sampai nilai yang terkecil.

2. Menghitung rata-rata (R) dari tinggi hujan :

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n Ri}{n} \quad (2.6)$$

3. Menghitung besar harga deviasi rata-rata (Sd) dari data hujan :

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum (Ri - \bar{R})^2}{n - 1}} \quad (2.7)$$

4. Menghitung besar nya harga 1/a dan b

$$\frac{1}{a} = \frac{S_R}{sn} \quad (2.8)$$

$$b = \bar{R} - \left(Y_n \times \frac{S_R}{sn} \right) \quad (2.9)$$

Persamaan Ekstarpolasi :

$$R_t = b + \frac{1}{a} \times Y_t \quad (2.10)$$

5. Perhitungan curah hujan dengan periode ulang pada persamaan distribusi Gumbel

dengan Rumus :

$$Y_t = -\ln (-\ln (T_r - 1) / T_r) \quad (2.11)$$

Dengan,

R_T = Hujan max kala ulang periode t (tahun)

Y_T = Hujan harian max rata-rata

Y_n = Reduce variety

S_R = Reduce mean

S_n = Reduce standart duration

S_d = Standar deviasi

Tr = Periode ulang

3
d. Distribusi Log Person Tipe III

Tujuan penerapan metode Person Log Tipe III dalam perencanaan pengendalian banjir perkotaan adalah untuk memperoleh perkiraan curah hujan yang lebih akurat. Metodologi ini melibatkan konversi data curah hujan maksimum harian yang sudah ada ke dalam format logaritmik, yang konsisten dengan saran yang menyarankan penggunaan curah hujan minimum dengan periode ulang sepuluh tahun. Tujuan penerapan pendekatan ini adalah untuk menghasilkan data yang lebih akurat dan relevan mengenai kemungkinan terjadinya genangan di wilayah perkotaan. Oleh karena itu, hal ini akan mendukung para pembuat kebijakan dalam merancang strategi pengendalian banjir yang efektif. Distribusi Log Person Tipe III dibedakan dengan koefisien skewness (CS) yang bukan nol.

1. Menyusun data – data curah hujan (R_i) mulai dari nilai yang terbesar Sampai nilai yang terkecil.
2. Merubah sejumlah n curah hujan $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ ke dalam bentuk besaran logaritme, sehingga menjadi $\text{Log } R_1, \text{Log } R_2, \text{Log } R_3, \dots, \text{Log } R_n$. Selanjutnya dinyatakan dalam $\text{Log } R$
3. Menghitung besarnya harga rata – rata besaran logaritme ($\text{Log } R$) :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (2.12)$$

4. Menghitung besarnya harga deviasi rata – rata (S) dari besaran logaritma :

$$S_{\text{Log } R} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } (R_i - R))^2}{n - 1}} \quad (2.13)$$

5. Menghitung harga koefisien kemencengan (C_s) dari besaran logaritma diatas :

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=0}^n (R_i - R)^3}{(n - 1)(n - 2)(\log S R^3)} \quad (2.14)$$

Dengan,

R_i = Curah hujan rencana dengan kala ulang tertentu. (mm)

R = Faktor frekuensi, koefisien yang didapatkan dari besarnya nilai C_s dan besarnya kala ulang

S = Harga simpangan baku dari nilai curah hujan harian max.

- $\log x$ = Nilai rata-rata logaritma curah hujan max.
 n = Banyaknya data
 C_s = Koefisien kemiringan

Tabel 2.2 Frekuensi Reduksi Metode Log Person Tipe III

No	Cs	Probabilitas							
		50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
		Periode Ulang (Tahun)							
		2	5	10	25	50	100	200	1000
1	-3	0,396	0,636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668
2	-2,5	0,36	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,8	0,802
3	-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905	0,907	0,91
4	-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99	0,995	1
5	-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,13
6	-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,28
7	-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318	1,351	1,465
8	-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
9	-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,8
10	-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
11	-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81
12	-0,1	0,017	0,836	1,27	1,716	2	2,252	2,482	2,95
13	0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,09
14	0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67	3,235
15	0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,38
16	0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
17	0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949	3,67
18	0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041	3,815
19	0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
20	0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
21	0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
22	0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
23	1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
24	1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82
25	1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
26	1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
27	1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
28	2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91
29	2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2
30	2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652	6,6
31	3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25

Sumber : Sri Harto, Analisis Hidrologi, 2013

2.3.3 Uji Kecocokan Distribusi (*The Good Of Test*)

Triadmodjo (2010) mengidentifikasi dua metode yang digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian jenis distribusi tertentu untuk kumpulan data tertentu: Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square. Berdasarkan representasi grafis hubungan antara nilai probabilitas presipitasi atau debit pada kertas probabilitas, maka dilakukan pemeriksaan.

a) Uji Chi-kuadrat

Nilai X^2 dapat di tentukan menggunakan persamaan berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (2.15)$$

Dengan,

X^2 = Nilai pada *Chi-kuadrat* terhitung

E_f = Frekuensi yang sesuai dengan pembagian pada kelas

O_f = Frekuensi terbaca pada kelas yang sama

n = Jumlah pada sub kelompok pada satu grup

Biasanya, nilai turunan X^2 harus lebih kecil dari nilai X_{cr2} (*Chi-kuadrat Kritis*) pada tingkat yang telah ditentukan sebesar 5%. Perhitungan derajat kebebasan dapat dilakukan melalui rumus berikut:

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad (2.16)$$

Dengan,

Dk = Derajat kebebasan

K = Banyak kelas

α = Banyak Keterikatan, Untuk *Chi-kuadrat* adalah 2

Untuk Meghitung jumlah kelas K , dapat digunakan dengan cara persamaan berikut :

$$K = 1 + 3,322 \log n \quad (2.17)$$

Dengan,

K = Jumlah kelas

n = Jumlah n

Untuk menghitung nilai pada E_f , dapat digunakan persamaan berikut :

$$E_f = \frac{n}{k} \quad (2.18)$$

Dengan,

E_f = Frekuensi sesuai pembagian pada kelas nya

n = Jumlah data

K = Jumlah kelas

b) Uji *Smirnov Kolmogrov*

Metode Smirnov-Kolmogorov membandingkan probabilitas kumulatif sampel dengan distribusi kumulatif fungsi yang dipertimbangkan secara mendasar. Susunan sampelnya dalam urutan menaik dengan ukuran N . Selanjutnya diturunkan fungsi frekuensi kumulatif dengan menggunakan data yang telah diurutkan. Prosedur pengujian digambarkan sebagai berikut:

1. Mengurutkan data tersebut, baik dari yang terbesar ke terkecil atau sebaliknya, dan kemudian tentukan peluang dari masing-masing data.
2. Untuk menghitung probabilitas, digunakan persamaan Weibull.
3. Buatlah garis durasi Gumbel pada kertas Extreme Probability (terlampir) sesuai dengan persamaan yang telah dihitung. Dalam persamaan $X_t = b + 1/a Y_t$, masukkan 2 (dua) nilai Y_t untuk mendapatkan 2 (dua) nilai X_t . Kemudian, gambarlah garis lurus berdasarkan nilai-nilai tersebut. Begitu juga ketika menggunakan metode Log Person, lakukan plotting pada kertas Logaritma untuk pengujian.
4. Lakukan plot data curah hujan (X_i) terhadap probabilitas (P_e).
5. Hitunglah perbedaan antara probabilitas distribusi empiris (berdasarkan data lapangan) dengan probabilitas distribusi teoritis (berdasarkan persamaan garis ekstrapolasi), dan cari nilai dari Δ maks.
6. Tentukan nilai kritis ΔCr pada tabel Smirnov Kolmogorov Test berdasarkan nilai N dan tingkat signifikansi α . Bandingkan antara nilai X_{2hit} dengan ΔCr . Jika nilai maksimum Δ lebih kecil dari ΔCr , maka hipotesis diterima.

$$P = \frac{100\% \times (m)}{n + 1} \quad (2.19)$$

Dengan,

P = Probabilitas WEIBULL

n = Ukuran pada sampel

m = Nomor Urut

Tabel 2.3 Nilai Pada ΔCr Untuk Uji *Smirnov Kolmogrov*

N	α = derajat kepercayaan			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67

Lanjutan tabel 2.3→

N	α = derajat kepercayaan			
	0,2	0,1	0,05	0,01
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27

Sumber: Suripin, 2004

2.3.4 Metode Seleksi Curah Hujan Wilayah

Walaupun masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan, terdapat tiga kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan metode mana yang tepat untuk diterapkan pada suatu daerah aliran sungai. Faktor penentunya, seperti digambarkan oleh Suripin dkk. (2004), dirinci pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Metode Seleksi Curah Hujan Pada Wilayah

Faktor-Faktor	Syarat-Syarat	Metode
Jaring-Jaring Pos Penakar Hujan Dalam DAS	Jumlah Pos Penakar Hujan Cukup	Metoda Isohiet, Thiessen Atau Rata-Rata Aljabar dapat dipakai
	Jumlah Pos Penakar Hujan Terbatas	Metoda Rata-Rata Aljabar atau Thiessen
	Pos Penakar Hujan Tunggal	Metoda Hujan Titik
Luas DAS	DAS Besar (>5000 km ²)	Metoda Isohiet
	DAS Sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metoda Thiessen
	DAS Kecil (<500 km ²)	Metoda Rata-Rata Aljabar
Topografi DAS	Pegunungan	Metoda Rata-Rata Aljabar
	Dataran	Metoda Thiessen
	Berbukit dan Tidak Beraturan	Metoda Isohiet

Sumber : Suripin, 2004

2.3.5 Waktu Konsentrasi (*Time of concentration*)

Waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir dari titik terjauh di daerah aliran ke titik kontrol tertentu di hilir saluran disebut sebagai waktu konsentrasi.

$$T_c = 0,0195 \times \frac{(L)^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (2.20)$$

Dengan,

T_c = Waktu (menit)

L = Jarak saluran dari titik terjauh hingga titik yang dianalisis.

S = Kemiringan dasar Pada saluran

Berdasarkan tipe materialnya, jenis saluran untuk kemiringan dapat dilihat pada tabel

2.5 berikut :

Tabel 2.5 Kemiringan Saluran Memanjang (S) Berdasarkan Tipe Material

No	Tipe Material	Kemiringan Saluran (S) %
1	Tanah Asli	0 – 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	7,5

Sumber : desain permukiman jalan No.008/T/BNKT?1990, BINA MARGA

2.3.6 Analisa Intensitas Hujan

Intensitas hujan mengukur tingkat curah hujan vertikal atau horizontal selama periode waktu tertentu. Salah satu ciri curah hujan yang menonjol adalah bahwa intensitasnya umumnya meningkat seiring dengan durasinya yang singkat; lebih jauh lagi, periode ulang yang diperpanjang menunjukkan intensitas yang meningkat.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.21)$$

Dengan,

I = Intensitas pada hujan (mm/jam)

t = Lamanya waktu hujan (jam)

t_c = Waktu terjadi konsentrasi hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan max harian (24 jam) (mm)

2.3.7 Limpasan

Limpasan dihasilkan ketika aliran tertunda cekungan, aliran permukaan, dan aliran bawah permukaan berinteraksi. Debit permukaan menjadi pertimbangan penting selama

tahap desain sistem drainase, khususnya yang berkaitan dengan pengelolaan air hujan. Meski demikian, Suripin (2004) menggarisbawahi bahwa dalam upaya pengendalian banjir, debit juga menjadi pertimbangan selain aliran permukaan.

Limpan merujuk pada air yang tidak dapat diserap oleh tanah atau diarahkan ke saluran air yang telah ditetapkan. Proses ini terjadi ketika curah hujan atau air yang mencair dari salju melampaui kapasitas penyerapan tanah atau permukaan yang tidak dapat menahan air lebih lanjut. Sebagai hasilnya, air bergerak melintasi permukaan tanah, membentuk aliran permukaan yang dapat mengalir ke saluran air, sungai, danau, atau laut terdekat.

Limpan dapat menjadi faktor penting dalam siklus hidrologi, terutama dalam konteks hujan deras atau curah hujan yang tinggi. Tingkat limpan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis tanah, tutupan tanah, topografi, dan tata guna lahan. Peningkatan tata guna lahan perkotaan atau perubahan dalam lapisan tanah dapat meningkatkan risiko limpan, memicu banjir, dan merugikan lingkungan.

Pengelolaan limpan menjadi krusial dalam upaya mengurangi risiko banjir, erosi tanah, dan pencemaran air. Praktek-praktek konservasi, seperti pembuatan taman hujan atau penggunaan vegetasi penutup tanah, dapat membantu mengurangi tingkat limpan, meningkatkan infiltrasi air, dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang limpan adalah penting dalam perencanaan tata guna lahan dan pengelolaan sumber daya air untuk mencapai lingkungan yang seimbang dan berkelanjutan.

1. Metode Perhitungan Rasional

Koefisien limpan adalah metrik yang digunakan untuk mengukur volume air yang dialirkan melalui saluran drainase, dengan mempertimbangkan kapasitas infiltrasi curah hujan. Nilai koefisien ini ditentukan oleh kepadatan penduduk setempat dan bervariasi dari 0 hingga 1. Peningkatan kepadatan penduduk berkorelasi positif dengan peningkatan koefisien limpan, yang pada gilirannya mendorong saluran drainase untuk menampung volume debit air yang lebih besar.

Rumus yang digunakan untuk menghitung debit atau curah hujan adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (2.22)$$

Dengan,

Q = Debit aliran air pada limpan (m^3/det)

C = Koefisien run off (berdasarkan pada standar baku)

I = Intensitas pada hujan (mm/jam)

A = Luas pada daerah pengaliran (km^2)

0,278 = Konstanta

Apabila terdapat berbagai jenis tataguna lahan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS), maka penentuan nilai C akan menggunakan nilai rata-rata. Dalam hal ini, koefisien pengaliran rata-rata (majemuk) akan digunakan.

$$C = \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + A_3 \cdot C_3 + \dots + A_n \cdot C_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.23)$$

Dengan,

C_n = Adalah Koefisien limpasan lahan

A_n = Adalah lahan ke- n

Berikut adalah tabel untuk melihat nilai koefisien pada limpasan C , sebagai berikut dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6 Nilai koefisien C Pada limpasan

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	Perkotaan	0,70 - 0,95
	Pinggiran	0,50 - 0,70
2	Perumahan	
	Rumah Tunggal	0,30 - 0,50
	Multiunit terpisah, terpisah	0,40 - 0,60
	Multiunit, Tergabung	0,60 - 0,75
	Perkampungan	0,25 - 0,40
	Apartemen	0,50 - 0,70
3	Industri	
	Ringan	0,50 - 0,80
	Berat	0,60 - 0,90
	Perkerasan	11
	Aspal dan beton	0,70 - 0,95
	Batu bata dan paving	0,50 - 0,70
	Atap	0,75 - 0,95
	Halaman tanah berpasir	
	datar 2%	0,05 - 0,10
	rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
	curam 7%	0,15 - 0,20
	Halaman tanah berat	
	datar 2%	0,13 - 0,17
	rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
	curam 7%	0,25 - 0,35

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
17	Halaman kereta api	0,10 - 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 - 0,25
	Hutan	
	datar 0-5%	0,10 - 0,40
	bergelombang 5-10%	0,25 - 0,25
	berbukit 10-30%	0,30 - 0,60

Sumber: Suripin, 2004

2. Metode Perhitungan Der Weduwen

Metode der Weduwen pertama kali diterbitkan pada tahun 1937 dan telah terbukti validitasnya untuk daerah seluas 100 km². Berikut adalah persamaan untuk menghitung debit menggunakan Der Weduwen :

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q_n \times A \quad (2.24)$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta_q + 7} \quad (2.25)$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t + 1}{t + 9} A}{120 + A} \quad (2.26)$$

$$q_n = \frac{R_n R_{24}}{240 \cdot 1,45} \quad (2.27)$$

$$t = 0,25 \cdot L \cdot Q_n^{-0,125} \cdot I^{-0,25} \quad (2.28)$$

Dengan,

Q_n = Adalah debit banjir (m³/detik)

R_n = Adalah curah hujan harian max (mm/hari)

α = Adalah koefisien pengaliran/limpasan

β = Adalah angka koefisien pengurangan luas pada daerah hujan

q_n = Adalah curah hujan (m³/det/km²)

A = Adalah Luas cathment area (km²), sampai 100 km²

t = Adalah durasi lama curah hujan (jam)

L = Adalah panjang sungai (km)

I = Gradien Sungai/medan

3. Metode Perhitungan Haspers

Cara perhitungan pada Haspers memiliki kesamaan dengan metode Rasional, karena menggunakan beberapa koefisien dari perumusan Rasional.

Rumus umum yang digunakan pada perhitungan metode haspers sebagai berikut:

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q_n \times A \quad (2.29)$$

a) Koefisien pada pengaliran α :

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot A^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot A^{0,7}} \quad (2.30)$$

b) Koefisien Reduksi

$$\frac{1}{\beta} = + \frac{tr + 3,7 \cdot 10^{0,4 \cdot tr}}{tr^2 + 15} \times \frac{A^{0,75}}{12} \quad (2.31)$$

c) Waktu konsentrasi

$$tr = tc = 0,1 \times L^{0,8} \times I^{-0,3} \quad (2.32)$$

Untuk 2 jam < tr < 19 jam, untuk tr < 2 jam

d) Tinggi pada hujan

$$rt = \frac{tr \times R_{24}}{tr + 1} \quad (2.33)$$

$$rt = \frac{tr \times R_{24}}{tr + 1 - 0,0008(26 - R_{24})(2 - tr)^2} \quad (2.34)$$

e) Debit persatuan pada luas

$$q = \frac{rt}{3,6 + tr^2} \quad (2.35)$$

Dengan,

Q = Adalah debit periode ulang/debit persatuan pada luas ($m^3/detik$)

α = Adalah koefisien pada pengaliran/limpasan

β = Adalah angka pada koefisien reduksi

q = Adalah hujan max ($m^3/detik/km^2$)

A = Adalah Luas cathment Area pada studi (km^2)

$tr = tc$ = Adalah Waktu konsentrai (jam)

rt = Adalah curah hujan selama t (mm)

4. Metode perhitungan Hidrograf

Metode Hidrograf Satuan Sintetis yang dikembangkan oleh Dr. Nakayasu telah diterapkan dengan sukses di berbagai kesempatan di Jawa Timur, khususnya di Daerah Tangkapan Sungai (DTA) Sungai Brantas. Hasil yang diperoleh sejauh ini menunjukkan hasil yang memuaskan. Untuk memanfaatkan pendekatan ini, sejumlah atribut parameter

yang terkait dengan wilayah aliran yang bersangkutan sangat diperlukan. Parameter berikut disertakan:

- 1) Durasi waktu antara mulainya curah hujan dan puncaknya sebagaimana ditunjukkan oleh hidrograf (waktu puncak).
- 2) Selang waktu antara pusat presipitasi dan pusat hidrograf.
- 3) Dasar waktu hidrograf.
- 4) Pengukuran luas DAS.
- 5) Panjang saluran utama terpanjang.
- 6) Koefisien limpasan (koefisien aliran).

2.3.8 Debit Air Buangan

Pembuangan air yang tercemar berkaitan dengan jumlah air yang berasal dari berbagai sumber, termasuk namun tidak terbatas pada sampah rumah tangga, bangunan, dan instalasi. Untuk memperkirakan secara akurat volume air tercemar yang akan masuk ke sistem drainase, penting untuk memiliki pengetahuan sebelumnya tentang populasi dan rata-rata kebutuhan air di wilayah perencanaan, menurut Wicaksono (2014).

Untuk memperkirakan secara akurat jumlah air limbah yang akan meresap ke sistem drainase, penting untuk menentukan jumlah populasi di lingkungan Jalan Demak Surabaya. Per kapita, rata-rata kebutuhan air minum harian di wilayah ini berkisar antara 150 hingga 250 liter. Saat melakukan penghitungan volume air limbah yang dibuang, penting untuk memperhitungkan nilai C (koefisien drainase berbasis luas permukaan), yang berbeda antar wilayah yang disurvei karena korelasinya dengan kepadatan penduduk. Dengan cara berikut, nilai koefisien C yang diharapkan dipastikan:

- C = 0,65 untuk kepadatan pada penduduk di antara 50 - 150 orang/Ha
- C = 0,70 untuk kepadatan pada penduduk di antara 150 - 250 orang/Ha
- C = 0,75 untuk kepadatan pada penduduk di antara 250 - 350 orang/Ha
- C = 0,80 untuk kepadatan pada penduduk di atas 350 orang/Ha

Untuk limbah nya diantara 70-80% kebutuhan air bersih.

Untuk industri 25% air kotor penduduk.

$$Q_{ab} = C \times K_{ab} \times A \times K_p \quad (2.36)$$

Dengan,

Q_{ab} = Adalah Jumlah pada debit air

K_{ab} = Adalah Kebutuhan Air bersih pada penduduk

A = Adalah Luas Cathment Area studi

Kp = Adalah kepadatan penduduk pada studi

Metode Menghitung Jumlah Penduduk di Masa Depan yang akan datang:

– Laju pertumbuhan geometric (*Geometric rate of growth*)

$$P_n = P_o(1 + r)^n \quad (2.37)$$

– Laju pertumbuhan Eksponensial (*Exponential Rate of Growth*)

$$P_n = P_o \times e^{rn} \quad (2.38)$$

Dengan,

P_n = Adalah jumlah penduduk dari penduduk pada tahun ke n

P_o = Adalah jumlah pada penduduk pada tahun awal

r = Adalah laju pertumbuhan penduduk pada studi

n = Adalah jangka waktu dalam tahunan

E = Adalah bilangan pokok pada $\log \sim 2,718280$

Besarnya pertumbuhan jumlah penduduk didalam suatu daerah lokasi studi:

$$r = \frac{J_{n+1} - J_n}{J_n} \times 100\% \quad (2.39)$$

Dengan,

r = Adalah laju pertumbuhan penduduk pada studi

J_{n+1} = Adalah jumlah pada penduduk tahun $n+1$

J_n = Adalah jumlah pada penduduk tahun n

2.3.9 Analisa Hidrolika

Untuk menghindari genangan air yang dapat mengakibatkan banjir dan kerusakan infrastruktur, maka air hujan yang terkumpul di suatu kawasan harus segera dialirkan. Oleh karena itu, ukuran talang harus sesuai untuk menampung dan mengalirkan air hujan ke waduk atau sungai agar dapat mengalir dengan lancar. Faktor-faktor seperti data curah hujan historis, luas lahan, jenis tanah, tingkat infiltrasi, kemiringan lahan, dan kebutuhan penyimpanan air maksimum serta laju aliran perlu dipertimbangkan ketika menentukan ukuran saluran drainase. Dengan membuat perhitungan khusus berdasarkan faktor-faktor ini, Anda dapat memastikan bahwa saluran drainase Anda memiliki kapasitas yang sesuai untuk menangani debit air hujan yang terjadi di area tersebut, sehingga meminimalkan risiko banjir dan kerusakan.

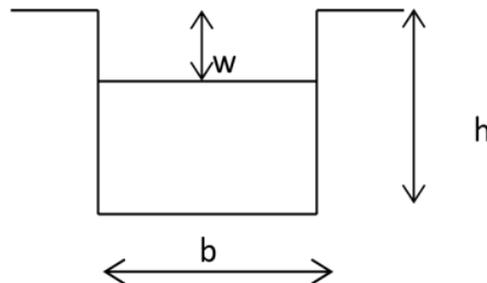
2.3.10 Saluran Persegi

Saluran drainase bentuk persegi ini (*U-ditch*), sudah banyak digunakan karena pemasangannya lebih efisien dan lebih hemat untuk anggaran biaya pada pembangunan drainase. Saluran ini sudah menjadi alternatif digunakan di dalam perkotaan karena pemasangannya yang begitu efisien. Bentuk *U-ditch* ini digunakan apabila:

- Debit pada (Q) nya besar
- Saluran terbuka.
- Jika pada (h) kecil, maka pada (b) harus besar

Untuk saluran yang lebih besar, batas atas elevasi air dalam saluran harus dipertahankan pada kedalaman 5 sentimeter di bawah tepi atas, sedangkan untuk saluran yang lebih kecil, sebaiknya 10 cm di bawah tepi atas. Variasi marginal ketinggian air, katakanlah satu sentimeter, dapat mempunyai pengaruh besar terhadap debit (Q) di saluran yang cukup lebar. Konstruksi saluran umumnya memerlukan penggunaan material seperti beton bertulang atau pasangan bata. Saluran yang lebar membuat bagian bawahnya tidak mengeras, sehingga memungkinkannya memanfaatkan tanah. Dinding saluran dilengkapi bukaan drainase, disebut juga lubang tangisan, yang dilapisi ijuk di bagian belakang dinding.

$$b = h = \frac{1}{2} b \quad (2.40)$$



Gambar 2.9 Penampang saluran bentuk Persegi

Berikut adalah rumus persamaan untuk menghitung debit pada penampang saluran bentuk persegi :

- Persamaan Untuk mencari luas penampang pada saluran persegi:

$$A = b \times h \quad (2.41)$$

- Persamaan untuk mencari Keliling basah pada saluran:

$$P = b + 2 \times h \quad (2.42)$$

- Persamaan untuk mencari jari-jari hidrolis pada saluran:

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.43)$$

- Persamaan untuk mencari kecepatan aliran pada saluran :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2.44)$$

- Persamaan untuk mencari debit pada saluran :

$$Q = A \times V \quad (2.45)$$

Dengan,

Q = Adalah debit (m³/detik)

V = Adalah kecepatan rata-rata pada aliran (m/detik)

A = Adalah luas penampang basah pada saluran (m²)

P = Adalah Keliling basah pada penampang saluran (m)

R = Adalah jari-jari hidrolis pada saluran (m)

I = Adalah kemiringan pada dasar sungai rata-rata

L = Adalah panjang saluran yang ditinjau di lokasi (m)

b = Adalah lebar dasar pada saluran persegi

H = Adalah Kedalaman air pada saluran (m)

Berikut adalah tabel kemiringan saluran yang direkomendasikan oleh US Bureau of Reclamation (USBR) dan harga koefisien manning. Dapat dilihat pada tabel 2.7, dan tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.7 Kemiringan dinding saluran

Tipe tanah	Kemiringan Dinding (m)	
	Kedalaman saluransampai 1,5 m	Kedalaman saluran >1,2 m
Turf	0	
Lempung keras	0,5	1
Geluh kelepungan dan geluh keliatan	1	1,5
Geluh kepasiran	1,5	2
Pasir	2	3

Sumber: US Bureau of Reclamation (USBR), 1987

3
Tabel 2.8 Harga Pada Koefisien Manning

Bahan	koefisien manning
	N
besi tuang dilapis	0.014
Kaca	0.010
saluran beton	0.013
bata dilapis mortar	0.015
pasangan batu di semen	0.025
saluran tanah bersih	0.022
saluran tanah	0.030
saluran dengan dasar batu dengan tebing	
rumput	0.040
saluran pada galian batu padas	0.040

3
2.3.11 Review Desain Dimensi Saluran

Dalam penelitian ini, akan dibahas evaluasi mengenai desain dimensi saluran yang memainkan peran penting dalam proses perencanaan dan pembangunan saluran air. Desain dimensi saluran melibatkan penentuan ukuran dan bentuk saluran yang optimal untuk memastikan aliran air yang efisien dan aman.

Saluran yang dirancang dengan dimensi yang tepat dapat mengoptimalkan kapasitas aliran air, mengurangi risiko banjir, dan meminimalkan erosi. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam desain dimensi saluran meliputi kecepatan aliran air, kemiringan saluran, kebutuhan kapasitas saluran, dan jenis tanah di sekitar saluran.

Selain itu, dalam desain dimensi saluran, juga perlu mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan lingkungan. Penggunaan bahan yang ramah lingkungan dan pemeliharaan saluran yang mudah harus menjadi pertimbangan utama dalam proses desain ini.

Dalam penelitian ini, akan dievaluasi berbagai pendekatan dan metode yang digunakan dalam desain dimensi saluran. Selain itu, juga akan dibahas perkembangan terkini dalam teknologi dan praktik terbaik dalam merancang dimensi saluran yang efektif dan efisien.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode pengumpulan data sebagai berikut:

a) Data sekunder

Data sekunder merujuk pada data yang diperoleh melalui media perantara, seperti instansi terkait atau catatan dari pihak lain. Data tersebut umumnya berupa laporan historis atau catatan yang telah disusun dan tersimpan dalam arsip. Untuk penelitian *review* sistem drainase ini, terdapat beberapa jenis data sekunder yang diperlukan, yaitu sebagai berikut:

– Peta tofografi dan sistem jaringan saluran drainase :

Untuk membuat Peta Topografi, dapat digunakan data digital dari berbagai sumber, termasuk *Google Maps/Google eart*. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan memotong (crop) data dari gambar digital *Google Maps/Google eart* sesuai dengan koordinat yang diinginkan.

– Data Jumlah penduduk pada lokasi penelitian :

Untuk mendapatkan data jumlah penduduk, dapat mengajukan permohonan surat izin penelitian ke Dinas Penanaman Modal Surabaya, dengan membawa surat ijin penelitian dari Universitas. Setelah mendapatkan surat rekomendasi (izin) dari Dinas Penanaman Modal, maka akan diarahkan untuk mengurus data tersebut ke Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Surabaya.

– Data intensitas hujan (curah hujan) harian dan tahunan :

Data curah hujan tahunan dapat diperoleh melalui instansi terkait, seperti Dinas PU Bina Marga Pamutusan Surabaya atau UPT PSDA WS Brantas di kediri Korwil Surabaya. Untuk mengakses data tersebut, kita perlu mengurus surat izin penelitian dari Dinas Penanaman Modal Surabaya dengan membawa surat ijin penelitian dari Universitas. Setelah mendapatkan surat rekomendasi (izin) dari Dinas Penanaman Modal, kita dapat mengambil data yang dibutuhkan di Dinas PU Bina Marga Pamutusan Surabaya.

b) Data Primer

Data ini secara khususnya, dikumpulkan melalui metode survei di lapangan secara langsung. Informasi mengenai dimensi dan kemiringan saluran drainase diperoleh dari hasil survei yang telah dilakukan.

3.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum

Untuk memastikan curah hujan harian maksimum, dilakukan analisis data curah hujan yang dikumpulkan dari beberapa lokasi pengamatan di wilayah tersebut. Untuk mengembangkan strategi pengendalian banjir, yang juga disebut sebagai daerah aliran sungai atau perencanaan curah hujan regional, penting untuk mengumpulkan data curah hujan harian.

3.3 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata Wilayah

Mengingat banyaknya penyebaran data curah hujan di antara banyak stasiun hujan yang terletak di daerah aliran sungai yang berbeda, maka penting untuk menghitung nilai rata-rata curah hujan untuk setiap lokasi. Untuk mengetahui curah hujan rata-rata di tingkat regional, dua

3.4 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Istilah "proyeksi curah hujan" menunjukkan kemungkinan suatu daerah atau wilayah akan mengalami curah hujan tahunan. Informasi ini digunakan sebagai dasar perhitungan dimensi struktur air. Dalam hal ini, Metode Log Person III dan Metode Gumbell akan diterapkan; pendekatan yang menghasilkan hasil paling optimal sehubungan dengan keselamatan desain akan dipilih.

3.5 Perhitungan Debit Rencana

Konversi data proyeksi curah hujan menjadi debit proyeksi dapat dilakukan. Berbagai teknik dapat digunakan untuk mencapai tujuan ini, seperti metode Rasional, metode Der Wenduwen, metode Haspers, dan metode Hidrograf. Metode Rational, Der Wenduwen, dan Haspers digunakan untuk menghitungantisipasi debit genangan dalam penyelidikan ini. Perhitungan yang dipilih akan ditentukan oleh perhitungan mana yang memberikan hasil paling optimal dalam hal keselamatan desain.

3.6 Perhitung Debit Air Kotor

Pembuangan air terkontaminasi mengacu pada limbah yang biasanya dibuang melalui saluran pembuangan, khususnya limbah rumah tangga, dan berasal dari sumber seperti bangunan, instalasi, dan sampah rumah tangga. Untuk keperluan estimasi debit dalam perencanaan, proyeksi populasi regional dan kebutuhan air diperhitungkan. Pembuangan air tercemar merupakan komponen pembuangan keseluruhan yang harus dialirkan ke saluran pembuangan.

3.7 Perhitungan Debit Saluran Baru

Perhitungan debit pada saluran ini dilakukan agar mengetahui seberapa besar kapasitas saluran yang telah rampung dibangun oleh Badan Pembangunan Daerah Kota Surabaya, karna pembangunan yang di lakukan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surabaya perlu dilakukan Review desain dimensi, karena saluran yang telah dibangun memiliki dimensi yang tidak porposional dengan kebutuhan yang sebenarnya. Saluran yang terlalu besar dapat meyebabkan masalah, seperti pemborosan sumber daya, biaya konstruksi yang tinggi, dan dampak lingkungan yang negatif. Perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap karakteristik hidrologi daerah dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti curah hujan maksimum, luas lahan yang harus ditangani, dan debit air yang diharapkan. Dengan demikian, desain saluran drainase dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang sebenarnya, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan sesuai dengan tata ruang yang ada.

3.8 Perhitungan Debit Saluran Lama

Perhitungan debit saluran lama drainase digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran tersebut. Dengan mengetahui debit maksimum yang dapat ditampung oleh saluran, dapat diketahui apakah saluran tersebut mampu menangani aliran air yang diharapkan atau memerlukan perbaikan.

Dalam konteks ini, perhitungan debit saluran lama drainase digunakan untuk mengevaluasi apakah pembangunan yang telah dilakukan oleh Badan Pembangunan daerah Kota Surabaya dapat menampung aliran air yang tepat atau apakah ukurannya terlalu besar. Bila ukuran saluran yang telah rampung dibangun terlalu besar, sehingga dapat melakukan perencanaan dimensi ulang pada saluran. Yang dimana nanti ini bisa menjadi bahan evaluasi untuk Badan pembangunan Pembangunan Daerah Kota Surabaya.

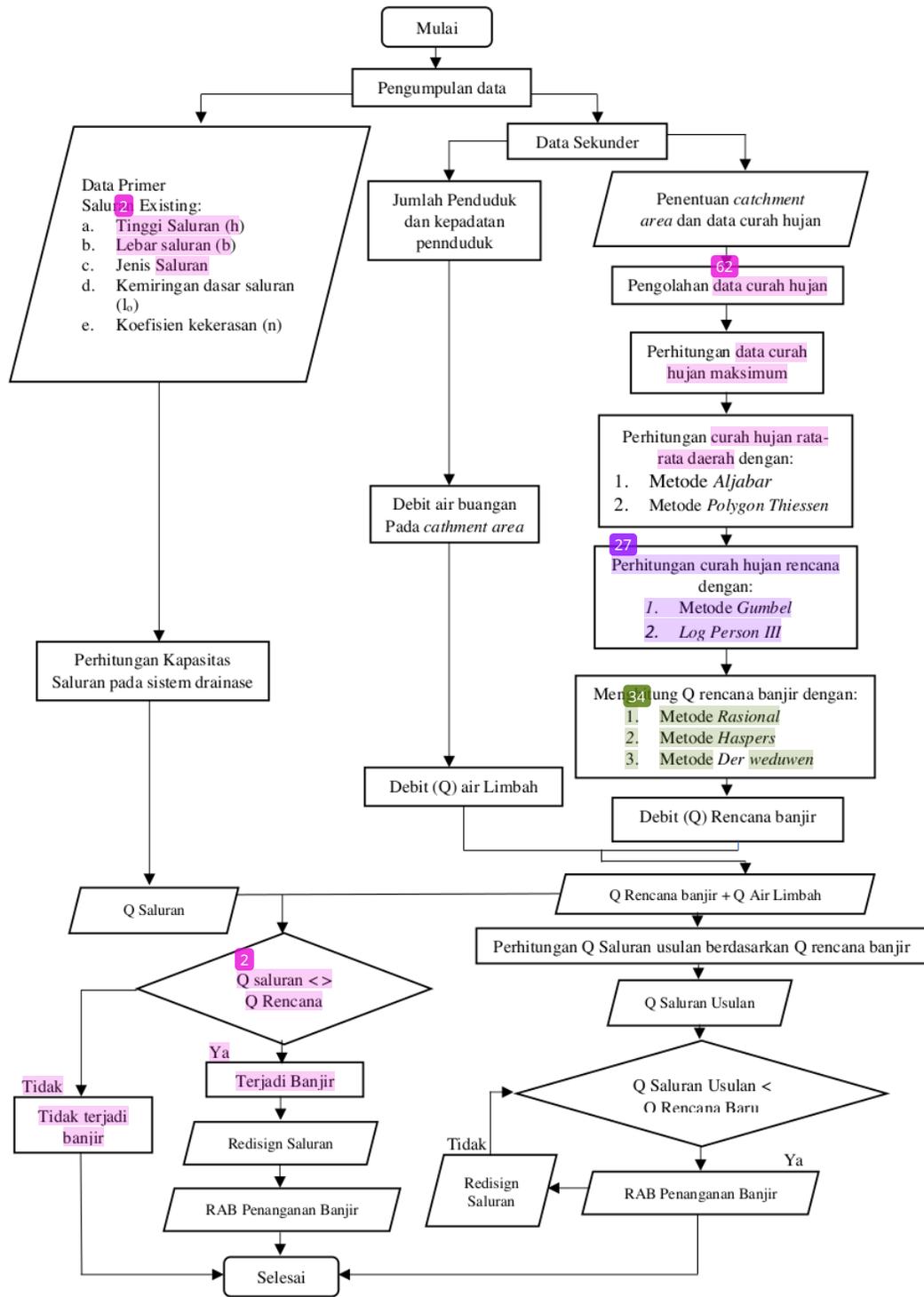
3.9 Analisis Kapasitas Saluran Drainase

Dari metodologi penelitian yang telah dilakukan, jika didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Jika Q sistem saluran $<$ Q saluran rencana, maka kemungkinan terjadi banjir. Untuk mengatasi hal ini, langkah yang harus dilakukan adalah dengan memperbesar kapasitas saluran drainase yang ada.
- 2) Jika Q sistem saluran $>$ Q saluran rencana, maka tidak akan terjadi banjir. Oleh karena itu, upaya dilakukan agar kapasitas saluran yang ada mampu menampung debit rencana, antara lain dengan melakukan pembersihan saluran yang ada atau melakukan perbaikan pada saluran yang rusak.

3.10 Diagram Alir Pada Penelitian

Berikut adalah diagram alir yang digunakan untuk menggambarkan urutan langkah-langkah atau proses yang terlibat dalam penelitian ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB 4

ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

4.1 Penentuan Catchmen Area

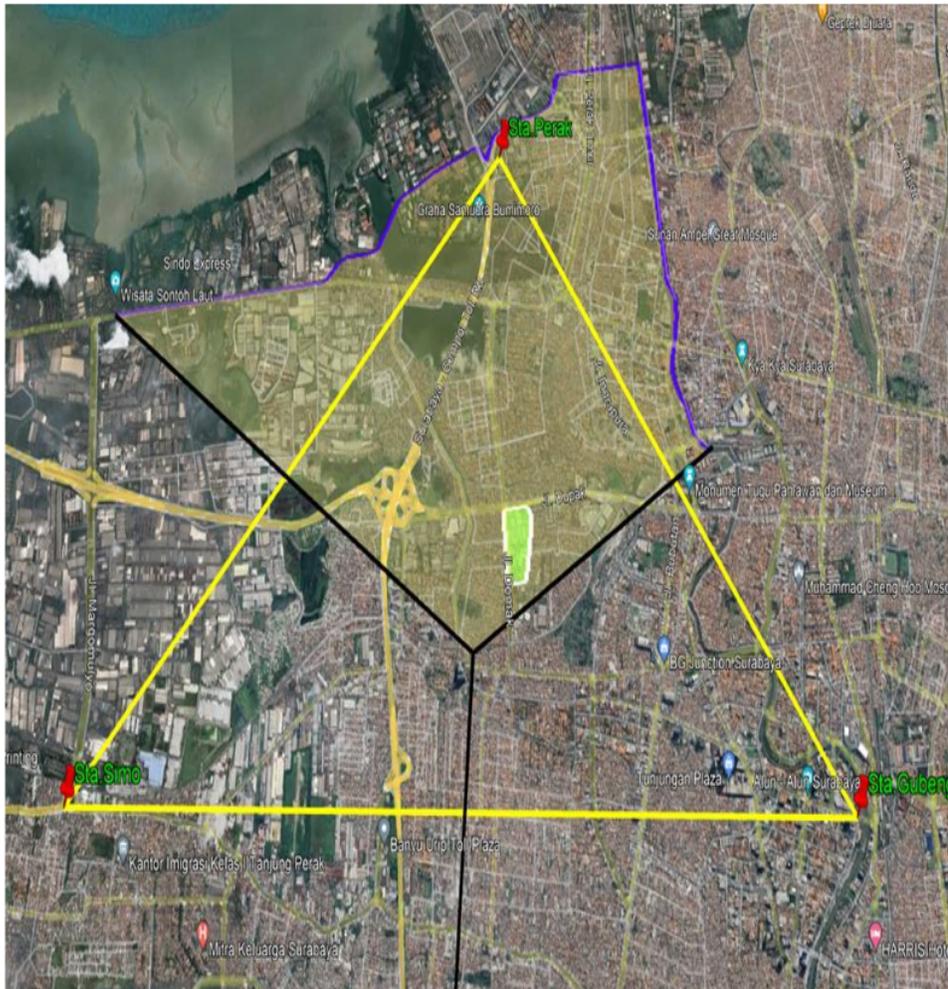
Berikut adalah gambaran area penelitian (*catchmen area*) dari wilayah Demak yang menjadi fokus dari penelitian tersebut. Dalam menentukan cakupan area penelitian, penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor seperti geografi, topografi, dan karakteristik hidrologi di wilayah tersebut. Dengan memahami dan memetakan area penelitian dengan baik, analisis data curah hujan dapat dilakukan dengan lebih akurat dan relevan. Untuk batas *catchment area* dari jalan Demak, jalan Dupak, dan jalan Demak Timur. Sehingga didapat *catchment area* dengan luas $0,12 \text{ km}^2$.



Gambar 4.1 Cathmen Area Banjir Daerah Demak Surabaya

Keterangan :

-  : Batas Cathmen Area Demak Surabaya
-  : Saluran Tersier
-  : Saluran Primer



Gambar 4.2 Wilayah DAS Sekitar Lokasi Banjir Demak Surabaya

Setelah melakukan penentuan cathmen area dan sistem drainase wilayah Demak selanjutnya dilakukan pengujian data curah hujan tahunan di setiap stasiun yang terkait dengan cathmen area wilayah Demak yaitu : Sta. Gubeng, Sta. Perak, Sta. Simo.

4.2 Data Hujan

Terdapat tiga stasiun pengukur hujan yang terletak di dekat area peninjauan, yaitu stasiun Perak, Gubeng, dan Simo. Data dari ketiga stasiun ini akan menjadi dasar untuk analisis curah hujan di area peninjauan.

Selain itu, sebagai persiapan tambahan, akan digunakan informasi ⁵ curah hujan tahunan dalam rentang waktu yang lebih lama, mulai dari tahun 2010 hingga 2022, seperti yang di ⁸ tampilkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Harian 2010-2022

No	Tahun	Data Curah Hujan Harian (mm)		
		Perak	Gubeng	Simo
1	2010	109	62	49
2	2011	110	78	47
3	2012	94	70	67
4	2013	129	99	73
5	2014	102	109	78
6	2015	84	61	69
7	2016	114	74	71
8	2017	69	46	50
9	2018	52	65	49
10	2019	70	76	61
11	2020	70	56	98
12	2021	109	56	72
13	2022	110	126	66

Sumber : Balai Pengendalian Sumber Daya Air Surabaya, 2023

¹**Tabel 4.2** Data Curah Hujan Tahunan 2010-2022

No	Tahun	Data Curah Hujan Tahunan (mm)		
		Perak	Gubeng	Simo
1	2010	2504	2672	3419
2	2011	1858	2334	2053
3	2012	1498	2034	1776
4	2013	1720	3198	1689

Lanjutan Tabel Data Curah Hujan Tahunan 2010-2022→

5	2014	1614	2159	1547
6	2015	1555	1850	2073
7	2016	2870	3815	3817
8	2017	2178	2092	1903
9	2018	1971	1692	1246
10	2019	3641	1518	1315
11	2020	2030	2728	2559
12	2021	1787	2003	2033
13	2022	1480	2464	1761

Sumber : Balai Pengendalian Sumber Daya Air Surabaya, 2023

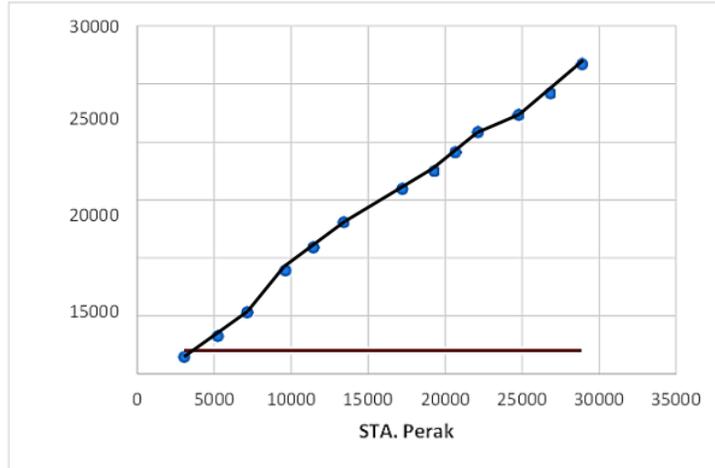
4.3 Pengujian Data Curah Hujan

Saat menganalisis data curah hujan, penting untuk memperhatikan konsistensi informasi yang ada. Keakuratan penghitungan yang digunakan dalam prakiraan hidrologi sangatlah penting, dan keakuratan ini sangat bergantung pada konsistensi data.

Tabel 4.3 Uji Konsistensi Stasiun Perak Terhadap Stasiun Gubeng dan Stasiun Simo

No	Tahun	STA	NILAI	2 Stasiun Hujan		Rerata	NILAI
		Perak	Kumulatif	Gubeng	Simo		Kumulatif
a	b	c	d	e	f	g	h
1	2010	2504	1480	2672	3419	3046	3046
2	2011	1858	3267	2334	2053	2194	5239
3	2012	1498	5297	2034	1776	1905	7144
4	2013	1720	8938	3198	1689	2444	9588
5	2014	1614	10909	2159	1547	1853	11441
6	2015	1555	13087	1850	2073	1962	13402
7	2016	2870	15957	3815	3817	3816	17218
8	2017	2178	17512	2092	1903	1998	19216
9	2018	1971	19126	1692	1246	1469	20685
10	2019	3641	20846	1518	1315	1417	22101
11	2020	2030	22344	2728	2559	2644	24745
12	2021	1787	24202	2003	2033	2018	26763
13	2022	1480	26706	2464	1761	2113	28875

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023



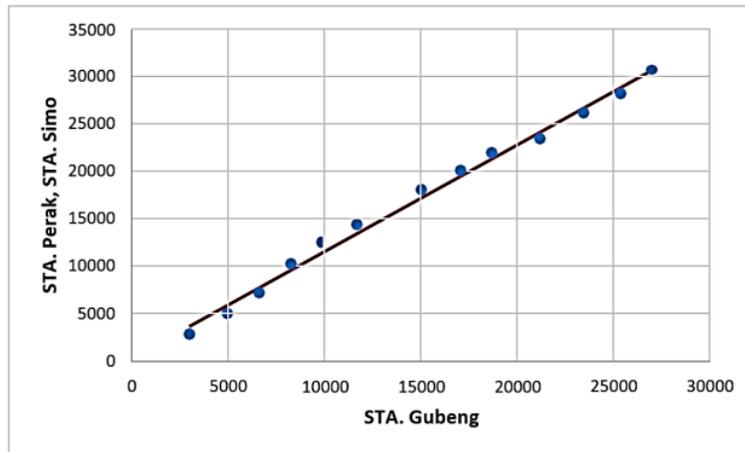
Gambar 4.3 Grafik Uji Konsistensi Sta.Perak Terhadap Sta.Simo dan Sta.Gubeng

a) Stasiun Gubeng Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Simo

Tabel 4.4 Uji Konsistensi Stasiun Gubeng Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Simo

No	Tahun	STA	NILAI	2 Stasiun Hujan		rerata	NILAI
		Gubeng	Kumulatif	Perak	Simo		Kumulatif
1	2010	2672	2672	2504	3419	2962	2962
2	2011	2334	5006	1858	2053	1956	4917
3	2012	2034	7040	1498	1776	1637	6554
4	2013	3198	10238	1720	1689	1705	8259
5	2014	2159	12397	1614	1547	1581	9839
6	2015	1850	14247	1555	2073	1814	11653
7	2016	3815	18062	2870	3817	3344	14997
8	2017	2092	20154	2178	1903	2041	17037
9	2018	1692	21846	1971	1246	1609	18646
10	2019	1518	23364	3641	1315	2478	21124
11	2020	2728	26092	2030	2559	2295	23418
12	2021	2003	28095	1787	2033	1910	25328
13	2022	2464	30559	1480	1761	1621	26949

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023



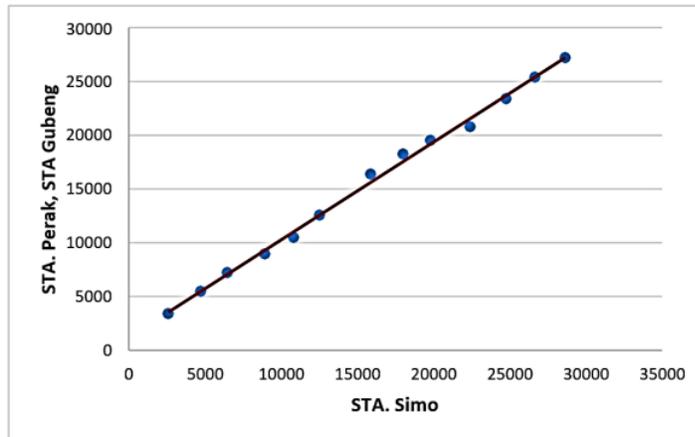
Gambar 4.4 Grafik Uji Konsistensi Sta.Gubeng Terhadap Sta.Perak dan Sta.Simo

b) Stasiun Simo⁴ Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Gubeng

Tabel 4.5 Uji Konsistensi Stasiun Simo Terhadap Stasiun Perak dan Stasiun Gubeng

No	Tahun	STA	NILAI	2 Stasiun Hujan		Rerata	NILAI
		Simo	Kumulatif	Perak	Gubeng		Kumulatif
1	2022	3419	3419	2504	2672	2588	2588
2	2021	2053	5472	1858	2334	2096	4684
3	2020	1776	7248	1498	2034	1766	6450
4	2019	1689	8937	1720	3198	2459	8909
5	2018	1547	10484	1614	2159	1887	10796
6	2017	2073	12557	1555	1850	1703	12498
7	2016	3817	16374	2870	3815	3343	15841
8	2015	1903	18277	2178	2092	2135	17976
9	2014	1246	19523	1971	1692	1832	19807
10	2013	1315	20838	3641	1518	2580	22387
11	2012	2559	23397	2030	2728	2379	24766
12	2011	2033	25430	1787	2003	1895	26661

¹ **Sumber:** Hasil Perhitungan, 2023



Gambar 4.5 Grafik Uji Konsistensi Sta.Simo

Terhadap Sta.Perak dan Sta.Gubeng

4.4 ² Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum

Untuk perhitungan selanjutnya, rata-rata harian tertinggi dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan rata-rata aljabar dan Thiessen. Kedua pendekatan komputasi ini dirancang untuk menentukan rata-rata harian tertinggi. Oleh karena itu, untuk penghitungan selanjutnya, rata-rata harian maksimum terbesar yang diperoleh dari penghitungan ini akan digunakan. Silakan lihat ¹ tabel 4.6 dan 4.7 untuk rincian komprehensif hasil yang diperoleh dari perhitungan ini.

⁵ **Tabel 4.6** Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Aljabar

Tahun	Tanggal	stasiun curah hujan			Curah Hujan Rerata	
		Perak	Gubeng	Simo	Metode Aljabar	Rata-rata
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		
2010	02-Dec	109	6	42	52	
	01-Apr	61	62	45	56	56
	06-Mar	20	50	49	40	
2011	18-Feb	110	12	32	51	
	12-Mar	75	78	40	64	64
	01-Feb	4	42	47	31	
2012	08-Feb	94	47	13	51	
	16-Jan	3	70	45	39	51
	30-Jan	20	57	67	48	
2013	13-Dec	129	0	0	43	
	02-Jan	0	99	0	33	51
	06-Jun	55	25	73	51	

Lanjutan tabel 4.6 →

Tahun	Tanggal	stasiun curah hujan			Curah Hujan Rerata	
		Perak	Gubeng	Simo	Metode Aljabar	Rata-rata
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		
2014	03-Dec	102	0	3	35	
	19-Dec	19	109	70	66	66
	06-Dec	45.6	61	78	62	
2015	29-Jan	84	21	49	51	
	05-Mar	33	61	19	38	51
	18-Apr	39	31	69	46	
2016	27-Dec	114	19	15	49	
	12/2016	13.5	74	0	29	49
	30-Nov	0	56	71	42	
2017	04-Dec	69	0	7	25	
	26-Mar	0	46	46	31	31
	17-Nov	0	31	50	27	
2018	15-Dec	52	0	0	17	
	22-Feb	47	65	17	43	47
	20-Jun	35	57	49	47	
2019	18-Jan	103	49	49	67	
	29-Apr	45.7	76	47	56	76
	02-Feb	92	74	61	76	
2020	11-Feb	70	0	0	23	
	31-Jan	0	56	91	49	69
	16-Jan	15	94	98	69	
2021	02-Dec	109	3	2	38	
	03-Mar	25	56	17	33	40
	06-Mar	0	48	72	40	
2022	28-Oct	110	29	27	55	
	08-Jan	15	126	28	56	56
	22-Feb	3	29	66	33	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

5

Tabel 4.7 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Polygon Thiessen

Tahun	Tanggal	Stasiun Curah Hujan	Curah Hujan Rerata Metode Thiessen	Rara-Rata
		Perak		
2010	02-Dec	109	109	109
	01-Apr	61	61	
	06-Mar	20	20	

Lanjutan Tabel *Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Daerah Metode Polygon Thiessen* →

Tahun	Tanggal	Stasiun Curah Hujan	Curah Hujan Rerata Metode Thiessen	Rara-Rata
		Perak		
2011	18-Feb	110	110	110
	12-Mar	75	75	
	01-Feb	4	4	
2012	08-Feb	94	94	94
	16-Jan	3	3	
	30-Jan	20	20	
2013	13-Dec	129	129	129
	02-Jan	0	0	
	06-Jun	55	55	
2014	03-Dec	102	102	102
	19-Dec	19	19	
	06-Dec	45	45	
2015	29-Jan	84	84	84
	05-Mar	33	33	
	18-Apr	39	39	
2016	27-Dec	114	114	114
	12//2016	13	13	
	30-Nov	0	0	
2017	04-Dec	69	69	69
	26-Mar	0	0	
	17-Nov	0	0	
2018	15-Dec	52	52	52
	22-Feb	47	47	
	20-Jun	35	35	
2019	18-Jan	103	103	103
	29-Apr	45	45	
	02-Feb	92	92	
2020	11-Feb	70	70	70
	31-Jan	0	0	
	16-Jan	15	15	
2021	02-Dec	109	109	109
	03-Mar	25	25	
	06-Mar	0	0	
2022	28-Oct	110	110	110
	08-Jan	15	15	
	22-Feb	3	3	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

4.5 Analisa Frekuensi

Sebelum menentukan distribusi probabilitas yang akan digunakan, data yang tersedia dilakukan perhitungan analitis awal. Tahapan dalam melakukan perhitungan digambarkan sebagai berikut:

Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Susunlah data curah hujan (Ri) dalam urutan nilai minimum hingga maksimum. Curah hujan terkering yang tercatat terjadi pada tahun 2018 sebesar 52 mm, sedangkan curah hujan terberat yang tercatat terjadi pada tahun 2013 sebesar 129 mm. Kompilasi data curah hujan ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan Parameter Statistik

No	Tahun	Rmax	Ri	Ri-Rt	(Ri-Rt) ²	(Ri-Rt) ³	(Ri-Rt) ⁴
1	2010	109	129	32,46	1053,75	34206,39	1110392,18
2	2011	110	114	17,46	304,91	5324,12	92967,26
3	2012	94	110	13,46	181,21	2439,41	32838,16
4	2013	129	110	13,46	181,21	2439,41	32838,16
5	2014	102	109	12,46	155,29	1935,15	24114,97
6	2015	84	109	12,46	155,29	1935,15	24114,97
7	2016	114	103	6,46	41,75	269,78	1743,19
8	2017	69	102	5,46	29,83	162,91	889,73
9	2018	52	94	-2,54	6,44	-16,36	41,52
10	2019	103	84	-12,54	157,21	-1971,21	24715,93
11	2020	70	70	-26,54	704,29	-18690,77	496024,32
12	2021	109	69	-27,54	758,37	-20884,26	575120,30
13	2022	110	52	-44,54	1983,67	-88349,81	3934964,74
Jumlah data			1255	0,00	5713,23	-81200,09	6350765,43
Rata-rata (Rt)			96,54				

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

2. Menghitung besarnya rata-rata (R) dari tinggi hujan tersebut, sehingga didapat :

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n Ri}{n} = \frac{1255}{13} = 96,54$$

3. Menghitung besarnya harga deviasi rata-rata (Sd) dari data hujan tersebut, sehingga di dapat :

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum(Ri - \bar{R})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{5713,23}{13 - 1}} = 21,81977461$$

4. Menghitung harga koefisien varians (Cv) dari besaran data hujan tersebut, sehingga di dapat :

$$Cv = \frac{S_R}{\bar{R}} = \frac{21,81977461}{96,54} = 0,2602157$$

5. Menghitung harga koefisien kemencengan (Cs) dari besaran data hujan tersebut, sehingga di dapat :

$$Cs = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (Ri - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2)(S_R^3)} = \frac{13(-81200,09)}{(13-1)(13-2)(21,81977461^3)} = -1$$

6. Menghitung harga koefisien kurtosis (Ck) dari besaran data hujan tersebut, sehingga di dapat:

$$Ck = \frac{n^2 \times \sum_{i=1}^n (Ri - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S_R^4)}$$

$$= \frac{(13^2)(6350765,43)}{(13-1)(13-2)(13-3)(21,81977461^4)} = 3,587053089$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui harga Cs = -1 mm dan Ck = 3,587053089

4.6 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Pada tugas akhir ini, perhitungan antisipasi curah hujan dilakukan dengan menggunakan dua metode yang dibandingkan yaitu metode Log Person III dan metode Gumbel.

4.6.1 Perhitungan Hujan Rencana Dengan Metode Gumbel

Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- Menyusun data curah hujan (Ri) secara berurutan, dimulai dari nilai tertinggi dan berlanjut ke nilai terendah. Pada tahun 2013 tercatat curah hujan maksimum sebesar 126 mm, sedangkan tahun 2018 mencatat curah hujan terendah sebesar 52 mm.
- Hitung besaran rata-rata (R) ketinggian curah hujan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n Ri}{n} = \frac{1255}{13} = 96,54$$

- Menghitung besar harga deviasi rata-rata (Sd) dari data hujan tersebut, sehingga didapat:

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum (Ri - \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5713,23}{13-1}} = 21,81977461$$

- Menghitung besarnya harga 1/a dan b

Dari Tabel di dapat nilai :

- S_n : 0,9972
- Y_n : 0,5070
- $\frac{1}{a} = \frac{S_R}{s_n} = \frac{21,81977461}{0,9971} = 21,883$
- $b = \bar{R} - \left(y_n \times \frac{S_R}{s_n} \right) = 96,54 - \left(0,5070 \times \frac{21,81977461}{0,9971} \right) = 38,445$

Persamaan Ekstarpolasi :

- $R_t = b + \frac{1}{b} \times Y_t = 38,445 + 21,883 \times Y_t$

- 2 Untuk perhitungan curah hujan dengan periode ulang pada persamaan distribusi Gumbel dengan Rumus $Y_t = -\ln(-\ln(T_r - 1) / T_r)$, maka didapatkan :

4 **Tabel 4.9** Curah Hujan dengan Periode Ulang tertentu untuk Distribusi Gumbel

Tr (tahun)	Ytr	KTr (m ³ /d)	RTr (mm)
25	3,198534	2,6991	155
10	2,250367	1,7483	135
5	1,49994	0,9957	118
2	0,366513	-0,1409	93

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

6. Uji Smirnov Kolmogorov

Pengujian ini di ambil pengertian adanya simpangan antara data yang ada dengan garis teoritisnya pada arah mendatar yang yang dinyatakan dengan persen, persamaan Smirnov Kolmogorov mensyaratkan simpangan ini samapai dengan batas tertentu. Apabila Δ_{maks} lebih dari pada Δ_{kritis} untuk suatu taraf tertentu (*Level of signification*) tertentu, maka sebaran tersebut dapat diterima.

20 Plpting data dan garis durasi pada kertas probabilitas log Person III dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Data hujan harian rata-rata tiap tahun disusun dari kecil hingga terbesar
- Probalitas dihitung dengan persamaan Weibull

Dengan rumus : $P = \frac{100(m)}{N+1} (100\%)$

- Plot data curah hujan Xi-Probalitas
- Buat garis durasi Log Person III sesuai dengan plot yang telah dihitung.

Menurut (Sri,1993), untuk keperluan teknik, taraf sebesar 5% sudah cukup memenuhi syarat. Pada pembahasan ini α diambil 5% sehingga untuk jumlah data $n = 13$ dibaca pada table dan didapat $\Delta_{kritis} = 0,31$. Bisa dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Derajat kepercayaan

N	Derajat kepercayaan				Jumlah Data	13
	0,2	0,1	0,05	0,01		
5	0,45	0,51	0,56	0,67	Signifikan	5%
10	0,32	0,37	0,41	0,49	D Kritis	0,31
15	0,27	0,3	0,34	0,4		
20	0,23	0,26	0,29	0,36		

Sumber : Hasil Perhitungan

- Untuk menghitung data hujan yang lain dapat dilihat sebagai berikut :

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum(R_i - \bar{R})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{5713,23}{13 - 1}} = 21,81977461$$

- Dari tabel hubungan n dan Yn, n di dapat = 13 :

$$S_n = 0,9972$$

$$Y_n = 0,5070$$

$$\frac{1}{a} = \frac{s_R}{sn} = \frac{21,81977461}{0,9971} = 21,883$$

$$b = \bar{R} - \left(y_n \times \frac{s_R}{sn} \right) = 96,54 - \left(0,5070 \times \frac{21,81977461}{0,9971} \right) = 38,445$$

- Dengan demikian persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$X_t = b + \frac{1}{a} + y_t = 38,445 + 21,883 \times y_t$$

- Dengan dua buah harga y_t, maka ditarik garis durasi :

$$Y_t = -1 \quad R_t = 16,562$$

$$Y_t = 3,25 \quad R_t = 109,564$$

- Untuk perhitungan data hujan yang lain dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Uji Smirnov Kolomogrov untuk Distribusi Gumbel

No	Tahun	Rmax	Ri	P	f (t)	P'	DP
1	2010	109	129	0,07	1,4876965	0,00722523	0,078654
2	2011	110	114	0,14	0,8002538	0,19763248	0,054775
3	2012	94	110	0,21	0,6169358	0,25251604	0,03823
4	2013	129	110	0,29	0,6169358	0,25251604	0,033198
5	2014	102	109	0,36	0,5711063	0,26745051	0,089692
6	2015	84	109	0,43	0,5711063	0,26745051	0,161121
7	2016	114	103	0,50	0,2961292	0,36467479	0,135325
8	2017	69	102	0,57	0,2502997	0,38163284	0,189796
9	2018	52	94	0,64	-0,116336	0,56608557	0,076772

Lanjutan tabel 4.11→

No	Tahun	Rmax	Ri	P	f (t)	P'	DP
10	2019	103	84	0,71	-0,574632	0,73372695	0,019441
11	2020	70	70	0,79	-1,216245	0,89756774	0,111853
12	2021	109	69	0,86	-1,262074	0,90650449	0,049362
13	2022	110	52	0,93	-2,041176	0,98161175	0,05304
n			13				
Jumlah			1255			D hitung	0,1898
Rata-rata			96,54			D kritis	0,31
Sr			21,82				Mewakili

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Dari tabel diatas di peroleh:

- Simpangan maks = 5%, sehingga (Δ kritis = 0,31), (Δ maks = 0,1898).

Dari hasil diatas dapat diambil kesimpulan bahwa hipotesa Gumbel dapat diterima.

7. Uji Chi Square (X^2) Metode Gumbel

Uji Chi square ini untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistic sampel data yang di analisis.

Penyelesaian :

- Jumlah data (n) = 13
- Derajat Kepercayaan (α) = 5%
- Kelas distribusi (Stungers),

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

$$K = 1 + 3,322 (13) = 4,589 \rightarrow \text{pakai } 4$$

- Derajat Kebebasan,

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

$$Dk = 4 - (2 + 1) = 1$$

$$Ei = 13/4 = 3,25$$

Dimana :

Dk = Derajat Kebebasan

Ei = Data hasil perhitungan dari lengkung kekerapan toritik (grafik)

n = Jumlah data

p = Banyak nya parameter, untuk uji Chi Kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi = $1 + (3,322 \times \log n)$

4

Tabel 4.12 Perhitungan Uji Chi Square untuk Distribusi Gumbel

Kelas	P	TR	YTR	KTR	RTR	Nilai Batas Tiap Kelas		Ei	Oi	$((E_i - O_i)^2)/E_i$	
1	0,25	4	1,25	0,741	112,71	>	112,71	3,25	2	0,48	
2	0,5	2	0,37	-0,14	93,46	93,46	-	112,71	3,25	6	2,33
3	0,75	1,3	-0,33	-0,84	78,30	78,3	-	93,46	3,25	2	0,48
4	0,99	1,0	-1,53	-2,04	52,03	52,03	-	78,3	3,25	3	0,02
								<	52,03	-	-
								Jumlah	13	13	3,31

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Dengan $V = 1$, dan $\alpha = 0,05$ didapat $R2 Cr = 3,841$

$R2hit (3,31) < R2Cr (3,841)$ •Diterima

Chi Hitung	3,31
Chi Kritis	3,841

46

4.6.2 Perhitungan Hujan Rencana Metode Log Person III

Prosedur perhitungan untuk memperkirakan perkiraan curah hujan menggunakan metode Pearson Log III, sebuah pendekatan andal yang dapat diterapkan pada beragam kondisi tanpa memerlukan prasyarat khusus, terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Susunlah data curah hujan (R_i) secara menurun, dimulai dari nilai minimum hingga maksimum. Secara signifikan, curah hujan tertinggi yang terdokumentasi terjadi pada tahun 2013 sebesar 126 milimeter, sedangkan curah hujan minimum terjadi pada tahun 2018 sebesar 52 milimeter. Penyajian lengkap data curah hujan yang dihimpun dapat dilihat pada Tabel 4.11.
2. Ubah n nilai curah hujan yang dilambangkan $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, ke dalam bentuk logaritma, sehingga menghasilkan logaritma $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$. Nilai-nilai ini selanjutnya ditabulasikan di kolom Log R.
3. Tentukan: Dengan menghitung mean nilai logaritma (Log R),

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log R_i}{n} = \frac{1,97261}{13} = 0,152 \text{ mm}$$

47

4. Menghitung besarnya harga deviasi rata – rata (S) dari besaran logaritma tersebut sehingga didapat :

$$S_{\text{LogR}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log} (R_i - R)^2}{n - 1}} = \frac{0,15}{13 - 1} = 0,112 \text{ mm}$$

5. Menghitung harga koefisien kemencengan (C_s) dari besaran logaritma diatas sehingga didapat :

$$C_s = \frac{n \times \sum_{i=0}^n (R_i - R)^3}{(n - 1)(n - 2)(\text{logSR}^3)} = \frac{13 \times (-0,02)}{(13 - 1)(13 - 2)(0,112^3)} = -1,20 \text{ mm}$$

Tabel 4.13 Perhitungan Parameter Statistika Distribusi Log Person Tipe III

No	Tahun	Rmax (mm)	Ri (mm)	Log Ri	Log (Ri-Rt)	Log (Ri-Rt) ²	Log (Ri-Rt) ³
1	2010	109	129	2,11059	0,14	0,02	0,00
2	2011	110	114	2,0569	0,08	0,01	0,00
3	2012	94	110	2,04139	0,07	0,00	0,00
4	2013	129	110	2,04139	0,07	0,00	0,00
5	2014	102	109	2,03743	0,06	0,00	0,00
6	2015	84	109	2,03743	0,06	0,00	0,00
7	2016	114	103	2,01284	0,04	0,00	0,00
8	2017	69	102	2,0086	0,04	0,00	0,00
9	2018	52	94	1,97313	0,00	0,00	0,00
10	2019	103	84	1,92428	-0,05	0,00	0,00
11	2020	70	70	1,8451	-0,13	0,02	0,00
12	2021	109	69	1,83885	-0,13	0,02	0,00
13	2022	110	52	1,716	-0,26	0,07	-0,02
Jumlah		Σ	1255	25,6439	0,00	0,15	-0,02
Banya Data	n		13				
Rata-rata	Rt		96,54	1,97261			
Standar Deviasi	s		21,82	S log R	0,112		
Koef.Asimetri	Cs				-1,20		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Untuk curah hujan dengan periode ulang pada distribusi Log Person tipe III dapat dihitung sebagai berikut:

– Perhitungan curah hujan dengan periode ulang 13 tahunan, dari perhitungan sebelumnya di dapat harga :

- Rerata = 1,97261
- $\overline{\log} = 0,152$
- Cs = -1,20 mm
- Standar deviasi (S) = 0,112 mm
- Nilai k dengan harga Cs = -1,20 mm

– Dengan rumus :

- $\text{Log } R_{Tr} = \overline{\text{Log } R} + K_{Tr} \times S \text{ Log } R$
- $R_{tr} = 10(\text{LOG } \bar{R} + KTR \times S \text{ LOG } R$

Perhitungan curah hujan dengan periode ulang yang lain ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.14 Curah Hujan Dengan Periode ulang tertentu untuk Distribusi Log Person III

Tr (tahun)	KTr	RTr (mm)
25	1,282	130
10	1,086	124
5	0,844	117
2	0,195	99

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

1 Uji Smirnov Kolmogorov Metode Log Person III

Tes Smirnov-Kolmogorov, atau disebut sebagai metode Log Pearson III, diakui sebagai penilaian kesesuaian non-parametrik karena independensi fungsi distribusinya. Penilaian tersebut memerlukan penentuan deviasi paling substansial yang terjadi dalam kumpulan data tertentu sehubungan dengan persamaan garis ekstrapolasi yang telah ditetapkan.

- DKritis merupakan batas dimana sebaran data masih dianggap cocok.
- DKritis di dapat dari tabel nilai Δ kritis Smirnov-Kolmogorov dan umum nya diambil nilai $D_{kritis} = 5\%$
- Di bandingkan antara nilai D_{maks} dan D_{kritis} . Apabila nilai $D_{maks} \leq D_{kritis}$ maka pemilihan metode tersebut apat mewakili distribusi statistik data yang di analisis.
- Nilai peluang pengamatan (P) dihitung menggunakan persamaan Weibul dengan,

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Dimana :

- P = Probabilitas
- m = nomor urut data dari seri yang telah di urutkan
- n = banyak nya data

Urutkan data (dari besar ke kecil) dan besarnya peluang dari masing – masing data tersebut. Untuk data hujan tahun 2013 dengan tinggi hujan = 126 mm di dapat :

$$P = \frac{1}{13+1} = 0,07$$

- Besar nya P (log Ri) dapat di cari dengan rumus :

$$P(\log Ri) = \log 129 = 2,111$$

- Nilai $f(t)$ dapat dicari dengan rumus :

$$f(t) = \frac{\log(R_i - \bar{R})}{\log S_R} = \frac{2,111 - 1,97}{0,112} = 1,23196$$

- Besar nya peluang teoritis (P^1) dapat dicari dengan menggunakan tabel nilai peluang teoritis (lihat Lampiran) dari nilai $f(t)$
- Nilai ΔP dapat dicari dengan rumus :

$$\Delta p = |P - P^1|$$

Untuk perhitungan data hujan yang lain dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.15 Uji Smoronv Klomogrov untuk Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	Rmax	Ri	Log Ri	P	f (t)	P'	ΔP
1	2010	109	129	2,111	0,07	1,23196	0,100134307	0,02870574
2	2011	110	114	2,057	0,14	0,75263	0,211388769	0,06853163
3	2012	94	110	2,041	0,21	0,61413	0,25339065	0,03910494
4	2013	129	110	2,041	0,29	0,61413	0,25339065	0,03232364
5	2014	102	109	2,037	0,36	0,57872	0,264907471	0,09223539
6	2015	84	109	2,037	0,43	0,57872	0,264907471	0,16366396
7	2016	114	103	2,013	0,50	0,35917	0,341424312	0,15857569
8	2017	69	102	2,009	0,57	0,32134	0,355068608	0,21635996
9	2018	52	94	1,973	0,64	0,00463	0,478263832	0,16459331
10	2019	103	84	1,924	0,71	-0,4315	0,684822122	0,02946359
11	2020	70	70	1,845	0,79	-1,1385	0,883292613	0,09757833
12	2021	109	69	1,839	0,86	-1,1943	0,895455747	0,03831289
13	2022	110	52	1,716	0,93	-2,2911	0,99108066	0,06250923
n			13					
Jumlah			1255	25,644			D hitung	0,2164
Rata-rata			96,54	1,97			D kritis	0,31
Sr			21,82	0,112				Mewakili

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Dari table diatas diperoleh simpangan $D_{maks} = 0,2164$ sehingga, $D_{kritis} = 0,31 > D_{maks} = 0,2164$.

Dari hasil diatas dapat diambil kesimpulan bahwa hipotesa Log Person III dapat diterima (Lembar Probabilitas Uji Smirnov Kolmogorov Log Person III)

26
2 Uji Chi Square Metode Log Person III

Diasumsikan bahwa nilai taksiran menyumbang jumlah kesalahan terkecil yang dapat diabaikan.

Penyelesaian :

- Jumlah data, $n = 13$
- Taraf kepercayaan, $\alpha = 5\%$
- Kelas distribusi (sturges) :
 - $K = 1 + 3,322 \log N$
 - $K = 1 + 3,222 (13) = 4,589 \rightarrow$ pakai 4
- Derajat kebebasan :
 - $Dk = K - (p+1)$
 - $Dk = 4 - (2+1) = 1$
 - $Ef = 13/4 = 3,25$
- Dimana :
 - $Dk =$ Derajat Kebebasan
 - $Ei =$ Data hasil perhitungan dari lengkung kekerapan toritik (grafik)
 - $n =$ Jumlah data
 - $p =$ Banyak nya parameter, untuk uji Chi Kuadrat adalah 2
 - $K =$ Jumlah kelas distribusi $= 1 + (3,322 \times \log n)$

5
Tabel 4.16 Perhitungan Uji Chi Square Metode Log Person III

Kelas	P	TR	KTR	RTR	Nilai Batas Tiap Kelas	Ei	Oi	$((Ei-Oi)^2)/Ei$	
1	0,25	4	0,62767	110,31	> 110,3	3,25	4	0,17	
2	0,5	2	0,19500	98,71	98,71 -	110,3	3,25	4	0,17
3	0,75	1,3	-1,38361	65,81	65,81 -	98,71	3,25	4	0,17
4	0,99	1,0	-2,14900	54,07	54,07 -	65,81	3,25	1	1,56
					< 54,07	-	-		
Jumlah						13	13	2,08	

2
Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Dengan $Dk = 1$ dan $\alpha = 0,05$ di dapat $R2 Cr = 3,841$

$R2hit (2,08) < R2Cr (3,841) \rightarrow$ Diterima.

Chi Hitung	2,08
Chi Kritis	3,841
	Mewakili

4.7 Kesimpulan Uji Kecocokan

1 Hasil yang diperoleh dari penilaian kesesuaian yang dilakukan untuk memastikan persamaan distribusi yang relevan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.17 Perbandingan tabel perhitungan Rerata Metode *Gumbel & Log Person III*

Tr (th)	LOG PERSON III (mm)	GUMBEL (mm)
25	130	155
10	124	135
5	117	118
2	99	93

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Tabel 4.18 Tabel Persyaratan *Gumbel dan Log Person Tipe III*

Jenis Metode	Syarat	Perhitungan	Keterangan
Gumbell	$Cs \leq 1,139$	-1	Memenuhi
	$Ck \leq 5,4$	3,587	Memenuhi
Log Pearson III	$Cs \neq 0$	-1,2	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Tabel 4.19 Tabel Uji Kecocokan Distribusi

Jenis Metode	Uji Kecocokan					Keterangan
	Chi Square		Smirnov Kolomogrov			
	R2hit	R2	Dmaks	Dkritis		
LOG PERSON III	2,08	< 3,841	0,21636	< 0,31	OK	
GUMBEL	3,31	< 3,841	0,18980	< 0,31	OK	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Untuk perhitungan selanjutnya, hasil perhitungan metode *Gumbel* dipilih sebagai acuan, karena nilai yang diperoleh dengan metode *Gumbel* jauh lebih besar dibandingkan dengan metode *Log Person III* pada tabel perhitungan di atas. Oleh karena itu, metode *Gumbel* memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi dan lebih cocok digunakan dalam menghadapi situasi banjir yang sering terjadi di wilayah jalan Demak Surabaya. Penggunaan metode *Gumbel* diharapkan dapat memberikan perkiraan yang lebih akurat dan membantu pengambilan keputusan mengenai mitigasi risiko banjir di wilayah jalan Demak Surabaya

4.8 ⁶³ Perhitungan Debit Rencana

Dalam perhitungan debit banjir rencana ini menggunakan tiga metode, yaitu :

a. ²⁹ Metode Rasionl :

Metode ini digunakan menghitung debit banjir dengan mempertimbangkan karakteristik aliran sungai seperti luas daerah, curah hujan dan koefisien aliran.

b. ²⁹ Metode Haspers :

Metode ini digunakan untuk mengestimasi debit banjir dengan mempertimbangkan faktor topografi dan hidrologi.

c. ²⁹ Metode Weduwen :

Metode ini untuk menghitung debit banjir dengan memperhitungkan karakteristik hujan dan daerah aliran sungai.



Gambar 4.6 Saluran Drainase di Wilayah Demak Surabaya

Berikut adalah keterangan pada gambar 4.6 saluran drainase di Wilayah Demak Surabaya:

- Nama Saluran = Saluran Demak
- Panjang Saluran = 0,71 km
- Luas Catchment Area= 0,12 km

Tabel 4.20 Nilai Koefisien C

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	Perkotaan	0,70 - 0,95
	Pinggiran	0,50 - 0,70
2	Perumahan	
	Rumah Tunggal	0,30 - 0,50
	Multiunit terpisah, terpisah	0,40 - 0,60
	Multiunit, Tergabung	0,60 - 0,75
	Perkampungan	0,25 - 0,40
	Apartemen	0,50 - 0,70
3	Industri	
	Ringan	0,50 - 0,80
	Berat	0,60 - 0,90
	Perkerasan	
	Aspal dan beton	0,70 - 0,95
	Batu bata dan paving	0,50 - 0,70
	Atap	0,75 - 0,95
	Halaman tanah berpasir	
	datar 2%	0,05 - 0,10
	rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
	curam 7%	0,15 - 0,20
	Halaman tanah berat	
	datar 2%	0,13 - 0,17
	rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
	curam 7%	0,25 - 0,35
	Halaman kereta api	0,10 - 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 - 0,25
	Hutan	
	datar 0-5%	0,10 - 0,40
	bergelombang 5-105	0,25 - 0,25
berbukit 10-30%	0,30 - 0,60	

Sumber : Suripin, 2003

4.8.1 Perhitungan Debit Banjir Saluran Tersier Demak

Debit banjir yang diantisipasi pada saluran Demak telah dihitung dengan menggunakan metode Rasional, Haspers, dan Der Weduwen, yang dirinci di bawah ini.

a. Perhitungan Debit Banjir Menggunakan Metode Rasional

– Panjang Saluran (L) = 0,71 km

– Luas daerah (A) = 0,12 km²

- Elevasi Hulu = 1 m
- Elevasi Hilir = 0,63 m
- Beda Tinggi Elevasi = 0,37 m

Perhitungan yang di pakai pada curah hujan rencana periode ulang 5 Tahun :

- $V = 72 \times \left(\frac{\Delta H}{L}\right)^{0,6}$
- $V = 72 \times \left(\frac{0,00037}{0,71}\right)^{0,6} = 0,77 \text{ km/jam}$
- $T = T_c$
- $T_c = \frac{L}{V}$
- $T_c = \frac{0,71}{0,77} = 0,92 \text{ jam}$
- $I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}}$
- $I = \frac{118}{24} \times \left(\frac{24}{0,92}\right)^{\frac{2}{3}} = 43,24 \text{ mm/jam}$
- $Q = \frac{1}{3,6} C.I.A$ ($C = 0,95$ dapat dilihat pada tabel 4.19)
- $Q_{2th} = 0,278 \times 0,95 \times 43,24 \times 0,12$
- $Q_{5th} = 1,4 \text{ m}^3/\text{dt}$

b. Perhitungan Debit Banjir Menggunakan Metode Haspers

Perhitungan yang di pakai pada curah hujan rencana periode ulang 5 tahun :

- Panjang saluran (L) = 0,71 km
- Luas daerah (A) = 0,12 km²
- I = 0,000521 km
- R₂₄ = 118 mm
- $\alpha = \frac{1+1,01(A)^{0,7}}{1+1,08(A)^{0,7}}$
- $\alpha = \frac{1+1,01(0,12)^{0,7}}{1+1,08(0,12)^{0,7}} = 0,987$
- $tr = T_c = 0,1 \times L^{0,8} \times I^{-0,3} = 0,1 \times 0,71^{0,8} \times 0,000521^{-0,3}$
- $tr = 0,73 \text{ jam}$
- $\frac{1}{\beta} = 1 + \left[\frac{tr + (3,7 + 10^{0,4 \times tr})}{tr^2 + 13} \right] \left[\frac{A^{0,75}}{12} \right]$
- $\frac{1}{\beta} = 1 + \left[\frac{0,73 + (3,7 + 10^{0,4 \times 0,73})}{0,73^2 + 13} \right] \left[\frac{0,12^{0,75}}{12} \right]$
- $\frac{1}{\beta} = 1,18$

- $\beta = 0,847$
- $tr = 0,73 \text{ jam} < 2 \text{ jam}$
- $rt = \frac{tr \times R24}{tr+1} = \frac{0,73 \times 118}{0,81+1} = 52,81 \text{ mm}$
- $tr \text{ dalam jam, maka } q = \frac{rt}{3,6+tr^2} = \frac{52,81}{3,6+0,73^2} = 12,41 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$
- $q = 12,41 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$
- $Q5th = \alpha \times \beta \times q \times A$
- $Q5th = 0,987 \times 0,847 \times 12,41 \times 0,12$
- $Q5th = 1,3 \text{ m}^3/\text{det}$

c. Perhitungan Debit Banjir Maksimum Menggunakan Metode Weduwen

Perhitungan yang di pakai curah hujan rencana periode ulang 5 tahun :

- Panjang saluran (L) = 0,71 km
- Luas Daerah (A) = 0,12 km²
- R24 = 118 mm
- Harga t coba-coba t = 2,8 jam
- $\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}A}{120+A}$
 $= \frac{120 + \frac{2,8+1}{2,8+9}0,12}{120+0,12} = 1$
- $\beta = 1$
- $qn = \frac{R24}{240} \times \frac{R24}{t+1,45}$
 $= \frac{118}{240} \times \frac{118}{2,8+1,45} = 13,65 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$
- $qn = 13,65 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$
- $\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \times qn + 7} = 1 - \frac{4,1}{(1 \times 37,43) + 7} = 0,80$
- $\alpha = 0,80$
- $Q5th = \alpha \times \beta \times q \times A$
 $= 0,80 \times 1 \times 13,65 \times 0,12$
 $= 1,3 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Periksa nilai t coba coba = t hitung
- $t = 0,25 \times 0,71 \times 1,3^{-0,125} \times 0,000521^{-0,25}$
- $t = 2,8 \text{ jam}$

- t coba-coba = t hitung → 2,8 jam, nilai Qn adalah benar.

Berikut adalah perbandingan hasil dari perhitungan debit banjir rencana periode ulang 5 tahun saluran tersier jalan Demak Surabaya, dengan tiga Metode sebagai berikut:

- Metode Rasional = 1,4 m³/detik
- Metode Hasper = 1,3 m³/detik
- Metode Der Weduwen = 1,3 m³/detik

Untuk perhitungan berikutnya menggunakan hasil dari metode rasional, yaitu sebesar 1,4 m³/detik

4.9 Analisa debit Air Kotor

Yang dimaksud dengan “pembuangan air tercemar” adalah volume air yang dikeluarkan dari sumber-sumber seperti instalasi, limbah rumah tangga, dan asal-usul lainnya. Untuk memperkirakan secara akurat jumlah air terkontaminasi yang akan menyusup ke sistem drainase, penting untuk memastikan populasi dan kebutuhan air rata-rata di wilayah yang ditentukan. Data di atas ditunjukkan di sekitar Jalan Demak yang dibatasi di Surabaya.



Gambar 4.7 Cathement Area Demak Surabaya

Air kotor umumnya berasal dari berbagai sumber, seperti rumah tangga, industri, komersial, dan sistem pembuangan air limbah perkotaan di Indonesia. Perlu diketahui bahwa

sistem drainase perkotaan di Indonesia masih sering menggabungkan air hujan dengan limbah air kotor rumah tangga. Oleh karena itu, penting untuk memperhitungkan jenis air pembuangan tertentu, seperti air bekas cucian, air dapur, dan air bekas mandi yang dihasilkan oleh rumah tangga. Dalam konteks ini, perhatian terhadap pengelolaan air pembuangan menjadi sangat penting dan tidak boleh diabaikan. Pada **tabel 4.22** menunjukkan besarnya konsumsi air bersih pada kota metropolitan sebesar 250 liter/jiwa/hari.

Tabel 4.21 ¹⁴ Kebutuhan Air Bersih Domestik

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Sumbangan Rumah Konsumsi Air Bersih lt/org/hari	Jlh Jiwa
1	Metropolitan	>1 juta	250	5
2	Besar	500 Rb - 1 juta	180	5
3	Sedang	100 rb - 500 rb	150	6
4	Kecil	20 rb - 100 rb	130	6

Sumber : Departemen Kimpraswil, 2004

Bahwa debit limbah domestik dari suatu kawasan umumnya sebesar 60 – 85 % ² dari debit air bersih yang di ² salurkan pada kawasan tersebut. Perhitungan debit aliran limbah domestik dapat dilakukan dengan pendekatan sebesar 70% dari debit air yang di konsumsi.

- a) Perhitungan debit air kotor Demak Surabaya :
- Perhitungan debit limbah air kotor rumah tangga pada 10 tahun mendatang (2032) wilayah Demak Kelurahan Gundih Surabaya.

⁴ **Tabel 4.22** Jumlah Penduduk di Wilayah Demak ⁹¹ kelurahan Gundih Surabaya

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	2022	26.932
2	2023	26.997

⁶ *Sumber : Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Surabaya, 2023*

- Luas wilayah Demak Kelurahan Gundih Kota Surabaya adalah 0,85 km², sedangkan luas catchment area studi 0,12 km². Jadi jumlah penduduk wilayah studi dengan catchment area adalah :

- Tahun 2023 $= \frac{0,12}{0,85} \times 26.997 = 3.811$ jiwa
- Tahun 2022 $= \frac{0,12}{0,85} \times 26.932 = 3.802$ jiwa

- Untuk menghitung besarnya laju pertumbuhan penduduk di wilayah Demak Kelurahan Gundih Surabaya sebagai berikut :

- $r = \frac{J_{n+1}-J_n}{J_n} \times 100\%$
- $r = \frac{3811-3802}{3811} \times 100\%$
- $r = 0,0023077 \rightarrow 0,04\%$

73 Dalam memperkirakan jumlah penduduk di masa yang akan datang di hitung dengan menggunakan metode Geometrik Rate of Grotwh. Perhitungan digunakan 10 tahun yang akan mendatang (2032).

- $P_n = P_o + (1+r)^n$
- $P_{10} = 3811 (1+0,0024077)^{10} = 3892$ jiwa

– Untuk menentukan debit air limbah dalam kaitannya dengan konsumsi air murni harian per individu (liter) di Desa Demak, Gundih, dilakukan perkiraan dengan memperhitungkan 75% penggunaan air penduduk desa. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.20, volume penggunaan air bersih harian per orang adalah 130 liter karena lokasi penelitian sebagian bersifat industri. Ini menghasilkan perhitungan limbah berikutnya:

- 2 • Kebutuhan air setiap hari = Jumlah Penduduk x Kebutuhan rata-rata air setiap orang
 $= 3892 \times 130 \text{ lt/hr/jiwa} = 505960$
- Q air Limbah = $505960 \times 0,75 / (24 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik} \times 1000 \text{ liter})$
 $= 0,00439 \text{ (m}^3/\text{det)}$

Berikut perhitungan pada tabel 4.22, besar nya jumlah penduduk di wilayah Demak Kelurahan Gundih di masa yang akan mendatang beserta debit air limbah, sebagai berikut :

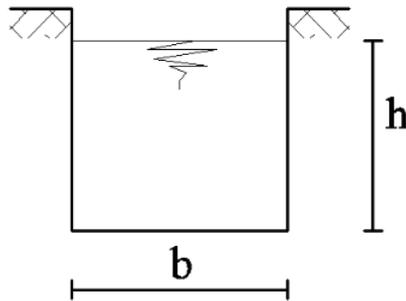
4 Tabel 4.23 Perhitungan debit Air Limbah di Wilayah Demak Kelurahan gundih

NO	Tahun	75 Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air Bersih	Limbah	Qair Limbah
1	2023	3811	130	75%	0,00439
2	2024	3820			
3	2025	3829			
4	2026	3838			
5	2027	3847			
6	2028	3856			
7	2029	3865			
8	2030	3874			
9	2031	3883			
10	2032	3892			
	Jumlah	38515	505960		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

4.10 Perhitungan Kapasitas Saluran Existing Baru

Perhitungan kapasitas saluran eksisting ini adalah metode untuk mengestimasi kapasitas saluran yang terletak di lokasi studi. Berikut ini adalah perhitungan kapasitas saluran drainase yang terdapat di wilayah Demak Kelurahan Gundih:



Gambar 4.8 Penampang Persegi

- Panjang Saluran (L) = 0,71 km
- Tinggi Saluran (h) = 2,1 m
- Lebar Dasar Saluran (b) = 1,8 m
- Koef. Manning (n) = 0,013 (Beton dipoles)
- Elevasi Hulu = 1 m
- Elevasi Hilir = 0,63m
- Beda Tinggi Hulu ke Hilir (m) = 0,37 m
- Kemiringan Dasar Saluran (I) = $\frac{Elev.Hulu - Elev.Hilir}{L \times 1000}$
= $\frac{1 - 0,63}{0,71 \times 1000}$
= 0,000521
- Bentuk Penampang = Persegi
- Luas Penampang (A) = $b \times h$
= $1,8 \times 2,1$
= 3,78 m²
- Keliling Basah (P) = $b + (h \times 2)$
= $1,8 + (2,1 \times 2)$
= 6 m
- Jari-jari Hidrolis (R) = A/P

- $$= \frac{3,78}{6} = 0,63 \text{ m}$$
- Kecepatan Aliran (V) $= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,63^{\frac{2}{3}} \times 0,000521^{\frac{1}{2}} =$$

$$= 1,290 \text{ m/dt}$$
 - Q saluran $= A \times V$

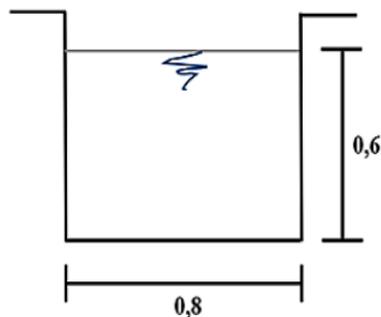
$$= 3,78 \times 1,290$$

$$= 4,88 \text{ m}^3/\text{dt}$$
 - Q Saluran > Q hujan 5 tahun metode rasional
 - $4,88 \text{ m}^3/\text{dt}$ > $1,404 \text{ m}^3/\text{dt}$ (Q Saluran terlalu besar)

4.11 Perhitungan Kapasitas Saluran Existing Lama

Perhitungan saluran lama ini dilakukan agar dapat mengetahui kapasitas nya secara akurat, sehingga dapat melakukan perbandingan dengan saluran baru. Karena saluran drainase yang telah dibangun oleh Badan Pembangunan Daerah Kota Surabaya terlalu besar (*Over Size*). Berikut perhitungan dimensi saluran lama di Jalan Demak :

Gambar 4.9 Penampang Saluran Persegi



Sumber : PU Bina Marga Pamutusan Surabaya, 2023

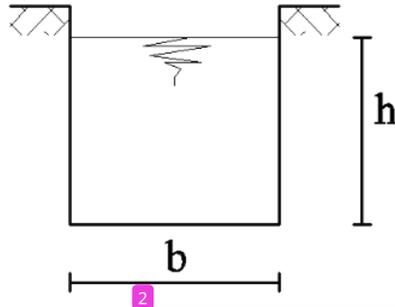
- Panjang Saluran (L) = 0,71 km
- Tinggi Saluran (h) = 0,6 m
- Lebar Dasar Saluran (b) = 0,8 m
- Koef. Manning (n) = 0,013 (Beton dipoles)
- Elevasi Hulu = 1 m
- Elevasi Hilir = 0,63m

$$\begin{aligned}
- \text{Beda Tinggi Hulu ke Hilir (m)} &= 0,37 \text{ m} \\
- \text{Kemiringan Dasar Saluran (I)} &= \frac{Elv.Hulu - Elv.Hilir}{L \times 1000} \\
&= \frac{1 - 0,63}{0,71 \times 1000} \\
&= 0,000521 \\
- \text{Bentuk Penampang} &= \text{Persegi} \\
- \text{Luas Penampang (A)} &= b \times h \\
&= 0,8 \times 0,6 \\
&= 0,48 \text{ m}^2 \\
- \text{Keliling Basah (P)} &= b + (h \times 2) \\
&= 0,8 + (0,6 \times 2) \\
&= 2 \text{ m} \\
- \text{Jari-jari Hidrolis (R)} &= A/P \\
&= \frac{0,48}{2} = 0,24 \text{ m} \\
- \text{Kecepatan Aliran (V)} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \\
&= \frac{1}{0,013} \times 0,24^{\frac{2}{3}} \times 0,000521^{\frac{1}{2}} = \\
&= 0,677 \text{ m/dt} \\
- \text{Q saluran} &= A \times V \\
&= 0,48 \times 0,677 \\
&= 0,325 \text{ m}^3/\text{dt} \\
- \text{Q Saluran} &> \text{Q hujan 5 tahun metode rasional} \\
- 0,325 \text{ m}^3/\text{dt} &< 1,404 \text{ m}^3/\text{dt}
\end{aligned}$$

4.12 Perencanaan Dimensi Saluran Berdasarkan Q5

Setelah melakukan perhitungan dan Review Desain Saluran kapasitas saluran drainase jalan Demak, maka perencanaan ulang dimensi dilakukan, karena saluran yang telah rampung dibangun oleh Badan Pembangunan Daerah Kota Surabaya terlalu besar (*over size*). Perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap karakteristik hidrologi daerah dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti curah hujan maksimum, luas lahan yang harus ditangani, dan debit air yang diharapkan. Dengan demikian, desain saluran drainase dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang sebenarnya, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan sesuai dengan tata ruang yang ada.

Berikut perhitungan ulang dimensi pada saluran jalan Demak :



Gambar 4.10 Penampang Saluran Persegi

- Q Rencana Total = 1,404
- Saluran Existing Baru :
- Tinggi Saluran (h) = 2,1 m
- Lebar Saluran (b) = 1,8 m
- Perencanaan Dimensi saluran :
- Lebar Saluran (b) = 1,5 m
- Tinggi Saluran (h) = 1,5 m
- Bentuk Penampang = Segi Empat
- (Beton dipoles) n = 0,013
- Luas Penampang (A) = $b \times h$
= $1,5 \times 1,5$
= 2,25 m²
- Keliling Basah (P) = $b + (h \times 2)$
= $1,5 + (1,5 \times 2)$
= 5 m
- Jari-jari Hidrolis (R) = A/P
= $\frac{2,25}{5} = 0,50$ m
- Kecepatan Aliran (V) = $\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$
= $\frac{1}{0,013} \times 0,50^{\frac{2}{3}} \times 0,000521^{\frac{1}{2}}$
= 1,106 m/dt
- Q saluran = $A \times V$

- $$= 2,25 \times 1,106$$
- $$= 2,489 \text{ m}^3/\text{dt}$$
- Q Saluran > Q hujan 5 tahun metode rasional
 - $2,489 \text{ m}^3/\text{dt}$ > $1,404 \text{ m}^3/\text{dt}$ (Ok)

4.13 Analisa Perbandingan Ketiga Saluran (Saluran Baru, Saluran Lama, Saluran Rencana)

Pada analisis ini, fokus utama adalah membandingkan efektivitas kedua ukuran *U-ditch* dalam mengalirkan air dengan debit rencana sebesar $1,404 \text{ m}^3/\text{det}$ selama periode 5 tahun. Dalam analisis ini, akan digunakan data dan metode yang relevan untuk menghitung kapasitas aliran maksimum dari masing-masing ukuran *U-ditch*. Data yang diperlukan antara lain adalah karakteristik hidrologi daerah, seperti curah hujan rata-rata ($R5 = 118 \text{ mm}$), koefisien aliran, topografi saluran dan, metode yang digunakan adalah metode Manning.

Hasil analisis akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kemampuan kedua ukuran *U-ditch* dalam menampung dan mengalirkan air dengan debit rencana sebesar $1,404 \text{ m}^3/\text{det}$ selama periode 5 tahun. Dengan mengetahui kapasitas saluran, dapat ditentukan ukuran yang lebih optimal sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik lingkungan.

1) *U-ditch* 0,8 meter x 0,6 meter terhadap *U-ditch* 1,8 meter x 2,1 meter

Dalam analisis ini, ditemukan bahwa *U-ditch* dengan ukuran 0,8 m x 0,6 m memiliki kapasitas air sebesar $0,325 \text{ m}^3/\text{det}$, sedangkan *U-ditch* dengan ukuran 1,8 m x 2,1 m memiliki kapasitas air sebesar $4,88 \text{ m}^3/\text{det}$.

Perbandingan kapasitas antara kedua ukuran *U-ditch* tersebut sangat signifikan. *U-ditch* dengan ukuran 1,8 meter x 2,1 meter memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan ukuran 0,8 m x 0,6 m. Hal ini menunjukkan bahwa *U-ditch* dengan ukuran yang lebih besar mampu menampung dan mengalirkan jumlah air yang lebih banyak.

Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa *U-ditch* dengan ukuran 1,8 m x 2,1 memiliki kapasitas yang lebih sesuai untuk mengalirkan debit air rencana sebesar $1,4 \text{ m}^3/\text{det}$ selama periode 5 tahun, jika dibandingkan dengan *U-ditch* berukuran 0,8 m x 0,6 m. Hanya saja, *U-ditch* Ukuran 1,8 meter x 2,1 meter terlalu besar kapasitas nya untuk menampung debit rencana $1,404 \text{ m}^3/\text{det}$. Sehingga perlu dilakukan evaluasi ulang terhadap saluran yang ada.

2) *U-ditch* 1,5 meter x 1,5 meter terhadap *U-ditch* 0,8 meter x 0,6 meter

Dalam analisis ini, ditemukan bahwa *U-ditch* dengan ukuran 1,5 m x 1,5 m memiliki kapasitas air sebesar 2,489 m³/det, sedangkan *U-ditch* dengan ukuran 0,8 m x 0,6 m memiliki kapasitas air sebesar 0,325 m³/det.

Perbandingan kapasitas antara kedua ukuran *U-ditch* tersebut menunjukkan bahwa *U-ditch* dengan ukuran 1,5 m x 1,5 m memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan ukuran 0,8 m x 0,6 m. Hal ini menunjukkan bahwa *U-ditch* dengan ukuran yang lebih besar mampu menampung dan mengalirkan jumlah air debit rencana sebesar 1,404 m³/det.

3) *U-ditch* 1,5 meter x 1,5 meter terhadap *U-ditch* 1,8 meter x 2,1 meter

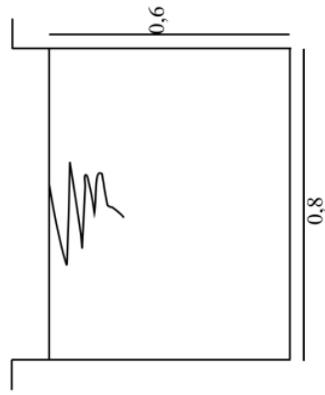
Dalam analisis ini, ditemukan bahwa *U-ditch* ukuran 1,5 m x 1,5 m memiliki jumlah kapasitas sebesar 2,489 m³/det. Sedangkan *U-ditch* ukuran 1,8 m x 2,1 m memiliki jumlah kapasitas sebesar 4,88 m³/det.

Dari hasil perbandingan tersebut, terlihat bahwa *U-ditch* ukuran 1,8 m x 2,1 m memiliki kapasitas yang jauh lebih besar dibandingkan dengan *U-ditch* ukuran 1,5 m x 1,5 m. Kapasitas *U-ditch* 1,8 m x 2,1 m terlihat terlalu besar jika dibandingkan dengan debit rencana sebesar 1,404 m³/det.

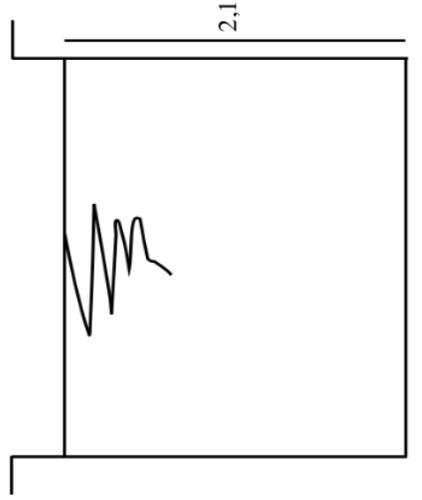
U-ditch ukuran 1,5 m x 1,5 m cukup untuk memenuhi kebutuhan debit air yang direncanakan. Dengan kapasitas 2,489 m³/det, saluran ini dapat menampung debit air dengan baik tanpa risiko kelebihan kapasitas yang berlebihan.

Jadi, kesimpulannya adalah, *U-ditch* ukuran 1,5 m x 1,5 m lebih disarankan karena memiliki kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan debit air yang direncanakan, yaitu menampung debit rencana sebesar 1,404 m³/det.

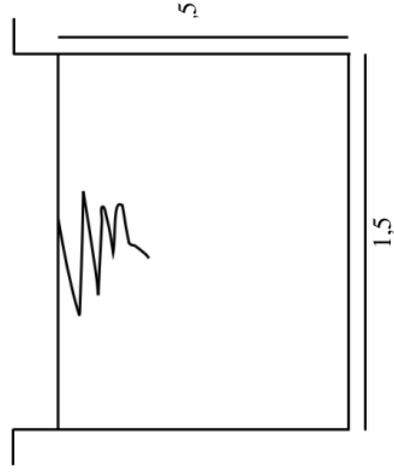
Berikut adalah gambar masing-masing dari ketiga saluran:



Gambar 4.11 Saluran Lama



Gambar 4.12 Saluran Baru



Gambar 4.13 Saluran Rencana

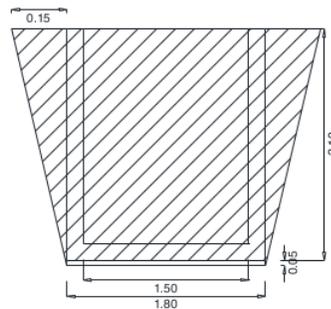
4.14 Tinjauan Terhadap Biaya Pelaksanaan

Saat memulai proyek konstruksi, sangat penting untuk menetapkan desain dan fungsi struktur dengan sangat presisi untuk menjamin penyelesaian proyek tepat waktu dan ekonomis. Biaya pelaksanaan proyek dapat ditentukan dengan memeriksa harga satuan yang terkait dengan tugas yang berbeda. Untuk melakukan analisis ini, penting untuk memiliki harga satuan dasar yang telah disesuaikan dengan kondisi spesifik lokasi proyek. Harga satuan ini harus mencakup tarif sewa peralatan konstruksi harian, tarif tenaga kerja per jam, dan biaya satuan bahan bangunan.

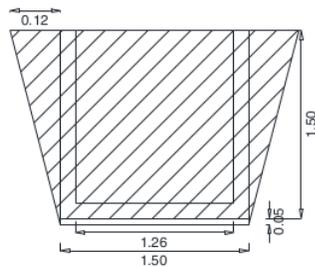
4.14.1 Analisa Volume Perhitungan Pekerjaan

Dalam melakukan analisis volume pekerjaan berdasarkan desain perencanaan saluran drainase, kita akan menggunakan gambar proyek untuk mendapatkan semua dimensi yang diperlukan. Selanjutnya, dimensi-dimensi tersebut akan dihitung secara seksama untuk memperoleh volume yang akurat. Proses ini sangat penting karena akan digunakan dalam menyusun rencana anggaran biaya proyek saluran drainase.

a) Pekerjaan Galian Tanah



Gambar 4.14 Detail Saluran Baru



Gambar 4.15 Detail Saluran Rencana

Pekerjaan Galian tanah sedalam ≤ 2 meter, dengan analisa perhitungan volume sebagai berikut :

Perhitungan Saluran Baru :

- Saluran Baru = $[(A + b)/2] \times h$
= $[(1,80 + 2,10)/2] \times 2,15$
= $2,04 \text{ m}^2$
- Volume Galian = Luas Saluran Baru x Panjang Saluran
= $4,19 \times 710$
= $2,977 \text{ m}^3$

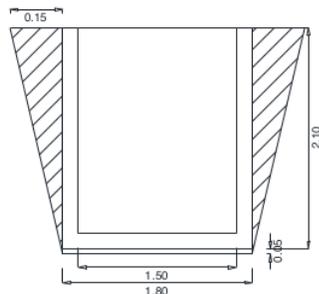
Perhitungan Saluran Rencana :

- Saluran Rencana = $[(A + b)/2] \times h$
= $[(1,50 + 1,50)/2] \times 1,55$
= $2,33 \text{ m}^2$
- Volume Galian = Luas Saluran Rencana x Panjang Saluran
= $2,33 \times 710$
= $1,651 \text{ m}^3$

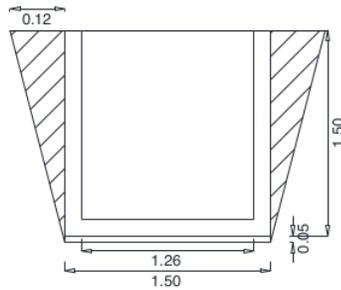
b) Pekerjaan Pengangkutan Tanah

- Pengangkutan tanah Saluran Baru kurang keluar dari proyek kurang dari 1 km dengan volume $3706,2 \text{ m}^3$ (sesuai volume galian tanah)
- Pengangkutan tanah Saluran Rencana kurang keluar dari proyek kurang dari 1 km dengan volume $1931,2 \text{ m}^3$ (sesuai volume galian tanah)

c) Pekerjaan Pengurugan Tanah



Gambar 4.16 Detail Galian Tanah Saluran Baru



Gambar 4.17 Detail Galian Tanah Saluran Rencana

Berikut perhitungan pekerjaan pengurugan tanah perhitungan volume pekerjaan:

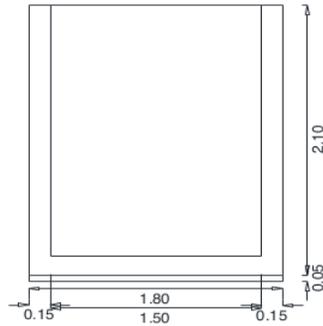
Perhitungan Saluran Baru :

- Luas Saluran Baru = $2 \times \text{Luas 1} + \text{Luas 2}$
 $= 2 \times [(2,15 \times 0,15)]/2 + [(2,15 \times 0,15)]/2$
 $= 0,645 \text{ m}^2$
- Volume Galian = Luas x Panjang Saluran
 $= 0,645 \times 710$
 $= 458 \text{ m}^3$
- Volume Urugan = $457,95 \text{ m}^3$
- Pemasatan = $1,2 \times \text{Volume Urugan}$
 $= 1,2 \times 457,95$
 $= 549,54 \text{ m}^3$

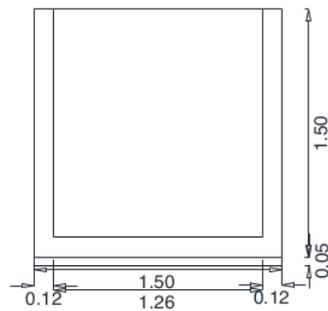
Perhitungan Saluran Rencana :

- Luas Saluran = $2 \times \text{Luas 1} + \text{Luas 2}$
 $= 2 \times [(1,55 \times 0,12)]/2 + [(1,55 \times 0,12)]/2$
 $= 0,372 \text{ m}^2$
- Volume Galian = Luas x Panjang Saluran
 $= 0,372 \times 710$
 $= 264 \text{ m}^3$
- Volume Urugan = 264 m^3
- Pemasatan = $1,2 \times \text{Volume Urugan}$
 $= 1,2 \times 264$
 $= 316,94 \text{ m}^3$

d) Pekerjaan Pemasangan Lantai



Gambar 4.18 Detail Pemasangan Lantai Saluran Baru



Gambar 4.19 Detail Pemasangan Lantai Saluran Rencana

Perhitungan volume pemasangan lantai kerja menggunakan K-100 dengan tebal 5 cm dapat dilihat sebagai berikut :

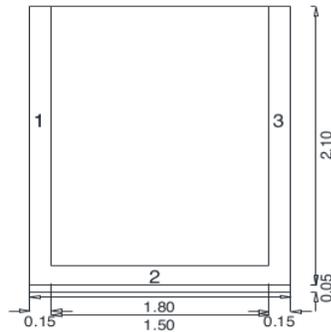
Perhitungan Saluran Baru :

$$\begin{aligned} \text{Volume lantai kerja} &= \text{Luas Saluran} \times \text{Luas Lantai Kerja} \\ &= 710 \times 0,05 \\ &= 35,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

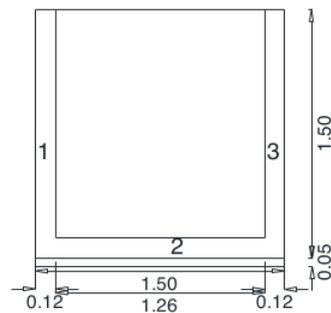
Perhitungan Saluran Rencana :

$$\begin{aligned} \text{Volume lantai kerja} &= \text{Luas Saluran} \times \text{Luas Lantai Kerja} \\ &= 710 \times 0,05 \\ &= 35,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e) Pekerjaan Pemasangan Pracetak *U-ditch*



Gambar 4.20 Detail Pemasangan U-dith Saluran baru



Gambar 4.21 Detail Pemasangan U-dith Saluran Rencana

Pada perhitungan volume pemasangan saluran U ditch K-350 dapat dilihat sebagai berikut :

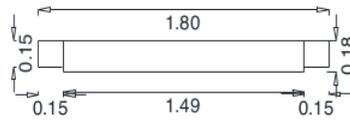
Perhitungan Saluran Baru :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } U\text{-ditch} &= \frac{\text{Panjang Saluran}}{\text{Panjang per } U\text{-ditch}} \\
 &= \frac{710}{1,2} \\
 &= 592 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

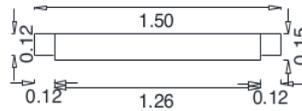
Perhitungan Saluran Rencana :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } U\text{-ditch} &= \frac{\text{Panjang Saluran}}{\text{Panjang per } U\text{-ditch}} \\
 &= \frac{710}{1,2} \\
 &= 592 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

f) Pemasangan Penutup Saluran



Gambar 4.22 Detail Pemasangan Penutup Saluran Baru



Gambar 4.23 Detail Pemasangan Penutup Saluran Rencana

Pada perhitungan volume pemasangan penutup saluran U-ditch K-350 dapat dilihat sebagai berikut :

Perhitungan Saluran Baru :

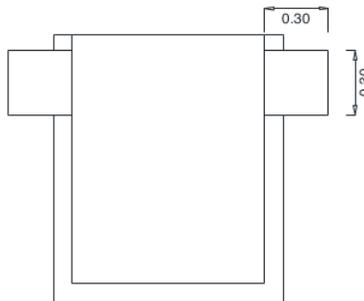
$$\begin{aligned} \text{Volume U-ditch} &= \frac{\text{Panjang Saluran}}{\text{Panjang per U-ditch}} \\ &= \frac{710}{1,2} \\ &= 592 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perhitungan Saluran Rencana :

$$\begin{aligned} \text{Volume U-ditch} &= \frac{\text{Panjang Saluran}}{\text{Panjang per U-ditch}} \\ &= \frac{710}{1,2} \\ &= 592 \text{ buah} \end{aligned}$$

g) Pemasangan Masuk Air

Dalam perhitungan volume pemasangan saluran masuk air 30 x 30 cm dengan antar saluran 5 meter dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4.24 Detail Pemasangan Masuk Air

Perhitungan Saluran Baru :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Saluran} &= \text{Luas Saluran Masuk Air} \times \text{Panjang Saluran} \\
 &= (0,30 \times 30) \times 710 = 63,9 \text{ m}^3 \\
 &= \frac{\text{Volume Saluran}}{\text{Jarak Antar Saluran}} = \frac{63,9}{5} = 13 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Saluran Rencana :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Saluran} &= \text{Luas Saluran Masuk Air} \times \text{Panjang Saluran} \\
 &= (0,30 \times 30) \times 710 = 63,9 \text{ m}^3 \\
 &= \frac{\text{Volume Saluran}}{\text{Jarak Antar Saluran}} = \frac{63,9}{5} = 13 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

4.14.2 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Untuk memperkirakan biaya pelaksanaan proyek secara tepat, diperlukan analisis menyeluruh terhadap biaya satuan untuk berbagai tugas. Pemeriksaan ini memerlukan penentuan biaya satuan penting untuk tenaga kerja, bahan, dan peralatan yang disesuaikan dengan keadaan tertentu di lokasi proyek. Dengan melakukan analisis tersebut, dapat dihasilkan perkiraan biaya yang lebih akurat dan sesuai dengan spesifikasi proyek.

Berikut ini adalah tabel-tabel harga satuan pekerjaan berdasarkan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2023 :

a) Tabel Harga Satuan Pekerjaan Saluran Baru

Tabel 4.24 Pekerjaan Galian Tanah Keras Per m³ dan pengangkutan sejauh ≤ 2 m

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Tenaga Kerja					
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,007	120.000	840
2	Pembantu Tukang	OH	0,022 6	99.000	2.237
B Peralatan					
1	Escavator pc200	Jam	0,067	132.200	8.857
2	Dump Truck 5 ton	Jam	0,067	66.100	4.429
Total					16.364

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.25 Pekerjaan Pengurugan dan Pematatan per m³

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	¹ Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,01	120.000	1.200
2	Pembantu Tukang	OH	0,3	99.000	29.700
B	Bahan				
1	Tanah Urug	m ³	1,2	100.000	120.000
C	Sewa Peralatan				
1	Sewa Alat Bantu 1 set	m ³	8	1.100	8.800
Total					159.700

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.26 Pekerjaan Pemasangan Lantai K-100 per m³

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	¹ Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Tukang Batu	OH	0,2	105.000	21.000
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,06	120.000	7.200
3	Pembantu Tukang	OH	1,2	99.000	118.800
B	Bahan				
1	Semen PC 40 kg	Zak	5,75	63.000	362.250
2	Pasir Cor/Beton	m ³	0,558	232.000	129.512
3	Batu Pecah	m ³	0,54	466.000	251.640
Total					890.402

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.27 Pemasangan Saluran U-dith 180 x 210 x 120 cm per¹

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Tenaga Kerja					
1	Operator	OH	0,825	105.000	86.625
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,195	120.000	23.400
3	Pembantu Tukang	OH	0,38	99.000	37.620
Bahan					
1	180 x 210 x x 120 cm	Bh	1	6.755.000	6.755.000
Sewa Peralatan					
1	Crane 30 Ton -Min, 8 jam	Jam	0,85	139.800	118.380
Total					7.021.025

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.28 Pemasangan Penutup Saluran 120 x 180 x 15 cm per m¹

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Tenaga Kerja					
1	Operator	OH	0,2	105.000	86.625
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,06	120.000	23.400
3	Pembantu Tukang	OH	0,25	99.000	37.620
Bahan					
1	120 x 180 x 15 cm	Bh	1	975.000	975.000
Sewa Peralatan					
1	Crane 30 Ton -Min, 8 jam	Jam	0,85	139.800	118.380
Total					1.241.025

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.29 Pemasangan Masuk Air per m³

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	¹ Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,2	120.000	24.000
2	Tukang	OH	0,06	105.000	6.300
3	Pembantu Tukang	OH	0,25	99.000	24.750
B	Bahan				
1	Precast Lubang Masuk air 30 x 30 cm	Bh	1	234.500	234.500
Total					289.550

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.30 Anggaran Biaya Pekerjaan Saluran Baru

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	² Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Pekerjaan Persiapan				
1	Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi)	Ls	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
2	SMK3	Ls	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
	Jumlah				Rp12.000.000
	Jumlah di bulatkan				Rp6.000.000
	Pajak PPN 10%				Rp1.320.000
Total					Rp7.320.000
B	Pekerjaan Tanah Saluran Baru Demak				
		Satuan	¹ Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
3	Galian Tanah Keras sedalam ≤ 2 m dan Pengangkutan Tanah Keluran Proyek	m3	2.977	Rp16.364	Rp48.715.628
4	Urugan dan Pematatan	m3	550	Rp159.700	Rp87.835.000
C	Pekerjaan Pemasangan Saluran Demak				
5	Pemasangan Lantai Kerja P 3 m, L 20 cm, 5 m, K-100	m3	36	Rp890.402	Rp32.054.472

Lanjutan tabel 4.33→

6	Pemasangan Pracetak U-ditch 180 x 210 x 120 cm, K-350	bh	592	Rp7.021.025	Rp4.156.446.800
7	Pemasangan Penutup Saluran L=180	bh	592	Rp1.241.025	Rp734.686.800
8	Pemasangan Saluran Masuk Air	m2	13	Rp289.550	Rp3.764.150
	Jumlah				Rp5.063.502.850
	Jumlah di bulatkan				Rp5.063.502.850
	Pajak PPN 11%				Rp556.985.314
	Total				Rp5.620.488.164
Jumlah Total					Rp5.627.808.164

Sumber : HSPK Hasil perhitungan, 2023

b) Tabel Harga Satuan Pekerjaan Saluran Rencana

Tabel 4.31 Pekerjaan Galian Tanah Keras per m³ dan pengangkutan sejauh ≤ 2 m

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,007	120.000	840
2	Pembantu Tukang	OH	0,0226	99.000	2.237
B	Peralatan				
1	Escavator pc200	Jam	0,067	132.200	8.857
2	Dump Truck 5 ton	Jam	0,067	66.100	4.429
Total					16.364

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.32 Pekerjaan Pegurugan Tanah dan Pematatan per m³

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	¹ Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,01	120.000	1.200
2	Pembantu Tukang	OH	0,3	99.000	29.700
B	Bahan				
1	Tanah Urug	m ³	1,2	100.000	120.000
C	Sewa Peralatan				
1	Sewa Alat Bantu 1 set	m ³	8	1.100	8.800
Total					159.700

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.33 Pekerjaan Pemasangan Lantai K-350 per m³

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	¹ Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Tukang Batu	OH	0,2	105.000	21.000
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,06	120.000	7.200
3	Pembantu Tukang	OH	1,2	99.000	118.800
B	Bahan				
1	Semen PC 40 kg	Zak	5,75	63.000	362.250
2	Pasir Cor/Beton	m ³	0,558	232.000	129.512
3	Batu Pecah	m ³	0,54	466.000	251.640
Total					890.402

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

²¹
Tabel 4.34 Pemasangan Saluran U-ditch 150 x 150 x 120 cm per m¹

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Tenaga Kerja					
1	Operator	OH	0,825	105.000	86.625
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,195	120.000	23.400
3	Pembantu Tukang	OH	0,38	99.000	37.620
B Bahan					
1	180 x 210 x x 120 cm	Bh	1	4.525.000	4.525.000
C Sewa Peralatan					
1	Crane 30 Ton - Min, 8 jam	Jam	0,85	139.800	118.380
Total					4.791.025

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.35 Pemasangan Penutup Saluran 120 x 150 x 15 cm per m¹

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Tenaga Kerja					
1	Operator	OH	0,2	105.000	86.625
2	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,06	120.000	23.400
3	Pembantu Tukang	OH	0,25	99.000	37.620
B Bahan					
1	120 x 150 x 15 cm	Bh	1	840.000	840.000
C Sewa Peralatan					
1	Crane 30 Ton - Min, 8 jam	Jam	0,85	139.800	118.380
Total					1.106.025

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

Tabel 4.36 Pemasangan Masuk Air per m³

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	¹ Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja				
1	Kepala Tukang/Mandor	OH	0,2	120.000	24.000
2	Tukang	OH	0,06	105.000	6.300
3	Pembantu Tukang	OH	0,25	99.000	24.750
B	Bahan				
1	Precast Lubang Masuk air 30 x 30 cm	Bh	1	234.500	234.500
Total					289.550

Sumber : HSPK Surabaya, 2023

⁵

Tabel 4.37 Rencana Anggaran Biaya Saluran Rencana

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koef.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Pekerjaan Persiapan				
1	Persiapan (Mobilisasi & Demobilisasi)	Ls	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
2	SMK3	Ls	1	Rp6.000.000	Rp6.000.000
	Jumlah				Rp12.000.000
	Jumlah di bulatkan				Rp6.000.000
	Pajak PPN 10%				Rp1.320.000
Total					Rp7.320.000
B	Pekerjaan Tanah Saluran Baru Demak				
		Satuan	¹ Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
3	Galian Tanah Keras sedalam ≤ 2 m dan Pengangkutan Tanah Keluaran Proyek	m3	2.977	Rp16.364	Rp48.715.628
4	Urugan dan Pematatan	m3	550	Rp159.700	Rp87.835.000

Lanjutan tabel 4.40 →

C	Pekerjaan				
	Pemasangan Saluran Demak				
5	Pemasangan Lantai Kerja P 3 m, L 20 cm, 5 m, K-100	m3	36	Rp890.402	Rp32.054.472
6	Pemasangan Pracetak U-ditch 180 x 210 x 120 cm, K-350	bh	592	Rp4.791.025	Rp2.836.286.800
7	Pemasangan Penutup Saluran L=180	bh	592	Rp1.106.025	Rp654.766.800
8	Pemasangan Saluran Masuk Air	m2	13	Rp289.550	Rp3.764.150
	Jumlah				Rp3.663.422.850
	Jumlah di bulatkan				Rp3.663.422.850
	Pajak PPN 11%				Rp402.976.514
	Total				Rp4.066.399.364
Jumlah Total					Rp4.073.719.364

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

4.14.3 Analisis Perbandingan Anggaran Biaya Kontruksi

Dilakukan analisis perbandingan anggaran biaya antara saluran baru dan saluran rencana ini untuk mengetahui perbedaan jumlah anggaran biaya antara saluran lama dan saluran rencana. Tujuan dari perbandingan anggaran biaya ini adalah untuk mengevaluasi pembangunan yang dilakukan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surabaya. Hal ini karena saluran yang telah dibangun memiliki dimensi yang tidak proporsional dengan kebutuhan sebenarnya. Saluran yang terlalu besar dapat menyebabkan masalah seperti pemborosan sumber daya, biaya konstruksi yang tinggi, dan dampak lingkungan yang negatif.

Dengan melakukan analisis perbandingan ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan proyek. Evaluasi ini penting dalam memastikan bahwa penggunaan sumber daya yang optimal dan pembangunan saluran drainase dapat berkontribusi secara positif terhadap lingkungan dan keberlanjutan pembangunan di Kota Surabaya.

Berikut dapat dilihat pada tabel 4.37 perbandingan anggaran biaya saluran baru dan saluran rencana :

Tabel 4.38 Selisih Anggaran Biaya Saluran Baru Dengan Saluran Rencana

No	Saluran Demak	Jumlah Total Anggaran Biaya	Selisih Anggaran Biaya
1	Baru	Rp5.627.808.164	Rp1.554.088.800
2	Rencana	Rp4.073.719.364	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

4.15 Pembahasan

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap sistem drainase dengan fokus pada aspek hidrologi dan permasalahan ketidaksesuaian pembangunan saluran drainase yang memiliki dimensi terlalu besar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem drainase serta mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap ketidaksesuaian tersebut.

Dalam analisis hidrologi, digunakan data curah hujan historis untuk mengestimasi debit aliran di daerah penelitian. Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan debit aliran pada saluran drainase. Namun, sistem drainase yang ada tidak mampu menampung volume air yang dihasilkan oleh hujan intensitas tinggi. Hal ini mengakibatkan terjadinya genangan air di jalan-jalan dan lingkungan sekitar, yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat dan merusak infrastruktur.

Selain itu, terdapat ketidaksesuaian antara dimensi saluran drainase yang dibangun oleh Badan Pembangunan Daerah Kota Surabaya dengan kebutuhan sebenarnya. *Review desain* ini menunjukkan bahwa saluran drainase yang dibangun memiliki dimensi yang terlalu besar (*over size*) dibandingkan dengan debit aliran yang sebenarnya terjadi. Hal ini menyebabkan saluran drainase bekerja di bawah kapasitasnya dan tidak efektif dalam menampung air hujan. Dengan adanya ketidaksesuaian ini, diperlukan perbaikan dalam perencanaan dan perancangan saluran drainase agar sesuai dengan kondisi hidrologi setempat.

Selanjutnya, dalam pembahasan ini juga dibahas mengenai dampak dari ketidaksesuaian pembangunan saluran drainase yang terlalu besar. Salah satu dampaknya adalah tingginya biaya pembangunan dan pemeliharaan saluran drainase yang tidak sesuai dengan kebutuhan sebenarnya. Selain itu, saluran drainase yang terlalu besar juga dapat menyebabkan pemborosan lahan dan sumber daya yang ada. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan dalam perencanaan dan pembangunan saluran drainase oleh pemerintah Surabaya agar sesuai dengan kondisi hidrologi dan kebutuhan sebenarnya.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan tersebut, beberapa rekomendasi dapat diberikan. Pertama, perlu dilakukan pemetaan ulang terhadap kondisi hidrologi di daerah penelitian untuk mengidentifikasi debit aliran yang sebenarnya terjadi. Kedua, perlu dilakukan penyesuaian dimensi saluran drainase dengan kebutuhan sebenarnya agar saluran dapat beroperasi dengan efektif. Ketiga, perlu dilakukan pemantauan dan perawatan rutin terhadap saluran drainase guna menjaga kinerjanya dan mencegah terjadinya genangan air. Jadi, kesimpulan dari pembahasn penelitian ini adalah:

Dalam penelitian ini, ditemukan adanya ketidaksesuaian antara hidrologi dan pembangunan saluran drainase di jalan Demak yang terlalu besar (*over size*). Curah hujan⁶⁹ yang tinggi menyebabkan peningkatan debit aliran, namun saluran drainase yang ada tidak mampu menampung volume air yang dihasilkan. Ketidaksesuaian pembangunan saluran drainase tersebut menyebabkan dampak negatif, seperti biaya yang tinggi dan pemborosan sumber daya. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dalam perencanaan dan perancangan saluran drainase agar sesuai dengan kondisi hidrologi dan kebutuhan sebenarnya.

BAB 5

² KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari riview design saluran drainase di wilayah jalan Demak Kota Surabaya ini adalah:

1. Luas cathcment area yang ada di wilayah jalan Demak adalah $0,12 \text{ km}^2$
2. Debit banjir rencana pada saluran drainase di wilayah jalan Demak untuk periode ulang 5 tahun adalah $1,404 \text{ m}^3/\text{detik}$
3. Setelah dilakukan perhitungan, saluran *Existing* yang lama tidak dapat menampung debit banjir rencana total. Dimana dimensi saluran lama di jalan Demak ialah: $b = 0,8$ meter, dan $h = 0,6$ meter yang hanya dapat menampung kapasitas $0,325 \text{ km}^3/\text{detik}$. Sehingga Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Surabaya melakukan redesign (Saluran baru) dengan dimensi: (lebar) $b = 1,8$ meter, dan tinggi (h) = 2,1 meter yang dapat menampung kapasitas $4,88 \text{ km}^3/\text{detik}$.
4. Penanganan yang di lakukan oleh Badan pembangunan Daerah Kota Surabaya sudah tepat untuk mengganti dimensi yang lama. Hanya saja, Pemerintah kota perlu melakukan evaluasi terkait saluran tersebut, dimana saluran tersebut tidak porposional (terlalu besar). Setelah di lakukan evaluasi lebih lanjut terhadap karakteristik hidrologi daerah dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti curah hujan maksimum, luas lahan yang ditangani, dan debit air yang di harapkan. Saluran yang di usulkan cukup dengan dimensi: lebar (b) = 1,5 meter, dan tinggi (h) = 1,5 meter. Dimensi ini cukup untuk menampung debit kapasitas $2,489 \text{ km}^3/\text{detik}$. Dan dengan Tinjauan Jumlah total anggaran biaya pelaksanaan pembangunan saluran drainase di Jalan Demak Surabaya:
 - Saluran Baru = Rp 5.627.808.164
 - Saluran Lama = Rp 4.073.719.364Badan Pembangunan daerah Kota Surabaya dapat menghemat anggaran pembangunan sebesar Rp 1.554.088.800.

5.2 Saran

106
Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam Penelitian ini adalah:

1. Agar kapasitas saluran tetap terjaga, dan dapat menampung debit banjir, disarankan kepada masyarakat di wilayah Jalan Demak Surabaya untuk secara rutin membersihkan saluran dari sampah dan endapan yang menumpuk.
2. Pemerintah perlu memberikan perhatian yang lebih serius dan mengambil tindakan pencegahan banjir sesuai dengan prosedur yang berlaku. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah melakukan perencanaan ulang saluran yang sesuai agar tidak terjadi pemborosan. Hal ini penting mengingat saluran yang ada di wilayah Jalan Demak memiliki dimensi yang terlalu besar, sehingga perlu disesuaikan agar efektif dalam menampung volume air dan menghindari terjadinya banjir yang berlebihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya Rizki., Soebagio. 2019. Kajian Banjir di Wilayah Ketintang Surabaya. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*. Vol. 7, No. 2. ISSN 2615-0824. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- Fairizi, D. (2015). Analisis dan evaluasi saluran drainase pada kawasan perumahan talang kelapa di subdas Iambidaro Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 3(1), 755-765.
- Pania, H. G., Tangkudung, H., Kawet, L., & Wuisan, E. M. (2013). Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Sipil Statik*, 1(3).
- Romadhon, M. F. R., & Nusantara, D. A. D. Studi Evaluasi Dimensi Saluran Drainase Terhadap Permasalahan Genangan Di Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo Jawa Timur.
- Soebagio, 2014. Diktat Materi Kuliah Drainase dan Perkotaan, UWKS, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Surabaya.
- Suripin, 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Adhi Yogyakarta. Susanti Triana., dan Muh. Hendrie S. 2006. Perencanaan Bangunan Pengendali Sedimen Waduk Selorejo Kabupaten Malang. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Diponegoro.
- Suryaman, H. (2013). Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan*, 2(1/JKPTB/13).
- Susilowati., dan Ilyas Sadad. 2015. Analisa Karakteristik Curah Hujan Di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Konstruksia*. Vol.7, No 1. Universitas Bandar Lampung.
- Syahputra, A. (2021). Perencanaan Ulang Sistem Drainase Di Jalan Maharaja Seriwangsa, Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Utama, I. G. D. S., & Agustana, P. (2021). Manajemen Drainase Dinas Pekerjaan Umum Dan Tata Ruang (Putr) Kabupaten Buleleng Dalam Mengatasi Banjir Di Kota Singaraja. *Locus*, 13(2), 18-31.
- Wijayanti, P., Yuono, T., & Aziz, A. A. (2022). Evaluasi Saluran Drainase Untuk Pengendalian Banjir Di Jalan Sukowati Sragen. *Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 1(2), 1-9.
- Yulianti, E. (2022). Alternatif Analisa Bangunan Pengendali Banjir Pada Sungai Way Laala Di Provinsi Maluku. *Prosiding Semsina*, 3(2), 222-234.

LAMPIRAN

Lampiran 1 :

Tabel Frekuensi Reduksi Metode Gumbel

n	Y_n	S_n
8	0,4843	0,9043
9	0,4902	0,9288
10	0,4952	0,9497
11	0,4996	0,9676
12	0,5053	0,9833
13	0,5070	0,9972
14	0,51	1,0095
15	0,5128	1,0206
16	0,5157	1,0316
17	0,5181	1,0411
18	0,5202	1,0493
19	0,522	1,0566
20	0,5235	1,0629
21	0,5252	1,0696
22	0,5268	1,0754
23	0,5283	1,0811
24	0,5296	1,0864
25	0,5309	1,0914
26	0,532	1,0961
27	0,5332	1,1004
28	0,5343	1,1047
29	0,5353	1,1086
30	0,5362	1,1124

Lampiran 2 :

Tabel nilai peluang teoritis

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0226	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0568
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776

-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3620	0,4594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,7286	0,4247
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	-0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9479	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9574	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,9	0,9713	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9696	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9953	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986

3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

Lampiran 3 :

Tabel Frekuensi Reduksi Metode Log Person Tipe III

No	Cs	Probabilitas								
		50	20	10	39	4	2	1	0,5	0,1
		Periode Ulang (Tahun)								
		2	5	10	25	50	100	200	1000	
1	-3	0,396	0,636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668	
2	-2,5	0,36	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,8	0,802	
3	-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905	0,907	0,91	
4	-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99	0,995	1	
5	-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,13	
6	-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,28	
7	-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318	1,351	1,465	
8	-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625	
9	-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,8	
10	-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675	
11	-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81	
12	-0,1	0,017	0,836	1,27	1,716	2	2,252	2,482	2,95	
13	0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,09	
14	0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67	3,235	
15	0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,38	
16	0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525	
17	0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949	3,67	
18	0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041	3,815	
19	0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96	
20	0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105	
21	0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25	
22	0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395	
23	1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54	
24	1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82	
25	1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11	
26	1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39	
27	1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66	
28	2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91	
29	2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2	
30	2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652	6,6	
31	3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25	



Gambar pengukuran *U-ditch* yang ada dilapangan



Gambar *U-ditch* yang ada dilapangan

BIODATA PENULIS



Joelyie Sping Pasaribu,

Penulis lahir di Batu Nabolon pada tanggal 04 Februari 2002, terlahir sebagai anak keempat dari enam bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Santo Pius Parsoburan (Habinsaran), SMP Negeri 2 Lumbanrau (Habinsaran), SMA Bintang Timur 1 Balige (Toba Samosir). Setelah lulus dari SMA Bintang Timur 1 Balige tahun 2019, Penulis mengikuti ujian masuk S1 - UWKS dan diterima di Jurusan S1 Teknik Sipil FT-UWKS pada tahun 2019 dan terdaftar dengan NPM 19.11.0042 dan lulus kuliah pada tahun 2023.

REVIEW DESIGN SALURAN DRAINASE DI JALAN DEMAK SURABAYA

ORIGINALITY REPORT

21%

SIMILARITY INDEX

20%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	3%
2	journal.uwks.ac.id Internet Source	2%
3	repository.ummat.ac.id Internet Source	2%
4	erepository.uwks.ac.id Internet Source	2%
5	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
6	123dok.com Internet Source	1%
7	www.scribd.com Internet Source	1%
8	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
9	repository.umsu.ac.id Internet Source	<1%

10	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
11	repository.uhn.ac.id Internet Source	<1 %
12	adoc.tips Internet Source	<1 %
13	docplayer.info Internet Source	<1 %
14	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
15	ejurnal.untag-smd.ac.id Internet Source	<1 %
16	Submitted to Universitas Bung Hatta Student Paper	<1 %
17	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
18	id.scribd.com Internet Source	<1 %
19	digilib.its.ac.id Internet Source	<1 %
20	es.scribd.com Internet Source	<1 %
21	jdih.semarangkota.go.id Internet Source	<1 %

22	muazzul.blog.uma.ac.id Internet Source	<1 %
23	wigunawahyu.wordpress.com Internet Source	<1 %
24	id.123dok.com Internet Source	<1 %
25	repository.unwira.ac.id Internet Source	<1 %
26	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
27	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1 %
28	Submitted to Universitas Pancasila Student Paper	<1 %
29	iptek.its.ac.id Internet Source	<1 %
30	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
31	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
32	vdocuments.site Internet Source	<1 %
33	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %

34	pusdataru.jatengprov.go.id Internet Source	<1 %
35	Submitted to Xavier University Student Paper	<1 %
36	sipora.poliije.ac.id Internet Source	<1 %
37	Submitted to Korea National Open University Student Paper	<1 %
38	repository.unwidha.ac.id Internet Source	<1 %
39	repository.upstegal.ac.id Internet Source	<1 %
40	Daniel Antoni Sihasale, Mohammad Amin Lasaiba. "Peran Geografi dalam Penataan Ruang Perkotaan", JENDELA PENGETAHUAN, 2022 Publication	<1 %
41	Submitted to Surabaya University Student Paper	<1 %
42	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
43	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
44	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %

45	eprints.unram.ac.id Internet Source	<1 %
46	repository.unmuhjember.ac.id Internet Source	<1 %
47	eprints.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
48	zeevorte.blogspot.com Internet Source	<1 %
49	repository.unbari.ac.id Internet Source	<1 %
50	repository.unibos.ac.id Internet Source	<1 %
51	repository.unj.ac.id Internet Source	<1 %
52	eprints.utdi.ac.id Internet Source	<1 %
53	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %
54	journal.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %
55	ojs.ustj.ac.id Internet Source	<1 %
56	Asril Zevri. "ANALISIS TINGGI MUKA AIR BANJIR DAS BANGKATAN SEBAGAI	<1 %

ALTERNATIVE PENGENDALIAN BANJIR KOTA BINJAI", JURNAL SUMBER DAYA AIR, 2020

Publication

57

adoc.pub

Internet Source

<1 %

58

library.polmed.ac.id

Internet Source

<1 %

59

Rival Hasanudin, Eva Rolia, Eri Prawati.
"ANALISIS KONDISI DRAINASE TERHADAP KEJADIAN BANJIR DI KECAMATAN METRO TIMUR KOTA METRO", JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil, 2023

Publication

<1 %

60

Submitted to Universitas Bengkulu

Student Paper

<1 %

61

digilib.uinsa.ac.id

Internet Source

<1 %

62

lib.geo.ugm.ac.id

Internet Source

<1 %

63

repository.unja.ac.id

Internet Source

<1 %

64

repository.unsri.ac.id

Internet Source

<1 %

65

akuindonesiana.wordpress.com

Internet Source

<1 %

66	de.scribd.com Internet Source	<1 %
67	epaper.newvision.co.ug Internet Source	<1 %
68	geograf.id Internet Source	<1 %
69	jurnal.unsil.ac.id Internet Source	<1 %
70	Submitted to Academic Library Consortium Student Paper	<1 %
71	Submitted to LL DIKTI IX Turnitin Consortium Part IV Student Paper	<1 %
72	Submitted to Universitas Jember Student Paper	<1 %
73	idoc.pub Internet Source	<1 %
74	journal.uta45jakarta.ac.id Internet Source	<1 %
75	konsultaskripsi.com Internet Source	<1 %
76	repository.uki.ac.id Internet Source	<1 %
77	artikelpendidikan.id	

Internet Source

<1 %

78

digilib.uin-suka.ac.id

Internet Source

<1 %

79

dspace.uii.ac.id

Internet Source

<1 %

80

gaharuchrome.blogspot.wordpress.com

Internet Source

<1 %

81

irfandasiagian.blogspot.com

Internet Source

<1 %

82

journal.univpancasila.ac.id

Internet Source

<1 %

83

jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id

Internet Source

<1 %

84

lppks.org

Internet Source

<1 %

85

pdfcoffee.com

Internet Source

<1 %

86

pondokibu.com

Internet Source

<1 %

87

repository.ar-raniry.ac.id

Internet Source

<1 %

88

repository.unjaya.ac.id

Internet Source

<1 %

89	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
90	www.antonsutrisno.com Internet Source	<1 %
91	Kartini Kartini, Nur Syam AS, Fadhil Surur. "Analisis Ambang Batas Lahan Pemakaman di Kota Makassar", Jurnal Planoeearth, 2019 Publication	<1 %
92	Sicilia Afriyani, Haris Haris, Iswahyudi Iswahyudi. "Analisis Kapasitas Penampang Drainase Jalan Perkotaan Akibat Peluapan Debit Banjir Maksimum (Studi Kasus Pada Jalan Jhoni Anwar Kota Padang)", Media Ilmiah Teknik Sipil, 2023 Publication	<1 %
93	digilib.uinsgd.ac.id Internet Source	<1 %
94	download.garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
95	ecomet.wordpress.com Internet Source	<1 %
96	jurnal.polinema.ac.id Internet Source	<1 %
97	kumparan.com Internet Source	<1 %

98	pdfslide.tips Internet Source	<1 %
99	qdoc.tips Internet Source	<1 %
100	repositori.uma.ac.id Internet Source	<1 %
101	repository.uib.ac.id Internet Source	<1 %
102	repository.uir.ac.id Internet Source	<1 %
103	repository.unisma.ac.id Internet Source	<1 %
104	repository.unsada.ac.id Internet Source	<1 %
105	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	<1 %
106	repository.usm.ac.id Internet Source	<1 %
107	www.hashmicro.com Internet Source	<1 %
108	www.sehatq.com Internet Source	<1 %
109	"Practical Portfolio Performance Measurement and Attribution", Wiley, 2012	<1 %

110 digilib.unimed.ac.id <1 %
Internet Source

111 Angga Prasetyo, Eri Prawati, Agus Surandono. <1 %
"ANALISIS DEBIT BANJIR DAERAH ALIRAN
SUNGAI (DAS) SAMPEAN BONDOWOSO JAWA
TIMUR", JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik
Sipil, 2020
Publication

112 Isra Wahyudi, Zony Yulfadli. "Perhitungan <1 %
Produksi Alat Berat Pada Pek", Kurva S : Jurnal
Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil, 2017
Publication

113 Sigit Riswanto, Andung Yunianta, Reny <1 %
Rochmawati, Nimbrot Rumaropen. "Analysis
of Sustainable Drainage System in SMA 4
Area, Jayapura City, Papua", IOP Conference
Series: Earth and Environmental Science, 2023
Publication

114 Zulfan Syahputra. "Perhitungan Dimensi <1 %
Saluran Drainase Pada Daerah Persawahan
Separi III dan IV Kabupaten Kutai
Kartanegara", Kurva S : Jurnal Keilmuan dan
Aplikasi Teknik Sipil, 2017
Publication

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches Off