

TUGAS AKHIR

EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE PRIMER PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN

(EVALUATION CAPACITY OF PRIMARY DRAINAGE CANAL IN AMPAL WATERSHED AT BALIKPAPAN CITY)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



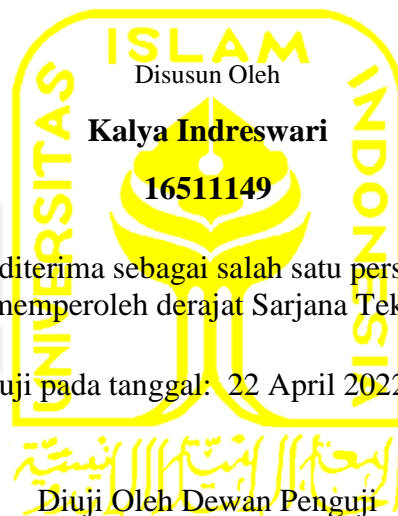
**Kalya Indreswari
16511149**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE PRIMER PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN

*(EVALUATION CAPACITY OF PRIMARY DRAINAGE CANAL
IN AMPAL WATERSHED AT BALIKPAPAN CITY)*



Penguji I

Dina Anggraheni, S.T., M. Eng
NIK: 16 511 0105

Penguji II

Ir. Bambang Sulistiono, MSCE.
NIK: 80 511 0201

Penguji III

DA. Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T.
NIK:15 511 1301

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 88 511 0101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa laporan penelitian tugas akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya sendiri.

Bagian-bagian tertentu pada penulisan laporan penelitian Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah, apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan penelitian Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 22 April 2022

Yang membuat pernyataan,

A 10,000 Indonesian Rupiah banknote is shown with a signature over it. The banknote features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', 'SEPULUH RIBU RUPIAH', and 'A69DAJX760284004'. The signature is in black ink and is written over the banknote.

Kalya Indreswari

16511149

DEDIKASI



Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT Tuhan semesta alam yang selalu memberikan rahmat dan nikmatNya yang tiada mampu menghitungnya serta kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan laporan penelitian Tugas Akhir, Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW serta seluruh keluarga dan para sahabatnya, rasa syukur kepadaMu yaa Rabb karena sudah dihadirkan orang-orang yang senantiasa memberikan Do'a sehingga Tugas Akhir saya dapat diselesaikan dengan baik, dari lubuk hati terdalam dengan ini saya persembahkan Tugas Akhir saya untuk:

1. Bapak Drs. Sjarifuddin Hasbullah dan Ibu Raden Roro Erna Setyowati, orang tua saya yang selalu memberikan semangat, do'a dukungan materiil sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Rayi Kania Arimbi dan Muhammad Said Mauladdin, kakak-kakak saya yang selalu memberikan semangat kepada saya dan memberikan es kopi maupun cemilan sehingga saya dapat lebih giat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu dosen yang memberikan saya ilmu dengan tulus serta membimbing saya hingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Sahabat-sahabat saya dari SMP dan SMA hingga sekarang yang selalu menemani, menyemangati, dan membantu proses skripsi serta mendengarkan keluh kesah saya dalam pembuatan skripsi ini Anissa Cessarea, Daniel Virly, Shinta Diah, Ghaisani Salsabila, Puspita Dewi, dan Dewa Ayu Bunga.

5. Seluruh keluarga besar “SEGELAS” yang telah banyak membantu saya terutama sahabat-sahabat saya yang cantik dan selalu menemani saya dalam suka maupun duka Melyza, Malinda, Muna, Bunga, Martha dan Nindy yang *mensupport* saya sejak awal kuliah, menyusun proposal sampai dengan selesainya Tugas Akhir ini.
6. Segenap teman-teman seperjuangan saya dalam Alfin, Divan, Malik, Yoga, Zulfian dan Yudi serta teman-teman lain yang selalu menjadi warna di perjalanan perkuliahan saya.
7. Serta semua rekan, kakak tingkat dan seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. *Last but not least*, diri saya sendiri yang selalu berusaha semaksimal mungkin, memberikan *support* dan terus bersabar dengan proses hidup yang naik-turun.

Terimakasih saya ucapkan untuk orang-orang yang telah membantu saya baik semangat, do'a maupun tenaga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik, semoga Tugas ini dapat bermanfaat.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan.

Selama proses penyusunan Tugas akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis namun berkat saran, kritik serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Dinia Anggraheni S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing dan penguji I Tugas Akhir dan Dosen Favorit saya selama menempuh Pendidikan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Bambang Sulistiono, Ir., MSCE. selaku dosen penguji II Tugas Akhir, yang juga memberikan arahan untuk saya, baik kritik maupun saran sehingga saya dapat mengevaluasi Tugas Akhir saya agar menjadi lebih baik,
3. Ibu Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T. selaku dosen penguji III Tugas Akhir, yang juga memberikan arahan untuk saya, baik kritik maupun saran sehingga saya dapat mengevaluasi Tugas Akhir saya agar menjadi lebih baik,
4. Ibu Dr. Ir Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
5. Dan seluruh pihak yang telah mendukung penulis sampai dengan selesainya Tugas Akhir ini.

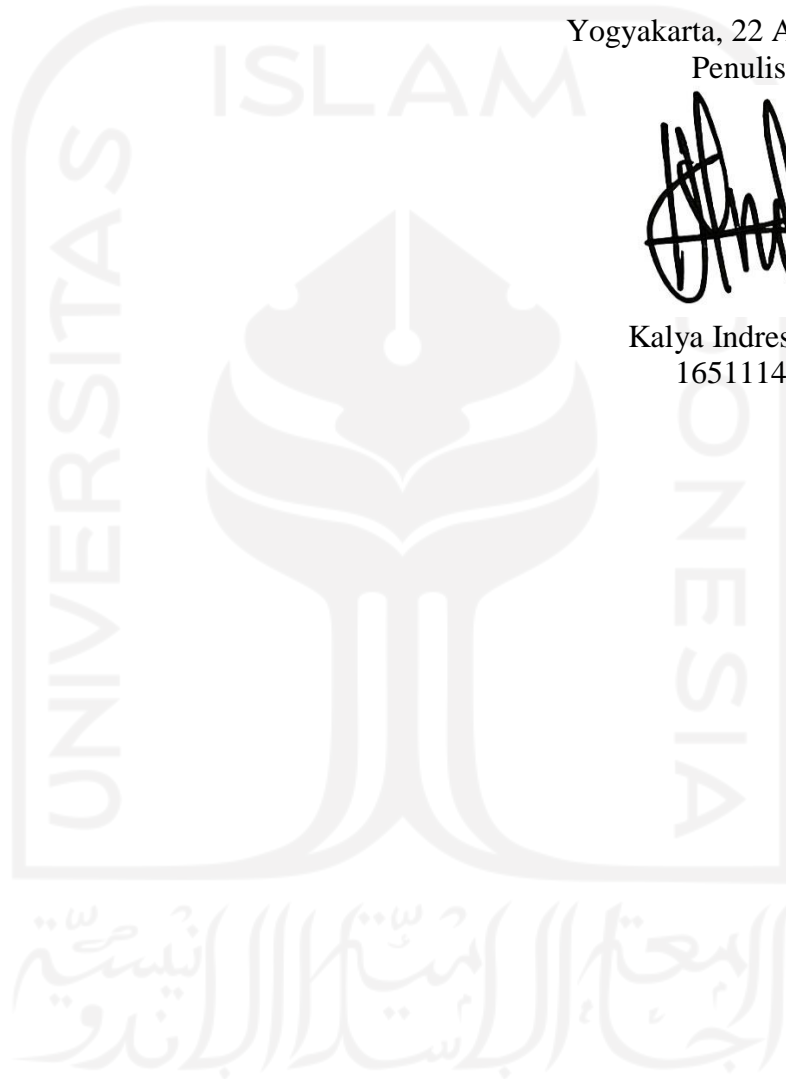
Penulis menyadari penyusunan Tugas Akhir ini masih belum sempurna, dengan itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun agar dikemudian hari pada penyusunan karya ilmiah berikutnya akan lebih baik.
Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 22 April 2022

Penulis



Kalya Indreswari
16511149



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
DEDIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
ABSTRAK.....	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.1.1 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase (Studi Kasus: Dusun Kimpulan, Desa Sardonoarjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta) ...	8
2.1.2 Evaluasi dan Perencanaan Drainase Perkotaan Kawasan Perumahan Sawojajar Permai Kelurahan Lesanpuro Kota Malang.....	9
2.1.3 Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai dengan KM 6 Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta.....	10
2.1.4 Evaluasi Sistem Saluran Drainase Perkotaan Pada Kawasan Jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta.....	10
2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang.....	11
2.3 Penelitian Yang Diusulkan.....	13

BAB III	LANDASAN TEORI	14
3.1	Drainase	14
3.2	Drainase Perkotaan	14
3.3	Jenis – Jenis Drainase	15
3.4	Pola Jaringan Drainase.....	17
3.5	Bentuk Penampang Saluran Drainase.....	20
3.6	Analisis Hidrologi.....	21
3.6.1	Daerah Aliran Sungai	22
3.6.2	Curah Hujan Kawasan.....	23
3.6.3	Analisa Frekuensi Curah Hujan	24
3.7	Analisa Distribusi Probabilitas	26
3.7.1	Distribusi Normal.....	26
3.7.2	Distribusi Log Normal	27
3.7.3	Distribusi Gumbel	28
3.7.4	Distribusi Log Pearson III.....	30
3.8	Uji Distribusi Probabilitas.....	32
3.8.1	Uji Chi Kuadrat.....	32
3.8.2	Uji Smirnov-Kolmogorov	34
3.9	Intensitas Curah Hujan.....	35
3.10	Waktu Konsentrasi.....	36
3.11	Koefisien Pengaliran.....	37
3.12	Debit Banjir Rencana.....	39
3.13	Analisa Hidrolika.....	39
BAB IV	METODE PENELITIAN	41
4.1	Tinjauan Umum	41
4.2	Pengumpulan Data.....	41
4.3	Metodologi Penelitian Evaluasi Sistem Saluran Drainase.....	43
4.4	Bagan Alir Tugas Akhir.....	46
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	48
5.1	Kondisi Daerah Penelitian	48
5.1.1	Peta Wilayah Penelitian	48

5.1.2	Penentuan Titik Lokasi Pengamatan Banjir	49
5.2	Analisis Hidrologi	51
5.2.1	Perhitungan Parameter Statistik	51
5.2.2	Uji Distribusi Probabilitas	53
5.2.3	Kesimpulan Uji Distribusi Probabilitas	58
5.2.4	Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang	59
5.2.5	Kesimpulan Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang	59
5.3	Analisa Debit Banjir Rencana	60
5.3.2	Perhitungan Koefisien Pengaliran	61
5.3.3	Perhitungan Intensitas Hujan	63
5.4	Analisa Debit Kapasitas Saluran	65
5.5	Upaya Penanggulangan Banjir	69
5.5.1	Normalisasi	69
5.5.2	Perubahan Dimensi Eksisting	75
5.5.3	Peran Pemerintah Kota Balikpapan	81
1.	Pengelolaan Sampah	81
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	85
6.1	Kesimpulan	85
6.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang.....	12
Tabel 3. 1 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	24
Tabel 3. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss	27
Tabel 3. 3 Nilai Sn Untuk Distribusi Gumbel.....	29
Tabel 3. 4 Nilai Y Untuk Distribusi Gumbel	29
Tabel 3. 5 Nilai Yn Untuk Distribusi Gumbel	30
Tabel 3. 6 Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson III.....	31
Tabel 3. 7 Nilai Kritis Untuk Distribusi Uji Chi-Kuadrat.....	33
Tabel 3. 8 Nilai Kritis Do Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov	35
Tabel 3. 9 Harga Koefisien Manning	37
Tabel 3. 10 Nilai Koefisien Pengaliran (C).....	38
Tabel 5. 1 Dimensi Saluran Drainase Primer Ampal	50
Tabel 5. 2 Data Curah Hujan Per Tahun Kota Balikpapan	51
Tabel 5. 3 Perhitungan Parameter Statistik	52
Tabel 5. 4 Parameter Pemilihan Distribusi Curah Hujan	53
Tabel 5. 5 Perhitungan Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson III	54
Tabel 5. 6 Hasil Uji Chi-Kuadrat Untuk Distribusi Log Pearson III	57
Tabel 5. 7 Kesimpulan Uji Distribusi Probabilitas	58
Tabel 5. 8 Hasil Perhitungan Curah Hujan Periode Kala Ulang Untuk Distribusi Log Pearson III.....	59
Tabel 5. 9 Kesimpulan Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang	60
Tabel 5. 10 Koefisien Pengaliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal.....	62
Tabel 5. 11 Hasil Perhitungan Debit Banjir Saluran Drainase Primer.....	67
Tabel 5. 12 Perbandingan Kapasitas Saluran Dengan Debit Banjir.....	68
Tabel 5. 13 Perubahan Tinggi Sebelum Dan Sesudah Di Normalisasi.....	70
Tabel 5. 14 Hasil Perhitungan Debit Banjir Setelah Di Normalisasi	74
Tabel 5. 15 Hasil Perhitungan Debit Banjir Setelah Perubahan Dimensi.....	78

Tabel 5. 16 Perbandingan Dimensi Saluran Saat Di Normalisasi Dengan Dimensi
Perubahan Rencana 79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Genangan DAS Ampal	2
Gambar 1. 2 Topografi Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal	3
Gambar 3. 1 Pola Jaringan Drainase Siku.....	17
Gambar 3. 2 Pola Jaringan Drainase Paralel.....	18
Gambar 3. 3 Pola Jaringan Drainase <i>Grid Iron</i>	18
Gambar 3. 4 Pola Jaringan Drainase Alamiah	19
Gambar 3. 5 Pola Jaringan Drainase <i>Radial</i>	19
Gambar 3. 6 Pola Jaringan Drainase Jaring-Jaring	20
Gambar 3. 7 Penampang Saluran Drainase Berbentuk Trapesium.....	21
Gambar 3. 8 Penampang Saluran Drainase Berbentuk Persegi Panjang	21
Gambar 3. 9 Daerah Aliran Sungai (DAS)	23
Gambar 4. 1 Penumpukan Sampah Pada Drainase	421
Gambar 4. 2 Penyempitan Dimensi Drainase Akibat Rumput Liar.....	421
Gambar 4. 3 Penyempitan Dimensi Drainase Akibat Sedimen	423
Gambar 4. 4 Bagan Alir Tugas Akhir	21
Gambar 5. 1 Peta Wilayah Penelitian	48
Gambar 5. 2 Lokasi Titik Geometrik Saluran Drainase Primer.....	49
Gambar 5. 3 Peta Skematik Saluran Drainase Primer Ampal.....	50
Gambar 5. 4 Penggambaran Data Pada Kertas Probabilitas Log Pearson III	58
Gambar 5. 5 Aliran Air Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal	63
Gambar 5. 6 Peta Skematik Dengan Titik Banjir dan Debit Banjir.....	68
Gambar 5. 7 Penumpukan Sedimen dan Sampah di Dasar Saluran.....	70
Gambar 5. 8 Lokasi Penampang T3 Dekat Dengan Pemukiman.....	80
Gambar 5. 9 Lokasi Penampang T4 Dekat Dengan Pemukiman.....	80
Gambar 5. 10 Tumpukan Sampah Di Belakang Bebek Uniba.....	82

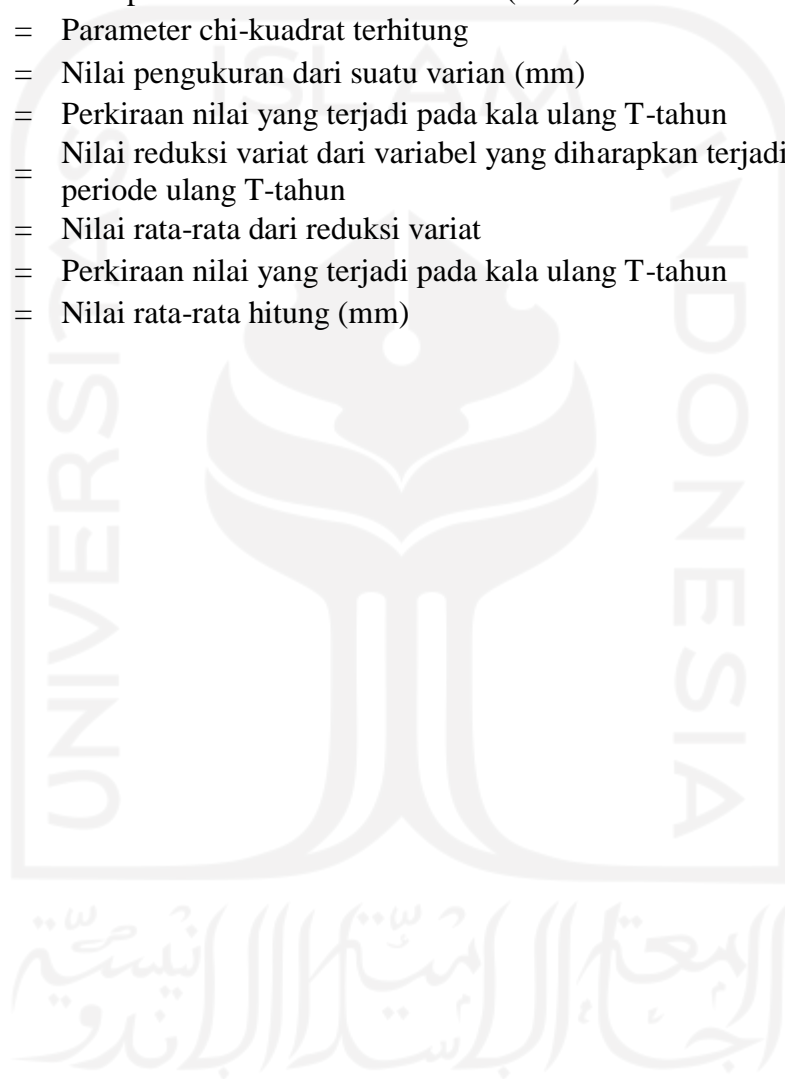
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kondisi Lapangan Penampang Hulu	90
Lampiran 2 Kondisi Lapangan Penampang T1	91
Lampiran 3 Kondisi Lapangan Penampang T2	92
Lampiran 4 Kondisi Lapangan Penampang T3	93
Lampiran 5 Kondisi Lapangan Penampang T4	94
Lampiran 6 Kondisi Lapangan Penampang T5	95
Lampiran 7 Kondisi Lapangan Penampang T7	96
Lampiran 8 Kondisi Lapangan Penampang T6	96
Lampiran 9 Kondisi Lapangan Penampang Hilir	97
Lampiran 10 Tabel III-1 Wilayah Luas Di Bawah Kurva Normal	98
Lampiran 11 Peta Aliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Saluran Drainase Primer 99	
Lampiran 12 Data Hujan Stasiun Meteorologi Sultan Aji Muhammad Sulaiman	100
Lampiran 13 Peta Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan	101
Lampiran 14 Peta Pola Ruang Wilayah Kota Balikpapan Tahun 2012-2032	102
Lampiran 15 Penggambaran Data Pada Kertas Probabilitas Log Pearson III	103
Lampiran 16 Potongan Melintang Hulu Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	104
Lampiran 17 Potongan Melintang T1 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	105
Lampiran 18 Potongan Melintang T2 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	106
Lampiran 19 Potongan Melintang T3 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	107
Lampiran 20 Potongan Melintang T4 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	108
Lampiran 21 Potongan Melintang T5 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	109
Lampiran 22 Potongan Melintang T5 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	110
Lampiran 23 Potongan Melintang T7 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	111
Lampiran 24 Potongan Melintang Hilir Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting	112
Lampiran 25 Dokumentasi Pengambilan Data	113
Lampiran 26 Dokumentasi Pengambilan Data	114
Lampiran 27 Dokumentasi Pengambilan Data	115

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas daerah aliran (km^2)
a	=	Luas penampang saluran drainase (m^2)
A_i	=	Luas lahan dengan jenis penutup tanah I (km^2)
B	=	Lebar bawah (m)
C	=	Koefisien pengaliran
C_i	=	Koefisien pengaliran permukaan jenis penutup tanah i
C_k	=	Koefisien kurtosis
C_s	=	Koefisien kemencengan
C_v	=	Koefisien variasi
D	=	Nilai selisih dari peluang teoritis dan peluang pengamatan
DK	=	Derajat kebebasan
E_i	=	Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i
G	=	Jumlah sub kelompok
h	=	Tinggi sungai (m)
h_1	=	Tinggi muka air normalisasi (m)
h_2	=	Tinggi muka air rencana (m)
I	=	Intensitas hujan (mm/jam)
K_T	=	Faktor frekuensi
L	=	Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
L_s	=	Panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)
m	=	Peringkat/nomor rangking
n	=	Jumlah data
n	=	Angka kekasaran manning
O_i	=	Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i
P	=	Keliling basah saluran drainase
$P(X)$	=	Peluang pengamatan
$P'(X)$	=	Peluang teoritis
Q	=	Debit puncak banjir (m^3/s)
Q_c	=	Debit hidrolika atau debit saluran (m^3/s)
Q_p	=	Debit hidrologi atau debit banjir (m^3/s)
R	=	Jari-jari hidrolik (m)
R_{24}	=	Curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)
Sd	=	Standar deviasi
S	=	Kemiringan lahan
S_n	=	Standar deviasi dari reduksi variat (reduced standard deviation)
t	=	Durasi lama hujan (jam)
T	=	Lebar puncak (m)

t_c	=	Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari titik paling jauh sampai ke titik kontrol saluran (jam)
t_d	=	Waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai ke titik keluaran (jam)
t_o	=	Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai ke saluran terdekat (jam)
V	=	Kecepatan aliran di dalam saluran (m^2/s)
X_h^2	=	Parameter chi-kuadrat terhitung
X_i	=	Nilai pengukuran dari suatu varian (mm)
X_T	=	Perkiraan nilai yang terjadi pada kala ulang T-tahun
Y	=	Nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahun
Y_n	=	Nilai rata-rata dari reduksi variat
Y_T	=	Perkiraan nilai yang terjadi pada kala ulang T-tahun
\bar{X}	=	Nilai rata-rata hitung (mm)



ABSTRAK

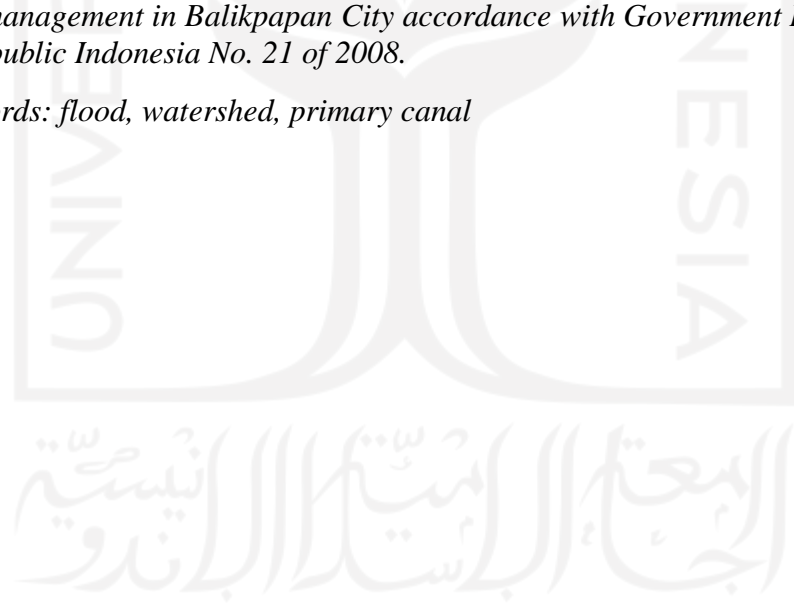
Terpilihnya lokasi ibu kota baru Indonesia menjadikan Kota Balikpapan sebagai daerah penyangga ibu kota. Dalam persiapan menjadi daerah penyangga ibu kota adalah sistem drainase yang baik. Permasalahan yang kerap terjadi di Kota Balikpapan adalah banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal yang merupakan salah satu dari delapan DAS yang ada di Kota Balikpapan. Banjir di DAS Ampal dipengaruhi oleh pengalihan fungsi lahan, sedimen, sampah, dan rumput liar sebagai penyebab penyempitan saluran drainase. Metode penelitian ini menggunakan data curah hujan dari tahun 2005 – 2019 dengan log pearson III kala ulang 2, 5, dan 10 tahun untuk mendapatkan nilai intensitas hujan memakai rumus Mononobe. Penelitian ini dibagi menjadi 9 titik lokasi penelitian dimana titik tersebut merupakan pertemuan dari aliran sub DAS. Evaluasi dilakukan melalui perbandingan debit saluran menggunakan rumus persamaan *Manning* dan debit banjir menggunakan metode Rasional. Hasil dari evaluasi didapatkan bahwa lokasi penelitian adalah banjir kecuali T1. Adapun upaya yang dapat dilakukan untuk saluran drainase ini adalah lebih menegaskan pengelolaan sampah di Kota Balikpapan agar sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Balikpapan No. 13 Tahun 2013, upaya normalisasi yang menyebabkan hulu, T1, T5, T6, T7 dan hilir tidak banjir, upaya perubahan dimensi dalam penelitian ini mendapatkan T3 dan T4 tidak dapat dilakukan perubahan karena kondisi lahan, serta pentingnya peran Pemerintah Kota Balikpapan dalam menjalankan penanganan banjir di Kota Balikpapan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.21 Tahun 2008.

Kata kunci: banjir, daerah aliran sungai, saluran primer

ABSTRACT

Location of Indonesia's new capital city makes Balikpapan City a buffer zone for the capital city. In preparation to become a buffer zone for the capital city is a good drainage system. Problem that often occurs in Balikpapan City is flooding in Ampal Watershed, which is one of eight watersheds in Balikpapan City. Flooding in the Ampal watershed is influenced by the diversion of land functions, sediment, garbage, and weeds as the cause of narrowing the drainage canal. This research method uses rainfall data from 2005 – 2019 with log Pearson III for 2, 5, and 10 year return period to get the value of rain intensity using the Mononobe formula. This research is divided into 9 research location points where these points are the confluence of sub-watershed flows. Evaluation was carried out through a comparison of canal discharge using the Manning equation formula and flood discharge using the Rational method. Results of the research location were flooded except T1. The efforts that can be made for this drainage canal are to emphasize more on waste management in Balikpapan City accordance with the Regional Regulation of Balikpapan City No. 13 of 2013, normalization efforts that caused upstream, T1, T5, T6, T7 and downstream didn't flood, efforts to change dimensions in this research found that T3 and T4 couldn't be change due to land conditions, and the important role of Balikpapan City Government in carrying out flood management in Balikpapan City accordance with Government Regulation of the Republic Indonesia No. 21 of 2008.

Key words: flood, watershed, primary canal



BAB I

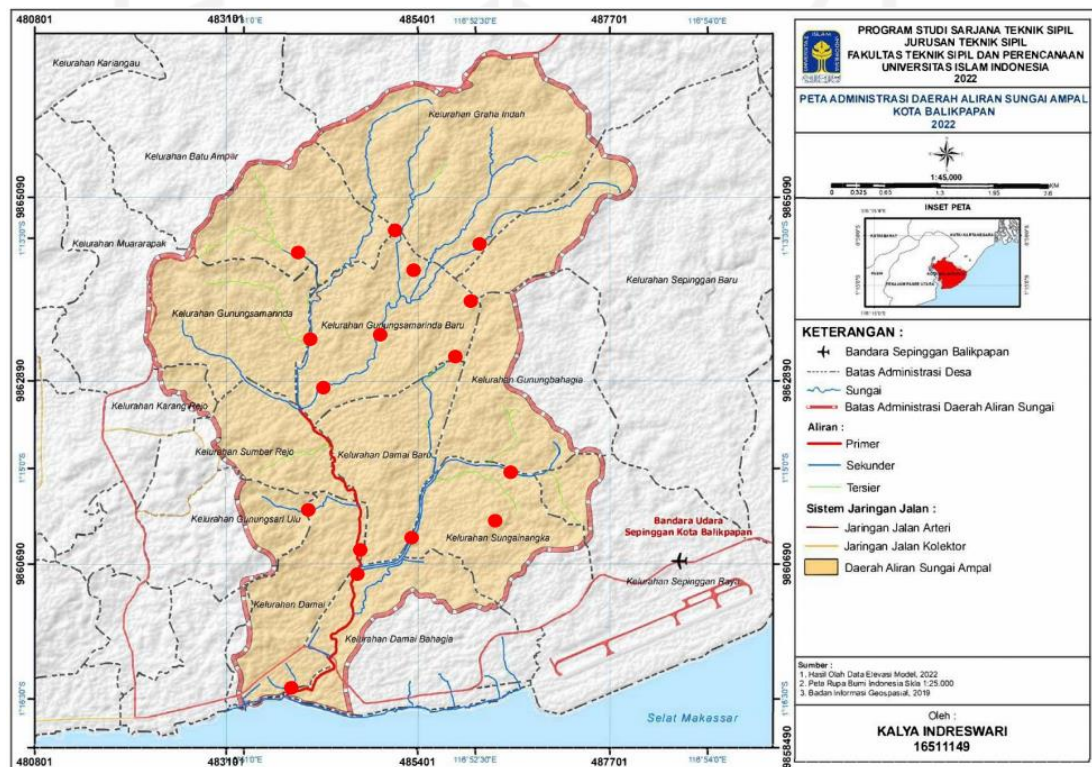
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

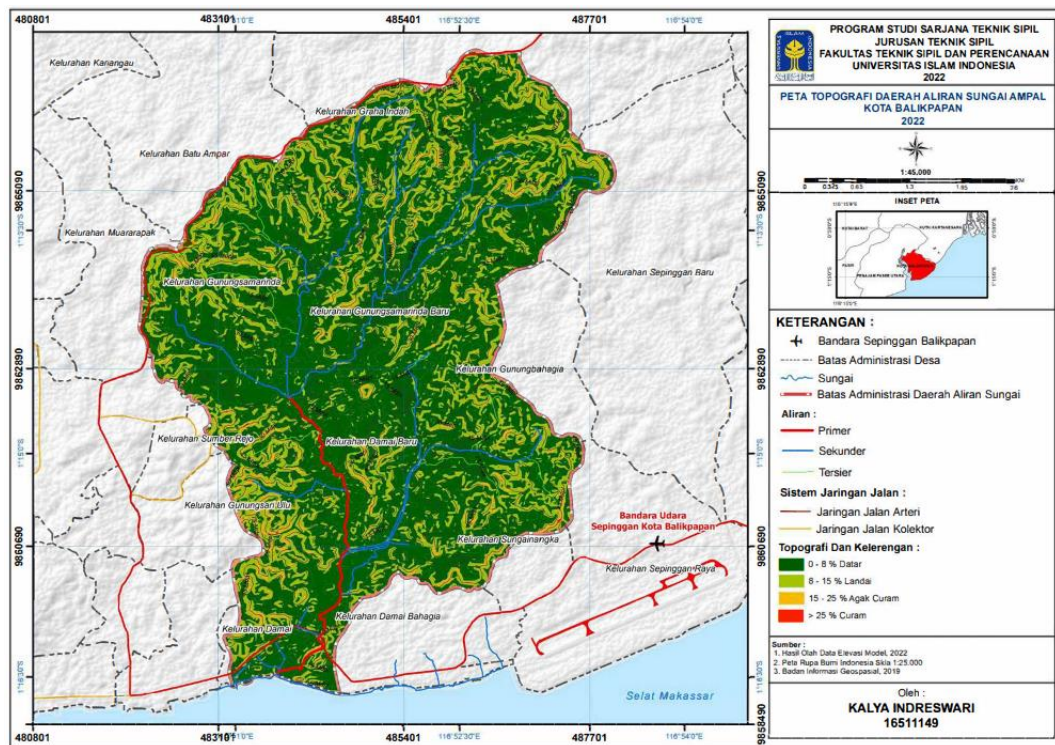
Provinsi Kalimantan Timur terpilih sebagai lokasi ibu kota baru Indonesia yang akan menggantikan Jakarta, lebih tepatnya di dua kabupaten yaitu Penajam Paser Utara dan Kutai Kartanegara. Balikpapan adalah salah satu kota madya yang terletak di antara kabupaten Kutai Karta Negara dan kabupaten Penajam Paser Utara. Dalam perencanaan lokasi ibu kota baru Indonesia, kota Balikpapan memiliki peranan penting sebagai daerah penyangga yang nantinya akan mendukung pembangunan dan perkembangan ibu kota. Hal ini dapat dibantu dengan mempersiapkan sarana dan prasarana yang menunjang, salah satunya adalah sistem drainase untuk mengurangi terjadinya banjir di kota Balikpapan.

Permasalahan banjir masih sering terjadi di perkotaan yang disebabkan oleh luapan dari saluran drainase yang melebihi kapasitas tampung, terlebih saat hujan dengan intensitas tinggi. Balikpapan memiliki permasalahan terkait dengan saluran drainase primer di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang memerlukan peninjauan kembali. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama (Triatmodjo, 2008). Salah satu DAS di Kota Balikpapan yang memerlukan peninjauan kembali adalah DAS Ampal. Pada tahun 2018, banjir melanda kota Balikpapan tepatnya di Jalan MT Haryono yang merupakan bagian dari daerah DAS Ampal dengan ketinggian air 1 sampai 1,5 meter dan menyebabkan kelumpuhan lalu lintas (TribunKaltim.com, 2018). Pada tahun 2019, banjir kembali melanda di daerah yang sama dan menyebabkan pengendara harus memutar arah dan mencari jalan alternatif lain (TribunKaltim.com, 2019). Gambar 1.1 adalah peta genangan banjir Kota

Balikpapan yang menunjukkan titik-titik banjir lainnya. Banjir yang kembali terjadi pada tahun 2020 membuat setengah wilayah kota Balikpapan terendam, terutama di DAS Ampal yang menyebabkan sebagian warga terjebak di dalam rumahnya dan direlokasi dengan *rubber boat*. Selain pemukiman warga, banjir juga mempengaruhi lalu lintas sehingga beberapa ruas jalan utama tidak dapat diakses oleh kendaraan bermotor karena terendam (KaltimIDNTimes.com,2020). Berdasarkan dari permasalahan banjir di atas, maka perlu dilakukan evaluasi dan analisa terhadap saluran drainase primer pada DAS Ampal agar banjir tidak terulang kembali.



Gambar 1. 1 Peta Genangan DAS Ampal



Gambar 1. 2 Topografi Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal

Kota Balikpapan memiliki 8 (delapan) DAS salah satunya yaitu DAS Ampal yang memiliki luas 25.270 km² dengan keadaan topografi berbukit yang ditunjukkan pada Gambar 1.2. Menurut *Journal of Environmental Management*, sistem drainase perkotaan biasanya difungsikan untuk mengalirkan limpasan permukaan dari daerah perkotaan selama hujan terjadi. Namun, saat air hujan melebihi kapasitas pada suatu drainase maka dapat menyebabkan banjir dan mengganggu aktivitas lalu lintas, merugikan ekonomi maupun menimbulkan masalah kesehatan di wilayah sekitarnya (Hua-peng Qin, Zhuo-xi Li, Guangtao Fu, 2013). Permasalahan banjir di DAS Ampal ini dipengaruhi oleh pengalihan fungsi lahan terbuka menjadi bangunan tertutup. Lahan yang awalnya difungsikan sebagai tempat resapan air hujan ke dalam tanah tidak dapat berfungsi dengan baik dan langsung mengalir menuju saluran drainase yang ada. Selain itu, banjir ini disebabkan oleh penyempitan drainase dikarenakan menumpuknya sedimen berupa lumpur atau pasir, sampah, dan rumput liar. Hal ini mempengaruhi efektivitas drainase dalam menampung kapasitas air saat terjadi hujan dengan

intensitas tinggi dan menyebabkan luapan yang dapat mengganggu aktivitas pada daerah di sekitarnya.

Berdasarkan uraian di atas, kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan akan dievaluasi untuk mengetahui saluran tersebut dapat menampung debit limpasan air hujan dan tidak menyebabkan banjir yang menimbulkan keresahan masyarakat dan pengguna jalan di sekitar daerah tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan evaluasi saluran drainase primer DAS Ampal sehingga banjir tidak dapat terulang lagi yang dituangkan ke dalam Tugas Akhir berjudul “Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penulisan proposal tugas akhir ini adalah:

1. Apakah penyebab terjadinya banjir di saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan?
2. Berapa kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan?
3. Bagaimana upaya penanggulangan banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui penyebab banjir pada saluran drainase primer Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan.
2. Mengetahui kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan.
3. Melakukan upaya penanggulangan banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah – masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Lokasi penelitian adalah saluran drainase primer Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan yang kerap mengalami banjir.
2. Tidak menganalisis saluran drainase sekunder dan tersier.
3. Tidak memperhitungkan sedimentasi.
4. Tidak membahas anggaran biaya.
5. Tidak membahas pasang surut.
6. Data hujan yang digunakan antara tahun 2005– 2019.
7. Analisis debit banjir rencana dengan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan tinjauan pustaka menggunakan beberapa penelitian terdahulu guna menghindari kesamaan topik yang diambil untuk memberikan gambaran mengenai penelitian yang diambil. Untuk pembahasan penelitian terdahulu akan dibahas pada sub bab berikut.

2.1.1 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase (Studi Kasus: Dusun Kimpulan, Desa Sardonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta)

Rizqiwati (2018) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase (Studi Kasus: Dusun Kimpulan, Desa Sardonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta)”. Latar belakang pemilihan lokasi adalah keadaan saluran drainase saat musim hujan yang menyebabkan banjir serta mengganggu aktivitas masyarakat dan pengguna jalan lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas saluran drainase eksisting dan penyebab terjadinya genangan.

Metode yang dipakai untuk penelitian ini adalah analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan Stasiun Prumpung selama 10 tahun dari tahun 2006 – 2015. Analisis hidrologi digunakan untuk menghitung curah hujan periode ulang dengan kala 2, 5 dan 10 tahun menggunakan distribusi Log Pearson III. Uji kecocokan yang digunakan adalah Uji Chi Kuadrat. Perhitungan debit limpasan menggunakan metode Rasional. Analisis hidrolik digunakan persamaan Manning dan pembuatan sumur resapan sebagai penanganan banjir.

Hasil analisis memperlihatkan bahwa kapasitas saluran 1, saluran 2, saluran 4, saluran 5A dan saluran 6 sudah mencukupi. Pada saluran 3 dan 5 kapasitasnya tidak mencukupi untuk menampung. Perlu adanya evaluasi pada

saluran drainase dilapisi dengan beton atau menambah kedalaman dan memperlebar saluran. Alternatif lain adalah merencanakan pembangunan sumur resapan di sekitar wilayah penelitian sebanyak 136 buah dengan diameter 1 meter dan kedalaman 2,5 meter, tetapi perencanaan sumur resapan ini tidak disarankan karena banyaknya jumlah resapan yang dibutuhkan.

2.1.2 Evaluasi dan Perencanaan Drainase Perkotaan Kawasan Perumahan Sawojajar Permai Kelurahan Lesanpuro Kota Malang

Gunawan (2018) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi dan Perencanaan Drainase Perkotaan Kawasan Perumahan Sawojajar Permai Kelurahan Lesanpuro Kota Malang”. Latar belakang pemilihan lokasi adalah drainase pada Kawasan Perumahan Sawojajar Permai tidak berfungsi secara efektif ketika intensitas hujan tinggi dikarenakan terdapat endapan sedimen pada dasar saluran dan memiliki kondisi dimensi yang kurang untuk menampung debit banjir di sekitar kawasan drainase. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan merencanakan saluran drainase yang terdapat di Kawasan Perumahan Sawojajar.

Metode yang dipakai untuk penelitian ini adalah analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan dari 3 stasiun yaitu Stasiun Ciliwung, Stasiun Kedungkandang dan Stasiun Tumpang selama 10 tahun dari tahun 2007 – 2016. Analisis hidrologi digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan kala ulang 2,5, dan 10 tahun dengan metode Gumbel dan Log Pearson III lalu dilakukan pengujian distribusi probabilitas Chi-Kuadrat dan Smirnov – Kolmogorov. Metode Rasional digunakan untuk perhitungan debit air hujan, sedangkan untuk analisis hidrolik digunakan persamaan Manning.

Dari hasil perhitungan debit banjir yang terjadi untuk saluran drainase pada Perumahan Sawojajar Permai untuk dimensi saluran yang mampu menampung debit air dikarenakan pengaruh dari air hujan hanya 12 saluran dari total 65 saluran yang ada, selain dari 12 saluran tersebut tidak dapat menampung debit air hujan. Kesimpulan yang didapat adalah diperlukannya perencanaan ulang dalam perhitungan dimensi eksisting untuk mengetahui kelayakan dalam

menampung debit air hujan dan memperhatikan jenis bahan yang digunakan dalam perencanaan saluran atau bangunan pelengkapannya.

2.1.3 Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai dengan KM 6 Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta

Gunadin (2018) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai dengan KM 6 Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta”. Latar belakang pemilihan lokasi adalah dikarenakan kurangnya manajemen dalam pengelolaan prasarana saluran drainase di Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai KM 6 sehingga mempengaruhi kegiatan sosial ekonomi maupun kualitas kesehatan lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja saluran drainase kawasan Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai dengan KM 6 dan mendapatkan solusi yang bisa dijadikan sebagai acuan perbaikan saluran drainase.

Metode yang dipakai untuk penelitian ini adalah analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan dari Stasiun Gemawang selama 10 tahun dari tahun 2006 – 2015. Analisis hidrologi digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan kala ulang 2,5, dan 10 tahun dengan metode Log Pearson III dan tidak melakukan uji distribusi sebaran. Metode Rasional digunakan untuk perhitungan debit rencana, sedangkan untuk analisis hidrolik digunakan persamaan Manning.

Dari hasil perhitungan dan analisis didapatkan genangan yang terjadi Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai KM 6 adalah terdapat 8 saluran yang tidak mampu menampung debit rencana dan 15 saluran yang mampu menampung debit rencana. Kesimpulan yang didapat adalah saluran tersebut perlu dirancang ulang dengan mengubah dimensi saluran drainase yaitu menambah kedalaman dan memperlebar saluran sesuai dengan keadaan lapangan.

2.1.4 Evaluasi Sistem Saluran Drainase Perkotaan Pada Kawasan Jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta

Akhir (2019) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Sistem Saluran Drainase Perkotaan Pada Kawasan Jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta”. Latar belakang pemilihan lokasi ini adalah sistem drainase pada kawasan Jalan Laksda

Adisucipto yang mengalirkan air ke sungai terdekat tetapi saat musim penghujan kawasan ini mengalami genangan air dan menyebabkan kerusakan jalan. Kurangnya area resapan air pada kawasan ini menyebabkan keadaan drainase mengalami genangan akibat debit limpasan yang melebihi kapasitas saluran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas saluran drainase dan melakukan perubahan dimensi pada saluran drainase.

Metode yang dipakai untuk penelitian ini adalah analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan dari 2 stasiun yaitu Stasiun Gemawang dan Stasiun Tanjung Tirta selama 15 tahun dari tahun 2001 – 2015. Analisis hidrologi digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dengan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun adalah dengan metode Log Pearson III lalu dilakukan pengujian distribusi probabilitas menggunakan metode Chi Kuadrat dan Smirnov – Kolmogorov. Intensitas hujan dihitung dengan rumus mononobe. Perhitungan debit air hujan menggunakan metode Rasional. Sedangkan analisis hidrolik yang digunakan adalah persamaan Manning untuk mengetahui kapasitas debit yang dapat ditampung pada drainase.

Hasil penelitian ini didapatkan jarak pembuangan akhir yang cukup jauh dengan saluran drainase menyebabkan menumpuknya debit pada suatu titik sehingga terjadi genangan. Dari total 52 saluran yang mampu menampung aliran debit puncak rencana kala ulang 2 tahun yaitu saluran 5, saluran 22, saluran 24, saluran 25, saluran 44 dan saluran 45 saja. Pada rencana kala ulang 5 dan 10 tahun didapatkan hanya saluran 5 dan saluran 25. Kesimpulan yang didapat adalah diperlukannya perencanaan perubahan dimensi saluran agar saluran drainase dapat menampung debit air.

2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Berdasarkan dari penelitian – penelitian terdahulu tentang evaluasi sistem drainase terdapat beberapa perbedaan pada metode yang digunakan meskipun ada juga persamaan pada metode yang dipakai namun hasilnya pasti akan berbeda. Adapun perbedaan dan persamaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang dirangkum pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Sekarang

Peneliti	Naomi Ulva Rizqiwati (2018)	Gunawan (2018)	Rahmat Gunadin (2018)	Oktamal Akhir (2019)	Kalya Indreswari (2022)
Jenis	Tugas Akhir	Tugas Akhir	Tugas Akhir	Tugas Akhir	Tugas Akhir
Judul	Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase (Studi Kasus: Dusun Kimpulan, Desa Sardonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta)	Evaluasi dan Perencanaan Drainase Perkotaan Kawasan Perumahan Sawojajar Permai Kelurahan Lesanpuro Kota Malang	Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai dengan KM 6 Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta	Evaluasi Sistem Saluran Drainase Perkotaan Pada Kawasan Jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta	Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan
Lokasi	Dusun Kimpulan, Desa Sardonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta	Kawasan Perumahan Sawojajar Permai Kelurahan Lesanpuro Kota Malang	Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai dengan KM 6 Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta	Kawasan Jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta	Saluran Drainase Primer Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan
Data Curah Hujan	10 Tahun	10 Tahun	10 Tahun	15 Tahun	15 Tahun
Intensitas Hujan Maksimum Kala Ulang	2, 5 dan 10 tahun	2, 5 dan 10 tahun	2, 5 dan 10 tahun	2, 5 dan 10 tahun	2, 5, dan 10 tahun
Metode Distribusi Sebaran	Log Pearson III	Gumbel dan Log Pearson III	Log Pearson III	Log Pearson III	Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III
Uji Distribusi Rencana	Chi Kuadrat	Chi Kuadrat dan Smirnov – Kolmogorov	-	Chi Kuadrat dan Smirnov – Kolmogorov	Chi Kuadrat dan Smirnov – Kolmogorov
Debit Rencana	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional

2.3 Penelitian Yang Diusulkan

Penelitian ini berjudul penelitian “Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan”. Penelitian ini berlatar belakang pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan yang mengalami pengalihan fungsi lahan terbuka menjadi bangunan tertutup maupun penyempitan drainase dikarenakan adanya tumpukan sedimen berupa lumpur atau pasir, sampah dan rumput liar. Sehingga mempengaruhi efektivitas drainase dalam menampung kapasitas air saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi dan menyebabkan luapan.

Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan dari Stasiun Meteorologi Sultan Aji Muhammad Sulaiman selama 15 tahun dari 2005 – 2019. Analisis yang dipakai pada penelitian evaluasi sistem drainase ini adalah analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Analisis hidrologi di antaranya adalah dengan analisis distribusi frekuensi metode Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III, setelah mendapatkan metode curah hujan yang dipakai lalu dianalisis dengan periode kala ulang 2, 5, dan 10 tahun dan dilakukan pengujian distribusi probabilitas menggunakan metode Chi Kuadrat dan Smirnov – Kolmogorov. Analisis hidrologi dalam perhitungan debit banjir menggunakan metode rasional. Analisis hidrolika dalam perhitungan kapasitas saluran pada penelitian ini menggunakan persamaan Manning.

Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui penyebab banjir pada saluran drainase primer Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan, mengetahui kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan, dan melakukan upaya penanggulangan banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Drainase

Kata drainase yang berasal dari kata *drainage* yang berarti mengalirkan, mengeringkan, membuang, menguras atau mengalihkan air. Pada bidang teknik sipil, drainase diartikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase secara umum juga dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau difungsikan secara optimal. Sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota atau wilayah dari genangan air (Suripin, 2004).

3.2 Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang menerapkan pengkajian khusus pada kawasan perkotaan yang berkaitan erat dengan kondisi lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota (Hasmar, 2012). Drainase perkotaan adalah sistem pengeringan dan pengairan air dari wilayah perkotaan yang meliputi:

1. Pemukiman
2. Kawasan industri dan perdagangan
3. Kampus dan sekolah
4. Rumah sakit dan fasilitas umum
5. Lapangan olahraga
6. Lapangan parkir
7. Instalasi militer, listrik, telekomunikasi, dan
8. Pelabuhan udara

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan yang disebabkan pada perkotaan terdapat tambahan variabel desain seperti:

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan
2. Keterkaitan dengan masterplan drainase kota
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya

Menurut *Department of The Build Environment*, sistem drainase yang baik diperlukan pada daerah perkotaan disebabkan oleh interaksi antara aktivitas manusia dan siklus air. Interaksi ini memiliki dua bentuk, yaitu pengalihan air untuk kehidupan manusia dan mengalihkan air ke saluran drainase terdekat (Butler, David. W. Davies, John, 2010). Kualitas drainase perkotaan sangat mempengaruhi sistem kota tersebut akan tetapi drainase perkotaan selalu memiliki permasalahan yang tidak sederhana. Permasalahannya adalah banjir, khususnya pada saat musim hujan yang hampir setiap tahun selalu berulang dan sampai saat ini belum terselesaikan bahkan meningkat baik dari segi frekuensi, luasan, kedalaman, ataupun durasinya. Faktor yang mempengaruhi dan pertimbangan dalam perencanaan drainase perkotaan antara lain:

1. Peningkatan Debit
2. Peningkatan Jumlah Penduduk
3. Runtuhan Tanah
4. Penyempitan dan pendangkalan saluran
5. Reklamasi
6. Limbah sampah dan pasang surut

3.3 Jenis – Jenis Drainase

Menurut Hasmar (2012) drainase dapat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu:

1. Menurut Sejarah Terbentuknya
 - a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase alamiah adalah drainase yang terbentuk secara alami dan tidak ada unsur campur tangan manusia. Drainase ini tidak memiliki bangunan pendukung.

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase buatan adalah drainase yang dibentuk dengan unsur campur tangan manusia berdasarkan analisis ilmu drainase untuk menentukan dimensi saluran, kecepatan resapan air dalam lapisan tanah dan dimensi saluran. Drainase ini dibuat memiliki maksud dan tujuan tertentu sehingga diperlukan bangunan khusus.

2. Menurut Letak Saluran

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Drainase permukaan tanah adalah saluran drainase yang berada di permukaan tanah dan berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Cara menganalisa alirannya adalah dengan analisa *open channel flow*.

b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Sub Surface Drainage*)

Drainase bawah permukaan tanah adalah saluran drainase yang berfungsi menyalurkan air limpasan permukaan melalui pipa-pipa dikarenakan alasan khusus seperti tuntutan artistik. Tuntutan tersebut tidak memperbolehkan saluran berada di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, atau taman.

3. Menurut Fungsinya

a. *Single Purpose*

Single Purpose adalah saluran yang memiliki fungsi untuk mengalirkan satu jenis air buangan saja, seperti air hujan atau jenis air buangan contohnya air limbah domestik atau air limbah industri.

b. *Multy Purpose*

Multy Purpose adalah saluran yang memiliki fungsi untuk mengalirkan beberapa jenis air buangan secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksi

a. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran yang direncanakan untuk air hujan yang terletak di daerah yang cukup luas dan untuk saluran air non hujan yang tidak membahayakan kesehatan ataupun mengganggu lingkungan.

b. Saluran Tertutup

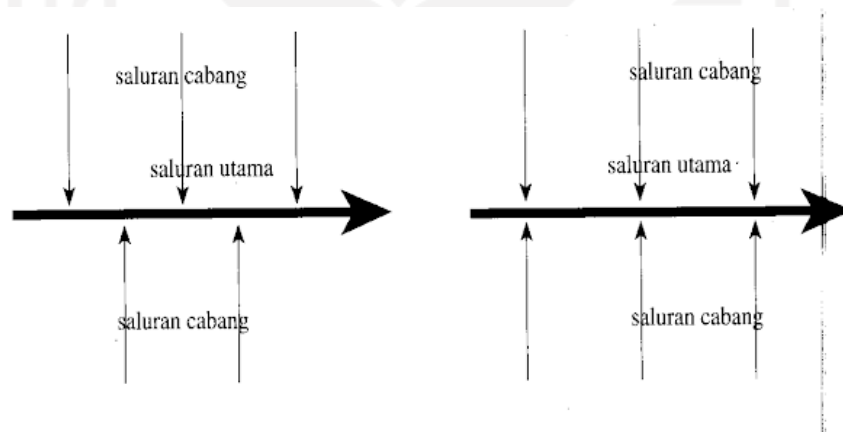
Saluran tertutup adalah saluran yang dipergunakan untuk air kotor yang dapat mengganggu kesehatan lingkungan dan saluran yang terletak di dalam kota.

3.4 Pola Jaringan Drainase

Dalam merencanakan sistem drainase pada suatu daerah harus memperhatikan pola jaringan drainasenya. Pola jaringan drainase di suatu daerah atau wilayah tergantung pada topografi di daerah tersebut dan tata guna lahan kawasan. Adapun jenis pola jaringan drainase menurut Hasmar (2012) adalah sebagai berikut.

1. Jaringan Drainase Siku

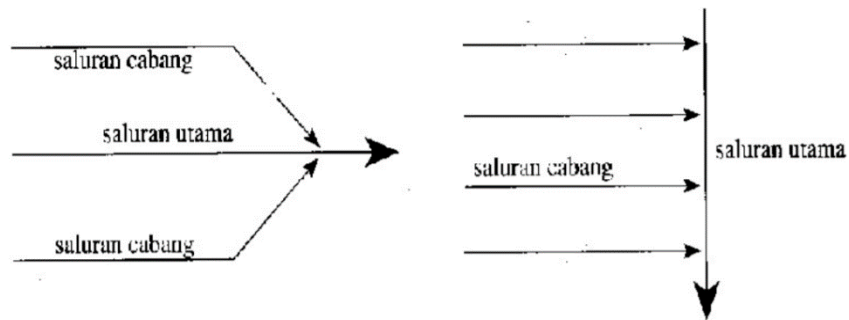
Pola jaringan drainase siku biasanya dibuat untuk wilayah yang bertopografi sedikit lebih tinggi dari sungai. Sungai menjadi pembuang akhir yang berada pada tengah kota. Gambar 3.1 adalah sketsa pola jaringan drainase siku.



Gambar 3. 1 Pola Jaringan Drainase Siku

2. Jaringan Drainase Paralel

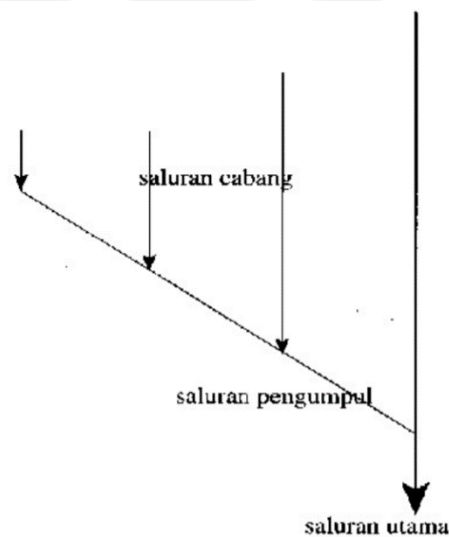
Pola jaringan paralel merupakan saluran utama yang letaknya sejajar dengan saluran cabang. Saluran cabang atau sekunder biasanya cukup banyak dan pendek, saluran ini akan menyesuaikan ketika terjadi perkembangan kota. Gambar 3.2 adalah sketsa pola jaringan drainase paralel.



Gambar 3. 2 Pola Jaringan Drainase Paralel

3. Jaringan Drainase *Grid Iron*

Pola jaringan *grid iron* merupakan perkumpulan saluran-saluran cabang menuju ke saluran pengumpul dan digunakan pada daerah yang sungainya terletak di pinggiran kota. Gambar 3.3 adalah sketsa pola jaringan drainase *grid iron*.

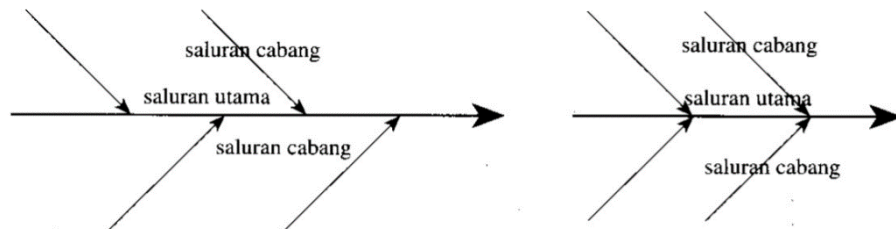


Gambar 3. 3 Pola Jaringan Drainase *Grid Iron*

4. Jaringan Drainase Alamiah

Pola jaringan alamiah merupakan pola jaringan yang sama seperti pola jaringan siku tetapi sungai yang dipakai untuk pola jaringan alamiah lebih besar

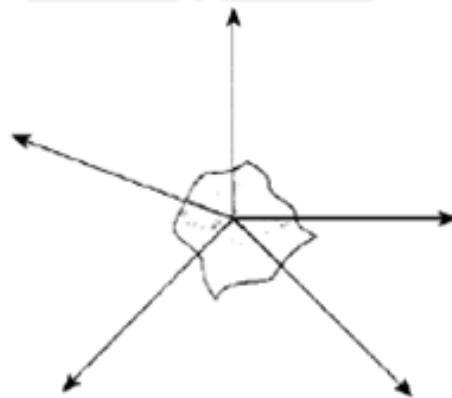
dibandingkan pola jaringan siku. Gambar 3.4 adalah sketsa pola jaringan drainase alamiah.



Gambar 3. 4 Pola Jaringan Drainase Alamiah

5. Jaringan Drainase *Radial*

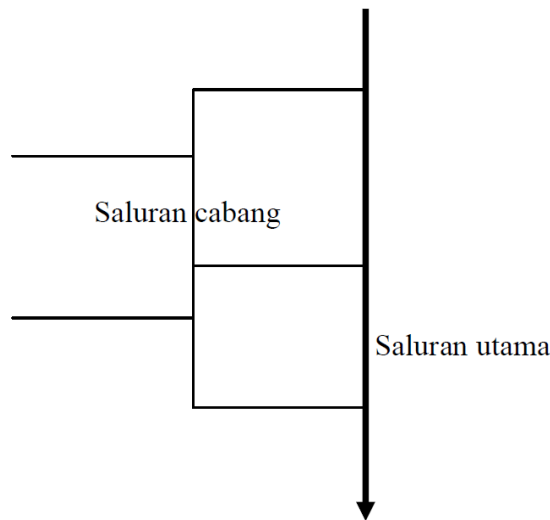
Pola jaringan *radial* biasanya terdapat pada wilayah yang bertopografi bukit oleh karena itu saluran pada pola jaringan ini berpencah ke segala arah. Gambar 3.5 adalah sketsa pola jaringan drainase *radial*.



Gambar 3. 5 Pola Jaringan Drainase *Radial*

6. Jaringan Drainase Jaring-Jaring

Pola jaringan jaring-jaring cocok untuk wilayah bertopografi datar karena memiliki saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya. Gambar 3.6 adalah sketsa pola jaringan drainase jaring-jaring.



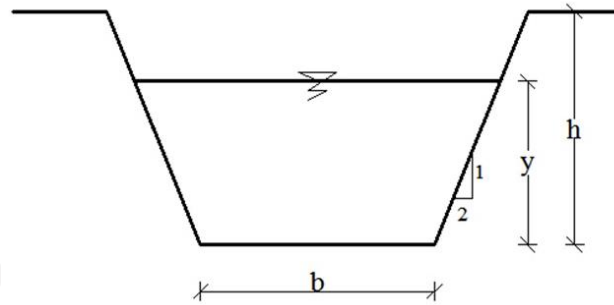
Gambar 3. 6 Pola Jaringan Drainase Jaring-Jaring

3.5 Bentuk Penampang Saluran Drainase

Pada umumnya bentuk saluran drainase tidak jauh beda dengan saluran irigasi. Dalam merancang dimensi saluran drainase diusahakan mendapatkan bentuk dimensi yang ekonomis. Ketika dimensi saluran dirancang terlalu besar artinya kurang ekonomis, dan sebaliknya ketika dimensi saluran dirancang terlalu kecil akan menyebabkan permasalahan akibat daya tampung tidak cukup. Adapun bentuk-bentuk penampang saluran drainase menurut Hasmar (2012) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Trapesium

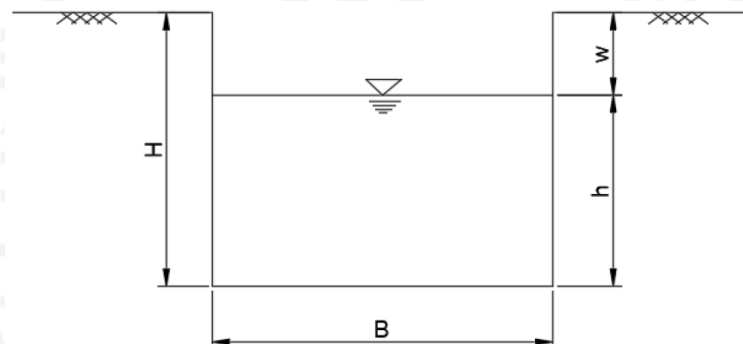
Bentuk penampang saluran drainase ini biasanya terbuat dari tanah tetapi tidak menutup kemungkinan terbuat dari pasangan batu atau coran beton. Bentuk saluran ini memerlukan ruang yang cukup. Saluran dengan bentuk ini berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan, air dari rumah tangga, ataupun air irigasi dengan debit besar. Gambar 3.7 adalah sketsa penampang saluran drainase berbentuk trapesium.



Gambar 3. 7 Penampang Saluran Drainase Berbentuk Trapesium

2. Persegi Panjang

Bentuk penampang saluran drainase ini harus terbuat dari pasangan batu atau coran beton. Bentuk saluran ini tidak memerlukan ruang yang banyak. Saluran dengan bentuk ini juga berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan, air dari rumah tangga, ataupun air irigasi dengan debit besar. Gambar 3.8 adalah sketsa penampang saluran drainase berbentuk persegi panjang.



Gambar 3. 8 Penampang Saluran Drainase Berbentuk Persegi Panjang

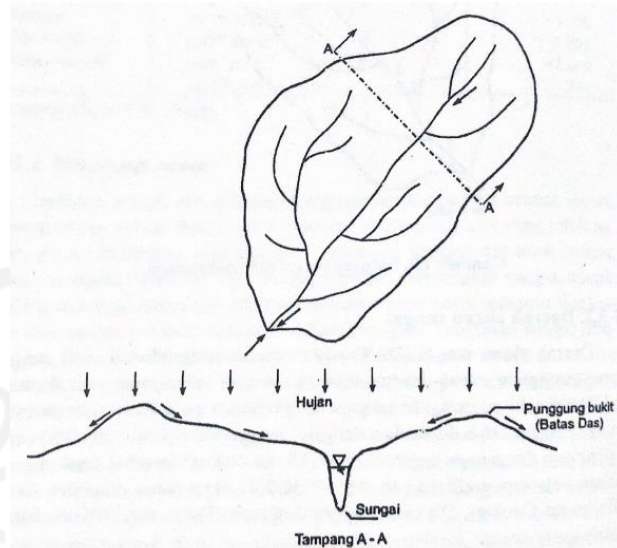
3.6 Analisis Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang memiliki kaitan dengan air bumi, mengenai bagaimana terjadinya, peredarannya, penyebarannya, sifat-sifatnya maupun hubungannya dengan lingkungan khususnya dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008). Penerapan ilmu hidrologi di bidang teknik sipil dapat dimanfaatkan dalam kegiatan seperti memperkirakan besarnya debit banjir saat

terjadi hujan dengan intensitas tinggi untuk perencanaan saluran drainase, tanggul banjir atau gorong gorong. Menurut Subarkah (1980), Analisa hidrologi mempunyai peran yang penting dalam merencanakan bangunan dalam bidang pengairan seperti perencanaan irigasi ataupun perencanaan saluran drainase. Salah satu faktor yang memiliki peran penting yaitu data hidrologi yang dapat mempengaruhi keadaan di lapangan. Dengan memiliki data hidrologi itu, kita dapat mengetahui besar debit rencana sebagai dasar dari perencanaan bangunan air seperti perhitungan dimensi saluran drainase. Adapun aspek-aspek hidrologi yang perlu dikaji adalah sebagai berikut.

3.6.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu kesatuan wilayah daratan dengan sungai beserta anak-anak sungai yang dibatasi oleh tinggi atau rendahnya wilayah tersebut (topografi) serta berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air dari curah hujan ke danau atau laut secara alami (SNI 2415:2016). Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di wilayah tersebut akan mengalir ke arah sungai utama pada satu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis kontur. Garis kontur digunakan untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan ini berawal dari titik-titik paling tinggi dan bergerak ke titik-titik paling rendah dalam arah tegak lurus dengan garis kontur. Daerah yang dibatasi dengan garis penghubung titik-titik tertinggi disebut DAS. Air hujan yang jatuh ke dalam DAS akan dialirkan menuju sungai peninjau utama, sedangkan air hujan yang jatuh di luar DAS akan mengalir ke sungai lain. Luas DAS ini sangat berpengaruh terhadap debit sungai dan cara mengukurnya adalah memperkirakan dari peta topografi. Semakin besar DAS berarti semakin besar jumlah limpasan permukaan, maka dari itu semakin besar pula aliran permukaan ataupun debit sungai. Gambar 3.9 adalah contoh bentuk DAS.



Gambar 3. 9 Daerah Aliran Sungai (DAS)

3.6.2 Curah Hujan Kawasan

Data yang paling penting dalam merencanakan saluran drainase adalah data curah hujan dan debit. Faktor yang menentukan kualitas data yang didapatkan adalah ketetapan dalam pemilihan lokasi dan peralatan curah hujan ataupun debit. Analisis data hujan digunakan untuk menghitung besaran curah hujan dalam perhitungan debit banjir rencana. Dalam perhitungan debit banjir menggunakan data curah hujan yang terjadi di *catchment area* dan berpengaruh pada besarnya debit limpasan banjir yang masuk ke saluran drainase.

Curah hujan yang dipakai dalam menyusun rancangan pemanfaatan air, pengendalian banjir, dan saluran drainase adalah curah hujan rata-rata pada daerah peninjauan atau bisa disebut curah hujan area dan dinyatakan dalam mm. Menurut Triatmodjo (2008), stasiun hujan hanya memberi kedalaman hujan di titik stasiun itu berada sehingga hujan pada suatu daerah harus diperkirakan dari titik tersebut. Ketika suatu daerah terdapat stasiun yang letaknya terpencar dan jumlahnya lebih dari satu maka hujan yang di data pada masing-masing stasiun tidak sama. Analisis hidrologi dibutuhkan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut dengan 3 metode yaitu metode rerata aritmatik, *poligon thiessen*, dan *isohyet*.

3.6.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi merupakan analisis data hidrologi dengan menggunakan distribusi probabilitas yang bertujuan untuk memperkirakan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu. Analisis frekuensi dapat digunakan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang dipakai adalah data debit atau data hujan maksimum tahunan atau bisa disebut dengan data terbesar yang terjadi selama satu tahun dan diukur selama beberapa tahun. Adapun beberapa distribusi probabilitas yang biasa digunakan dalam analisis frekuensi adalah sebagai berikut.

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Gumbel
4. Distribusi Log Pearson III

Jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data akan dipilih menurut syarat dari masing-masing jenis distribusi seperti pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3. 1 Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1.	Normal	$C_s \approx 0$
		$C_k \approx 3$
2.	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$
		$C_v = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3.	Gumbel	$C_s = 1,14$
		$C_k = 5,4$
4.	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Distribusi di atas memiliki sifat yang berbeda-beda di setiap jenisnya, maka dari itu diperlukan parameter statistik untuk menganalisis susunan data variabel. Parameter statistik pada setiap jenis distribusi terdiri dari nilai rata-rata, standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, dan koefisien kurtosis. Parameter statistik tersebut dapat dicari menggunakan rumus pada persamaan 3.1, persamaan 3.2, persamaan 3.3, persamaan 3.4 dan persamaan 3.5 sebagai berikut.

1. Nilai Rata-rata (*Mean*)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.1)$$

Dengan:

\bar{X} = nilai rata-rata hitung (mm)

n = jumlah data

X_i = nilai pengukuran dari suatu varian (mm)

(Sumber: Soewarno, 1995)

2. Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

Dengan:

Sd = standar deviasi

X_i = nilai pengukuran dari suatu varian (mm)

\bar{X} = nilai rata-rata hitung (mm)

n = jumlah data

(Sumber: Soewarno, 1995)

3. Koefisien Variasi (*Coefficient of Variation*)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \quad (3.3)$$

Dengan:

Cv = koefisien variasi

Sd = standar deviasi

\bar{X} = nilai rata-rata hitung (mm)

(Sumber: Soewarno, 1995)

4. Koefisien Kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

$$Cs = \sqrt{\frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}} \quad (3.4)$$

Dengan:

Cs = koefisien kemencengan

n = jumlah data

X_i = nilai pengukuran dari suatu varian (mm)

\bar{X} = nilai rata-rata hitung (mm)

Sd = standar deviasi

(Sumber: Soewarno, 1995)

5. Koefisien Kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*)

$$Ck = \sqrt{\frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}} \quad (3.5)$$

Dengan:

Ck = koefisien kurtosis

n = jumlah data

X_i = nilai pengukuran dari suatu varian (mm)

\bar{X} = nilai rata-rata hitung (mm)

Sd = standar deviasi

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

3.7 Analisa Distribusi Probabilitas

3.7.1 Distribusi Normal

Distribusi normal biasa diterapkan dalam perhitungan analisis hidrologi, contohnya analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik rata-rata curah hujan tahunan ataupun analisis statistik debit rata-rata tahunan. Distribusi normal bisa disebut distribusi Gauss. Perhitungan dengan menggunakan distribusi ini dapat dilihat pada persamaan 3.6 dan 3.7 berikut ini,

$$X_T = \bar{X} + K_T Sd \quad (3.6)$$

Dimana:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{Sd} \quad (3.7)$$

Dengan:

X_T = perkiraan nilai yang terjadi pada kala ulang T-tahun

\bar{X} = nilai rata-rata hitung (mm)

K_T = faktor frekuensi

Sd = standar deviasi

(Sumber: Suripin, 2004)

Untuk memudahkan perhitungan nilai K_T dapat dilihat pada tabel 3.2 yang biasa disebut dengan tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variabel Reduced Gauss*) berikut ini.

Tabel 3. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K_T	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K_T
1,001	0,999	-3,05	3,330	0,300	0,52
1,005	0,995	-2,58	4,000	0,250	0,67
1,010	0,990	-2,33	5,000	0,200	0,84
1,050	0,950	-1,64	10,000	0,100	1,28
1,110	0,900	-1,28	20,000	0,050	1,64
1,250	0,800	-0,84	50,000	0,020	2,05
1,330	0,750	-0,67	100,000	0,010	2,33
1,430	0,700	-0,52	200,000	0,005	2,58
1,670	0,600	-0,25	500,000	0,002	2,88
2,000	0,500	0	1000,000	0,001	3,09
2,500	0,400	0,25			

(Sumber: Suripin, 2004)

3.7.2 Distribusi Log Normal

Menurut Triatmodjo (2008), distribusi ini digunakan ketika nilai-nilai variabel random tidak mengikuti distribusi normal tetapi nilai dari logaritmanya memenuhi distribusi normal. Dalam distribusi log normal data x diubah menjadi bentuk logaritma $y = \log x$ atau $y = \ln x$. Perhitungan dengan menggunakan distribusi ini dapat dilihat pada persamaan 3.8 berikut ini.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S_d \quad (3.8)$$

Dengan:

Y_T = perkiraan nilai yang terjadi pada kala ulang T-tahun

\bar{X} = nilai rata-rata hitung (mm)

K_T = faktor frekuensi

S_d = standar deviasi

(Sumber: Suripin, 2004)

3.7.3 Distribusi Gumbel

Distribusi ini biasanya digunakan pada analisis data maksimum, misalnya analisis frekuensi banjir. Perhitungan untuk distribusi gumbel dapat dilihat pada persamaan 3.9 dan 3.10 berikut ini.

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_d}{S_n} (Y - Y_n) \quad (3.9)$$

Dimana rumus hubungan antara periode ulang T dan Y: untuk $T \geq 20$

$$Y = \ln T \quad (3.10)$$

Dengan:

X_T = perkiraan nilai yang terjadi pada kala ulang T-tahun

\bar{X} = nilai rata-rata hitung (mm)

S_d = standar deviasi

S_n = standar deviasi dari reduksi variat (*reduced standard deviation*), nilainya tergantung dari jumlah data (n) (dapat dilihat pada tabel 3.3)

Y = nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahun (dapat dilihat pada tabel 3.4)

Y_n = nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduced mean*), nilainya tergantung dari jumlah data (n) (dapat dilihat pada tabel 3.5)

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 3. 3 Nilai Sn untuk Distribusi Gumbel

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9933	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,1961	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,2060
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 3. 4 Nilai Y untuk Distribusi Gumbel

T	Y
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
50	3,9019
100	4,6001

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 3. 5 Nilai Yn untuk Distribusi Gumbel

n	Yn	n	Yn	n	Yn	n	Yn
10	0,4592	33	0,5388	56	0,5508	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5569
12	0,5053	35	0,5402	58	0,5518	81	0,5570
13	0,5070	36	0,5410	59	0,5518	82	0,5572
14	0,5100	37	0,5418	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,5424	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,5430	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,5530	86	0,5580
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5533	87	0,5581
19	0,5220	42	0,5448	65	0,5535	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585
21	0,5252	44	0,5458	67	0,5540	90	0,5586
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,5587
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5591
25	0,5309	48	0,5477	71	0,5550	94	0,5592
26	0,5320	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5555	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5353	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5371	54	0,5501	77	0,5563	100	0,5600
32	0,5380	55	0,5504	78	0,5565		

(Sumber: Soewarno, 1995)

3.7.4 Distribusi Log Pearson III

Distribusi ini biasanya digunakan pada analisis hidrologi, khususnya analisis data banjir maksimum dan debit minimum. Perhitungan untuk distribusi log pearson III dapat dilihat pada persamaan 3.11 berikut ini.

$$\log X = \overline{\log X} + k (S \log X) \quad (3.11)$$

Dimana besar nilai k tergantung koefisien kemencengan G. Apabila nilai koefisien G adalah 0, maka distribusi log pearson III sama dengan distribusi log normal. Untuk mengetahui besar nilai k pada koefisien G dapat dilihat pada tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 6 Nilai K untuk Distribusi Log Pearson III

Koef. G	tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	persentase peluang terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,175	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326
-0,1	-2,400	-0,836	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,3	-2,544	-0,824	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104
-0,4	2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,5	2,686	-0,806	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955
-0,6	2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,7	-2,824	-0,790	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-0,9	-2,957	-0,769	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,196	1,270	1,318

(Sumber: Soemarto, 1999)

3.8 Uji Distribusi Probabilitas

Setelah melakukan perhitungan data hujan melalui distribusi probabilitas diperlukan pengujian parameter untuk mengetahui kecocokan (*the goodness of fit test*) dari distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang dianggap mampu mendeskripsikan distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang biasa digunakan adalah chi kuadrat dan smirnov-kolmogorov.

3.8.1 Uji Chi Kuadrat

Menurut Suripin (2004), uji chi kuadrat dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan dari distribusi yang dipilih mampu mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Keputusan untuk mengambil uji ini menggunakan parameter χ^2 , maka dari itu disebut dengan uji chi-kuadrat. Persamaan untuk menghitung χ^2 dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 3.12 berikut ini.

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.12)$$

Dengan:

- X_h^2 = parameter chi-kuadrat terhitung
- G = jumlah sub kelompok
- O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i
- E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Prosedur dalam melakukan perhitungan uji chi-kuadrat dapat dilihat sebagai berikut.

1. Urutkan data yang diamati dari besar ke kecil atau sebaliknya,
2. Kelompokkan data menjadi G sub-grup, masing-masing sub grup memiliki minimal 4 data pengamatan,
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i dari masing-masing sub grup,
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i ,
5. Pada masing-masing sub grup dihitung nilai,

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.13)$$

6. Jumlahkan seluruh nilai G sub grup $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi-

kuadrat hitung,

- Menentukan derajat kebebasan (DK) = $G - R - 1$ (nilai $R = 2$ untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai $R = 1$ untuk distribusi poisson).

Interpretasi dari hasil uji chi kuadrat dapat dilihat sebagai berikut.

- Apabila peluang $\geq 5\%$, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima,
- Apabila peluang $\geq 1\%$, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima
- Apabila peluang berada diantara $1\% - 5\%$, artinya tidak mungkin mengambil keputusan, maka dari itu diperlukan penambahan data

Perhitungan distribusi akan diterima apabila X_h^2 lebih kecil daripada nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan. Nilai derajat kepercayaan berdasarkan dari nilai derajat kebebasan dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3. 7 Nilai Kritis untuk Distribusi Uji Chi-Kuadrat

dk	α (Derajat Kepercayaan)							
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,050	0,025	0,01	0,005
1	0,000	0,000	0,001	0,004	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267

Lanjutan Tabel 3. 8 Nilai Kritis untuk Distribusi Uji Chi-Kuadrat

dk	α (Derajat Kepercayaan)							
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,050	0,025	0,01	0,005
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,641	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber: Soewarno, 1995)

3.8.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji smirnov-kolmogorov biasa disebut dengan uji non-parametrik, dikarenakan pengujian ini tidak menggunakan fungsi dari distribusi tertentu. Pengujian ini memperhatikan kurva serta penggambaran data pada kertas probabilitas. Dari gambar tersebut mendapatkan jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva. Nilai Δ_{maks} merupakan jarak penyimpangan terbesar dan kemungkinan nilainya lebih kecil dari nilai Δ_{kritis} . Jenis distribusi yang digunakan dapat diterima ketika Δ_{maks} lebih kecil dari Δ_{kritis} . Nilai Δ_{kritis} Smirnov-Kolmogorov dapat ditentukan dari Tabel 3.8 berikut. Persamaan yang digunakan dalam mencari probabilitas data dapat dilihat pada persamaan 3.14 dan 3.15.

$$P = \frac{m}{n + 1} \tag{3.14}$$

$$T = \frac{1}{P} \tag{3.15}$$

Dengan:

P = probabilitas

- T = Periode ulang
 m = peringkat/nomor urut
 n = jumlah data

Tabel 3. 9 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan (α)			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber: Soewarno, 1995)

3.9 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah kedalaman atau tinggi air hujan per satuan waktu. Sifat umum dari hujan adalah semakin pendek waktu hujan terjadi intensitasnya cenderung semakin tinggi dan semakin besar periode kala ulangnya semakin tinggi pula intensitasnya. Jenis data yang dipakai adalah data hujan harian, maka dari itu intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe pada persamaan 3.16 berikut ini.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.16)$$

Dengan:

- I = intensitas hujan (mm/jam)
 t = durasi lama hujan (jam)
 R₂₄ = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

(Sumber: Suripin, 2004)

3.10 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) merupakan waktu yang diperlukan bagi air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik paling jauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol). Hal ini dianggap bahwa durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan cara membedakannya menjadi 2 bagian, yaitu lama waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai ke saluran terdekat (t_o) dan lama waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai ke titik keluaran (t_d). Pada penelitian ini, menggunakan beberapa rumus untuk perhitungan waktu konsentrasinya. Berikut adalah persamaan 3.17, 3.18, dan 3.19 yang dipakai untuk menghitung waktu konsentrasi.

$$t_c = t_o + t_d \quad (3.17)$$

Dimana t_o menggunakan beberapa persamaan:

$$t_o = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (3.18)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60 \times V} \quad (3.19)$$

Dengan:

t_c = waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir dari titik paling jauh sampai ke titik kontrol saluran (menit)

t_o = waktu yang diperlukan air untuk mengalir di permukaan lahan sampai ke saluran terdekat (menit)

t_d = waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai ke titik keluaran (menit)

S = kemiringan lahan

L = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)

V = kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

(Sumber: SNI 2415:2016)

Tabel 3. 10 Harga Koefisien Manning

No.	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	Saluran Buatan:				
1.	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2.	Saluran tanah, yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,023	0,030	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5.	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
	Saluran Alam				
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9.	Seperti No. 8, tapi ada tumbuhan, atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10.	Melengkung, bersih, berlubang, dan berdinding pasir	0,033	0,035	0,040	0,045
11.	Seperti No. 10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12.	Seperti No. 10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13.	Seperti No. 11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14.	Aliran pelan, banyak tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,700	0,080
15.	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
	Saluran buatan, beton atau batu kali				
16.	Saluran pasangan batu, tanpa finishing	0,025	0,030	0,033	0,035
17.	Seperti No. 16 tapi dengan finishing	0,017	0,020	0,250	0,030
18.	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19.	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber: Bina Marga, 1990)

3.11 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan dan variabel penentu hasil dari perhitungan debit banjir. Faktor yang mempengaruhi nilai C yaitu laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, tanaman penutup tanah, kemiringan lahan, dan

intensitas hujan. Nilai koefisien pengaliran (C) untuk berbagai jenis tanah dan penggunaan lahan dapat dilihat pada tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 3. 11 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Pengaliran (C)	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Pengaliran (C)
Business		Halaman, tanah berpasir	
Perkotaan	0,70 – 0,95	Datar 2%	0,05 – 0,10
Pinggiran	0,50 – 0,70	Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
Perumahan		Curam, 7%	0,15 – 0,20
Rumah tunggal	0,30 – 0,50	Halaman, tanah berat	
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60	Datar 2%	0,13 – 0,17
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75	Rata-rata, 2 – 7%	0,18 – 0,22
Perkampungan	0,25 – 0,40	Curam, 7%	0,25 – 0,35
Apartemen	0,50 – 0,70	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Industri		Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Ringan	0,50 – 0,80	Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
Berat	0,60 – 0,90	Hutan	
Perkerasan		Datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40
Aspal dan beton	0,70 – 0,95	Bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
Batu bata, paving	0,50 – 0,70	Berbukit, 10 – 30%	0,30 – 0,60
Atap	0,75 – 0,95		

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel diatas merupakan nilai koefisien pengaliran (C) untuk penggunaan lahan yang seragam, dimana kondisi tersebut jarang ditemukan bagi lahan yang relatif luas. Apabila DAS terdiri dari beberapa macam penggunaan lahan dengan koefisien yang berbeda-beda, maka perhitungan nilai C yang dipakai menggunakan rumus pada persamaan 3.20 berikut ini.

(3.20)

Dengan:

C_i = koefisien pengaliran permukaan jenis penutup tanah i

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah i

(Sumber: Suripin, 2004)

3.12 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan besaran volume debit banjir maksimum pada suatu sungai yang berkaitan dengan periode kala ulang tertentu (SNI 2415:2016). Salah satu metode yang biasa dipakai untuk menghitung debit banjir rencana adalah metode Rasional. Metode ini sangat mudah digunakan, tetapi penggunaannya cukup terbatas untuk DAS dengan ukuran kurang dari 5000 ha. Rumus yang digunakan untuk metode rasional dapat dilihat pada persamaan 3.21 berikut ini.

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (3.21)$$

Dengan:

- Q = debit puncak banjir (m^3/s)
- C = koefisien pengaliran (dapat dilihat pada tabel 3.10)
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah aliran (Ha)

(Sumber: SNI 2415:2016)

3.13 Analisa Hidrolika

Dimensi saluran drainase memerlukan analisa hidrolika agar dapat direncanakan. Tujuan dari analisa hidrolika ini adalah merencanakan dimensi saluran drainase dengan mengacu kepada besarnya jumlah debit hidrologi yang sudah dihitung masuk ke dalam saluran drainase tersebut. Saluran drainase dikatakan efisien ketika debit hidrolika saluran drainase sama atau lebih besar dari debit hidrologi. Dalam perencanaan saluran drainase, parameter untuk menentukan luas penampang saluran adalah tinggi muka air dan lebar saluran. Luas penampang dianalisis berdasarkan debit hujan yang dianggap sebagai debit saluran dan kecepatan aliran air pada saluran drainase (Hasmar, 2012). Berikut merupakan debit saluran pada persamaan 3.22.

$$Q = a \times V \quad (3.22)$$

Kecepatan aliran di saluran drainase dapat dihitung dengan menggunakan formula Manning pada persamaan 3.23 dan 3.24 berikut ini.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (3.23)$$

$$R = \frac{a}{P} \quad (3.24)$$

Dengan:

- Q = debit saluran (m³/s)
- a = luas penampang saluran drainase (m²)
- V = kecepatan aliran air drainase (m/s)
- n = koefisien kekasaran manning (dapat dilihat pada tabel 3.10)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan saluran drainase
- P = keliling basah saluran drainase (m)

(Sumber: Hasmar, 2012)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan tata cara penggambaran suatu penelitian yang akan dilaksanakan. Setiap penelitian yang dilaksanakan memiliki tujuan tertentu. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang sesuai, dibutuhkan tata cara yang tepat dan data-data yang pasti. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif, yaitu metode menghitung dan menjabarkan hasil pengolahan data lapangan dari setiap lokasi yang ditinjau.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yang memiliki keterkaitan yaitu data primer dan data sekunder, yaitu.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapat secara langsung dari lapangan. Pengumpulan data primer dalam penelitian ini mencakup data kondisi eksisting saluran drainase dan data skema aliran drainase dengan mengamati secara langsung ke lapangan serta mengumpulkan informasi yang bersangkutan dengan permasalahan drainase dari instansi terkait. Lokasi 9 titik penelitian merupakan pertemuan saluran primer dengan saluran sekunder. Penentuan data kondisi eksisting pada ukuran lebar atas, lebar bawah dan tinggi sungai berasal dari pengukuran menggunakan bantuan meteran dan tiang ukur dengan mengabaikan tebal sedimen. Skema aliran didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Balikpapan. Berikut merupakan gambar yang menunjukkan kondisi lapangan dalam penelitian pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3.



Gambar 4. 2 Penyempitan Dimensi Drainase Akibat Rumput Liar



Gambar 4. 1 Penumpukan Sampah pada Drainase



Gambar 4. 3 Penyempitan Dimensi Drainase Akibat Sedimen

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari hasil penelitian orang lain. Pengumpulan data sekunder dalam penelitian ini mencakup data hidrologi dari Stasiun Meteorologi Sultan Aji Muhammad Sulaiman berupa data curah hujan selama 15 tahun dari 2006 – 2015. Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal didapatkan dari data DEM dan skema aliran yang dibuat dengan aplikasi ArcGIS.

4.3 Metodologi Penelitian Evaluasi Sistem Saluran Drainase

Penentuan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan memakai metode penelitian. Berikut merupakan metodologi yang digunakan yaitu.

1. Identifikasi Masalah

Dalam mengatasi suatu permasalahan dengan benar, pokok dari permasalahan harus diketahui terlebih dahulu. Solusi dari permasalahan perlu mengacu pada kondisi yang kerap terjadi. Pada Bab I telah dijelaskan bahwa permasalahan di Kota Balikpapan khususnya pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal yaitu

meluapnya air dari saluran drainase primer DAS Ampal yang melebihi kapasitas tampung saat intensitas hujan tinggi sehingga menyebabkan banjir yang dapat mengganggu aktivitas sekitarnya. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan melakukan penelitian evaluasi kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan dan melakukan perencanaan yang sesuai dengan hasil evaluasi tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

Studi pustaka adalah suatu kegiatan membaca, mencari dan meninjau ataupun mengkaji kembali berbagai literatur untuk mendapatkan arahan serta wawasan yang memiliki keterkaitan dengan topik yang akan diteliti sehingga memudahkan proses pengumpulan data, menganalisis, dan menyusun perencanaan. Pada Bab II telah dijelaskan untuk penelitian ini mengambil studi pustaka dari beberapa jurnal dan tugas akhir, yaitu.

- a. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase (Studi Kasus: Dusun Kimpulan, Desa Sardonoarjo, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta),
- b. Evaluasi dan Perencanaan Drainase Perkotaan Kawasan Perumahan Sawojajar Permai Kelurahan Lesanpuro Kota Malang,
- c. Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang KM 4,5 sampai dengan KM 6 Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta,
- d. Evaluasi Sistem Saluran Drainase Perkotaan Pada Kawasan Jalan Laksda Adisucipto Yogyakarta.

3. Analisis Hidrologi

Data yang didapatkan di lapangan akan diolah dan dianalisis masing-masing dengan cara yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dari data tersebut. Pengolahan data dan analisis data dengan tepat akan menghasilkan variabel – variabel yang akan digunakan dalam mengevaluasi sistem drainase. Berdasarkan dari data curah hujan, analisis hidrologi dilakukan dengan menghitung parameter statistik yaitu nilai rata – rata (\bar{X}), standar deviasi (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemencengan (Cs), dan koefisien kurtosis (Ck). Perhitungan parameter statistik tersebut berdasarkan data curah hujan tertinggi harian pada 15 tahun terakhir. Persamaan distribusi curah hujan

ditentukan dari hasil parameter statistik yang telah dihitung dengan metode Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Persamaan distribusi curah hujan yang sudah didapatkan akan diuji kecocokannya dengan Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Setelah mendapatkan metode curah hujan terpilih lalu akan dilakukan analisis periode kala ulang 2, 5, dan 10 tahun serta perhitungan debit banjir rancangan dilakukan dengan menggunakan metode rasional.

4. Analisis Hidrolika

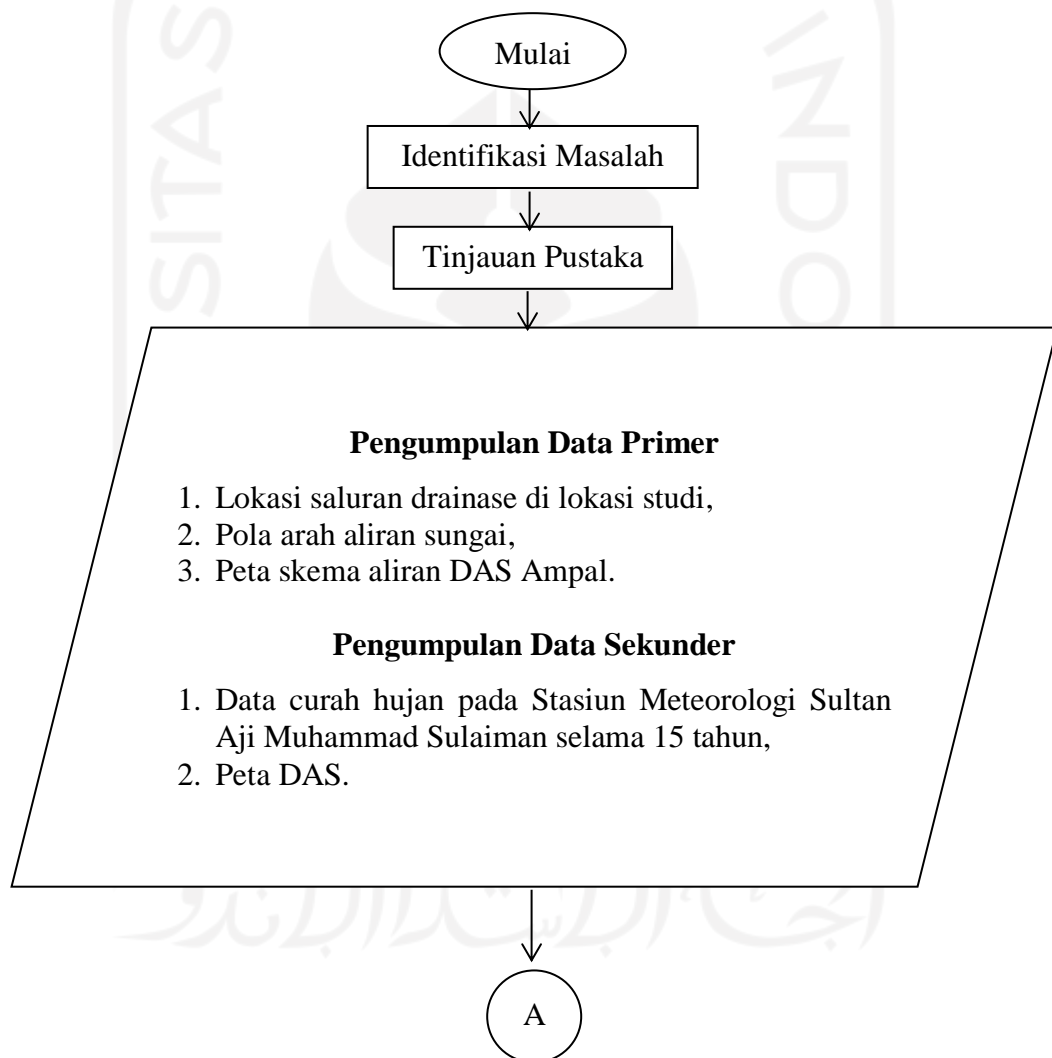
Analisis hidrolika pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kapasitas saluran eksisting drainase dengan analisis volume tampung saluran drainase dari hasil perhitungan debit menggunakan persamaan Manning.

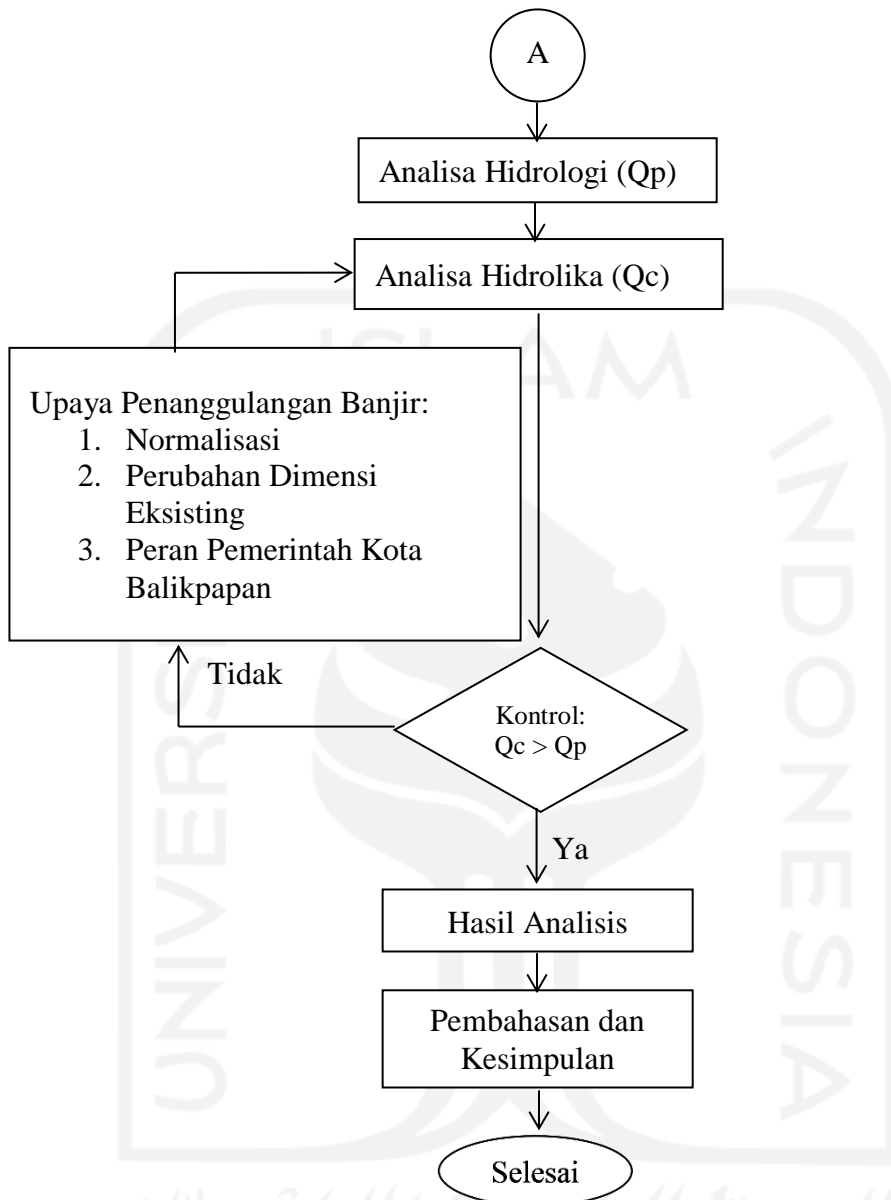
5. Pembahasan Hasil Analisis

Hasil analisis yang didapatkan menjadi acuan untuk mengevaluasi kapasitas saluran sistem drainase, ketika tidak memenuhi maka akan dilakukan upaya penanggulangan banjir. Setelah membandingkan hasil debit hidrolika dan debit hidrologi, jika kapasitas saluran tidak mampu menampung debit maksimum rencana maka akan dilakukan penanggulangan banjir yang meliputi penjelasan tentang normalisasi atau pengembalian kondisi awal saluran yang tidak memiliki sedimen dan tidak merubah dimensi eksisting, perubahan dimensi eksisting saluran berdasarkan pada kondisi lahan yang ada di lapangan serta penjelasan tentang peran pemerintah Kota Balikpapan dalam pengelolaan sampah dan menanggulangi banjir.

4.4 Bagan Alir Tugas Akhir

Dalam memperoleh hasil penelitian yang ilmiah, dapat digambarkan dalam bentuk bagan alir tugas akhir berdasarkan metode analisis dan kelengkapan data pendukung yang digunakan untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan. Adapun tahapan analisis evaluasi kapasitas sistem drainase dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.





Gambar 4. 4 Bagan Alir Tugas Akhir

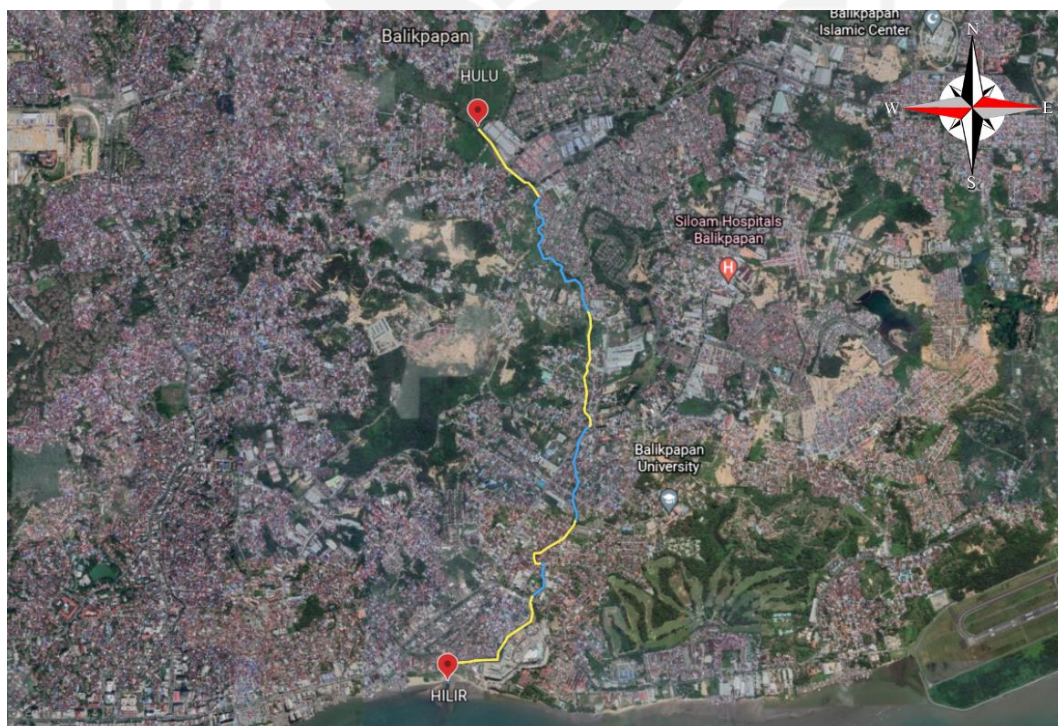
BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Kondisi Daerah Penelitian

5.1.1 Peta Wilayah Penelitian

Berdasarkan Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal didapatkan pemetaan wilayah penelitian. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa wilayah penelitian bagian hulu berada di arah utara dan bagian hilir berada di arah selatan. Daerah penelitian untuk mengevaluasi sistem drainase ini berada di Kecamatan Balikpapan Selatan, Kota Balikpapan dengan panjang daerah penelitian sebesar 4,661 km. Daerah penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.

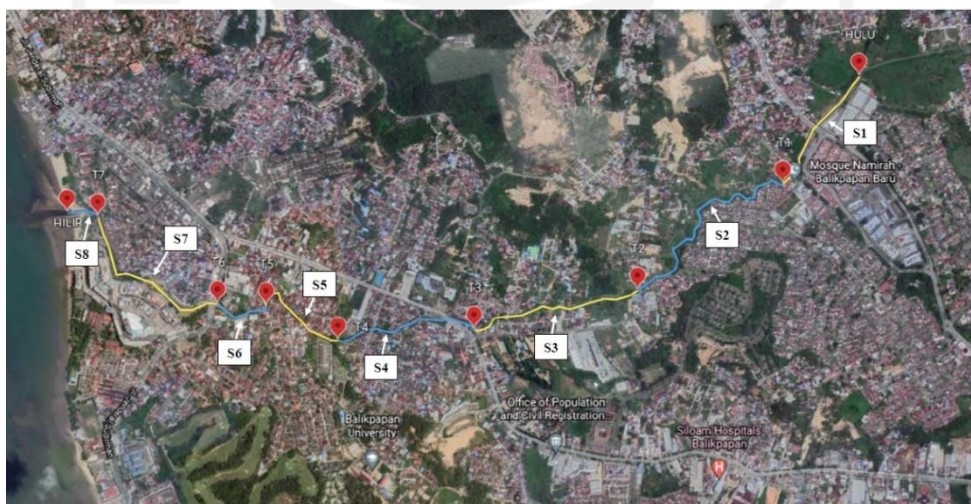


Gambar 5. 1 Peta Wilayah Penelitian

(Sumber: Google Earth, 2021)

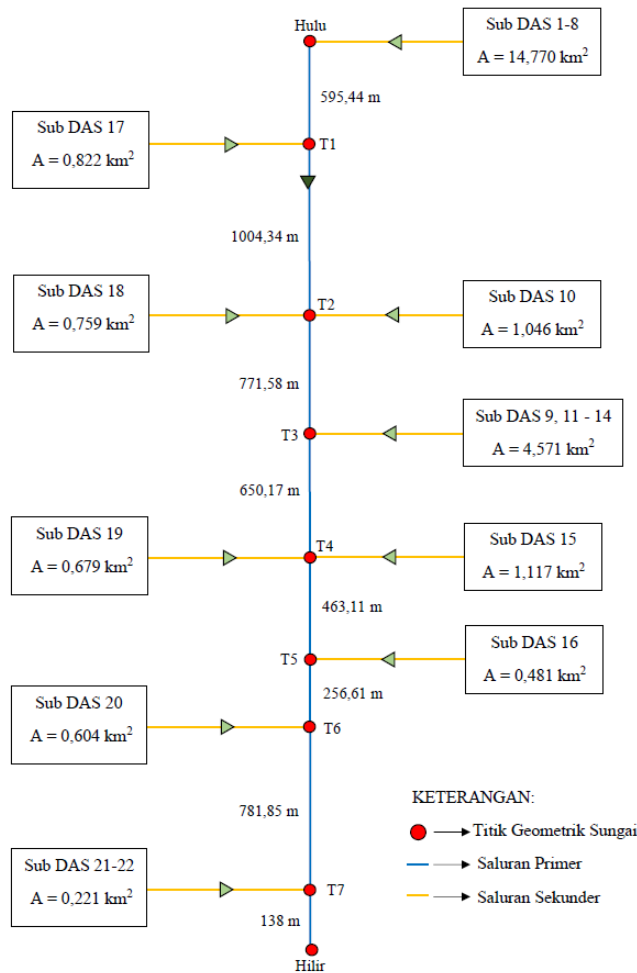
5.1.2 Penentuan Titik Lokasi Pengamatan Banjir

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal terdiri dari 22 sub DAS yang menyebabkan aliran drainase primer memiliki daerah masukan (*inlet area*) dengan perbedaan debit banjir di setiap *inlet area*. Perhitungan debit banjir dihitung berdasarkan setiap bagian, dimana drainase primer dibagi menjadi 8 bagian yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 di bawah. Penentuan bagian tersebut didasarkan hasil survey data geometrik dari saluran drainase primer, dimana titik survey merupakan pertemuan dari saluran sekunder dengan saluran primer yang bertujuan mampu menggambarkan keadaan eksisting saluran. Beberapa titik pada drainase primer ini tidak dapat diakses karena memiliki area yang sulit dan keterbatasan jalur. Setiap bagian memiliki perbedaan dimensi sungai yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 digunakan untuk perhitungan debit banjir dan debit hidrolika. Hasil dari penentuan bagian dibentuk menjadi peta skematik Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5. 2 Lokasi Titik Geometrik Saluran Drainase Primer

(Sumber: Google Earth, 2021)



Gambar 5. 3 Peta Skematik Saluran Drainase Primer Ampal

Tabel 5. 1 Dimensi Saluran Drainase Primer Ampal

No.	Kode Titik	Lebar Bawah (B)	Lebar Puncak (T)	Tinggi Muka Air (h)	Bentuk Penampang
1	Hulu	18,13 m	18,13 m	1,95 m	Persegi
2	T1	17,62 m	17,62 m	2,08 m	Persegi
3	T2	6,61 m	8,72 m	1,39 m	Trapesium
4	T3	6,54 m	7,46 m	1,94 m	Trapesium
5	T4	6,65 m	9,12 m	1,60 m	Trapesium
6	T5	11,25 m	12,16 m	1,26 m	Trapesium
7	T6	18,57 m	19,73 m	1,05 m	Trapesium
8	T7	22,98 m	26,56 m	1,52 m	Trapesium
9	Hilir	22,87 m	26,68 m	1,51 m	Trapesium

(Sumber: Survey, 2021)

5.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi pada penelitian ini diperlukan data curah hujan maksimum per tahun di Kota Balikpapan. Data curah hujan tersebut dianalisis untuk memperoleh nilai intensitas hujan dan debit banjir maksimum. Data curah hujan didapatkan dari stasiun terdekat yaitu Stasiun Meteorologi Sultan Aji Muhammad Sulaiman selama 15 tahun dari tahun 2005 hingga 2019. Data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5. 2 Data Curah Hujan Per Tahun Kota Balikpapan

No.	Tahun	Rmax/thn
		mm
1	2005	107,5
2	2006	133,4
3	2007	154,2
4	2008	164,8
5	2009	132,0
6	2010	119,7
7	2011	119,6
8	2012	148,0
9	2013	94,0
10	2014	102,5
11	2015	108,1
12	2016	75,6
13	2017	198,0
14	2018	161,4
15	2019	165,8

(Sumber: BMKG, 2021)

5.2.1 Perhitungan Parameter Statistik

Perhitungan parameter statistik adalah referensi dalam penentuan distribusi probabilitas yang akan dipakai untuk penelitian ini. Perhitungan parameter statistik terdiri dari,

- Nilai rata-rata atau *mean* (\bar{X}),
- Standar deviasi (Sd),
- Koefisien variasi atau *Coefficient of Variation* (Cv),
- Koefisien kemencengan atau *Coefficient of Skewness* (Cs),
- Koefisien kurtosis atau *Coefficient of Kurtosis* (Ck).

Hasil yang didapat dari perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5. 3 Perhitungan Parameter Statistik

No.	Tahun	Rmax/thn	X	X - \bar{X}	(X - \bar{X}) ²	(X - \bar{X}) ³	(X - \bar{X}) ⁴
		mm					
1	2017	198,0	132,307	65,69	4315,614	283507,072	18624524,581
2	2019	165,8	132,307	33,49	1121,803	37572,934	1258442,818
3	2008	164,8	132,307	32,49	1055,817	34307,004	1114748,927
4	2018	161,4	132,307	29,09	846,422	24625,239	716430,277
5	2007	154,2	132,307	21,89	479,318	10493,870	229745,788
6	2012	148,0	132,307	15,69	246,281	3864,965	60654,189
7	2006	133,4	132,307	1,09	1,195	1,307	1,429
8	2009	132,0	132,307	-0,31	0,094	-0,029	0,009
9	2010	119,7	132,307	-12,61	158,928	-2003,553	25258,123
10	2011	119,6	132,307	-12,71	161,459	-2051,610	26069,131
11	2015	108,1	132,307	-24,21	585,963	-14184,204	343352,299
12	2005	107,5	132,307	-24,81	615,371	-15265,296	378681,112
13	2014	102,5	132,307	-29,81	888,437	-26481,357	789320,974
14	2013	94,0	132,307	-38,31	1467,401	-56211,230	2153264,847
15	2016	75,6	132,307	-56,71	3215,646	-182348,568	10340379,483
Σ		1984,6		0	15159,749	95826,544	36060873,987

a. Nilai rata-rata (*mean*)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1984,6}{15} = 132,07$$

b. Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{15159,749}{15 - 1}} = 32,907$$

c. Koefisien Variasi (*Coefficient of Variation*)

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} = \frac{32,907}{132,307} = 0,249$$

d. Koefisien kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

$$Cs = \sqrt{\frac{n \sum(X_i - \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)Sd^3}} = \sqrt{\frac{15 \times 95826,544}{14 \times 13 \times 32,907^3}} = 0,222$$

e. Koefisien kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*)

$$C_k = \sqrt{\frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}} = \sqrt{\frac{15^2 \times 36060873,987}{14 \times 13 \times 12 \times 32,907^4}} = 3,168$$

Berdasarkan perhitungan parameter statistik, maka didapatkan nilai koefisien kemencengan (C_s) yaitu 0,222 dan nilai koefisien kurtosis (C_k) = 3,168. Persyaratan jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 3.1 mengenai penentuan jenis distribusi berdasarkan nilai C_s dan C_k , ditetapkan persamaan distribusi yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Parameter Pemilihan Distribusi Curah Hujan

No.	Distribusi	Persyaratan	Keterangan
1	Normal	$C_s \approx 0$	Memenuhi
		$C_k \approx 3$	Memenuhi
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v = 0,762$	Tidak Memenuhi
		$C_v = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 4,049$	
3	Gumbel	$C_s = 1,14$	Tidak Memenuhi
		$C_k = 5,4$	
4	Log Pearson III	Fleksibel	Memenuhi

5.2.2 Uji Distribusi Probabilitas

Setelah didapatkan 2 hasil distribusi yang akan memenuhi pada Tabel 5.4 yaitu distribusi normal dan distribusi log pearson III. Pada penelitian ini akan memakai log pearson III. Selanjutnya adalah distribusi frekuensi tersebut diuji kecocokannya terhadap distribusi peluang. Pengujian distribusi probabilitas yang dipakai untuk penelitian ini adalah uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson III

Perhitungan yang dipakai untuk distribusi log pearson III dapat dilihat pada persamaan 3.11 dan hasil parameter statistik pada perhitungan distribusi log pearson III ditunjukkan Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5. 5 Perhitungan Parameter Statistik untuk Distribusi Log Pearson III

No.	Tahun	Rmax/thn	log X	log \bar{X}	log X- log \bar{X}	(log X- log \bar{X}) ²	(log X- log \bar{X}) ³	(log X- log \bar{X}) ⁴
		mm						
1	2017	198,0	2,297	2,109	0,188	0,035	0,007	0,001
2	2019	165,8	2,220	2,109	0,111	0,012	0,001	0,000
3	2008	164,8	2,217	2,109	0,108	0,012	0,001	0,000
4	2018	161,4	2,208	2,109	0,099	0,010	0,001	0,000
5	2007	154,2	2,188	2,109	0,080	0,006	0,001	0,000
6	2012	148,0	2,170	2,109	0,062	0,004	0,000	0,000
7	2006	133,4	2,125	2,109	0,017	0,000	0,000	0,000
8	2009	132,0	2,121	2,109	0,012	0,000	0,000	0,000
9	2010	119,7	2,078	2,109	-0,030	0,001	0,000	0,000
10	2011	119,6	2,078	2,109	-0,031	0,001	0,000	0,000
11	2015	108,1	2,034	2,109	-0,075	0,006	0,000	0,000
12	2005	107,5	2,031	2,109	-0,077	0,006	0,000	0,000
13	2014	102,5	2,011	2,109	-0,098	0,010	-0,001	0,000
14	2013	94,0	1,973	2,109	-0,135	0,018	-0,002	0,000
15	2016	75,6	1,879	2,109	-0,230	0,053	-0,012	0,003
Σ		1984,6	31,629		0,000	0,174	-0,006	0,005

Berikut perhitungan parameter statistik distribusi log pearson III.

- a. Nilai rata-rata (*mean*)

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{31,629}{15} = 2,109$$

- b. Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,174}{15 - 1}} = 0,112$$

- c. Koefisien Variasi (*Coefficient of Variation*)

$$Cv = \frac{Sd}{\text{Log } \bar{X}} = \frac{0,112}{2,109} = 0,053$$

- d. Koefisien kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

$$Cs = \sqrt{\frac{n \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3d}} = \sqrt{\frac{15 \times -0,006}{14 \times 13 \times 0,053^3}} = -0,328$$

- e. Koefisien kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*)

$$Ck = \sqrt{\frac{n^2 \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)Sd^4}} = \sqrt{\frac{15^2 \times 0,005}{14 \times 13 \times 12 \times 0,053^4}} = 3,324$$

Berdasarkan perhitungan parameter statistik, maka didapatkan nilai koefisien kemencengan (Cs) yaitu -0,328 dan nilai koefisien kurtosis (Ck) = 3,324. Nilai tersebut digunakan sebagai acuan perhitungan uji Chi-Kuadrat untuk distribusi log pearson III sebagai berikut.

- a. Untuk $P = 0,2$ maka $T = \frac{1}{0,2} = 5$ tahun

Diketahui:

$$\begin{aligned} KT &= 0,853 + \frac{(-0,328) - (-0,3)}{(-0,4) - (-0,328)} \times (0,855 - 0,853) \\ &= 0,854 \text{ (interpolasi Tabel 3.6)} \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Log } XT &= 2,109 + (0,854 \times 0,112) \\ &= 2,204 \\ XT &= 159,870 \end{aligned}$$

- b. Untuk $P = 0,4$ maka $T = \frac{1}{0,4} = 2,5$ tahun

Diketahui:

$$\begin{aligned}KT &= 0,184 + \frac{(-0,328) - (-0,3)}{(-0,4) - (-0,328)} \times (0,198 - 0,184) \\ &= 0,188 \text{ (interpolasi Tabel 3.6)}\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Log XT} &= 2,109 + (0,188 \cdot 0,112) \\ &= 2,219 \\ XT &= 134,740\end{aligned}$$

- c. Untuk $P = 0,6$ maka $T = \frac{1}{0,6} = 1,67$ tahun

Diketahui:

$$\begin{aligned}KT &= -0,300 + \frac{(-0,328) - (-0,3)}{(-0,4) - (-0,328)} \times (-0,287 - (-0,300)) \\ &= -0,296 \text{ (interpolasi Tabel 3.6)}\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Log XT} &= 2,109 + (-0,296 \cdot 0,112) \\ &= 2,076 \\ XT &= 119,002\end{aligned}$$

- d. Untuk $P = 0,8$ maka $T = \frac{1}{0,8} = 1,25$ tahun

Diketahui:

$$\begin{aligned}KT &= -0,824 + \frac{(-0,328) - (-0,3)}{(-0,4) - (-0,328)} \times (-0,816 - (-0,824)) \\ &= -0,822 \text{ (interpolasi Tabel 3.6)}\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Log XT} &= 2,109 + (-0,822 \cdot 0,112) \\ &= 2,017 \\ XT &= 103,974\end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas dimasukkan ke dalam Tabel 5.6 dan dihitung nilai Xh^2 yang dapat dilihat pada persamaan 3.12.

Tabel 5. 6 Hasil Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log Pearson III

No.	Nilai Batas sub kelas	Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O_i	E_i		
1	$X < 103,974$	3	3	0	0
2	$103,974 < X < 119,002$	2	3	1	0,33
3	$119,002 < X < 134,740$	4	3	1	0,33
4	$134,740 < X < 159,870$	2	3	1	0,33
5	$X > 159,870$	4	3	1	0,33
Σ		15	15	Xh^2	1,33

Dari hasil uji Chi-Kuadrat untuk distribusi normal pada Tabel 5.7, maka selanjutnya dilakukan pengecekan persyaratan sebagai berikut.

Diketahui:

$$Xh^2 = 1,33$$

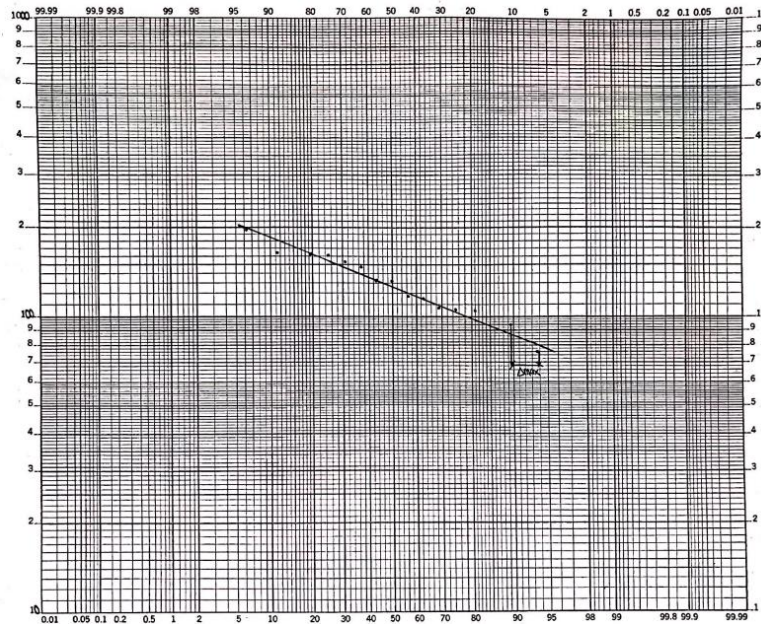
$$dk = 5 - 2 - 1 \\ = 2$$

$$\alpha = 5\%$$

Berdasarkan Tabel 3.7 Nilai Kritis untuk Distribusi Uji Chi-Kuadrat didapatkan nilai $X^2 = 5,991$. Hasil dari $Xh^2 < X^2$ yaitu $1,33 < 5,991$ sehingga persamaan distribusi log pearson III dikatakan “**dapat diterima**”.

2. Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log Pearson III

Pengujian pada uji smirnov-kolmogorov ini dilakukan dengan cara *plotting* hubungan antara probabilitas untuk sumbu x dan persenan intensitas hujan untuk sumbu y pada kertas probabilitas. Hasil *plotting* pada kertas probabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.4. Dari gambar kertas probabilitas tersebut dicari jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva teoritis. Pada sub bab 3.8.2 disebutkan Δ_{maks} merupakan jarak penyimpangan terbesar. Pengujian dapat diterima ketika Δ_{maks} lebih kecil dari Δ_{kritis} .



Gambar 5. 4 Penggambaran Data Pada Kertas Probabilitas Log Pearson III

Berdasarkan pada Gambar 5.4, didapatkan nilai Δ_{maks} sebesar 0,712 dan nilai Δ_{kritis} sebesar 0,34 dengan derajat kepercayaan (α) 0,05. Syarat pengujian ini adalah ketika $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$, tetapi pada penelitian ini hasil dari $\Delta_{maks} > \Delta_{kritis}$ yaitu $0,712 > 0,34$ sehingga persamaan distribusi log pearson III dikatakan “**tidak dapat diterima**”. Asumsi distribusi log pearson III tidak dapat diterima pada uji smirnov-kolmogorov dikarenakan persebaran datanya diduga belum sesuai.

5.2.3 Kesimpulan Uji Distribusi Probabilitas

Dari hasil pengujian distribusi probabilitas yaitu uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov untuk distribusi log pearson III diatas, maka dapat disimpulkan pada Tabel 5.7 berikut. Pada uji chi-kuadrat distribusi log pearson III dapat diterima sedangkan smirnov-kolmogorov tidak, akan tetapi pada penelitian ini tetap menggunakan distribusi log pearson III.

Tabel 5. 7 Kesimpulan Uji Distribusi Probabilitas

Distribusi	Uji Distribusi Probabilitas							
	Chi-Kuadrat				Smirnov-Kolmogorov			
	Xh^2		X^2	Ket.	D_{max}		D_o	Ket.
Log Pearson III	1,33	<	5,991	Diterima	0,712	>	0,34	Tidak Diterima

5.2.4 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Perhitungan curah hujan periode ulang pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai curah hujan maksimum berdasarkan periode ulang yang sudah ditentukan. Berdasarkan pengujian distribusi probabilitas ditetapkan distribusi normal dan log pearson III dan untuk periode ulang digunakan 2, 5, dan 10 tahun. Berikut perhitungan nilai curah hujan maksimum untuk log pearson III untuk periode kala ulang 10 tahun.

Diketahui:

$$T = 10 \text{ tahun}$$

$$\text{Log } \bar{X} = 2,109$$

$$\overline{S \log X} = 0,112$$

$$\begin{aligned} KT &= 1,245 + \frac{(-0,328) - (-0,3)}{(-0,4) - (-0,328)} \times (1,231 - 1,245) \\ &= 1,241 \text{ (interpolasi Tabel 3.6)} \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{10} &= 2,109 + (1,241 \times 0,112) \\ &= 2,247 \end{aligned}$$

$$X_{10} = 176,601$$

Hasil perhitungan curah hujan periode ulang lainnya untuk distribusi log pearson III dapat dilihat pada Tabel 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5. 8 Hasil Perhitungan Curah Hujan Periode Kala Ulang untuk Distribusi Log Pearson III

Periode Ulang (tahun)	Log \bar{X} (mm)	$\overline{S \log X}$	KT	Log X_T (mm)	X_T (mm)
2	2,109	0,112	0,054	2,115	130,209
5	2,109	0,112	0,854	2,204	159,870
10	2,109	0,112	1,241	2,247	176,601

5.2.5 Kesimpulan Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Dari hasil perhitungan curah hujan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun untuk distribusi log pearson III diatas, dapat disimpulkan pada Tabel 5.9 berikut. Berdasarkan Tabel 5.8, distribusi log pearson III mendapatkan nilai $R_{max} = 176,601$ mm. Nilai R_{max} periode ulang 10 tahun distribusi log pearson III akan

digunakan sebagai nilai curah hujan dalam perhitungan debit banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal.

Tabel 5. 9 Kesimpulan Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Distribusi	Curah Hujan Periode Ulang (mm)		
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun
Log Pearson III	130,209	159,870	176,601

5.3 Analisa Debit Banjir Rencana

Untuk mengetahui besarnya nilai debit banjir yang mengalir di saluran primer Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal dibutuhkan perhitungan debit banjir. Perhitungan debit banjir yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Rasional. Menurut SNI 2415:2016 mengenai Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana, metode Rasional dapat dipergunakan pada DAS dengan luas kurang 5000 ha. Luas DAS Ampal adalah sebesar 2527 ha atau 25,270 km² maka dari itu metode ini dapat dipergunakan untuk perhitungan debit banjir pada DAS Ampal. Perhitungan metode Rasional adalah membandingkan nilai debit hidrolika dan debit hidrologi. Sungai mengalami banjir apabila nilai debit hidrolika lebih kecil dari nilai debit hidrologi. Perhitungan debit banjir pada DAS Ampal dibutuhkan nilai koefisien pengaliran (C) yang mendeskripsikan kondisi permukaan lahan aliran air hujan, nilai intensitas hujan (I) yang didapatkan dari nilai curah hujan terbesar suatu DAS dan waktu yang diperlukan air hujan mengalir dari hulu ke hilir suatu DAS, serta nilai luasan suatu DAS. Menurut Suripin (2004), perhitungan debit banjir menggunakan dua aturan sebagai berikut.

- a. Metode Rasional digunakan untuk menghitung nilai debit puncak pada setiap daerah masukan (*inlet area*) di ujung hulu Sub-DAS,
- b. Lokasi di mana drainase berawal dari dua atau lebih daerah masukan, maka waktu konsentrasi terpanjang akan digunakan untuk intensitas hujan rencana dan total area drainase dari daerah masukan.

5.3.2 Perhitungan Koefisien Pengaliran

Perhitungan debit banjir menggunakan Metode Rasional diawali dengan penentuan nilai koefisien pengaliran. Berdasarkan Pola Ruang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Balikpapan Tahun 2012-2032 pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal, berikut merupakan contoh perhitungan nilai koefisien pengaliran gabungan untuk T3 dapat dilihat sebagai berikut.

Diketahui:

- a. Kawasan Hutan Kota = 1% = 0,046 km²
- b. Kawasan Perdagangan & Jasa = 32% = 1,463 km²
- c. Kawasan Perumahan = 67% = 3,062 km²

Total luasan daerah T3 = 4,571 km²

$$C_{gab} = \frac{A_1 \times C_1 + A_2 \times C_2 + A_3 \times C_3}{A_{total}}$$
$$= \frac{0,046 \times 0,5 + 1,463 \times 0,95 + 3,062 \times 0,75}{4,571} = 0,812$$

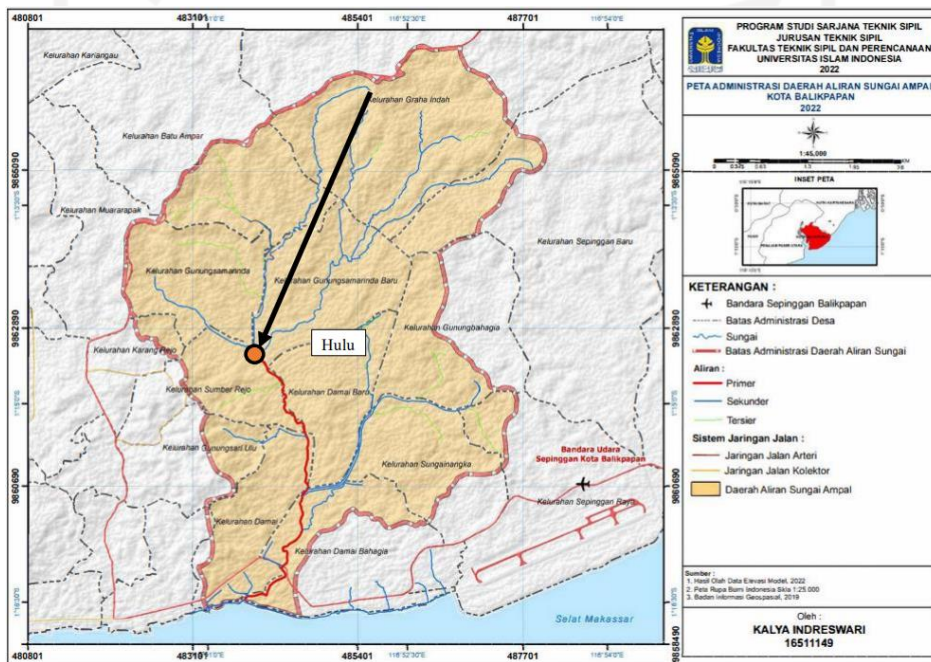
Didapatkan nilai koefisien pengaliran di T3 sebesar 0,812 atau 81,2%. Pengertian dari nilai tersebut yaitu air hujan yang menyerap ke dalam tanah adalah sebesar 18,8% dan 81,2% sisanya mengalir ke sungai Ampal. Hasil perhitungan koefisien pengaliran gabungan di titik lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut ini.

Tabel 5. 10 Koefisien Pengaliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal

No.	Kode Saluran	Luas Total (km ²)	Persentase (%)			Luas (km ²)			Koef. Pengaliran			Cgab
			Kws. Hutan Kota	Kws. Perdagangan & Jasa	Kws. Perumahan	Kws. Hutan Kota	Kws. Perdagangan & Jasa	Kws. Perumahan	Kws. Hutan Kota	Kws. Perdagangan & Jasa	Kws. Perumahan	
1	Hulu	14,770	18	21	61	2,659	3,102	9,010	0,5	0,95	0,75	0,747
2	T1	0,822	19	28	53	0,156	0,230	0,436	0,5	0,95	0,75	0,759
3	T2	1,805	13	10	77	0,235	0,181	1,390	0,5	0,95	0,75	0,738
4	T3	4,571	1	32	67	0,046	1,463	3,063	0,5	0,95	0,75	0,812
5	T4	1,796	7	36	57	0,126	0,647	1,024	0,5	0,95	0,75	0,805
6	T5	0,481	0	62	38	0,000	0,298	0,183	0,5	0,95	0,75	0,874
7	T6	0,604	0	38	62	0,000	0,230	0,374	0,5	0,95	0,75	0,826
8	T7	0,221	0	88	12	0,000	0,194	0,027	0,5	0,95	0,75	0,926
9	Hilir	0,221	0	88	12	0,000	0,194	0,027	0,5	0,95	0,75	0,926

5.3.3 Perhitungan Intensitas Hujan

Perhitungan debit banjir pada DAS Ampal menggunakan Metode Rasional salah satunya membutuhkan nilai Intensitas Hujan (I). Intensitas Hujan dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe yang bertujuan untuk mendapatkan besarnya nilai tersebut dalam waktu 24 jam. Perhitungan ini diawali dengan penentuan waktu konsentrasi (t_c) air hujan yang mengalir dari hulu ke hilir. Berikut merupakan contoh perhitungan debit banjir pada T2 saluran drainase primer.



Gambar 5.5 Aliran Air pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal

Garis hitam pada Gambar 5.5 di atas menunjukkan aliran air dari titik terjauh DAS Ampal sampai ke *inlet area* (hulu) saluran drainase primer yang diberi simbol t_0 . Perhitungan t_0 di titik hulu menggunakan persamaan 3.17 berikut ini.

- a. Perhitungan waktu aliran air di lahan dari titik terjauh (t_0) di hulu

Diketahui:

$$L_s \text{ (panjang lahan dari titik terjauh)} = 5251 \text{ m}$$

$$S \text{ (kemiringan lahan)} = \frac{61,15005 - 16,78165}{5251} = 0,00845$$

(Sumber: Peta Topografi Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal, 2022)

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}t_o &= 0,0195 \times L_s^{0,77} \times S^{-0,385} \\ &= 0,0195 \times 5251^{0,77} \times 0,00845^{-0,385} \\ &= 89,698 \text{ menit} = 1,495 \text{ jam}\end{aligned}$$

- b. Perhitungan Luas Penampang Basah (a) pada T2

Diketahui:

$$\begin{aligned}B \text{ (lebar bawah)} &= 6,61 \text{ m} \\ h \text{ (tinggi muka air)} &= 1,39 \text{ m} \\ m &= 0,76\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}a &= (B + mh)h \\ &= (6,61 + 0,76 \times 1,39) \times 1,39 = 10,654 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- c. Perhitungan Keliling Basah Saluran (P) pada T2

Diketahui:

$$\begin{aligned}B \text{ (lebar bawah)} &= 6,61 \text{ m} \\ h \text{ (tinggi muka air)} &= 1,39 \text{ m} \\ m &= 0,76\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}P &= B + 2h(m^2 + 1)^{0,5} \\ &= 6,61 + 2 \times 1,39(0,76^2 + 1)^{0,5} = 10,100 \text{ m}\end{aligned}$$

- d. Perhitungan Jari-jari Hidrolis (R) pada T2

Diketahui:

$$\begin{aligned}a &= 10,654 \text{ m}^2 \\ P &= 10,100 \text{ m}\end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$R = \frac{a}{P} = \frac{10,654}{10,100} = 1,055 \text{ m}$$

- e. Perhitungan Kecepatan Aliran Air Rata-rata Drainase (V) pada T2

Diketahui:

$$\begin{aligned}R &= 1,055 \text{ m} \\ S \text{ (kemiringan sungai)} &= 0,00166\end{aligned}$$

n (kekasaran manning) = 0,033

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,033} \times 1,055^{2/3} \times 0,00166^{1/2} = 1,278 \text{ m/s} \end{aligned}$$

f. Perhitungan waktu aliran air di setiap bagian saluran (t_d) pada T2

Diketahui:

L_s (panjang saluran dari hulu ke T4) = 1599,78 m

V (kecepatan aliran rata-rata) = 1,278 m/s

$$t_d = \frac{L}{V} = \left(\frac{1599,78}{1,278} \right) / 3600 = 0,348 \text{ jam}$$

g. Perhitungan waktu aliran air total (t_c total) pada T2

$$\begin{aligned} t_o \text{ T2} &= t_o \text{ hulu} + t_d \text{ hulu} + t_d \text{ T1} \\ &= 1,495 + 0,809 + 0,080 = 2,348 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_c \text{ total} &= t_o + t_d \\ &= 2,348 + 0,348 = 2,732 \text{ jam} \end{aligned}$$

h. Perhitungan Intensitas Hujan pada T2

Diketahui:

R_{24} (curah hujan maksimum) = 176,601 mm/jam

t_c (waktu aliran air total T4) = 2,732 jam

Penyelesaian:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} = \frac{176,601}{24} \left[\frac{24}{2,732} \right]^{2/3} = 16,109 \text{ mm/jam}$$

5.4 Analisa Debit Kapasitas Saluran

Untuk mengetahui kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal mampu mengaliri debit banjir, maka akan dilakukan perbandingan antara debit hidrolika atau debit saluran dengan debit hidrologi atau debit banjir. Jika debit hidrolika atau debit saluran lebih besar daripada debit hidrologi atau debit banjir maka saluran tersebut dianggap tidak mengalami banjir. Berdasarkan dari hasil perhitungan pada sub bab 5.3 didapatkan nilai-nilai

yang akan digunakan pada analisa perhitungan debit. Berikut merupakan contoh perhitungan pada T2 saluran dengan persamaan 3.20 dan 3.21 berikut.

1. Perhitungan Debit Hidrolika atau Debit Saluran (Q_c)

Diketahui:

$$a \text{ (luas penampang basah)} = 10,654 \text{ m}^2$$

$$V \text{ (kecepatan aliran rata-rata)} = 1,278 \text{ m/s}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_c &= a \times V \\ &= 10,654 \times 1,278 \\ &= 13,619 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Debit Hidrologi atau Debit Banjir (Q_p)

Diketahui:

$$C \text{ (koefisien pengaliran)} = 0,738$$

$$I \text{ (intensitas hujan)} = 16,109 \text{ mm/jam}$$

$$A \text{ (luas daerah tangkapan menuju T4)} = 17,397 \text{ km}^2$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,738 \times 16,109 \times 17,397 \\ &= 57,457 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan debit hidrolika atau debit saluran dan debit hidrologi atau debit banjir pada saluran T2, didapatkan hasil perbandingan yaitu debit hidrolika atau debit saluran (Q_c) = 13,619 m^3/s dan debit banjir atau debit hidrologi (Q_p) = 57,457 m^3/s . Pada penampang saluran T2 didapatkan hasil debit hidrolika atau debit saluran lebih kecil daripada debit hidrologi atau debit banjir, maka kesimpulannya adalah penampang saluran T2 tidak dapat mengalirkan debit banjir. Berikut merupakan hasil perhitungan pada titik lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 5.11.

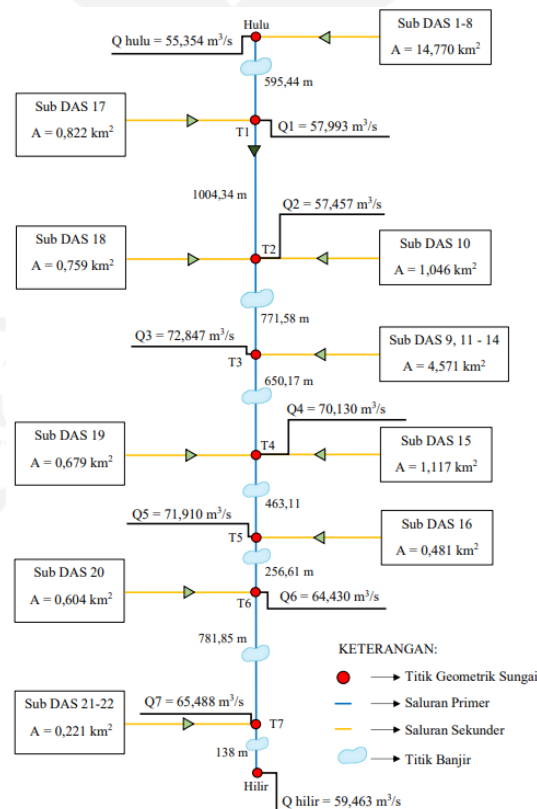
Tabel 5. 11 Hasil Perhitungan Debit Banjir Saluran Drainase Primer

Kode Saluran	n	S	a (m ²)	P (m)	R (m)	Vsal (m/dt)	Q sal (m ³ /dt)	Cgab	Lsal (m)	t _o (jam)	t _d (jam)	t _c total (jam)	I (mm/jam)	Luas Daerah (km ²)	Q banjir (m ³ /dt)	Ket.
Hulu	0,030	0,00070	35,354	22,030	1,605	1,211	42,822	0,747	3525,7	1,495	0,809	2,304	18,047	14,770	55,354	Banjir
T1	0,040	0,00338	36,650	21,780	1,683	2,058	75,442	0,759	595,44	2,304	0,080	2,384	17,639	15,592	57,993	Tidak Banjir
T2	0,033	0,00166	10,654	10,100	1,055	1,278	13,619	0,738	1599,78	2,384	0,348	2,732	16,109	17,397	57,457	Banjir
T3	0,030	0,00172	13,580	10,528	1,290	1,638	22,241	0,812	2371,36	2,732	0,402	3,134	14,699	21,968	72,847	Banjir
T4	0,030	0,00167	12,616	10,692	1,180	1,524	19,226	0,805	3021,53	3,134	0,551	3,684	13,195	23,764	70,130	Banjir
T5	0,020	0,00167	14,748	13,929	1,059	2,121	31,286	0,874	3484,64	3,684	0,456	4,141	12,207	24,245	71,910	Banjir
T6	0,020	0,00173	20,108	20,969	0,959	2,023	40,682	0,826	3741,25	4,141	0,514	4,654	11,292	24,849	64,430	Banjir
T7	0,030	0,00144	37,650	27,677	1,360	1,553	58,471	0,926	4523,1	4,654	0,809	5,463	10,147	25,070	65,488	Banjir
Hilir	0,030	0,00139	37,410	27,732	1,349	1,521	56,910	0,926	4661,1	5,463	0,851	6,315	9,214	25,070	59,463	Banjir

Dari hasil yang didapatkan dari Tabel 5.11 di atas menunjukkan hasil perhitungan debit banjir dan kapasitas tiap bagian dari saluran drainase primer, maka perbandingan debit hidrolika atau debit saluran dengan debit hidrologi atau debit banjir disimpulkan pada Tabel 5.12 di bawah ini. Berdasarkan hasil perbandingan didapatkan semua titik yang dianalisis mengalami banjir kecuali T1. Berikut merupakan peta skematik dengan titik banjir yang dapat dilihat pada Gambar 5.6.

Tabel 5. 12 Perbandingan Kapasitas Saluran dengan Debit Banjir

Kode Saluran	Q sal (m ³ /dt)	Q banjir (m ³ /dt)	Ket.
Hulu	42,822	55,354	Banjir
T1	75,442	57,993	Tidak Banjir
T2	13,619	57,457	Banjir
T3	22,241	72,847	Banjir
T4	19,226	70,130	Banjir
T5	31,286	71,910	Banjir
T6	40,682	64,430	Banjir
T7	58,471	65,488	Banjir
Hilir	56,910	59,463	Banjir



Gambar 5. 6 Peta Skematik dengan Titik Banjir dan Debit Banjir

5.5 Upaya Penanggulangan Banjir

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan analisis hidrolika yang dihitung pada sub bab 5.3 dan 5.4 didapatkan bahwa semua titik lokasi penelitian banjir kecuali T1. Kapasitas eksisting drainase di 8 titik lokasi penelitian tidak mampu untuk mengalirkan debit banjir. Banjir di lokasi penelitian Tugas Akhir ini sampai sekarang masih sering terjadi ketika hujan, maka dari itu diperlukan upaya berupa penanggulangan banjir untuk mengurangi berbagai macam kerugian. Berikut merupakan upaya penanggulangan banjir yang dapat dilakukan.

5.5.1 Normalisasi

Normalisasi merupakan metode untuk mengembalikan fungsi dari sungai pada keadaan semula. Pada penelitian Tugas Akhir ini, normalisasi yang dilakukan merupakan menghilangkan semua sedimen lumpur atau sampah dan meninggikan kedalaman aliran drainase menurut keadaan semula tanpa mengubah lebar eksisting. Menurut Buku Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah (SDLH) 2015 yang diterbitkan oleh Badan Lingkungan Hidup Kota Balikpapan, ketinggian saluran drainase primer Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan adalah 3,5 m. Selain itu, tinggi keadaan semula akan ditambahkan dengan tinggi jagaan menurut KP-03 yaitu debit lebih dari $15 \text{ m}^3/\text{s}$ menggunakan tinggi jagaan 0,5 m. Titik lokasi penelitian yang akan dinormalisasi yaitu semua titik dikarenakan hasil dari perhitungan analisis adalah banjir dan kondisi di lapangan menunjukkan adanya sedimen, sampah, ataupun rumput liar yang dapat dilihat pada Gambar 5.7 di bawah ini.



Gambar 5. 7 Penumpukan Sedimen dan Sampah di Dasar Saluran

Adapun perubahan tinggi dimensi saluran ketika normalisasi tanpa mengubah lebar eksisting yang dapat dilihat pada Tabel 5.13. Perhitungan analisa aliran drainase primer ketika di normalisasi pada T6 sebagai berikut.

Tabel 5. 13 Perubahan Tinggi Sebelum dan Sesudah di Normalisasi

Penampang	Tinggi Eksisting (m)	Tinggi Normalisasi (m)	Δh (m)
Hulu	1,95	2,52	0,57
T1	2,08	3,13	1,05
T2	1,39	2,92	1,53
T3	1,94	2,99	1,05
T4	1,60	2,74	1,14
T5	1,26	2,52	1,26
T6	1,05	3,00	1,95
T7	1,52	3,17	1,65
Hilir	1,51	3,50	1,99

- a. Perhitungan Luas Penampang Basah (a) pada T6

Diketahui:

$$B \text{ (lebar bawah)} = 18,57 \text{ m}$$

$$h_1 \text{ (tinggi muka air normalisasi)} = 3 \text{ m}$$

$$m = 0,55$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} a &= (B + mh)h \\ &= (18,57 + 0,55 \times 3) \times 3 = 60,681 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan Keliling Basah Saluran (P) pada T6

Diketahui:

$$B \text{ (lebar bawah)} = 18,57 \text{ m}$$

$$h_1 \text{ (tinggi muka air normalisasi)} = 3 \text{ m}$$

$$m = 0,55$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} P &= B + 2h(m^2 + 1)^{0,5} \\ &= 18,57 + 2 \times 3(0,55^2 + 1)^{0,5} = 25,425 \text{ m} \end{aligned}$$

- c. Perhitungan Jari-jari Hidrolis (R) pada T6

Diketahui:

$$a = 60,681 \text{ m}^2$$

$$P = 25,425 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} R &= \frac{a}{P} \\ &= \frac{60,681}{25,425} = 2,387 \text{ m} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan Kecepatan Aliran Air Rata-rata Drainase (V) pada T6

Diketahui:

$$R = 2,387 \text{ m}$$

$$S \text{ (kemiringan sungai)} = 0,00173$$

$$n \text{ (kekasaran manning)} = 0,020$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,020} \times 2,387^{2/3} \times 0,00173^{1/2} = 3,727 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- e. Perhitungan waktu aliran air di setiap bagian saluran (t_d) pada T6

Diketahui:

$$L \text{ (panjang saluran dari hulu ke T6)} = 3741,25 \text{ m}$$

$$V \text{ (kecepatan aliran rata-rata)} = 3,727 \text{ m/s}$$

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

$$= \left(\frac{3741,25}{3,727} \right) / 3600 = 0,279 \text{ jam}$$

- f. Perhitungan waktu aliran air total (t_c total) pada T6

Diketahui:

$$t_o \text{ T6} = t_o \text{ hulu} + t_d \text{ hulu} + t_d \text{ T1} + t_d \text{ T2} + t_d \text{ T3} + t_d \text{ T4} + t_d \text{ T5}$$

$$= 1,495 + 0,704 + 0,065 + 0,239 + 0,333 + 0,420 + 0,315$$

$$= 3,570 \text{ jam}$$

$$t_c \text{ total} = t_o + t_d$$

$$= 3,570 + 0,279 = 3,849 \text{ jam}$$

- g. Perhitungan Intensitas Hujan pada T6

Diketahui:

$$R_{24} \text{ (curah hujan maksimum)} = 176,601 \text{ mm/jam}$$

$$t_c \text{ (waktu aliran air total T4)} = 3,849 \text{ jam}$$

Penyelesaian:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{176,601}{24} \left[\frac{24}{3,849} \right]^{\frac{2}{3}} = 12,816 \text{ mm/jam}$$

Untuk mengetahui kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal setelah dilakukan upaya normalisasi dilakukan perhitungan debit sebagai berikut.

1. Perhitungan Debit Hidrolika atau Debit Saluran (Q_c)

Diketahui:

$$a \text{ (luas penampang basah)} = 60,681 \text{ m}^2$$

$$V \text{ (kecepatan aliran rata-rata)} = 3,727 \text{ m/s}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_c &= a \times V \\ &= 60,681 \times 3,727 \\ &= 226,169 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Debit Hidrologi atau Debit Banjir (Q_p)

Diketahui:

$$\begin{aligned} C \text{ (koefisien pengaliran)} &= 0,826 \\ I \text{ (intensitas hujan)} &= 12,816 \text{ mm/jam} \\ A \text{ (luas daerah tangkapan menuju T4)} &= 24,849 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,826 \times 12,816 \times 24,849 \\ &= 73,126 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan debit hidrolika atau debit saluran dan debit hidrologi atau debit banjir pada saluran T6, didapatkan hasil perbandingan yaitu debit hidrolika atau debit saluran (Q_c) = 226,169 m^3/s dan debit banjir atau debit hidrologi (Q_p) = 73,126 m^3/s . Pada penampang saluran T6 didapatkan hasil debit hidrolika atau debit saluran lebih besar daripada debit hidrologi atau debit banjir, maka kesimpulannya adalah penampang saluran T6 mampu mengalirkan debit banjir setelah dilakukan normalisasi. Berikut merupakan hasil perhitungan pada titik lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 5.14. Dari hasil yang didapatkan dari Tabel 5.14 di bawah menunjukkan hasil perhitungan debit banjir dan kapasitas tiap bagian dari saluran drainase primer setelah dilakukan normalisasi. Pada penampang T2, T3, dan T4 belum mampu mengalirkan debit banjir setelah dilakukan normalisasi.

Tabel 5. 14 Hasil Perhitungan Debit Banjir Setelah di Normalisasi

Kode Saluran	n	S	a (m ²)	P (m)	R (m)	Vsal (m/dt)	Q sal (m ³ /dt)	Cgab	Lsal (m)	t _o (jam)	t _d (jam)	t _c total (jam)	I (mm/jam)	Luas Daerah (km ²)	Q banjir (m ³ /dt)	Ket.
Hulu	0,030	0,00070	45,688	23,170	1,972	1,390	63,528	0,747	3525,7	1,495	0,704	2,199	18,613	14,770	57,089	OK
T1	0,040	0,00338	55,151	23,880	2,309	2,545	140,354	0,759	595,44	2,199	0,065	2,264	18,255	15,592	60,017	OK
T2	0,033	0,00166	25,773	13,942	1,849	1,862	47,976	0,738	1599,78	2,264	0,239	2,503	17,075	17,397	60,903	NOT OK
T3	0,030	0,00172	21,674	12,686	1,709	1,977	42,853	0,812	2371,36	2,503	0,333	2,836	15,710	21,968	77,857	NOT OK
T4	0,030	0,00167	24,016	13,573	1,769	1,999	48,017	0,805	3021,53	2,836	0,420	3,256	14,329	23,764	76,155	NOT OK
T5	0,020	0,00167	30,643	16,609	1,845	3,078	94,305	0,874	3484,64	3,256	0,315	3,570	13,474	24,245	79,376	OK
T6	0,020	0,00173	60,681	25,425	2,387	3,727	226,169	0,826	3741,25	3,570	0,279	3,849	12,816	24,849	73,126	OK
T7	0,030	0,00144	84,681	32,775	2,584	2,387	202,117	0,926	4523,1	3,849	0,526	4,376	11,766	25,070	75,935	OK
Hilir	0,030	0,00139	95,499	34,139	2,797	2,480	236,818	0,926	4661,1	4,376	0,522	4,898	10,914	25,070	70,437	OK

5.5.2 Perubahan Dimensi Eksisting

Salah satu upaya penanggulangan banjir lainnya ketika normalisasi telah dilakukan adalah mengubah dimensi saluran drainase primer. Perubahan dimensi dilakukan pada saluran ini bertujuan untuk mendapatkan bentuk penampang saluran yang mampu mengaliri debit banjir. Perubahan bentuk dimensi rencana yaitu persegi dikarenakan tidak terlalu memakan banyak ruang dengan memperbarui lebar dan ketinggian penampang. Perhitungan pada sub-sub bab 5.5.1 tentang normalisasi terdapat 3 penampang yang masih belum mampu mengaliri debit banjir. Perubahan dimensi eksisting akan dilakukan pada beberapa titik penelitian dengan tujuan drainase tersebut menjadi lebih baik dalam menampung debit banjir. Berikut merupakan perhitungan T3 ketika bentuk penampang diganti menjadi persegi panjang saluran pasangan batu dengan *finishing*, ada penambahan lebar di bagian sisi kanan dan kiri sebesar 1,4 m serta penambahan tinggi sungai sebesar 0,2 m.

a. Perhitungan Luas Penampang Basah (a) pada T3

Diketahui:

$$B \text{ (lebar bawah)} = 10,26 \text{ m}$$

$$h_2 \text{ (tinggi muka air rencana)} = 3,19 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$a = B \times h = 10,26 \times 3,19 = 32,279 \text{ m}^2$$

b. Perhitungan Keliling Basah Saluran (P) pada T3

Diketahui:

$$B \text{ (lebar bawah)} = 10,26 \text{ m}$$

$$h_2 \text{ (tinggi muka air rencana)} = 3,19 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$P = B + 2h = 10,26 + (2 \times 3,19) = 16,640 \text{ m}$$

c. Perhitungan Jari-jari Hidrolis (R) pada T3

Diketahui:

$$a = 32,279 \text{ m}^2$$

$$P = 16,640 \text{ m}$$

Penyelesaian:

$$R = \frac{a}{P} = \frac{32,729}{16,640} = 1,967 \text{ m}$$

- d. Perhitungan Kecepatan Aliran Air Rata-rata Drainase (V) pada T3

Diketahui:

$$R = 1,967 \text{ m}$$

$$S \text{ (kemiringan sungai)} = 0,00172$$

$$n \text{ (kekasaran manning)} = 0,020$$

Penyelesaian:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,020} \times 1,967^{2/3} \times 0,00172^{1/2} = 3,259 \text{ m/s}$$

- e. Perhitungan waktu aliran air di setiap bagian saluran (t_d) pada T3

Diketahui:

$$L \text{ (panjang saluran dari hulu ke T2)} = 2371,36 \text{ m}$$

$$V \text{ (kecepatan aliran rata-rata)} = 3,259 \text{ m/s}$$

$$t_d = \frac{L}{V} = \left(\frac{2371,36}{3,259} \right) / 3600 = 0,202 \text{ jam}$$

- f. Perhitungan waktu aliran air total (t_c total) pada T3

Diketahui:

$$t_o \text{ T2} = t_o \text{ hulu} + t_d \text{ hulu} + t_d \text{ T1} + t_d \text{ T2}$$

$$= 1,495 + 0,622 + 0,065 + 0,142$$

$$= 2,324 \text{ jam}$$

$$t_c \text{ total} = t_c + t_d$$

$$= 2,324 + 0,202 = 2,526 \text{ jam}$$

- g. Perhitungan Intensitas Hujan pada T3

Diketahui:

$$R_{24} \text{ (curah hujan maksimum)} = 176,601 \text{ mm/jam}$$

$$t_c \text{ (waktu aliran air total T4)} = 2,526 \text{ jam}$$

Penyelesaian:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} = \frac{176,601}{24} \left[\frac{24}{2,526} \right]^{\frac{2}{3}} = 16,972 \text{ mm/jam}$$

Untuk mengetahui kapasitas saluran drainase primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal setelah dilakukan upaya perubahan dimensi dilakukan perhitungan debit sebagai berikut.

1. Perhitungan Debit Hidrolika atau Debit Saluran (Q_c)

Diketahui:

$$a \text{ (luas penampang basah)} = 32,729 \text{ m}^2$$

$$V \text{ (kecepatan aliran rata-rata)} = 3,259 \text{ m/s}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_c &= a \times V \\ &= 32,729 \times 3,259 \\ &= 106,670 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Debit Hidrologi atau Debit Banjir (Q_p)

Diketahui:

$$C \text{ (koefisien pengaliran)} = 0,812$$

$$I \text{ (intensitas hujan)} = 16,972 \text{ mm/jam}$$

$$A \text{ (luas daerah tangkapan menuju T4)} = 21,968 \text{ km}^2$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_p &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,812 \times 16,972 \times 21,968 \\ &= 84,113 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan debit hidrolika atau debit saluran dan debit hidrologi atau debit banjir pada saluran T3, didapatkan hasil perbandingan yaitu debit hidrolika atau debit saluran (Q_c) = 106,670 m³/s dan debit banjir atau debit hidrologi (Q_p) = 84,113 m³/s. Pada penampang saluran T3 didapatkan hasil debit hidrolika atau debit saluran lebih besar daripada debit hidrologi atau debit banjir, maka kesimpulannya adalah penampang saluran T3 mampu mengalirkan debit banjir setelah dilakukan perubahan dimensi. Berikut merupakan hasil perhitungan pada titik lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Hasil Perhitungan Debit Banjir Setelah Perubahan Dimensi

Kode Saluran	n	S	a (m ²)	P (m)	R (m)	Vsal (m/dt)	Q sal (m ³ /dt)	Cgab	Lsal (m)	t _o (jam)	t _d (jam)	t _c total (jam)	I (mm/jam)	Luas Daerah (km ²)	Q banjir (m ³ /dt)	Ket.
Hulu	0,030	0,00070	58,379	24,570	2,376	1,576	91,976	0,747	3525,7	1,495	0,622	2,117	19,094	14,770	58,567	OK
T1	0,040	0,00338	55,151	23,880	2,309	2,545	140,354	0,759	595,44	2,117	0,065	2,182	18,713	15,592	61,525	OK
T2	0,020	0,00166	30,326	15,960	1,900	3,129	94,879	0,738	1599,78	2,182	0,142	2,324	17,943	17,397	63,998	OK
T3	0,020	0,00172	32,729	16,640	1,967	3,259	106,670	0,812	2371,36	2,324	0,202	2,526	16,972	21,968	84,113	OK
T4	0,020	0,00167	35,381	17,400	2,033	3,292	116,468	0,805	3021,53	2,526	0,255	2,781	15,918	23,764	84,603	OK
T5	0,020	0,00167	38,615	17,884	2,159	3,419	132,041	0,874	3484,64	2,781	0,283	3,064	14,922	24,245	87,903	OK
T6	0,020	0,00173	60,681	25,425	2,387	3,727	226,169	0,826	3741,25	3,064	0,279	3,343	14,080	24,849	80,341	OK
T7	0,030	0,00144	84,681	32,775	2,584	2,387	202,117	0,926	4523,1	3,343	0,526	3,869	12,772	25,070	82,428	OK
Hilir	0,030	0,00139	95,499	34,139	2,797	2,480	236,818	0,926	4661,1	3,869	0,522	4,391	11,738	25,070	75,757	OK

Berdasarkan dari hasil perhitungan pada Tabel 5.15 setelah dilakukan perubahan dimensi, menunjukkan semua penampang mampu mengalirkan debit banjir. Pada penampang hulu, T2, T3, T4 dan T5 dilakukan perubahan dimensi. Penampang yang tidak memerlukan perubahan dimensi adalah T1, T6, T7 dan hilir sedangkan penampang hulu dan T5 tetap dilakukan perubahan dimensi yang bertujuan menjadi lebih baik dalam menampung debit banjir. Di bawah ini merupakan Tabel 5.16 yang menunjukkan perbandingan dimensi saluran yang telah dinormalisasi dan dimensi rencana.

Tabel 5. 16 Perbandingan Dimensi Saluran Saat di Normalisasi dengan Dimensi Perubahan Rencana

Penampang	Tinggi Normalisasi (m)	Tinggi Rencana (m)	Δh (m)	Lebar Normalisasi (m)	Lebar Rencana (m)	ΔB (m)
Hulu	2,52	3,22	0,7	18,13	18,13	0
T1	3,13	3,13	0	17,62	17,62	0
T2	2,92	3,12	0,2	8,72	9,72	1
T3	2,99	3,19	0,2	7,46	10,26	2,8
T4	2,74	3,24	0,5	9,12	10,92	1,8
T5	2,52	3,12	0,6	12,16	12,16	0
T6	3,00	3,00	0	19,73	19,73	0
T7	3,17	3,17	0	26,56	26,56	0
Hilir	3,5	3,50	0	26,68	26,68	0

Melihat kondisi di lapangan saat melakukan survey, kondisi penampang T3 maupun T4 tidak dapat dilakukan pelebaran. Pada penampang T3 terdapat penambahan lebar di bagian sisi kanan dan kiri sebesar 1,4 m. Pada penampang T4 terdapat penambahan lebar di bagian sisi kanan dan kiri sebesar 0,9 m. Penambahan lebar ini tidak dapat dilakukan karena terlalu dekat oleh pemukiman warga yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 berikut ini.



Gambar 5. 8 Lokasi Penampang T3 Dekat dengan Pemukiman



Gambar 5. 9 Lokasi Penampang T4 Dekat dengan Pemukiman

5.5.3 Peran Pemerintah Kota Balikpapan

1. Pengelolaan Sampah

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah yang dikelola adalah sampah rumah tangga, sampah sejenis rumah tangga dan sampah spesifik. Pemerintah dan pemerintahan daerah memiliki tugas yaitu menjamin terselenggaranya pengelolaan sampah yang baik dan berwawasan lingkungan sesuai dengan tujuan. Adapun beberapa tugas pemerintah dan pemerintahan daerah yaitu meningkatkan kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sampah, melaksanakan pengelolaan sampah dan memfasilitasi penyediaan prasarana dan sarana pengelolaan sampah.

Menurut Peraturan Daerah Kota Balikpapan No. 13 Tahun 2015 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Rumah Tangga, salah satu tujuan pengelolaan sampah adalah mewujudkan lingkungan yang sehat dan bersih, menjaga kelestarian fungsi lingkungan hidup serta meningkatkan kesehatan masyarakat. Pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan cara pengurangan sampah ataupun penanganan sampah. Perda Kota Balikpapan menyebutkan pembuangan sampah ke TPS hanya dilakukan dari jam 18.00 WITA sampai dengan 06.00 WITA kecuali hari Minggu dan setiap orang yang melanggar ketentuan tersebut akan dipidana dengan pidana kurungan paling lama 6 (enam) bulan atau pidana denda paling banyak sebesar Rp 50.000.000 (lima puluh juta rupiah). Melihat kondisi lapangan, masih ada sampah yang dibuang ke saluran drainase. Dikarenakan saluran drainase dekat dengan pemukiman warga, menyebabkan beberapa oknum masih membuang sampah ke saluran terdekat. Jika Perda yang telah dibuat lebih ditegaskan, seharusnya tidak ada penumpukan sampah pada saluran drainase primer. Berdasarkan dari kondisi lapangan, pada penelitian ini menyarankan untuk melakukan penyuluhan berkala ke RT atau RW di Kota Balikpapan tentang Perda Kota Balikpapan No. 13 Tahun 2015 dan melakukan pembersihan aliran drainase dari sedimen lumpur atau sampah secara

berkala. Gambar 5.10 berikut merupakan kondisi lapangan yang menunjukkan adanya sampah di saluran drainase.



Gambar 5. 10 Tumpukan Sampah di Belakang Bebek Uniba

2. Penanggulangan Banjir

Pemerintah Kota Balikpapan saat ini sedang mengalokasikan anggaran untuk pembebasan lahan seluas 10 hektar, dimana lahan ini akan digunakan untuk pembangunan Bendali Sungai Ampal. Pembebasan lahan ini direncanakan tuntas dalam APBD Balikpapan 2022. Pembangunan Sungai Ampal yang bekerjasama dengan Balai Wilayah Sungai (BWS) Kalimantan III termasuk program Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJMD) Walikota Balikpapan untuk menangani banjir (Kaltim.Prokal, 2021). Selain Pemerintah Kota Balikpapan, instansi yang berperan penting adalah Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Balikpapan. Sesuai Peraturan Daerah Kota Balikpapan No. 3 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Balikpapan, BPBD Kota Balikpapan dibentuk dalam rangka melaksanakan tugas dan fungsi untuk penanggulangan bencana dan segala akibat yang dimunculkannya

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, penanggulangan bencana terdiri dari tahap pra bencana, saat tanggap darurat dan pasca bencana. Pada tahap prabencana meliputi 2 hal, yaitu dalam situasi tidak terjadinya bencana dan dalam situasi terdapat potensi terjadinya bencana. Dalam situasi tidak terjadinya bencana, upaya yang dapat dilakukan seperti perencanaan penanggulangan bencana, pengurangan risiko bencana, pencegahan atau pelaksanaan dan penegakan rencana tata ruang. Perencanaan penanggulangan bencana disusun berdasarkan hasil analisis risiko bencana dan upaya penanggulangan bencana, salah satunya adalah pilihan tindakan pengurangan risiko bencana. Pencegahan dapat dilakukan melalui kegiatan pemantauan terhadap pengelolaan sumber daya alam, pengawasan terhadap pelaksanaan tata ruang dan pengelolaan lingkungan hidup. Pada tahap saat tanggap darurat dapat berupa pengkajian secara cepat dan tepat terhadap lokasi yang dapat dikendalikan oleh kepala BPBD Kota Balikpapan. Pengkajian secara cepat dan tepat dilakukan dengan identifikasi terhadap cakupan lokasi bencana, gangguan terhadap fungsi pelayanan umum serta pemerintahan dan kemampuan sumber daya alam maupun buatan. BPBD Kota Balikpapan mempunyai kemudahan akses di bidang penerahan Sumber Daya Manusia (SDM), peralatan maupun logistik saat tanggap darurat. Pada tahap pasca bencana meliputi 2 hal yaitu, rehabilitasi dan rekonstruksi. Rehabilitasi dapat dilakukan melalui kegiatan perbaikan lingkungan daerah bencana, perbaikan prasarana dan sarana umum serta pemberian bantuan perbaikan rumah masyarakat yang wajib menggunakan dana APBD kota. Perbaikan lingkungan daerah bencana harus berdasarkan perencanaan teknis dengan memperhatikan aspirasi masyarakat daerah rawan bencana yang dilaksanakan oleh BPBD Kota Balikpapan. Perbaikan prasarana dan sarana umum dapat dilakukan melalui kegiatan perbaikan infrastruktur. Rekonstruksi dapat dilakukan melalui kegiatan pembangunan kembali prasarana dan sarana atau penerapan rancang bangun yang tepat serta penggunaan peralatan yang lebih baik dan tahan bencana.

Dari upaya yang dijelaskan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, dapat

dilihat bahwa penanggulangan bencana yang dilakukan di Kota Balikpapan masih belum cukup maksimal dikarenakan masih ada tahapan yang belum dilaksanakan dalam prosesnya. Pada tahap saat tanggap darurat, upaya penanggulangan banjir yang terjadi adalah pengkajian secara cepat dan tepat dengan melakukan identifikasi terhadap cakupan lokasi bencana. Dikarenakan BPBD Kota Balikpapan mempunyai kemudahan akses di bidang pengerahan Sumber Daya Manusia (SDM) dan peralatan seperti *rubber boat* saat tanggap darurat. Ketika dibutuhkan evakuasi dari lokasi yang terkena dampak banjir, BPBD Kota Balikpapan dapat mengevakuasi dengan baik karena kesiapan SDM dan peralatan. Akan tetapi pada tahap prabencana dan pasca bencana masih ada beberapa upaya yang belum cukup maksimal. Pada tahap pra bencana, salah satu upaya penanggulangan adalah pemantauan terhadap pengelolaan sumber daya alam, pengawasan terhadap pelaksanaan tata ruang dan pengelolaan lingkungan hidup. Pada bagian hilir sebaiknya diberi hutan mangrove untuk mencegah abrasi dan intrusi air laut karena fungsi hutan mangrove dapat digunakan sebagai pengendali banjir alami. Dikarenakan tidak adanya tindakan normalisasi di Kota Balikpapan menyebabkan banyaknya sedimen berupa lumpur ataupun sampah di saluran drainase. Tetapi untuk tindakan pengurangan risiko bencana, saat ini Pemerintah Kota Balikpapan sedang merencanakan pembangunan Bendali Sungai Ampal yang dapat dikatakan sebagai tindakan pengurangan risiko bencana. Pada tahap pra bencana, salah satu upaya penanggulangannya adalah perbaikan prasarana dan sarana umum. Banyaknya kerusakan yang terjadi pada bentuk penampang saluran drainase primer Ampal adalah salah satu faktor yang membuat saluran tidak mampu menampung debit banjir, akan tetapi jika bentuk penampang diubah menjadi persegi panjang saluran pasangan batu dengan *finishing* seperti yang direncanakan pada sub-sub bab 5.4.3 Berdasarkan dari cara penanggulangan banjir di Kota Balikpapan menurut pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, diperlukannya peran penting dari Pemerintah Kota Balikpapan dan instansi yang terkait untuk penanganan banjir.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Primer pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan” maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kondisi saluran drainase primer di Kota Balikpapan menunjukkan banyaknya sedimen berupa lumpur, tumpukan sampah, banyaknya rumput liar yang menutupi saluran drainase. Perencanaan kapasitas saluran drainase yang kurang tepat mengakibatkan tinggi sungai tidak sesuai dengan tinggi sungai rencana sehingga saluran drainase primer tidak dapat menampung debit banjir sesuai dengan kapasitas rencana.
2. Hasil perbandingan analisis kapasitas saluran drainase primer dan analisis debit banjir sesuai dengan kondisi eksisting didapatkan semua titik lokasi penelitian adalah banjir. Berikut merupakan hasil perhitungan analisis kapasitas saluran dan analisis debit banjir:
 - a. Pada penampang hulu sebesar $42,822 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $55,354 \text{ m}^3/\text{dt}$,
 - b. Pada penampang T1 sebesar $75,442 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $57,993 \text{ m}^3/\text{dt}$,
 - c. Pada penampang T2 sebesar $13,619 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $57,457 \text{ m}^3/\text{dt}$,
 - d. Pada penampang T3 sebesar $22,241 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $72,847 \text{ m}^3/\text{dt}$,
 - e. Pada penampang T4 sebesar $19,226 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $70,130 \text{ m}^3/\text{dt}$,
 - f. Pada penampang T5 sebesar $31,286 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $71,910 \text{ m}^3/\text{dt}$,
 - g. Pada penampang T6 sebesar $40,682 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $64,430 \text{ m}^3/\text{dt}$,
 - h. Pada penampang T7 sebesar $58,471 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $65,488 \text{ m}^3/\text{dt}$,
 - i. Pada penampang hilir sebesar $56,910 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $59,463 \text{ m}^3/\text{dt}$.
3. Upaya penanggulangan banjir yang dapat dilakukan untuk saluran drainase ini adalah mengadakan upaya normalisasi agar sedimen berupa lumpur,

sampah ataupun rumput liar tidak menghambat aliran saluran, melakukan upaya perubahan dimensi untuk mendapatkan bentuk penampang saluran yang mampu mengaliri debit banjir serta pentingnya peran Pemerintah Kota Balikpapan dalam menegaskan pengelolaan sampah di Kota Balikpapan agar sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Balikpapan No. 13 Tahun 2013 dan melakukan penanganan banjir di Kota Balikpapan agar sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2008. Pada bagian hilir sebaiknya diberi hutan mangrove untuk mencegah abrasi dan intrusi air laut karena fungsi hutan mangrove dapat digunakan sebagai pengendali banjir alami.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan evaluasi saluran drainase sekunder dan tersier untuk menganalisis kondisi lapangan saluran sebelum aliran masuk ke saluran primer dengan memperhitungkan waktu, data curah hujan, atau karakteristik lahan. Upaya penanganan banjir yang lebih optimal sangat diperlukan untuk saluran drainase ini dikarenakan banjir selalu terjadi
2. Sebaiknya perlu dilakukan pembersihan saluran dari sedimen lumpur, sampah, ataupun rumput liar di saluran drainase.
3. Perlu adanya rekonstruksi pada saluran drainase primer Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal.
4. Perlu dilakukan perhitungan terhadap nilai permeabilitas tanah di daerah sekitar titik-titik lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Mukmin. (2020). *Berita Mengenai Banjir di Tahun 2020*. Diakses dari <https://kaltim.idntimes.com> pada tanggal 20 Januari 2021.
- Bina Marga. (1990). *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan*. Direktorat Pembinaan Jalan Kota. Jakarta. Direktorat Jenderal Bina Marga
- Butler, David. W. Davies, John. (2010). *Urban Drainage, 3rd Edition*. Department of The Build Environment. Coventry Engineering.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2012). *Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta. Cipta Karya
- Hasmar, Halim. (2002). *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta. UII Press
- Hua-peng Qin, Zhuo-xi Li, Guangtao Fu. (2013). *The Effects of Low Impact Development on Urban Flooding Under Different Rainfall Characteristics*. *Journal of Environmental Management*. 129, 577-585.
- Indonesia. (2008). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*. Jakarta. Lembaran Negara RI Tahun 2008, No. 42.
- Kaltim Prokal. (2021). *Berita Mengenai Bendungan Pengendali (Bendali) Sungai Ampal di Tahun 2021*. Diakses dari <https://kaltim.prokal.co> pada tanggal 14 Januari 2022.
- Kartono, Jino Prayudi. (2018). *Berita Mengenai Banjir di Tahun 2018*. Diakses dari <https://kaltim.tribunnews.com> pada tanggal 20 Januari 2021.
- Kota Balikpapan. (2013). *Peraturan Daerah Kota Balikpapan No. 3 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Balikpapan*. Balikpapan. Lembaran Daerah Tahun 2013, No. 3.

- Kota Balikpapan. (2015). *Peraturan Daerah Kota Balikpapan No. 13 Tahun 2015 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Balikpapan. Lembaran Daerah Tahun 2015, No. 13.
- McCuen, Richard H. (1997). *Hydrologic Analysis and Design (Second Edition)*. Upper Saddle River, New Jersey 07548. Prentice Hall.
- Pemerintah Indonesia. (2008). *Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah*. Jakarta. Lembaran Negara RI Tahun 2008, No. 69.
- Soemarto, CD. (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta. Erlangga
- Soewarno. (1995). *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung. Nova
- Standar Nasional Indonesia. (2016). *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional
- Subarkah, Imam. (1980). *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung. Idea Dharma.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta. Andi Offset
- Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta. Beta Offset
- Zainul. (2019). *Berita Mengenai Banjir di Tahun 2019*. Diakses dari <https://kaltim.tribunnews.com> pada tanggal 20 Januari 2021.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Kondisi Lapangan Penampang Hulu



Lampiran 2 Kondisi Lapangan Penampang T1



Lampiran 3 Kondisi Lapangan Penampang T2



Lampiran 4 Kondisi Lapangan Penampang T3



Lampiran 5 Kondisi Lapangan Penampang T4



Lampiran 6 Kondisi Lapangan Penampang T5



Lampiran 8 Kondisi Lapangan Penampung T6



Lampiran 7 Kondisi Lapangan Penampung T7



Lampiran 9 Kondisi Lapangan Penampang Hilir

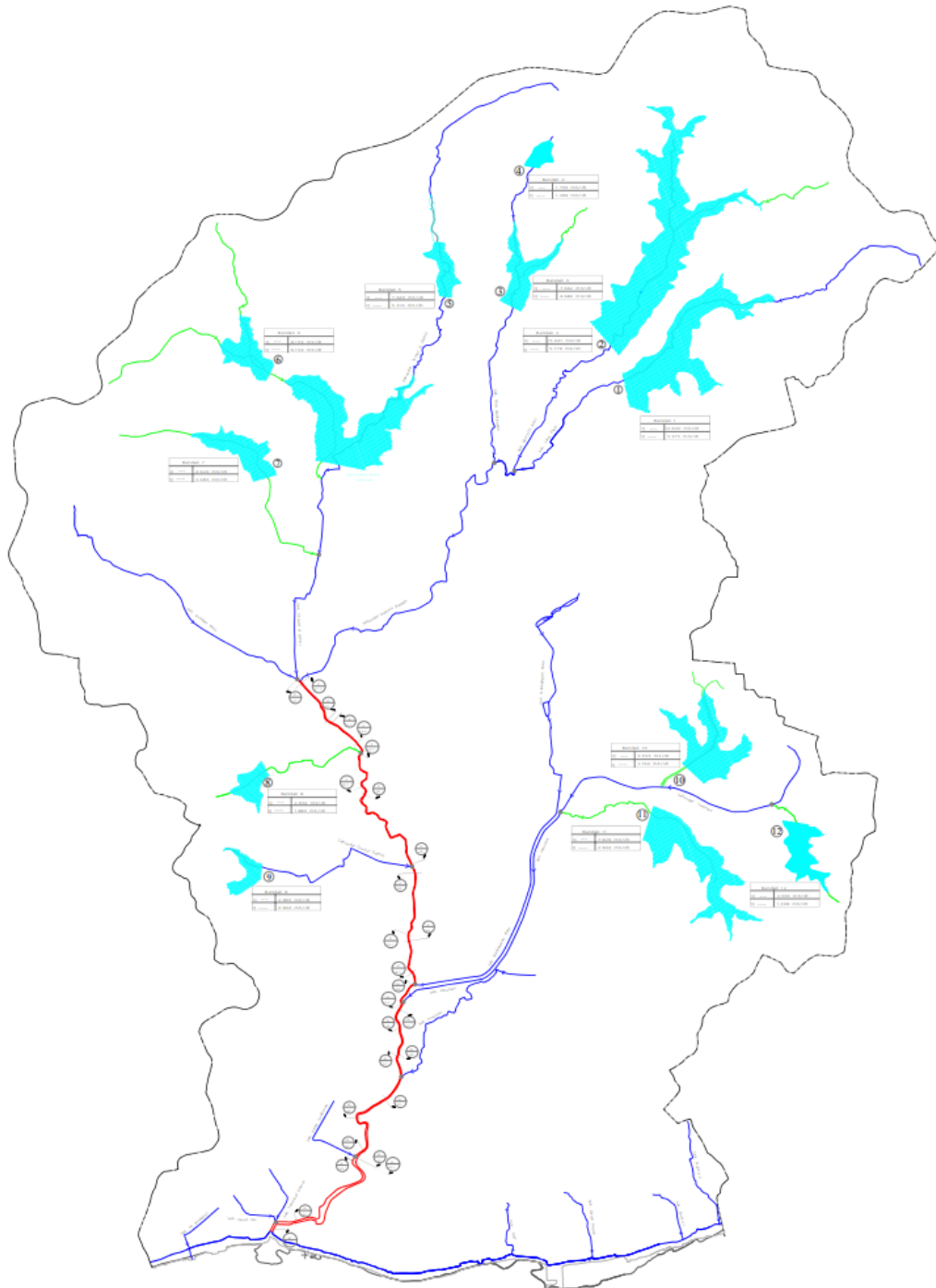


الجمعة الائمة الاندية
الاستاد الاندية

Lampiran 10 Tabel III-1 Wilayah Luas di Bawah Kurva Normal

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	0,0256	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	0,0559
-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	0,3632	0,3594	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	0,4286	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
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
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	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
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	0,9899	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	0,9963	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 11 Peta Aliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Saluran
Drainase Primer**



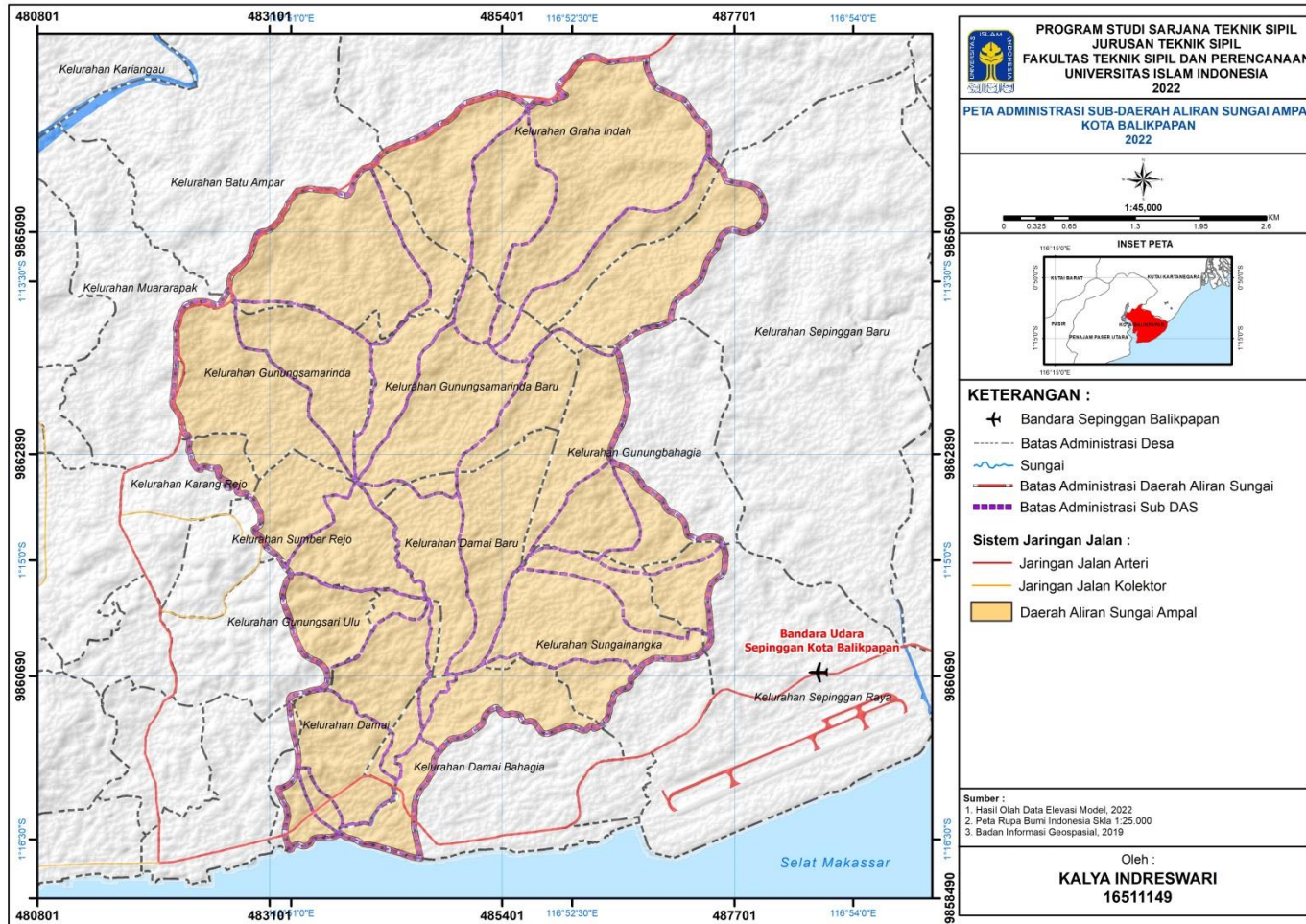
Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Kota Balikpapan, 2021

**Lampiran 12 Data Hujan Stasiun Meteorologi Sultan Aji Muhammad
Sulaiman**

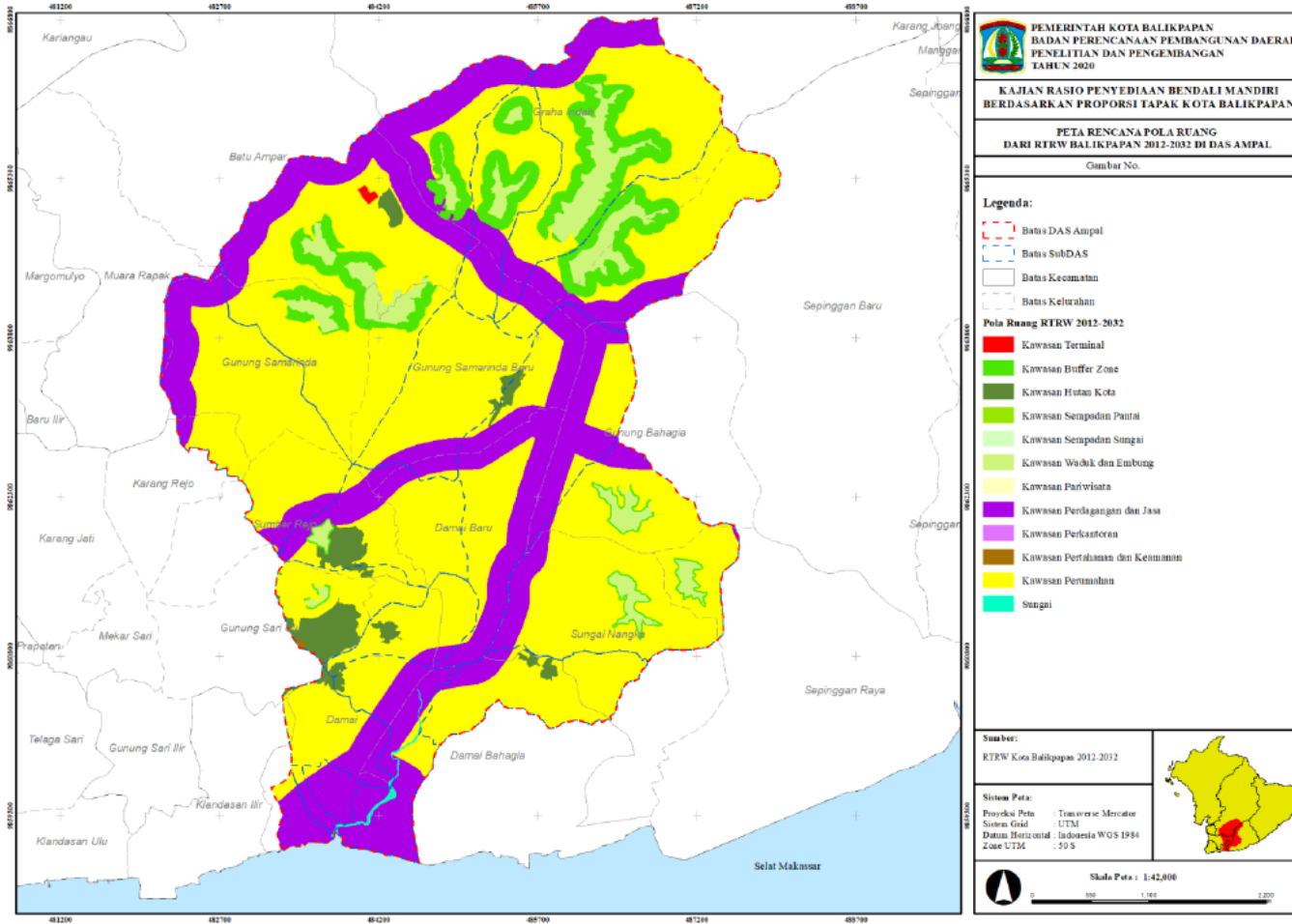
Periode Tahun	Curah Hujan (mm)	T_x (°C)	T_n (°C)	T_{av} (°C)	RH (%)	W_x (knot)
2005	107.5	34.7	22.0	29.3	71	3
2006	133.4	34.6	23.0	29.4	75	3
2007	154.2	35.7	22.0	30.2	73	3
2008	164.8	33.9	22.0	29.2	78	3
2009	132.0	34.4	22.0	29.6	74	3
2010	119.7	36.9	22.0	29.3	66	3
2011	119.6	34.7	22.0	28.9	77	2
2012	148.0	34.8	23.0	29.2	70	2
2013	94.0	34.5	22.0	29.3	69	2
2014	102.5	34.7	22.0	29.5	72	2
2015	108.1	35.0	22.0	29.7	71	2
2016	75.6	35.5	22.0	30.3	60	2
2017	198.0	34.7	22.0	29.7	76	2
2018	161.4	34.0	22.0	29.6	74	2
2019	165.8	34.5	22.0	30.0	74	2

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Balikpapan, 2021

Lampiran 13 Peta Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan

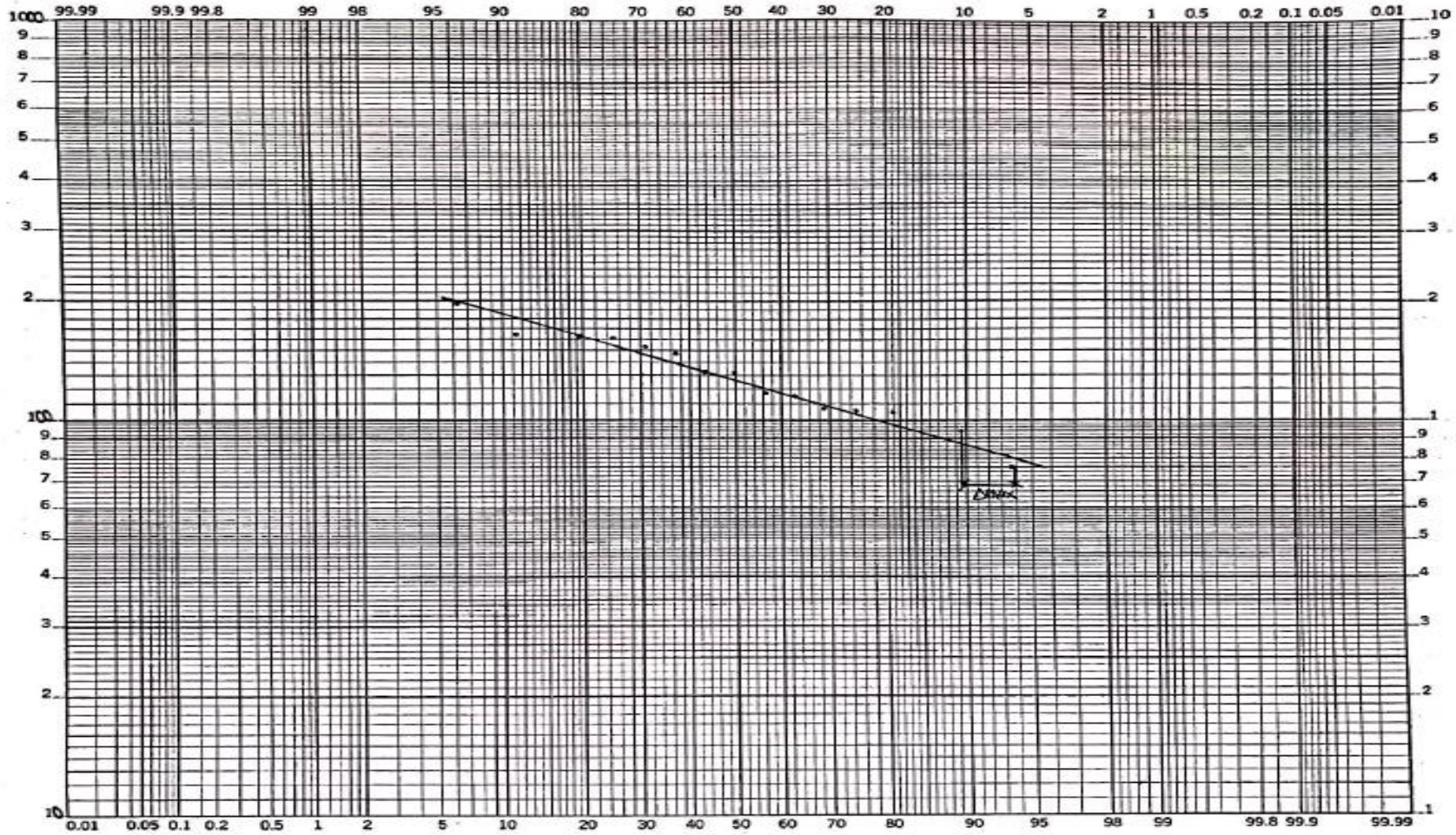


Lampiran 14 Peta Pola Ruang Wilayah Kota Balikpapan Tahun 2012-2032

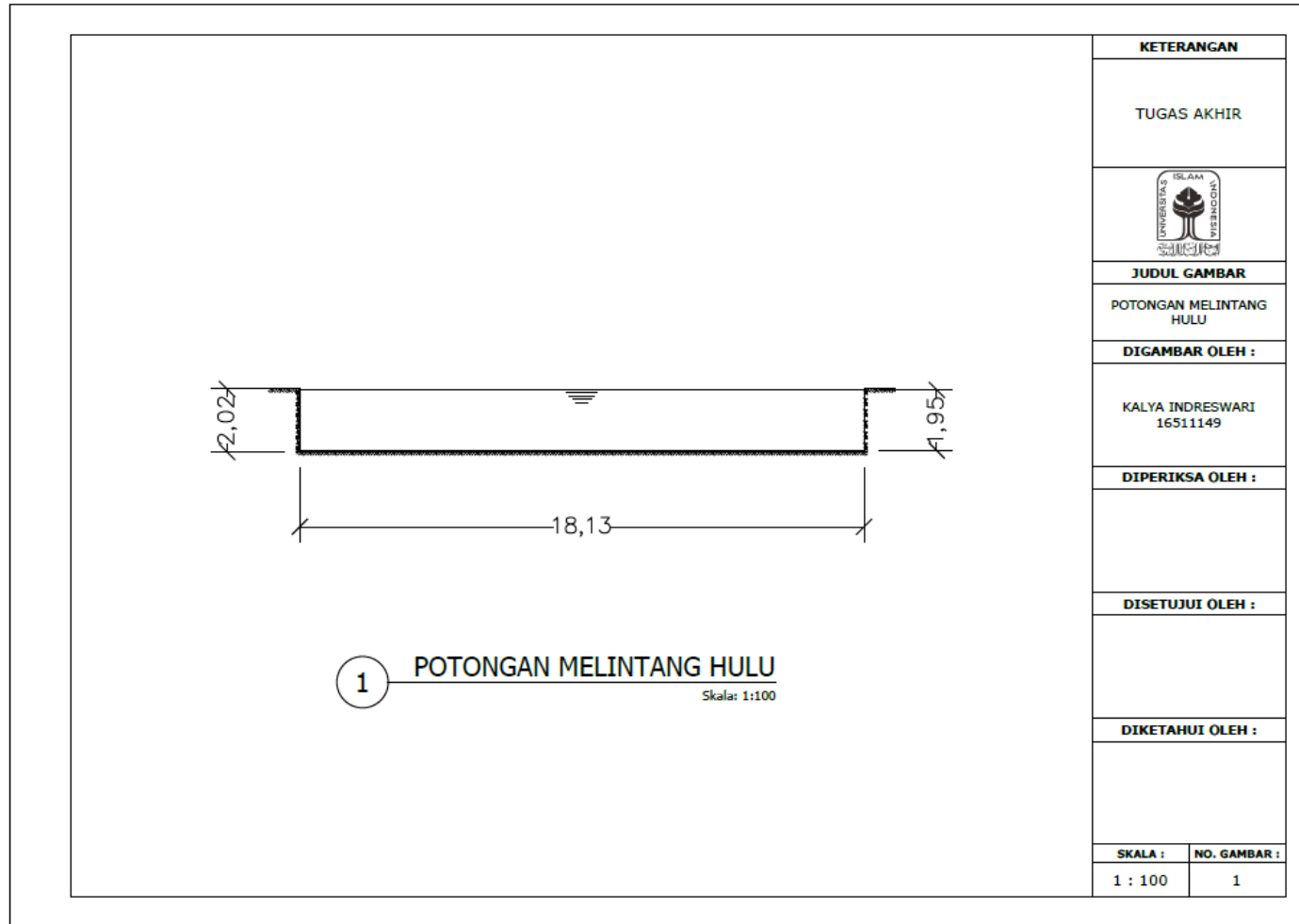


Sumber: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Litbang Kota Balikpapan, 2021

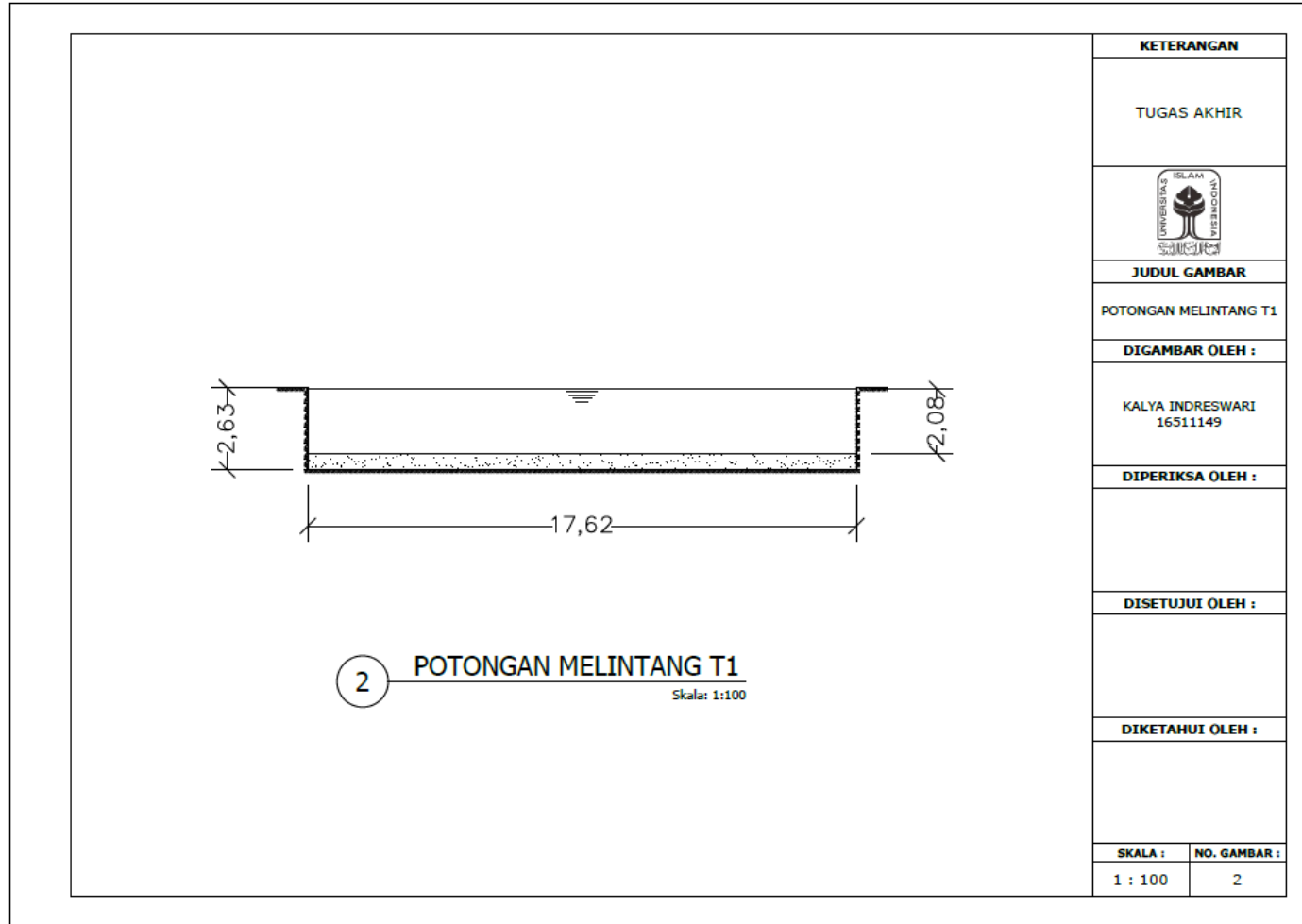
Lampiran 15 Penggambaran Data Pada Kertas Probabilitas Log Pearson III



Lampiran 16 Potongan Melintang Hulu Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting

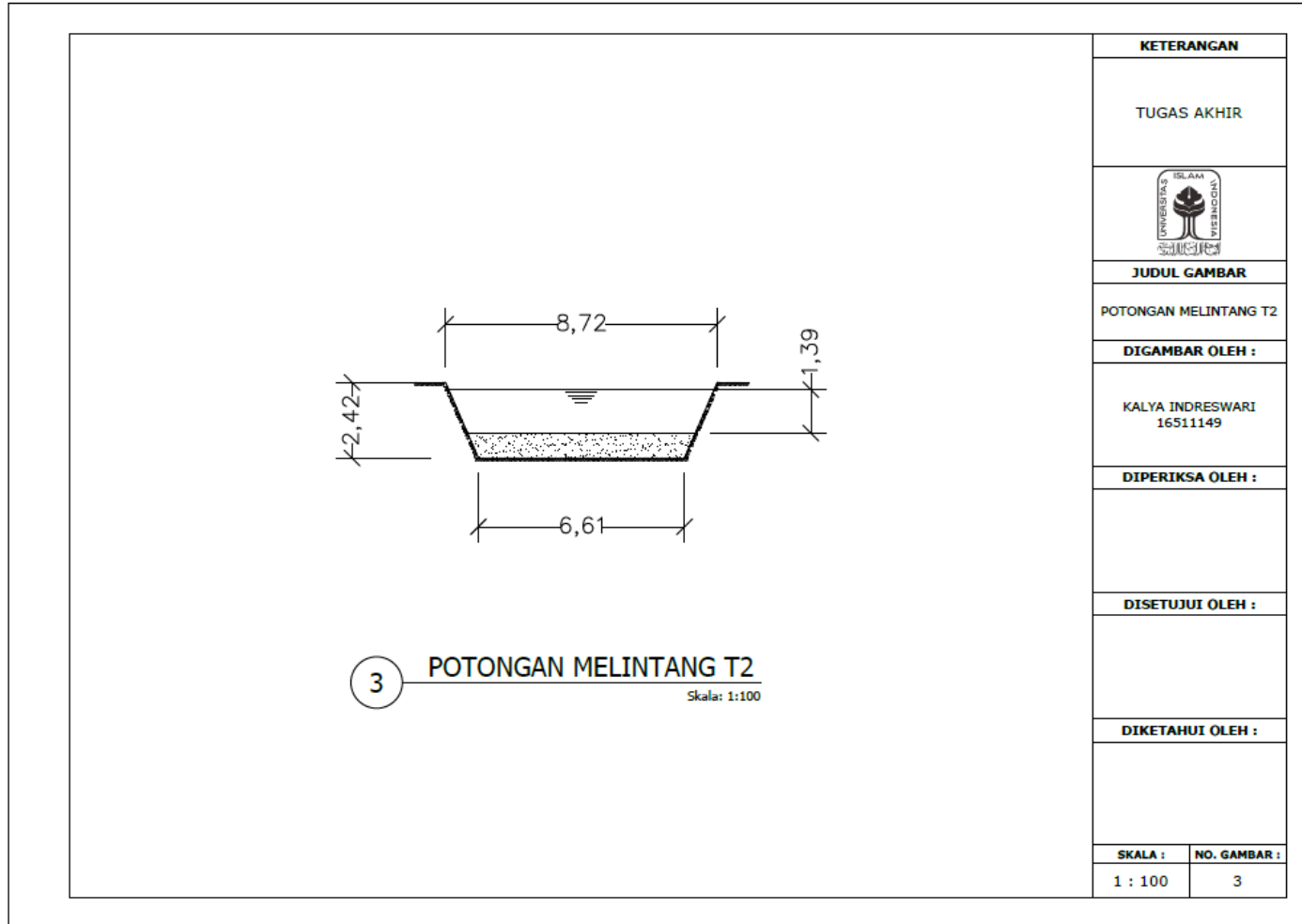


Lampiran 17 Potongan Melintang T1 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting



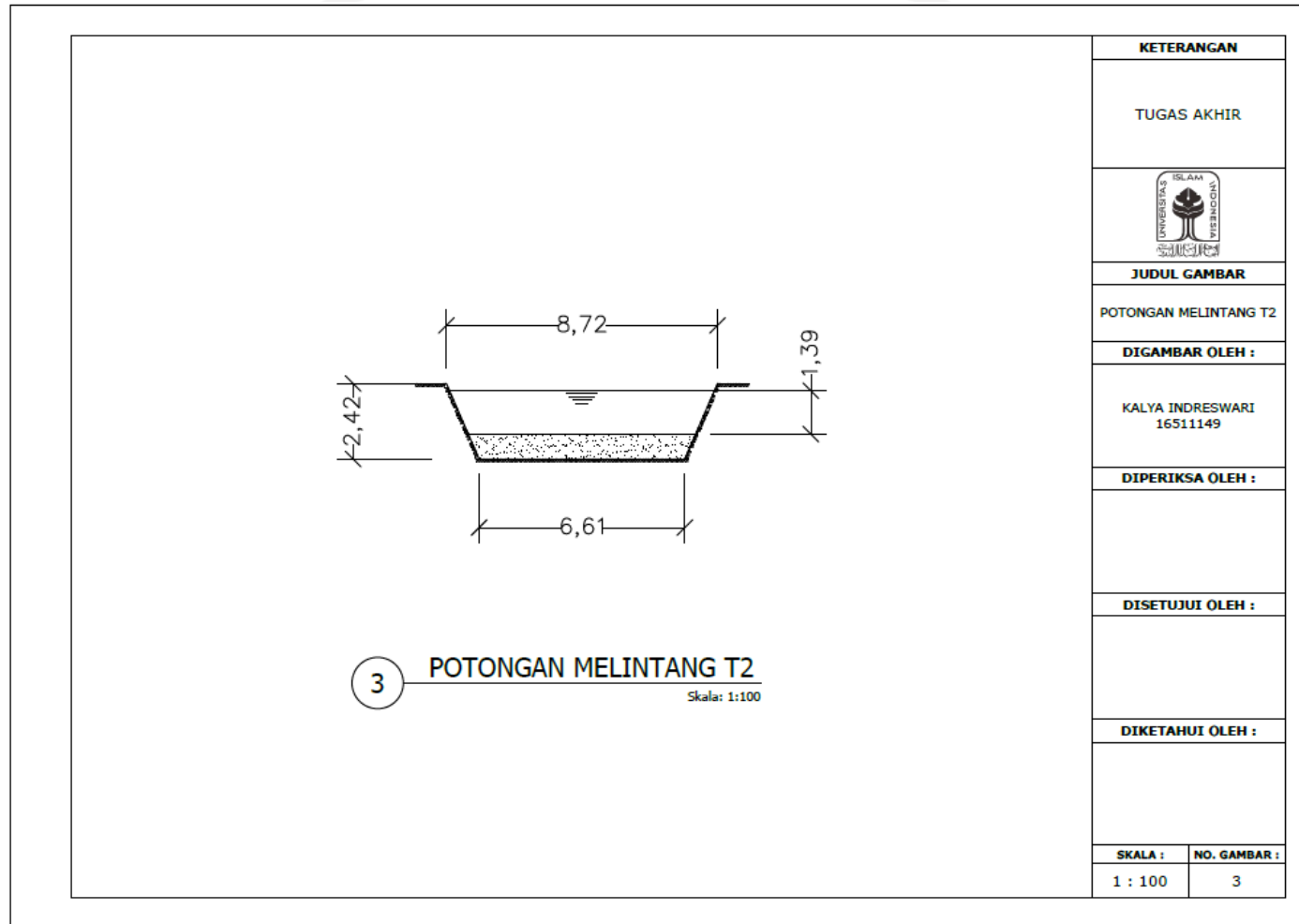
KETERANGAN	
TUGAS AKHIR	
	
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MELINTANG T1	
DIGAMBAR OLEH :	
KALYA INDRESWARI 16511149	
DIPERIKSA OLEH :	
DISETUJUI OLEH :	
DIKETAHUI OLEH :	
SKALA :	NO. GAMBAR :
1 : 100	2

Lampiran 18 Potongan Melintang T2 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting



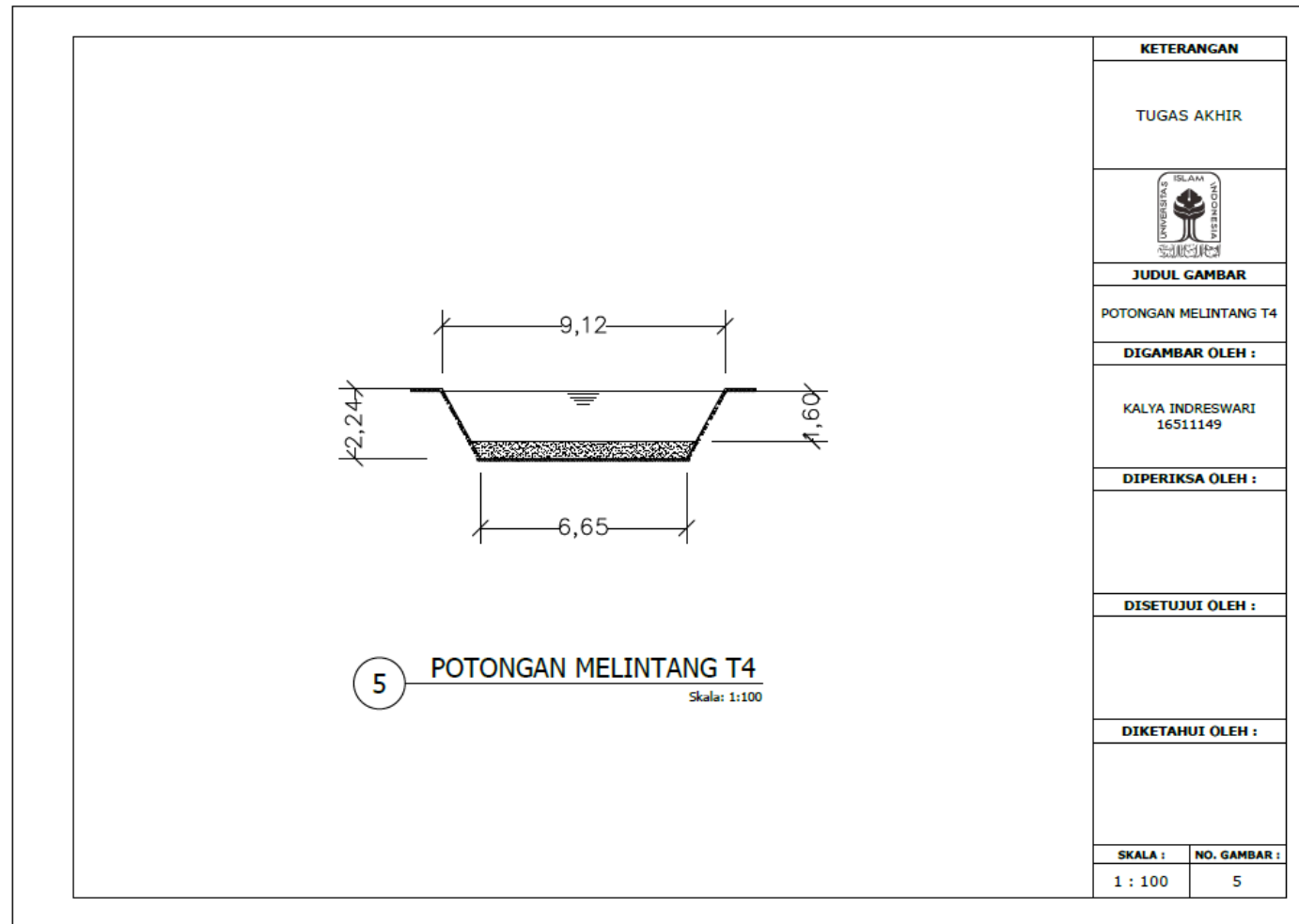
KETERANGAN	
TUGAS AKHIR	
	
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MELINTANG T2	
DIGAMBAR OLEH :	
KALYA INDRESWARI 16511149	
DIPERIKSA OLEH :	
DISETUJUI OLEH :	
DIKETAHUI OLEH :	
SKALA :	NO. GAMBAR :
1 : 100	3

Lampiran 19 Potongan Melintang T3 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting

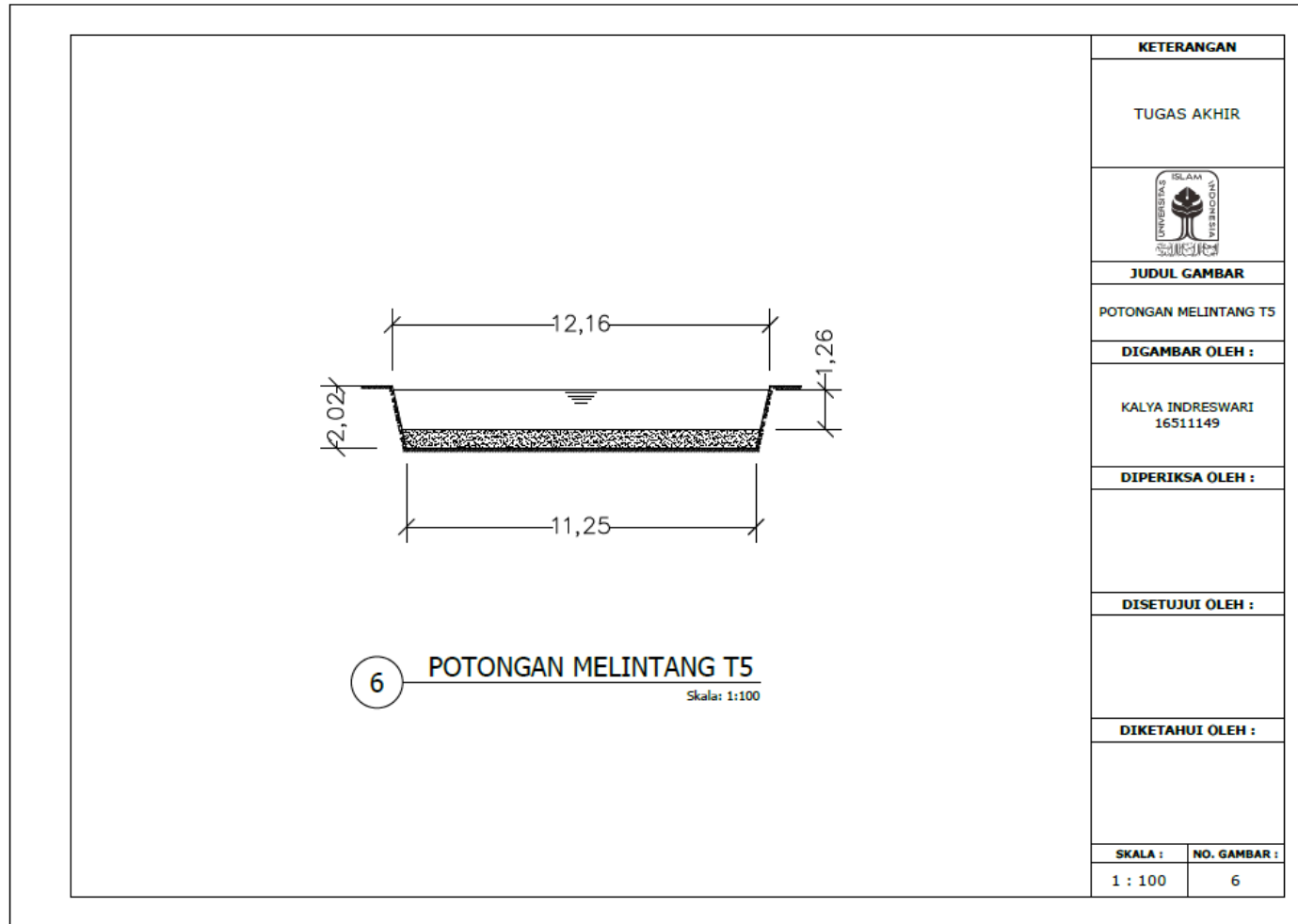


KETERANGAN	
TUGAS AKHIR	
	
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MELINTANG T2	
DIGAMBAR OLEH :	
KALYA INDRESWARI 16511149	
DIPERIKSA OLEH :	
DISETUJUI OLEH :	
DIKETAHUI OLEH :	
SKALA :	NO. GAMBAR :
1 : 100	3

Lampiran 20 Potongan Melintang T4 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting



Lampiran 21 Potongan Melintang T5 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting



KETERANGAN

TUGAS AKHIR



JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG T5

DIGAMBAR OLEH :

KALYA INDRESWARI
16511149

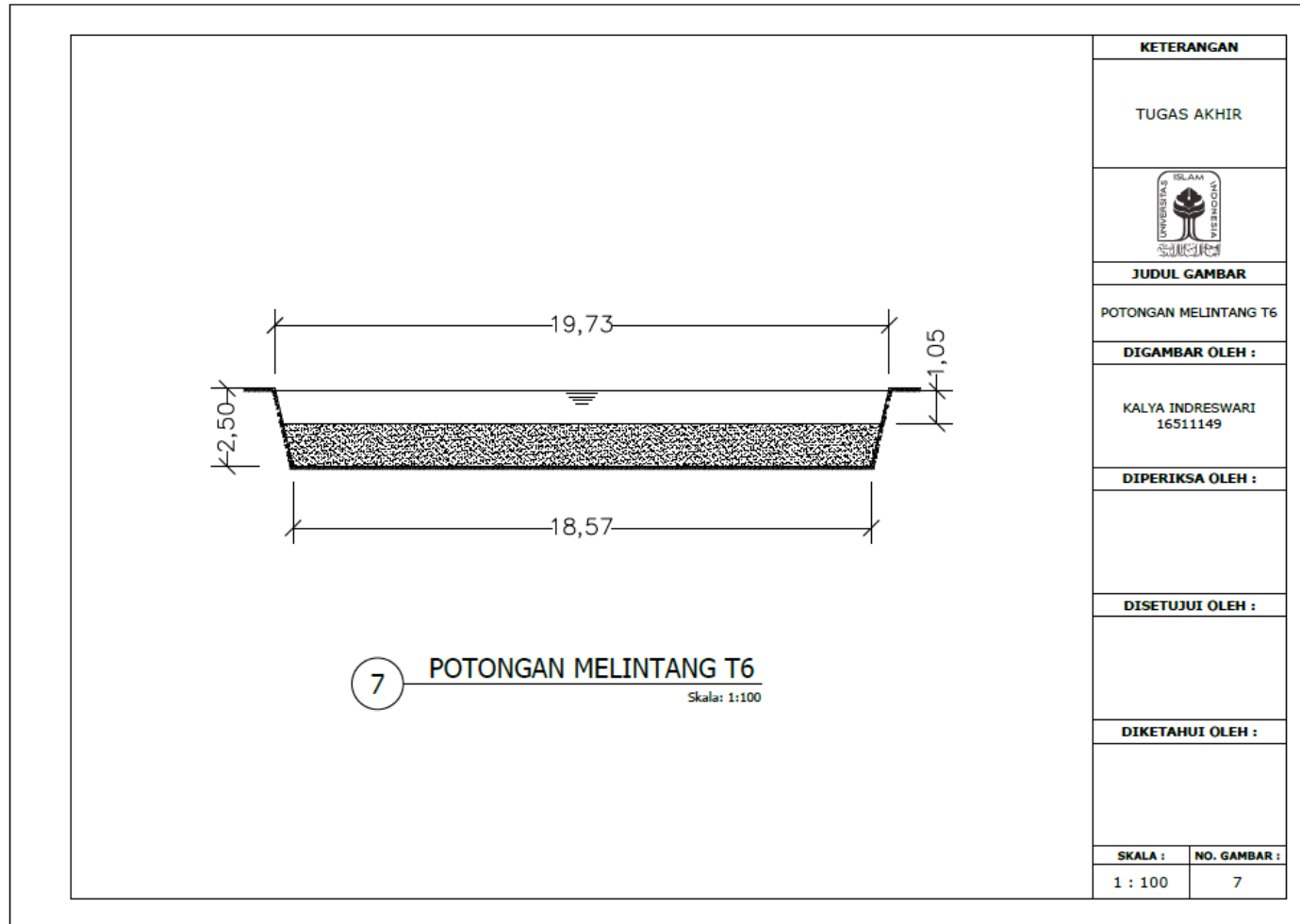
DIPERIKSA OLEH :

DISETUJUI OLEH :

DIKETAHUI OLEH :

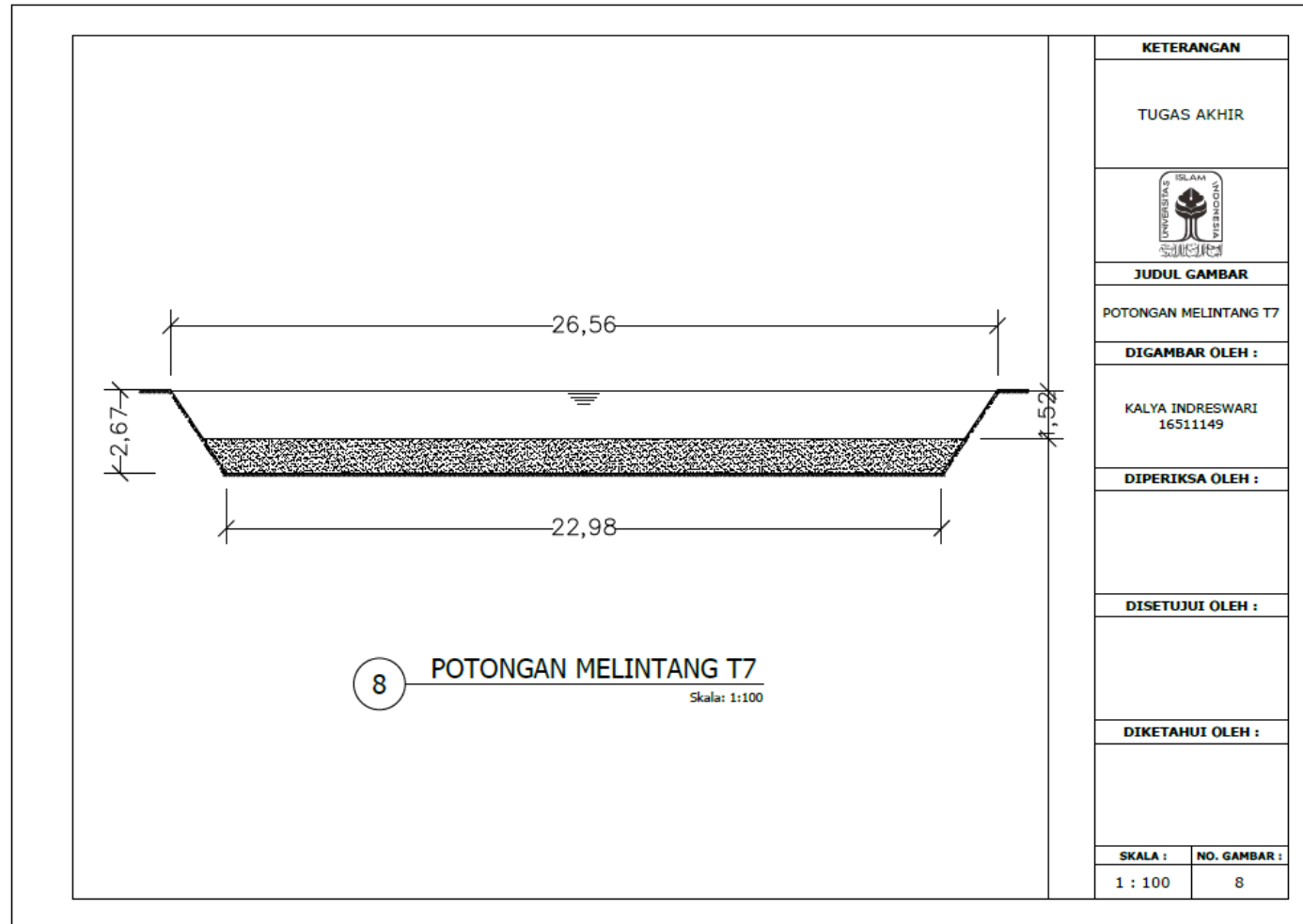
SKALA :	NO. GAMBAR :
1 : 100	6

Lampiran 22 Potongan Melintang T5 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting



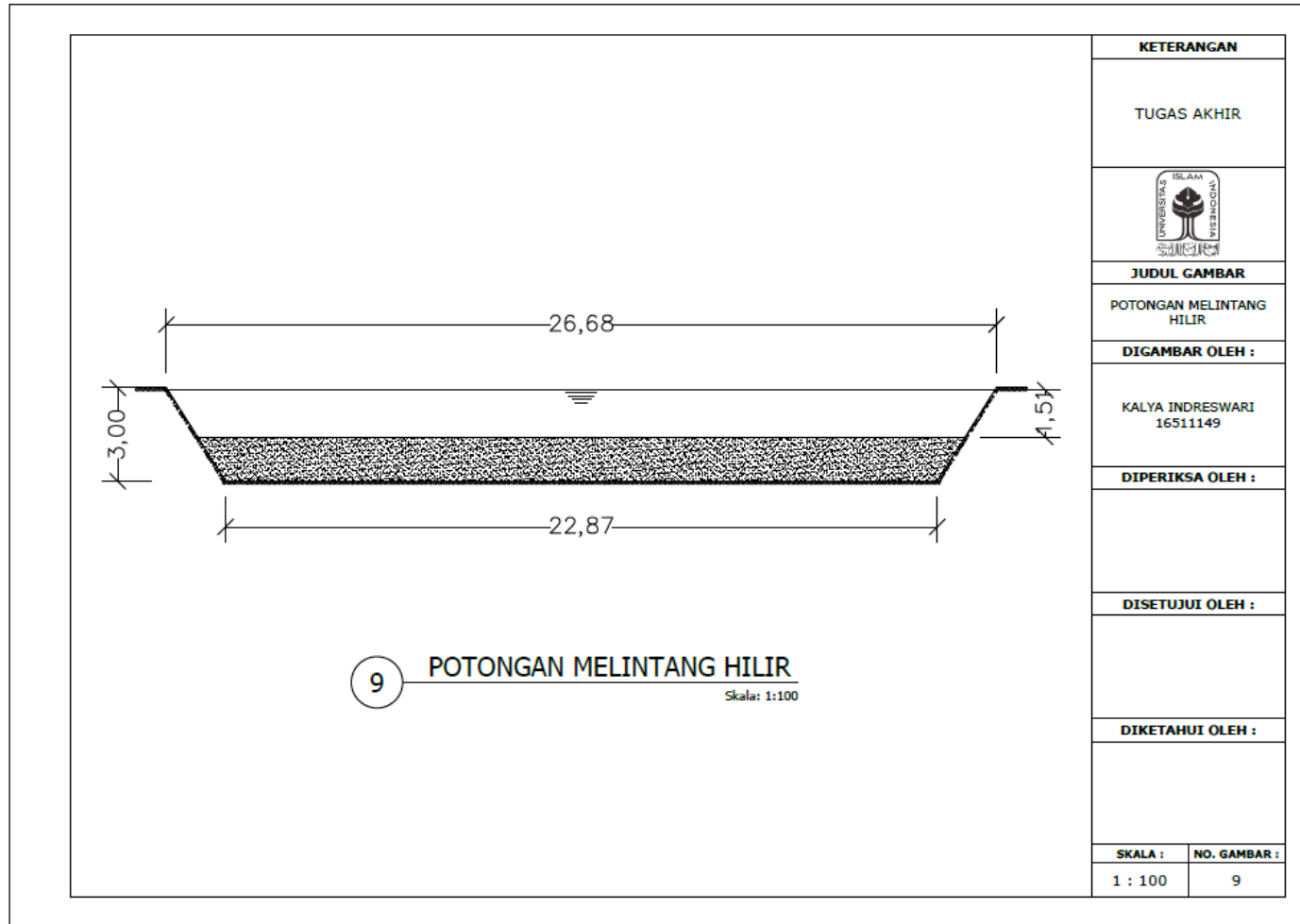
KETERANGAN	
TUGAS AKHIR	
	
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MELINTANG T6	
DIGAMBAR OLEH :	
KALYA INDRESWARI 16511149	
DIPERIKSA OLEH :	
DISETUJUI OLEH :	
DIKETAHUI OLEH :	
SKALA :	NO. GAMBAR :
1 : 100	7

Lampiran 23 Potongan Melintang T7 Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting



KETERANGAN	
TUGAS AKHIR	
	
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MELINTANG T7	
DIGAMBAR OLEH :	
KALYA INDRESWARI 16511149	
DIPERIKSA OLEH :	
DISETUJUI OLEH :	
DIKETAHUI OLEH :	
SKALA :	NO. GAMBAR :
1 : 100	8

Lampiran 24 Potongan Melintang Hilir Saluran Drainase Primer Kondisi Eksisting



KETERANGAN	
TUGAS AKHIR	
	
JUDUL GAMBAR	
POTONGAN MELINTANG HILIR	
DIGAMBAR OLEH :	
KALYA INDRESWARI 16511149	
DIPERIKSA OLEH :	
DISETUJUI OLEH :	
DIKETAHUI OLEH :	
SKALA :	NO. GAMBAR :
1 : 100	9

Lampiran 25 Dokumentasi Pengambilan Data



Lampiran 26 Dokumentasi Pengambilan Data



Lampiran 27 Dokumentasi Pengambilan Data

