

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN PABRIK PUPUK PT. POLOWIJO GOSARI GROUP (*REGIONAL DRAINAGE SYSTEM DESIGN FOR PT. POLOWIJO GOSARI GROUP FERTILIZER PLANT*)

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



NARESWARI HANINDYASWARA

16511214

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2022

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN PABRIK PUPUK PT. POLOWIJO GOSARI GROUP (*REGIONAL DRAINAGE SYSTEM DESIGN FOR PT. POLOWIJO GOSARI GROUP FERTILIZER PLANT*)

Disusun oleh

Nareswari Hanindyaswara
16511214

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 16 November 2022

Oleh Dewan Penguji

Penguji I

Penguji II

Pembimbing

Pradipta Nandi

Wardhana, S.T., M.Eng.

NIK:135111102

Dinia Anggraheni S.T., M.

Eng.

NIK:165110105

Dwi Astuti Wahyu Wulan

Pratiwi, S.T., M.T

NIK:155111301

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Munalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D

NIK:095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan 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 di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan praktik kerja 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, November 2022

Yang membuat pernyataan,

Nareswari Hanindyaswara
(16511214)

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir berjudul *Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Pabrik Pupuk Pt. Polowijo Gosari Group*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam 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 yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ayah dan Ibu penulis atas dukungan material, moral, dan spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini,
2. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing,
3. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph. D selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil,
4. Semua pihak yang membantu dalam penyusunan laporan ini.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, November 2022

Yang membuat pernyataan,

Nareswari Hanindyaswara
(16511214)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Perancangan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Pengertian Drainase	13
3.2 Aspek Hidrologi	14
3.3 Aspek Hidrolika	25
3.4 Kriteria Desain Drainase	28
BAB IV METODOLOGI	31
4.1. Studi Pustaka	31

4.2. Pengumpulan Data	31
4.3. Pengolahan Data dan Analisis	31
4.4. Bagan Alir Perencanaan	32
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	34
5.1. Letak dan Luas Wilayah	34
5.2. Kondisi Topografi	34
5.3. Analisis Data Hujan	34
5.4. Redesain Saluran Drainase	40
5.5. Penentuan Daerah Limpasan	41
5.6. Perhitungan Koefisien Limpasan	45
5.7. Perhitungan Debit Drainase	49
5.8. Analisis Hidrolika	67
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	95
6.1. Kesimpulan	95
6.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1 Jenis Distribusi Berdasarkan Persyaratan Parameter Statistik	17
Tabel 3.2 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss	17
Tabel 3.3 Tabel Korelasi N dengan Y_n/S_n	19
Tabel 3.4 Tabel Korelasi Kala Ulang dan Y_t	20
Tabel 3.5 Tabel Nilai K Kala Ulang T Tahun untuk nilai C_s Negatif	21
Tabel 3.6 Tabel Nilai K Kala Ulang T Tahun untuk nilai C_s Positif	21
Tabel 3.7 Tabel Koefisien Limpasan (c)	24
Tabel 3.8 Tabel Koefisien Kekasaran Manning	27
Tabel 3.9 Tinggi Jagaan (w) untuk Saluran Pasangan	28
Tabel 5.1 Tabel Data Curah Hujan Maksimum	35
Tabel 5.2 Perhitungan Parameter Statistik	35
Tabel 5.3 Identifikasi Jenis Distribusi	37
Tabel 5.4 Perhitungan Parameter Statistik Skala Log	37
Tabel 5.5 Tabel Nilai K_T Kala Ulang T Tahun untuk nilai C_s Positif	39
Tabel 5.6 Perhitungan Curah Hujan Kala Ulang	40
Tabel 5.7 Luas Daerah Limpasan	42
Tabel 5.8 Perhitungan Koefisien Limpasan Gabungan	46
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan (I) Rumus Mononobe	52
Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan (I) Rumus Hasper	54
Tabel 5.11 Perhitungan Debit Drainase Rumus Mononobe	56
Tabel 5.12 Perhitungan Debit Drainase Rumus Hasper	60
Tabel 5.13 Debit Kumulatif Drainase Berdasarkan Intensitas Hujan Rumus Mononobe	64
Tabel 5.14 Debit Kumulatif Drainase Berdasarkan Intensitas Hujan Rumus Hasper	66

Tabel 5.15 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan	71
Tabel 5.16 Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan	75
Tabel 5.17 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran	82
Tabel 5.18 Uji Kapasitas Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pengembangan Kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group	2
Gambar 4.1 Bagan Alir Perencanaan	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dimensi U- <i>Ditch</i>	100
Lampiran 2. Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan	101
Lampiran 3. Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan	105
Lampiran 4. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran	109
Lampiran 5. Uji Kapasitas Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran	113
Lampiran 6 Peta Lay Out Eksisting Kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group	116
Lampiran 7 Peta Lay Out Rencana Kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group	117
Lampiran 8 Skema Jaringan Drainase	118
Lampiran 9 <i>Catchment Area</i> Saluran Drainase	119
Lampiran 10 Debit Kumulatif Drainase	120
Lampiran 10 Peta Dimensi Saluran Drainase	121
Lampiran 11 Detail Penampang Saluran Tipe I-IV	122
Lampiran 12 Detail Penampang Saluran Tipe V-VIII	123
Lampiran 11 Detail Penampang Saluran Tipe IX-XIV	124

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	=	Luas penampang saluran
b	=	Lebar saluran
c	=	Koefisien limpasan berdasarkan deskripsi lahan
C	=	Koefisien limpasan gabungan
C_k	=	Koefisien kurtosis
C_s	=	Koefisien kemencengan
C_v	=	Koefisien variasi
h	=	Kedalaman saluran
K	=	Nilai variabel reduksi Gauss
K_T	=	Faktor frekuensi untuk kala ulang T tahun
N	=	Jumlah data
n	=	Koefisien kekasaran Manning
P	=	Keliling basah saluran
Q_{aliran}	=	Debit aliran
$Q_{kumulatif}$	=	Debit kumulatif
$Q_{rencana}$	=	Debit rencana
$Q_{saluran}$	=	Debit saluran
r	=	curah hujan pada perhitungan intensitas hujan rumus Hasper
R	=	Jari-jari hidrolis
R_{24}	=	Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam)
S	=	Kemiringan saluran
S_n	=	<i>Reduced</i> standar deviasi
t_c	=	Waktu konsentrasi
v	=	Kecepatan aliran
w	=	Tinggi jagaan
x	=	Curah hujan tahunan
$\bar{x}$	=	Nilai rata-rata curah hujan

X_T	=	Curah hujan kala ulang T tahun
X_T	=	Curah hujan kala ulang T tahun
y	=	Kedalaman aliran
Y_n	=	<i>Reduced mean</i>
Y_T	=	$\log x$ = Nilai logaritmik x dengan kala ulang T tahun
δ	=	Standar deviasi

ABSTRAK

Kawasan pabrik pupuk PT. Polowijo Gosari Group pada awalnya memiliki tutupan lahan (*building coverage*) sebesar 30% lalu dikembangkan menjadi 60%. Kawasan vegetasi alami tidak lagi mampu menyerap air secara optimal sehingga memicu peningkatan debit aliran limpasan langsung di musim penghujan. Maka dari itu perlu dilakukan pengelolaan jaringan drainase berwawasan lingkungan dengan memanfaatkan kontur tanah agar dicapai perencanaan yang efisien.

Analisis hidrologi menggunakan data hujan dari tahun 2011 hingga tahun 2020 dengan kala ulang 10 tahun. Analisis intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe dan Hasper sebagai pembanding. Pada perencanaan dimensi dilakukan perbandingan dimensi saluran berdasarkan debit drainase dari intensitas hujan kedua rumus tersebut dan kemiringan saluran agar diperoleh kecepatan aliran 1,4-1,5 m/s.

Hasil analisis hidrologi didapat curah hujan kala ulang 10 tahun sebesar 139,278 mm. Berdasarkan pertimbangan parameter kedalaman aliran pada tiap-tiap saluran, dimensi yang dipakai adalah dimensi dengan intensitas hujan rumus Mononobe berdasarkan rekayasa kemiringan saluran karena pada perhitungan dimensi dengan intensitas hujan rumus Hasper memiliki kedalaman aliran yang terlalu dangkal jika dibandingkan dengan lebar saluran. Perencanaan dimensi saluran drainase berdasarkan intensitas hujan rumus Mononobe dengan rekayasa kemiringan saluran pada kawasan pabrik pupuk PT. Polowijo Gosari Group memiliki enam belas tipe saluran berbentuk segi empat dengan dimensi terbesar yaitu 120×140 cm.

Kata kunci: drainase, intensitas hujan, kecepatan aliran, kemiringan saluran, kedalaman aliran

ABSTRACT

In its earliest form, PT. Polowijo Gosari Group fertilizer plant had 30% building coverage, which was soon increased to 60% due to land development. Thus, vegetation coverage is no longer absorbing run off and triggering an increase in rainwater discharge in the rainy season. In order to anticipate flooding in PT. Polowijo Gosari Group fertilizer plant, the needs of effective and efficient drainage system are required by managing regional drainage which employs slopes of the land.

Rainfall analysis uses precipitation data from 2011 to 2020 with 10 years of return period. The analysis of rainfall intensity utilizes Mononobe and Hasper formula in comparison. During hydraulic analysis, the designs are compared based on drainage discharge of mentioned rainfall intensity formulas and hydraulic grade line. The hydraulic grade line comparison is based on terrestrial gradient and hydraulic gradient engineering so that resulting in flow velocity of 1,4-1,5 m/s.

Precipitation analysis resulting in 139,278 mm for 10-year return period rainfall. Based on flow depth in each channel, the hydraulic design with rainfall intensity using Mononobe formula and hydraulic gradient engineering is chosen as fixed design. Whereas hydraulic design using Hasper formula rainfall intensity and hydraulic gradient engineering has too shallow flow depth compared to the channel width. The result of hydraulic design based on rainfall intensity using Mononobe formula and hydraulic gradient engineering has sixteen rectangular types with biggest dimension of 120×140 cm.

Keywords: *drainage, rainfall intensity, flow velocity, hydraulic gradient, flow depth*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan drainase di sejumlah kota besar ditandai dengan seringnya kejadian banjir atau genangan di musim penghujan sehingga mengganggu aktivitas dan mobilitas masyarakat. Ada beberapa faktor yang menjadi penyebab terjadinya banjir. Salah satunya adalah perubahan tata guna lahan yang semula berupa kawasan alami berubah menjadi kawasan terbangun. Daerah vegetasi alami yang berfungsi menyerap air hujan menjadi tertutup oleh struktur perkerasan yang kedap air, seperti jalan, perumahan, dan lapangan. Sehingga daerah resapan yang berkurang memicu meningkatnya debit aliran limpasan langsung.

PT. Polowijo Gosari Group pada awalnya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang perdagangan hasil bumi khususnya palawija. Kemudian perusahaan ini berkembang dengan melakukan diversifikasi usaha di antaranya properti, investasi, logistik, industri manufaktur, pertambangan dan agribisnis yang saat ini berkantor pusat di Kecamatan Sidayu, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

Gambaran wilayah kawasan industri ini terletak di Jalan Raya Sekapuk Km 32, Wadeng, Kecamatan Sidayu, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Kondisi eksisting dengan luas lahan terbangun sebesar 31,9%. Sementara luas lahan yang belum terbangun sebesar 68,1% dari total luas lahan 19,59 hektar (data 2017).

Kawasan ini terdiri atas sarana transportasi berupa jalan, gedung-gedung pabrik, blok perkantoran, lapangan parkir kendaraan berat, gudang bahan baku, serta fasilitas lain untuk karyawan dan tamu. Pada awal perencanaan wilayah yang dijadikan tutupan lahan (*building coverage*) sebesar 30% lalu dikembangkan menjadi 60%. Kawasan vegetasi alami tidak lagi mampu menyerap air secara optimal sehingga memicu peningkatan debit aliran limpasan langsung di musim penghujan.



Gambar 1.1 Lokasi Pengembangan Kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo

Gosari Group

(Sumber: *Google Earth*)

Lokasi perencanaan memiliki batasan-batasan wilayah sebagai berikut.

1. Utara : lahan pertanian.
2. Timur : permukiman penduduk.
3. Selatan : Jalan Raya Sekapuk Km 32, Wadeng, Kecamatan Sidayu, Kabupaten Gresik, Jawa Timur yang merupakan jalan nasional.
4. Barat: permukiman penduduk.

Wilayah di sebelah barat dan timur berbatasan dengan permukiman. Sebelah utara berbatasan dengan lahan pertanian. Sementara kawasan di sebelah selatan berbatasan dengan jalan nasional.

Dampak yang ditimbulkan dari perencanaan ini salah satunya adalah berubahnya lahan basah yang berfungsi sebagai daerah resapan air menjadi lahan terbangun. Sebagai kompleks industri manufaktur berskala besar, perlu didukung infrastruktur yang memadai. Maka dari itu perlu dilakukan pengelolaan jaringan drainase berwawasan lingkungan dengan memanfaatkan kontur tanah agar dicapai perencanaan yang efisien. Jaringan drainase mencakup seluruh kawasan pabrik

pupuk PT. Polowijo Gosari Group dengan muara saluran drainase berada di saluran tepi Jalan Raya Sekapuk Km 32 yang berada di sebelah selatan lokasi perencanaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada perencanaan saluran drainase kawasan pabrik pupuk PT Polowijo Gosari Group bahwa masalah yang dihadapi adalah bagaimana mencegah terjadinya banjir yang disebabkan oleh perubahan tata guna lahan terutama pada musim hujan agar tidak mengganggu proses produksi.

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah merancang sistem drainase lingkungan Kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group dengan aliran air secara gravitasi untuk mencegah terjadinya genangan di kawasan tersebut.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari perencanaan ini adalah mencegah terjadinya genangan yang dapat mengganggu proses produksi dan mobilisasi di Kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group.

1.5 Batasan Perancangan

Adapun batasan perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Perencanaan fisik jaringan saluran drainase sesuai lingkup lokasi perencanaan dengan *outlet* saluran drainase di Jalan Raya Sekapuk Km 32, Wadeng, Kecamatan Sidayu, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.
2. Data hidrologi berupa data curah hujan 10 tahun dari tahun 2011 sampai tahun 2020 yang diperoleh dari stasiun BMKG Juanda.
3. Perencanaan drainase hanya mendesain saluran drainase permukaan.
4. Limbah industri tidak termasuk dalam sistem drainase air hujan.
5. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya dan Rencana Kerja dan Syarat tidak termasuk dalam pembahasan Tugas Akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Suatu penelitian atau perancangan tentunya membutuhkan beberapa referensi hasil penelitian atau perancangan yang telah dilakukan sebelumnya dan masih berkaitan dengan hasil penelitian dan perancangan yang dilakukan.

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Perencanaan Drainase Kawasan Oasis PT. Djarum Kudus

Berdasarkan perancangan drainase Kawasan Oasis PT. Djarum Kudus oleh Darsono (2014) dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Latar belakang

Pembangunan kawasan super blok Pabrik PT. Djarum Kudus yang berlokasi di Desa Gondang, Kecamatan Bae, Kabupaten Kudus, berdampak pada perubahan vegetasi alami di Daerah Bae, Kudus. Perubahan *landscape* alami di Daerah Bae menyebabkan meningkatnya aliran limpasan langsung (*run off*) sekaligus mengurangi air yang meresap ke dalam tanah sehingga terjadi genangan. Sehingga diperlukan perencanaan sistem drainase berwawasan lingkungan .

2. Metode

Metode perancangan terdiri atas beberapa tahap di antaranya observasi lapangan, pengumpulan data sekunder, hingga perencanaan sistem drainase. Data sekunder terdiri atas peta topografi, peta situasi, data tanah, dan data curah hujan di daerah aliran sungai terdekat.

Analisis hidrologi meliputi analisis curah hujan rencana selama 15 tahun dari 3 stasiun hujan dengan metode poligon Thiessen untuk diperoleh curah hujan rata-rata. Kemudian dilakukan analisis frekuensi untuk menentukan tipe distribusi dengan hasil berupa hujan rencana periode 10 tahun dengan tipe distribusi Log Pearson tipe III. Tahapan berikutnya adalah perhitungan debit banjir rencana periode ulang 10 tahun dengan menggunakan program EPA SWMM 5.0 untuk perencanaan konstruksi saluran drainase. Program ini mencakup input peta DAS

dan sub DAS, skema jaringan drainase, data-data saluran, serta harga koefisien kekasaran Manning (n). Tahapan terakhir berupa analisis kapasitas saluran dengan menggunakan program HEC RAS sesuai periode ulang 10 tahun.

3. Hasil

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir maksimum dengan menggunakan program EPA SWMM 5.0 diperoleh debit periode ulang 10 tahun sebesar 16,69 m³/s. Komponen sistem drainase untuk mengatasi banjir di PT Djarum Kudus meliputi saluran primer dan sekunder, serta meningkatkan fungsi sungai di sekitar kawasan pabrik agar mampu menerima debit air yang lebih besar. Saluran terdiri atas sepuluh tipe saluran berbentuk bujur sangkar. Dimensi terkecil berukuran 60 cm x 60 cm, sedangkan yang terbesar mencapai 250 cm x 300 cm.

2.1.2 Perencanaan Drainase Kawasan Indonesia Power Tambaklorok, Semarang

Berdasarkan perancangan Kawasan Indonesia Power oleh Suripin (2018) dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Latar Belakang

PT. Indonesia Power memiliki beberapa unit pembangkit listrik yang salah satunya berada di Kawasan Tambaklorok, Semarang. Permasalahan yang terjadi di kawasan ini adalah kapasitas sistem drainase yang tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan sehingga sistem drainase tidak berfungsi optimal dan timbulnya genangan. Genangan terjadi karena lokasi mengalami penurunan tanah, adanya rembesan di luar kawasan, dan kenaikan muka air laut. Selain itu di area Blok B3 direncanakan akan diurug setinggi 1,5 meter yang akan memengaruhi topografi kawasan dan arah aliran. Setelah dilakukan evaluasi sistem drainase eksisting, diperlukan perencanaan sistem drainase dengan menyesuaikan arah aliran, kolam dan pompa.

2. Metode

Pada perencanaan sistem drainase dilakukan tiga tahap, yaitu observasi dan pengumpulan data, evaluasi drainase eksisting, serta perencanaan sistem drainase.

Data yang diperlukan di antaranya data hidrologi berupa data curah hujan harian selama 19 tahun yang diperoleh dari Stasiun Maritim, data topografi hasil

pengukuran langsung di lokasi, dan data sistem drainase eksisting. Tahapan berikutnya adalah sistem evaluasi drainase eksisting untuk mengidentifikasi kapasitas tiap-tiap saluran. Selanjutnya adalah perencanaan sistem drainase yang baru jika hasil evaluasi sistem drainase eksisting menyatakan sudah tidak mampu menampung debit yang ada.

Analisis data hujan dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana. Langkah pertama adalah mencari hujan harian terbesar tiap tahunnya pada data curah hujan di Stasiun Maritim. Kemudian dilakukan analisis jenis distribusi dengan menggunakan parameter statistik. Berdasarkan grafik di kertas probabilitas, diperoleh jenis sebaran Log Pearson III karena memiliki simpangan yang lebih kecil dari tipe sebaran Gumbell. Merujuk pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 12/PRT/M/2014, dengan tipologi kota metropolitan dan daerah tangkapan air pada kawasan Indonesia Power interval 10-100 hektar, maka kala ulang yang dipakai pada perencanaan sistem drainase yaitu antara 2-5 tahun. Tetapi karena Indonesia Power merupakan daerah vital di Semarang, maka digunakan kala ulang yang lebih besar yaitu 10 tahun dengan nilai 152 mm. Selanjutnya dilakukan perhitungan intensitas hujan dengan persamaan Mononobe dan perhitungan hyetograf dengan metode ABM. Langkah berikutnya adalah perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan program EPA SWMM 5.1. Berdasarkan debit rencana tersebut, selanjutnya dihitung dimensi masing-masing saluran serta bangunan pendukung.

3. Hasil

Beberapa area di Kawasan PT. Indonesia Power berada di bawah muka air laut, maka dilakukan perencanaan sistem polder yang terdiri dari penyesuaian saluran, tanggul, stasiun pompa dengan menggunakan debit banjir rencana sebesar 2,38 m³/s, pintu air dimensi 0,7 × 1,4 m, serta kolam tampungan dengan kapasitas sebesar 6715 m³.

2.1.3 Perencanaan Drainase Kawasan Perumahan *Green Mansion Residence* Sidoarjo

Berdasarkan perancangan sistem drainase Perumahan *Green Mansion Residence* oleh Kusuma (2017) dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Latar Belakang

Masalah banjir di Kota Sidoarjo terjadi akibat perubahan fungsi lahan menjadi daerah permukiman dan pusat kegiatan ekonomi lainnya. Tentunya ini akan berdampak pada besarnya limpasan permukaan yang menuju saluran drainase. Perkembangan ekonomi yang tidak sebanding dengan perkembangan kapasitas drainase, sehingga perbaikan manajemen drainase sangat diperlukan.

2. Metode

Perencanaan ini membutuhkan beberapa tahapan. Tahap pertama adalah penyusunan konsep perencanaan berkaitan dengan teknis di lokasi yang ditinjau, seperti data elevasi lahan kawasan, arah aliran, dimensi saluran, dan analisis tampungan.

Berikutnya adalah analisis data hidrologi yang meliputi analisis hujan rerata DAS dengan metode poligon Thiessen, uji kecocokan distribusi hujan, perhitungan curah hujan periode 2 tahun dan 10 tahun, perhitungan waktu konsentrasi dengan persamaan Kirby, perhitungan intensitas hujan dengan persamaan Mononobe, serta perhitungan debit kawasan dengan menggunakan metode rasional.

Tahapan selanjutnya adalah analisis hidrolika yang meliputi perhitungan kapasitas saluran, penentuan koefisien kekasaran dengan menggunakan persamaan Manning, analisis profil permukaan muka air menggunakan metode tahapan langsung, analisis kolam tampungan, serta analisis pintu air.

3. Hasil

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh dimensi saluran tersier dengan lebar 0,40–0,55 m, saluran sekunder 0,80–1,40 m, dan saluran primer 1,50 m yang semuanya bermuara ke kolam tampungan di dalam kawasan perumahan dengan debit sebesar $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.1.4. Perencanaan Drainase dan Sumur Resapan Perumahan *Palm Hill* Cilegon, Jawa Barat

Berdasarkan tinjauan perencanaan drainase dan sumur resapan Perumahan *Palm Hill* Cilegon oleh Suhartono (2018) dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Latar Belakang

Pembangunan perumahan Palm Hill adalah langkah melayani kebutuhan masyarakat akan hunian eksklusif. Pembangunan berlokasi di daerah perbukitan yang direncanakan di atas tanah seluas 12 Hektar, terletak di samping Tol Gate Cilegon, Jawa Barat. Sebagai perumahan eksklusif, Perumahan *Palm Hill* harus didukung fasilitas yang memadai, salah satunya dengan memperhatikan jaringan drainase yang dipakai. Oleh karena itu, perencanaan drainase perlu memperhatikan aspek lingkungan karena *Palm Hill* merupakan perumahan baru yang mengalihfungsikan bukit menjadi daerah perumahan.

2. Metode

a. Membuat kriteria perencanaan di antaranya:

- 1) Jenis saluran adalah saluran terbuka dengan jaringan saluran drainase menggunakan sistem gravitasi. Akhir aliran diupayakan menuju saluran utama/sungai/atau daerah cekungan sebagai kolam tampungan.
- 2) Debit aliran diupayakan terbagi secara merata, kecepatan aliran diupayakan sesuai dengan kecepatan izin, untuk menghindari erosi saluran.

b. Analisis hidrologi meliputi analisis data hujan dengan metode rerata aljabar dari data curah hujan harian maksimum minimal 10 tahun terakhir dari 3 stasiun hujan terdekat. Berikutnya adalah perhitungan curah hujan rencana metode Log Pearson III dilanjutkan uji kecocokan distribusi, intensitas hujan dengan persamaan Mononobe, dan debit rancangan menggunakan metode rasional. Debit rancangan yang didapat dijadikan dasar untuk perencanaan dimensi saluran.

3. Hasil

Berdasarkan perhitungan curah hujan kala ulang, didapat curah hujan kala ulang 5 tahun sebesar 105,755 mm dan curah hujan kala ulang 10 tahun sebesar 111,149 mm. Dengan adanya sumur resapan penulis mengasumsikan air hujan dari atap seluruhnya masuk melalui sumur resapan, sedangkan debit untuk saluran drainase terdiri dari limpasan jalan, taman, limpasan dari sumur resapan. Berdasarkan gambar denah maka didapat panjang saluran yaitu 54 m jalan, 10 m taman, 17,6 m atap, dan kecepatan aliran air yang diizinkan sebesar 3 m/s

berdasarkan jenis bahan yang direncanakan yaitu konstruksi batu kali. Direncanakan dimensi saluran 0,4 x 0,5 m dan kemiringan saluran (S) sebesar 0,0255. Setelah dibandingkan, didapat $Q_{hitung} > Q_{rancangan}$ ($0,11 \text{ m}^3/\text{s} > 0,0206 \text{ m}^3/\text{s}$). Debit hitung lebih besar dari pada debit rancangan, maka dimensi yang direncanakan bisa dipakai.

2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Perbandingan dari empat penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Darsono (2014)	Perencanaan Saluran Drainase Kawasan Oasis PT. Djarum Kudus di Kabupaten Kudus (2014)	Merencanakan saluran drainase Kawasan OASIS PT. Djarum Kudus untuk meminimalisasi atau bahkan mencegah terjadinya banjir di daerah tersebut.	Pada perencanaan saluran drainase ini menggunakan debit dalam periode ulang 10 tahun yaitu 16,69 m^3/s yang diperoleh dari pemodelan aplikasi EPA SWMM 5.1	Dari perhitungan menggunakan EPA SWMM didapatkan debit banjir maksimum sebelum dan sesudah perencanaan sebesar 9,05 m^3/s dan 16,69 m^3/s .

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Suripin (2018)	Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Indonesia Power, Tambaklorok, Semarang.	Mendapatkan gambaran detail sistem drainase dan mengembangkan sistem drainase eksisting area PT. Indonesia Power Semarang, baik sistem drainase eksisting ataupun sistem drainase rencana.	Data hidrologi yaitu data curah hujan harian dari tahun ke tahun yang digunakan untuk mengetahui curah hujan rancangan. Data curah hujan yang dipakai berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Maritim, selama 19 tahun.	Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 12/PRT/M/2014, daerah tangkapan air pada kawasan Indonesia Power interval 10-100 hektar, maka kala ulang yang dipakai antara 2-5 tahun. Tetapi karena Indonesia Power merupakan daerah vital di Semarang, maka digunakan kala ulang yang lebih besar yaitu 10 tahun dengan nilai 152 mm.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Kusuma (2016)	Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan <i>Green Mansion Residence</i> , Sidoarjo.	Merencanakan jaringan saluran drainase di dalam Kawasan Perumahan <i>Green Mansion Residence</i> , Sidoarjo.	Analisis data hidrologi yang meliputi analisis hujan rerata DAS dengan metode poligon Thiessen, hujan kala ulang 2 tahun dan 10 tahun, perhitungan intensitas hujan dengan persamaan Mononobe, serta perhitungan debit kawasan dengan menggunakan metode rasional.	Berdasarkan hasil analisis hidrologi, curah hujan kala ulang 10 tahun sebesar 135,52 mm, intensitas hujan sebesar 32,26 mm/jam, dan debit rencana 1,009 m ³ /s.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Suhartono (2004)	Perencanaan Drainase dan Sumur Resapan Perumahan <i>Palm Hill</i> Cilegon, Jawa Barat	Merencanakan saluran drainase dan sumur resapan Perumahan <i>Palm Hill</i> yang merupakan perumahan baru dengan lokasi pembangunan mengalihfungsikan bukit menjadi daerah perumahan.	Analisis data hujan menggunakan data curah hujan 10 tahun dari 3 stasiun hujan terdekat.	Curah hujan kala ulang 5 tahun sebesar 105,755 mm dan curah hujan kala ulang 10 tahun sebesar 111,149 mm.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pengertian Drainase

3.1.1 Umum

Drainase berasal dari bahasa Inggris *drainage* yang mempunyai arti membuang, mengalirkan, menguras, atau mengalihkan air. Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Drainase juga dapat 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

3.1.2 Jenis-Jenis Drainase

1. Menurut Sejarah Terbentuknya

a. Drainase Alamiah

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah (*spillway*), pasangan batu/beton, gorong-gorong, dan lain-lain. Saluran ini terbentuk karena gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang membentuk jalan air yang permanen.

b. Drainase Buatan

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan penunjang seperti pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa, dan sebagainya.

2. Menurut Letak Bangunan

a. Drainase Permukaan Tanah

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

b. Drainase Bawah Permukaan

Saluran drainase yang melalui media di bawah permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan dikarenakan alasan tertentu.

3. Menurut Fungsi

a. *Single Purpose*

Saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan lain seperti limbah domestik, limbah industri, dan lain sebagainya.

b. *Multi Purpose*

Saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksi

a. Saluran Terbuka

Saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, atau untuk drainase air non-hujan yang tidak mengganggu lingkungan.

b. Saluran Tertutup

Saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

3.2 Aspek Hidrologi

3.2.1 Umum

Hidrologi secara umum diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang air. Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari seluk beluk air, kejadian dan distribusinya, serta sifat fisik dan sifat kimianya, serta tanggapannya terhadap perilaku manusia (Chow, 1964).

3.2.2 Karakteristik Hujan

1. Durasi

Durasi hujan adalah lamanya kejadian hujan (menit, jam-jaman, harian) yang diperoleh terutama dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis.

2. Intensitas

Intensitas hujan adalah laju hujan yang dinyatakan dalam satuan tinggi hujan per satuan waktu. Besar intensitas hujan tergantung dari lamanya curah hujan dan

frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris.

3. Tinggi Hujan

Tinggi hujan adalah jumlah atau kedalaman hujan yang terjadi selama durasi hujan atau dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar yang dalam satuan mm.

3.2.3 Analisis Data Hujan

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa ekstrem seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Tujuan analisis frekuensi adalah berkaitan dengan besarnya peristiwa-peristiwa ekstrem yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi probabilitas. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan bersifat independen dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

Adapun dua macam seri data hujan sebagai berikut.

1. Data Maksimum Tahunan (*Annual Maximum Series*)

Data ini diambil hanya satu besaran maksimum yang dianggap berpengaruh pada analisis selanjutnya untuk setiap tahunnya.

2. Seri Parsial (*Partial Duration Series*)

Dengan menerapkan suatu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan bagian seri data untuk kemudian dianalisis seperti biasa.

3.2.4 Analisis Hujan Kala Ulang

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Kala ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak dapat dipastikan bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut.

Dalam menentukan besarnya kejadian hujan berdasarkan kala ulang tertentu diperlukan analisis frekuensi. Analisis frekuensi berperan penting dalam perencanaan bangunan air. Statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan

dengan analisis data yang meliputi rata-rata ($\bar{x}$), standar deviasi (δ), koefisien variasi (C_v), koefisien kurtosis (C_k), dan koefisien kemencengan (C_s).

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N xi \quad (3.1)$$

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dan nilai rata-rata, yang ditunjukkan dalam rumus berikut.

$$C_v = \frac{\delta}{\bar{x}} \quad (3.3)$$

dengan:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

x = Curah hujan tahunan (mm)

N = Jumlah data

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (xi-x)^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

Koefisien kurtosis (C_k) ditunjukkan dalam persamaan berikut.

$$C_k = \left(\frac{N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)} \right) \times \left(\frac{\sum (xi-x)^4}{\delta^4} \right) \quad (3.4)$$

Koefisien kemencengan (C_s) ditunjukkan dalam persamaan berikut.

$$C_s = \left(\frac{N}{(N-1)(N-2)} \right) \times \left(\frac{\sum (xi-x)^3}{\delta^3} \right) \quad (3.5)$$

Berdasarkan nilai-nilai parameter statistik, dapat ditentukan jenis distribusi yang sesuai dengan menggunakan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jenis Distribusi Berdasarkan Persyaratan Parameter Statistik

No	Distribusi	Syarat
1	Normal	$C_s \cong 0,00$ $C_k \cong 3,00$
2	Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^2$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s \cong 1,396$ $C_k \cong 5,4002$
4	Log Pearson III	Selain nilai di atas

Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008

Jenis distribusi yang digunakan memengaruhi perhitungan hujan kala ulang dalam analisis frekuensi. Berikut adalah perhitungan hujan kala ulang berdasarkan jenis distribusi.

1. Distribusi Normal

Metode distribusi normal dipengaruhi oleh nilai variabel reduksi Gauss. Nilai variabel reduksi Gauss (K) berlaku sebagai faktor frekuensi dalam perhitungan hujan kala ulang seperti yang disajikan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0

Lanjutan Tabel 3.2 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

Sumber: Soewarno (1995)

Berikut adalah persamaan hujan kala ulang T tahun dengan distribusi normal.

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

dengan:

X_T = Curah hujan kala ulang T tahun

K_T = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss)

δ = Standar deviasi

2. Distribusi Log Normal

Metode ini hampir sama dengan metode distribusi normal, perbedaannya pada metode distribusi log normal menggunakan nilai logaritma. Berikut adalah persamaan dalam perhitungan hujan kala ulang T tahun.

$$X_T = 10^{\log \bar{x} + K_T S} \quad (3.7)$$

3. Distribusi Gumbel

Perhitungan hujan kala ulang metode distribusi Gumbel dipengaruhi oleh tiga variabel di antaranya *reduced variable*, *reduced mean*, dan *reduced* standar deviasi. Korelasi antara variabel Y_n dan S_n dengan besar sampel (N) disajikan dalam Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Tabel Korelasi N dengan Y_n/S_n

N	Y_n	S_n	N	Y_n	S_n	N	Y_n	S_n
10	0,4952	0,9496	41	0,544	1,1436	72	0,56	1,187
11	0,4996	0,9676	42	0,545	1,1458	73	0,56	1,188
12	0,504	0,9833	43	0,545	1,148	74	0,56	1,189
13	0,5035	0,9971	44	0,546	1,1499	75	0,56	1,19
14	0,51	1,0095	45	0,546	1,1519	76	0,56	1,191
15	0,5128	1,0206	46	0,547	1,1538	77	0,56	1,192
16	0,5157	1,0316	47	0,547	1,1557	78	0,56	1,192
17	0,5181	1,0411	48	0,548	1,1574	79	0,56	1,193
18	0,5202	1,0493	49	0,548	1,159	80	0,56	1,194
19	0,522	1,0565	50	0,549	1,1607	81	0,56	1,195
20	0,5236	1,0628	51	0,549	1,1623	82	0,57	1,195
21	0,5252	1,0696	52	0,549	1,1638	83	0,56	1,196
22	0,5268	1,0754	53	0,55	1,1658	84	0,56	1,197
23	0,5283	1,0811	54	0,55	1,1667	85	0,56	1,197
24	0,5296	1,0864	55	0,55	1,1181	86	0,56	1,199
25	0,5309	1,0915	56	0,551	1,1696	87	0,56	1,199
26	0,532	1,0861	57	0,551	1,1708	88	0,56	1,199
27	0,5332	1,1004	58	0,552	1,1721	89	0,56	1,2
28	0,5343	1,1047	59	0,552	1,1734	92	0,56	1,202
29	0,5353	1,1086	60	0,552	1,1747	93	0,56	1,203
30	0,5362	1,1124	61	0,553	1,1759	94	0,56	1,203
31	0,5371	1,1159	62	0,553	1,177	95	0,99	1,204
32	0,538	1,1193	63	0,553	1,1782	96	0,56	1,204
33	0,5388	1,1226	64	0,554	1,1793	97	0,56	1,205
34	0,5396	1,1255	65	0,554	1,1803	98	0,56	1,206
35	0,5402	1,1287	66	0,554	1,1814	99	0,56	1,206
36	0,541	1,1313	67	0,554	1,1824	100	0,56	1,207
37	0,5418	1,1339	68	0,555	1,1834			
38	0,5424	1,1363	69	0,555	1,1844			
39	0,543	1,1388	70	0,555	1,1854			
40	0,5436	1,1413	71	0,552	1,1854			

Sumber: Suripin (2004)

Hubungan kala ulang dengan variabel *reduced variable* (Y_t) disajikan dalam Tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4 Tabel Korelasi Kala Ulang dan Y_t

Kala Ulang	Y_t
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

Sumber: Suripin (2004)

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung hujan kala ulang T tahun metode distribusi Gumbel.

$$X_T = \bar{X} + \frac{\delta}{S_n} (Y_t - Y_n) \quad (3.8)$$

dengan:

X_T = Curah hujan kala ulang T tahun (mm)

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata (mm)

δ = Standar deviasi

S_n = *Reduced* standar deviasi

Y_T = *Reduced variable*

Y_n = *Reduced mean*

4. Distribusi Log Pearson III

Metode distribusi Log Pearson menggunakan nilai logaritma. Dalam perhitungan hujan kala ulang T tahun dipengaruhi oleh nilai K_T distribusi Log Pearson III. Nilai K_T untuk jenis distribusi ini disajikan dalam Tabel 3.5 dan 3.6.

Tabel 3.5 Tabel Nilai K_T Kala Ulang T Tahun untuk nilai C_s Negatif

Kemencengan (C_s)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
-0,1	0,017	0,836	1,270	2,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668
-0,1	0,017	0,836	1,270	2,761	2,000	2,252	2,482	3,950

Sumber: Soemarto (1999)

Tabel 3.6 Tabel Nilai K_T Kala Ulang T Tahun untuk nilai C_s Positif

Kemencengan (C_s)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,595
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,580
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670	3,501
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576	3,090

Sumber: Soemarto (1999)

Adapun persamaan yang digunakan dalam menghitung hujan kala ulang T tahun metode distribusi Log Pearson III.

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times \delta \quad (3.9)$$

$$X_T = \text{arc log } Y_T \quad (3.10)$$

dengan:

Y_T = $\log x$ = Nilai logaritmik x dengan kala ulang T tahun

X_T = Curah hujan kala ulang T tahun

K_T = Faktor frekuensi

δ = Standar deviasi

3.2.5 Analisis Debit Drainase

Dalam menentukan dimensi saluran diperlukan data debit saluran drainase pada tiap saluran agar didapat kebutuhan dimensi saluran yang tepat dan hemat biaya.

1. Perhitungan Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir saluran. Perhitungan waktu konsentrasi dijelaskan dalam rumus Kirpich berikut.

Adapun perhitungan waktu konsentrasi yang menggunakan persamaan metode *Australian rainfall-runoff* seperti yang ditunjukkan pada persamaan 3.12 berikut.

$$t_c = 0,76 \times A^{0,38} \quad (3.11)$$

dengan:

A = Luas limpasan (m^2)

2. Analisis Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan adalah laju hujan yang dinyatakan dalam satuan tinggi hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas, lama hujan, dan frekuensi hujan umumnya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF). Diperlukan data hujan jangka pendek untuk membentuk lengkung IDF. Besarnya intensitas hujan dapat dihitung dengan menggunakan beberapa persamaan, di antaranya:

a. Persamaan Mononobe

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (3.12)$$

dengan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

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

Berdasarkan hasil analisis curah hujan rencana kala ulang dilakukan perhitungan intensitas hujan pada tiap-tiap saluran

b. Persamaan Hasper

Besarnya curah hujan (r) dalam satuan mm untuk durasi hujan tertentu ($t = t_c$) dalam satuan jam dan data hujan harian maksimum (R_{24}) dalam satuan mm dirumuskan sebagai berikut.

a) Untuk $t < 2$ jam

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t - 1 - 0,0008 \times (260 - R_{24}) \times (2 - t)^2} \quad (3.13)$$

b) Untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t + 1} \quad (3.14)$$

Besarnya intensitas hujan (I) ditentukan berdasarkan hubungan antara curah hujan (r) dalam satuan mm dan waktu konsentrasi (t_c) dalam satuan jam dirumuskan sebagai berikut.

$$I = \frac{r}{3,6 \times t} \quad (3.15)$$

3. Perhitungan Koefisien Limpasan Gabungan (C)

Untuk menghitung nilai hujan periode ulang harus diketahui koefisien limpasan untuk daerah/lokasi proyek yang ditinjau. Koefisien limpasan didefinisikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Pemilihan atau perkiraan nilai C secara tepat sulit dilakukan, karena koefisien limpasan bergantung dari:

a. Kehilangan air akibat infiltrasi, penguapan, dan tampungan permukaan.

b. Intensitas dan durasi hujan

Dalam perhitungan drainase permukaan, penentuan nilai c dilakukan melalui pendekatan yaitu berdasarkan karakter permukaan. Sebagai contoh dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Kenyataan di lapangan sangat sulit menemukan daerah pengaliran yang homogen. Dalam kondisi demikian, maka nilai C dihitung dengan rumus berikut.

$$C = C_{gabungan} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \times A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.16)$$

dengan:

c_i = koefisien limpasan lahan i

A_i = luas limpasan lahan i

Tabel 3.7 Tabel Koefisien Limpasan (c)

Deskripsi Lahan	Koefisien Limpasan (c)
Bisnis	
1. Perkotaan	0,70 - 0,95
2. Pinggiran	0,50 - 0,70
Atap	0,75 - 0,95
Halaman kereta api	0,10 - 0,35
Perumahan	
1. Rumah Tinggal	0,30 - 0,50
2. Multiunit, terpisah	0,40 - 0,60
3. Multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
4. Perkampungan	0,25 - 0,40
5. Apartemen	0,50 - 0,70
Industri	
1. Ringan	0,50 - 0,80
2. Berat	0,60 - 0,90

Sumber: Suripin (2004)

Lanjutan Tabel 3.7 Tabel Koefisien Limpasan (c)

Deskripsi Lahan	Koefisien Limpasan (c)
Perkerasan	
1. Aspal dan beton	0,70 - 0,95
2. Batu-bata, paving	0,50 - 0,70
Taman, pekuburan	0,10 - 0,25
Hutan	
1. Datar, 0-5%	0,10 - 0,40
2. Bergelombang, 5-10 %	0,25 - 0,50
3. Berbukit, 10-30 %	0,30 - 0,60

Sumber: Suripin (2004)

4. Perhitungan Debit Rencana ($Q_{rencana}$)

Debit rencana untuk daerah perkotaan umumnya dikehendaki pembuangan air yang secepatnya agar tidak ada genangan air. Metode ini digunakan untuk daerah yang luas pengalirannya kurang dari 300 ha (Goldman et.al., 1986). Perhitungan debit rencana metode rasional dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$Q_{rencana} = 0,278 \times C \times I \times A \quad (3.17)$$

dengan:

$Q_{rencana}$ = Debit yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas durasi dan frekuensi tertentu (m^3/s)

C = Koefisien limpasan gabungan

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (km^2)

3.3 Aspek Hidrolika

3.3.1 Umum

Aliran dalam saluran terbuka atau saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas. Permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Jika pada aliran tidak terdapat permukaan

bebas dan aliran dalam saluran penuh, maka aliran yang terjadi disebut aliran dalam pipa. Aliran dalam pipa tidak mempunyai tekanan atmosfer.

3.3.2 Aliran Air pada Saluran Terbuka

Aliran permukaan bebas dapat diklasifikasikan menjadi tipe tergantung kriteria yang digunakan. Berdasarkan perubahan kedalaman dan atau kecepatan mengikuti fungsi waktu, maka aliran dibedakan menjadi aliran permanen (*steady flow*) dan aliran tidak permanen (*unsteady flow*).

1. Aliran Permanen (*steady flow*)

Jika kedalaman aliran pada suatu titik tidak berubah terhadap waktu, maka aliran tersebut merupakan aliran permanen atau tunak (*steady flow*).

a. Aliran Tunak Seragam (*steady uniform flow*)

Jika kecepatan aliran pada suatu waktu tidak berubah sepanjang waktu yang ditinjau disebut aliran seragam.

b. Aliran Berubah (*varied flow*)

Jika kedalaman aliran berubah sepanjang saluran yang ditinjau disebut aliran berubah.

2. Aliran Tidak Permanen (*unsteady flow*)

Jika kedalaman aliran pada suatu titik berubah terhadap waktu, maka aliran tersebut merupakan aliran tidak permanen atau tunak (*unsteady flow*).

a. Aliran Tunak Seragam (*unsteady uniform flow*)

Aliran saluran terbuka dimana alirannya mempunyai permukaan yang berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dengan dasar saluran.

b. Aliran Berubah (*varied flow*)

Aliran saluran terbuka dimana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang.

3.3.3 Kapasitas Saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran, diasumsikan bahwa aliran yang terjadi pada setiap saluran adalah aliran seragam. Parameter dalam perencanaan saluran yaitu dimensi saluran, faktor kekasaran, dan kemiringan saluran. Parameter kekasaran merupakan faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan aliran dalam saluran dan dipengaruhi oleh bahan perkerasan (*lining*) pada saluran atau bangunan

hidrolis lainnya. Parameter kekasaran saluran yang dipakai dalam perencanaan ini adalah menggunakan faktor koefisien Manning (n) yang disajikan dalam Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Tabel Koefisien Kekasaran Manning

Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,01
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,03
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,04
Saluran pada galian batu padas	0,04

Sumber: Bambang Triatmodjo (1993)

Perencanaan untuk aliran seragam dilakukan dengan rumus Manning di bawah ini.

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.19)$$

$$Q_{aliran} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A \quad (3.20)$$

dengan:

Q_{aliran} = Debit aliran

A = Luas penampang saluran

R = Jari-jari hidrolis

P = Keliling basah saluran

v = Kecepatan aliran

n = Koefisien kekasaran Manning

S = Kemiringan dasar saluran

Salah satu komponen yang menentukan kapasitas saluran adalah menentukan kedalaman saluran. Kedalaman saluran terdiri atas kedalaman aliran dan tinggi

jagaan (w). Tinggi jagaan dipengaruhi oleh besarnya debit yang ditampung dan bahan penyusun saluran tersebut. Hal ini ditunjukkan dalam Tabel 3.9 berikut ini.

Tabel 3.9 Tinggi Jagaan (w) untuk Saluran Pasangan

Debit	Pasangan
(m^3/s)	(m)
< 0,5	0,2
0,5 - 1,5	0,2
1,5 - 5,0	0,25
0,5 - 10	0,3
0,5 - 10,0	0,4
> 15	0,5

Sumber: Kriteria Perencanaan-03 Saluran Irigasi

3.4 Kriteria Desain Drainase

Kriteria perencanaan sistem drainase kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group adalah pengaliran secara gravitasi dan sedapat mungkin mengalirkan sesuai kondisi sebelum adanya kawasan pabrik dengan hilir saluran berada di saluran drainase Jalan Raya Sekapuk Km 32 di sebelah selatan lokasi yang ditinjau.

3.4.1. Data Teknis

1. Data spasial yang meliputi peta lokasi yang ditinjau untuk perencanaan serta sistem jaringan jalan yang ada, peta tata guna lahan, dan peta topografi.
2. Data hidrologi mencakup data hujan minimal sepuluh tahun terakhir dengan minimal 1 (satu) stasiun pengamatan, debit banjir rancangan dan tinggi muka air saluran.
3. Data hidrolika meliputi kecepatan saluran, data geometri, dimensi serta jenis perkerasan saluran dan bangunan pelengkap lainnya.

3.4.2. Kriteria Perencanaan Hidrologi

Adapun kriteria perencanaan hidrologi adalah sebagai berikut.

1. Hujan Rencana

Langkah pertama perhitungan hujan rencana adalah dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian dengan durasi pengamatan minimal 10 (sepuluh) tahun terakhir dari minimal 1(satu) stasiun pengamatan. Hal ini bertujuan untuk

menentukan metode distribusi untuk analisis curah hujan rencana kala ulang 1 setelah dilakukan uji kecocokan distribusi kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Metode distribusi tersebut di antaranya adalah metode Gumbel, Log Normal, atau Log Pearson tipe III. Berdasarkan curah hujan kala ulang, dilakukan perhitungan intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe dan Hasper sebagai perbandingan.

2. Debit Drainase

Debit drainase dihitung dengan menggunakan metode rasional. Agar dapat menghitung debit drainase diperlukan parameter-parameter di antaranya koefisien limpasan (C), intensitas curah hujan (I), dan luas daerah tangkapan (A). Koefisien limpasan (C) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan.

3. Perencanaan Jaringan Drainase

Berdasarkan peta situasi dan topografi dilakukan perencanaan jaringan drainase yang bertujuan untuk perhitungan debit kumulatif. Perencanaan meliputi klasifikasi hierarki saluran dan dirancang dengan memanfaatkan kontur tanah.

3.4.3 Kriteria Perencanaan Hidrolika

Adapun kriteria perencanaan hidrolika adalah sebagai berikut.

1. Tinjauan Kondisi Eksisting

Langkah ini bertujuan untuk meninjau kapasitas saluran berdasarkan data saluran eksisting. Jika saluran eksisting masih mampu menampung debit drainase, maka tidak perlu dilakukan perubahan dimensi saluran. Adapun kondisi ini merupakan situasi pengembangan wilayah kompleks industri sehingga perlu adanya perencanaan dimensi saluran baru.

2. Menentukan Tipe Saluran

Perencanaan hidrolika meliputi komponen sistem drainase permukaan dengan saluran terbuka. Perencanaan hidrolika saluran diawali dengan menentukan bentuk saluran drainase. Dalam perhitungan kecepatan saluran dipengaruhi oleh koefisien kekasaran dinding saluran berdasarkan jenis bahan perkerasan saluran yang dipilih. Dalam perencanaan sistem drainase kawasan Pabrik Pupuk PT.

Polowijo Gosari Group menggunakan saluran berbentuk segi empat dengan bahan penyusun berupa beton pracetak model *U-Ditch*.

3. Menentukan Dimensi Saluran

Dalam menentukan dimensi saluran dilakukan metode *trial and error* dengan mencoba beberapa lebar saluran berdasarkan debit rencana. Dengan adanya data debit rencana dan lebar saluran, maka dapat dilakukan perhitungan kedalaman aliran. Hasil perhitungan kedalaman aliran dan tinggi jagaan yang digunakan dijadikan dasar untuk menentukan kedalaman saluran. Dimensi saluran yang digunakan hendaknya memperhatikan kecepatan aliran. Hal ini bertujuan untuk menghindari gerusan pada dinding saluran apabila kecepatan aliran terlalu tinggi dan endapan apabila kecepatan aliran terlalu rendah.

4. Cek Kapasitas Saluran

Setelah didapat dimensi saluran, perlu dilakukan pengecekan kapasitas saluran apakah saluran yang direncanakan dapat menampung debit rencana. Dimensi saluran rencana dapat dikatakan aman digunakan apabila debit saluran ($Q_{saluran}$) lebih besar dari debit rencana ($Q_{rencana}$).

BAB IV METODOLOGI

4.1 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari beberapa kajian literatur yang berhubungan dengan perencanaan yang dilakukan. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh landasan teoritis mengenai perencanaan yang dilakukan serta dapat digunakan sebagai pedoman yang relevan dengan perencanaan yang dilakukan.

4.2 Pengumpulan Data

Perencanaan sistem drainase pada pengembangan kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group dimulai dengan survei lapangan untuk mengetahui serta memahami kondisi lokasi studi dan identifikasi permasalahan awal yang diperoleh di lapangan. Survei lapangan dilakukan guna memperkirakan dimensi bangunan dan saluran drainase dengan mengetahui batas-batas wilayah lokasi yang ditinjau dan saluran drainase lain yang memungkinkan untuk dijadikan *inlet*. Instrumen yang digunakan dalam tahap ini adalah peta topografi, dan foto udara dengan bantuan aplikasi *Google Earth*.

Kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data sekunder. Data yang diperlukan untuk perencanaan ini adalah data curah hujan harian pada stasiun hujan Djuanda selama 10 tahun, dan peta situasi pengembangan kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group untuk pembagian daerah aliran serta data saluran eksisting untuk analisis kapasitas saluran yang bersumber dari PT. Polowijo Gosari Group.

4.3 Pengolahan Data dan Analisis

4.3.1 Pengolahan Data dan Analisis Hidrologi

Berdasarkan data curah hujan harian yang diperoleh, dilakukan analisis frekuensi. Analisis ini bertujuan untuk menentukan metode distribusi yang digunakan dalam analisis curah hujan rencana kala ulang.

Berdasarkan data spasial berupa peta situasi, topografi, dan tata guna lahan dilakukan pembagian daerah aliran dan luas daerah tangkapan yang bertujuan untuk perhitungan waktu konsentrasi saluran (t_c), koefisien limpasan gabungan (C), dan intensitas hujan (I) berdasarkan peta tata guna lahan.

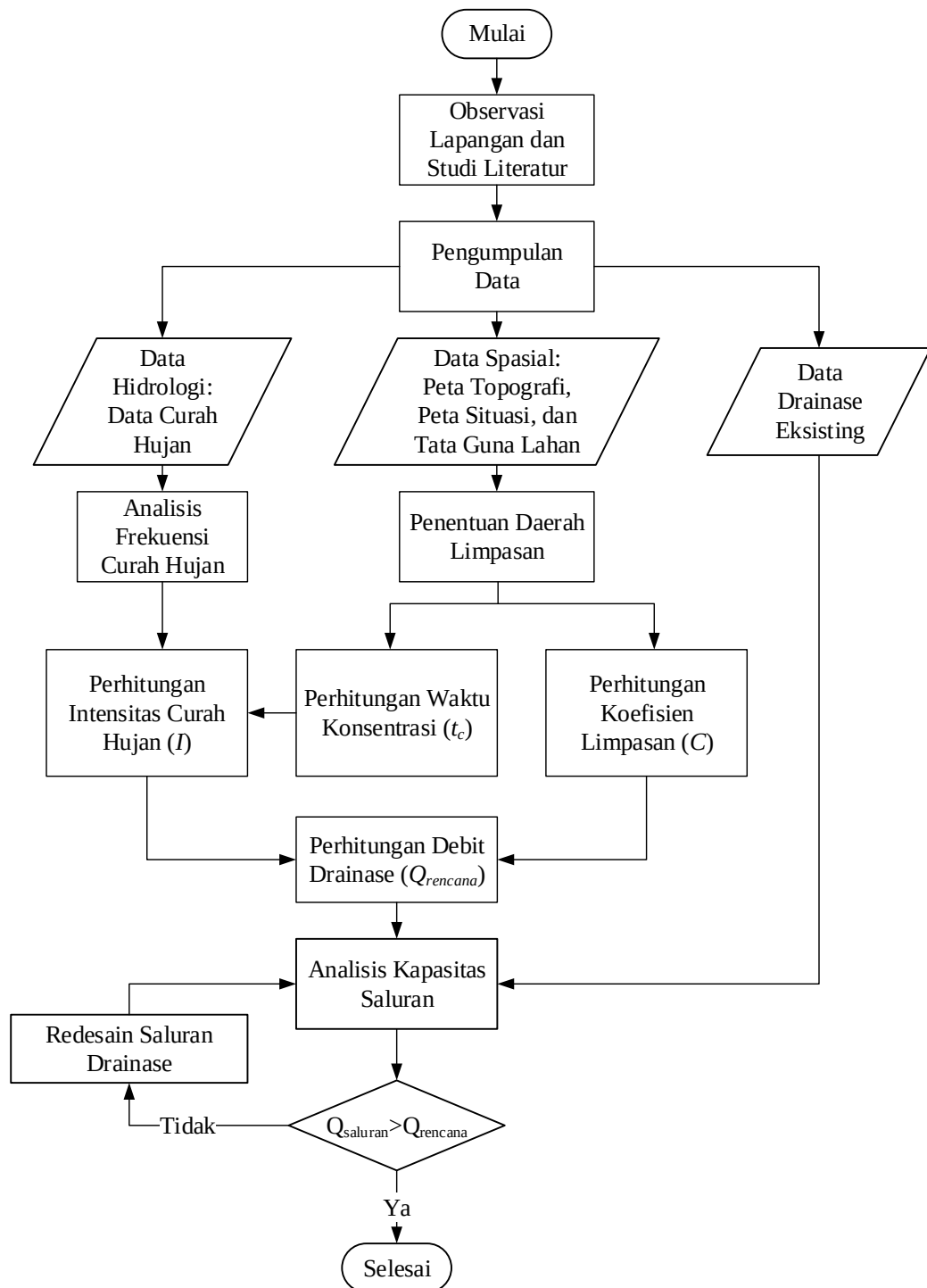
Setelah variabel koefisien limpasan, intensitas hujan, dan luas daerah tangkapan diperoleh, dilakukan perhitungan debit rencana ($Q_{rencana}$).

4.3.2 Pengolahan Data dan Analisis Hidrolika

Adapun pengolahan data dan analisis hidrolika berupa analisis kapasitas saluran eksisting terhadap debit rencana ($Q_{rencana}$). Jika dimensi saluran eksisting masih mampu menampung debit rencana ($Q_{rencana}$), maka tidak perlu dilakukan perubahan dimensi. Adapun kondisi ini merupakan situasi pengembangan wilayah kompleks industri sehingga perlu adanya perencanaan dimensi saluran baru.

4.4 Bagan Alir Perencanaan

Berikut adalah tahap-tahap perencanaan sistem drainase pada pengembangan PT. Polowijo Gosari Group yang dibuat dalam bentuk diagram bagan alir seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan Alir Perencanaan

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Letak dan Luas Wilayah

Lokasi perencanaan berada di Jalan Raya Sekapuk Km 32, Wadeng, Kecamatan Sidayu, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Secara geografis kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group berada pada koordinat 6°57'52.69" LS dan 112°30'51.99" BT. Luas total wilayah kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group adalah sebesar 19,56 Ha dengan keadaan permukaan tanah yang cukup datar.

5.2. Kondisi Topografi

Secara umum bentuk topografinya berupa lahan datar. Perbedaan elevasi di wilayah ini adalah ± 1 m. Perbedaan elevasi ini bisa membantu dalam perancangan saluran drainase karena air yang jatuh pada kawasan pabrik dapat cepat mengalir keluar. Terdapat saluran jalan raya di bagian selatan kawasan pabrik, yaitu di tepi Jalan Raya Sekapuk Km 32, Wadeng, Kecamatan Sidayu, Kabupaten Gresik, Jawa Timur, yang berfungsi sebagai *outlet*.

5.3. Analisis Data Hujan

5.1.1 Distribusi Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir perencanaan drainase kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group adalah data curah hujan harian maksimum tahunan dalam 10 tahun, yaitu data hujan harian maksimum tahun 2011 sampai tahun 2020 dari Stasiun Meteorologi Juanda.

Tabel 5.1 Tabel Data Curah Hujan Maksimum

Tahun	Bulan												Maks
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	
2011	40,6	51,6	66	100,8	53,2	28,3	23,7	0	0	5,2	80,6	69,1	100,8
2012	44,5	34,5	37,4	45	55,3	0	0	0	1,1	33,4	62,1	90,4	90,4
2013	0	0	0	0	0	30	37,6	0,6	0,2	3,4	89,4	75,5	89,4
2014	91,9	49,1	82,1	81	27,8	125,5	23	0	0	0	37	66,6	125,5
2015	61,2	65	59	46,3	33,9	0	1,6	13,8	0	0	26,5	57,5	65
2016	32,4	83,4	39,5	56,5	78,6	46,2	69	58,4	67	87,5	30,7	62,5	87,5
2017	54,5	68,9	82,5	74,8	44,6	38,3	29,3	0	0,3	81,3	81,3	106,5	106,5
2018	64,3	70,1	78	88,5	0,1	56,5	0	0	19,5	0	53,9	59,5	88,5
2019	129	156,6	58	74,5	25,8	0	0,8	0	0	0	24,9	54	156,6
2020	49,2	127,7	50,2	78,3	84	18	2	17	0	27,5	60,5	109	127,7

(Sumber: Stasiun Meteorologi Juanda)

Dalam menentukan besarnya kejadian hujan berdasarkan kala ulang tertentu diperlukan analisis frekuensi. Analisis frekuensi dibutuhkan dalam menentukan tipe distribusi yang digunakan berdasarkan parameter statistik. Berikut adalah tabel perhitungan parameter statistik data curah hujan maksimum 10 tahun.

Tabel 5.2 Perhitungan Parameter Statistik

No	Tahun	xi	$(xi-x)^2$	$(xi-x)^3$	$(xi-x)^4$
1	2011	100,800	8,940	-26,731	79,925
2	2012	90,400	179,292	-2400,721	32145,657
3	2013	89,400	207,072	-2979,768	42878,855
4	2014	125,500	471,324	10232,446	222146,407
5	2015	65,000	1504,664	-58365,920	2264014,054
6	2016	87,500	265,364	-4322,781	70418,106
7	2017	106,500	7,344	19,903	53,936
8	2018	88,500	233,784	-3574,559	54655,005
9	2019	156,600	2788,896	147281,603	7777941,457
10	2020	127,700	571,688	13669,062	326827,284
Jumlah		1037,900	6238,369	99532,534	10791160,685

Parameter statistik yang diperoleh berdasarkan tabel di atas adalah sebagai berikut.

1. Nilai Rata-rata ($\bar{x}$)

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \\ &= \frac{1037,900}{10} \\ &= 103,790\end{aligned}$$

2. Standar Deviasi (δ)

$$\begin{aligned}\delta &= \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{6238,369}{9}} \\ &= 26,328\end{aligned}$$

3. Koefisien Variasi (C_v)

$$\begin{aligned}C_v &= \frac{\delta}{\bar{x}} \\ &= \frac{26,328}{103,790} \\ &= 0,254\end{aligned}$$

4. Koefisien Kemencengan (C_s)

$$\begin{aligned}C_s &= \left(\frac{N}{(N-1)(N-2)} \right) \times \left(\frac{\sum \log(x_i - \bar{x})^3}{\delta^3} \right) \\ C_s &= \left(\frac{10}{(10-1)(10-2)} \right) \times \left(\frac{99532,534}{26,328^3} \right) \\ C_s &= 0,758\end{aligned}$$

5. Koefisien Kurtosis (C_k)

$$\begin{aligned}C_k &= \left(\frac{N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)} \right) \times \left(\frac{\sum \log(x_i - \bar{x})^4}{\delta^4} \right) \\ C_k &= \left(\frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3)} \right) \times \left(\frac{10791160,685}{26,328^4} \right) \\ C_k &= 4,456\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai-nilai parameter statistik di atas, dapat ditentukan jenis distribusi yang sesuai dengan menggunakan Tabel 3.1.

Tabel 5.3 Identifikasi Jenis Distribusi

No	Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Normal	$C_s=0,00$ $C_k=3,00$	0,758 4,456	Tidak memenuhi
2	Log Normal	$3C_v+C_v^2=C_s$ $C_v^8+6C_v^6+15C_v^4+16C_v^2+3=C_k$	$0,8253 \neq 0,758$ $4,0932 \neq 4,456$	Tidak memenuhi
3	Gumbel	$C_s=1,396$ $C_k=5,4002$	$0,758 \neq 1,396$ $4,456 \neq 5,40$	Tidak memenuhi
4	Log Pearson III	Selain nilai di atas	$C_s=0,758$ $C_k=4,456$	Memenuhi

Berdasarkan hasil yang tertera pada Tabel 5.3 jenis distribusi yang memenuhi syarat adalah distribusi Log Pearson III.

5.1.2 Analisis Hujan Kala Ulang Metode Log Pearson III

Kala ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui.

Metode distribusi Log Pearson menggunakan nilai logaritma. Dalam perhitungan hujan kala ulang T tahun dipengaruhi oleh nilai K_T distribusi Log Pearson III. Pada tipe distribusi ini menggunakan parameter statistik skala log sehingga hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Perhitungan Parameter Statistik Skala Log

No	Tahun	x_i	$\log x_i$	$\log(x_i - \bar{x})$	$\log(x_i - \bar{x})^2$	$\log(x_i - \bar{x})^3$	$\log(x_i - \bar{x})^4$	$x_i - \bar{x}$
1	2011	100,800	2,003	-0,001	0,000	0,000	0,000	-2,990
2	2012	90,400	1,956	-0,048	0,002	0,000	0,000	-13,390
3	2013	89,400	1,951	-0,053	0,003	0,000	0,000	-14,390
4	2014	125,500	2,099	0,095	0,009	0,001	0,000	21,710
5	2015	65,000	1,813	-0,191	0,037	-0,007	0,001	-38,790
6	2016	87,500	1,942	-0,062	0,004	0,000	0,000	-16,290
7	2017	106,500	2,027	0,023	0,001	0,000	0,000	2,710

Lanjutan Tabel 5.4 Perhitungan Parameter Statistik Skala Log

No	Tahun	x_i	$\log x_i$	$\log(x_i - x)$	$\log(x_i - x)^2$	$\log(x_i - x)^3$	$\log(x_i - x)^4$	$x_i - x$
8	2018	88,500	1,947	-0,057	0,003	0,000	0,000	-15,290
9	2019	156,600	2,195	0,191	0,036	0,007	0,001	52,810
10	2020	127,700	2,106	0,102	0,010	0,001	0,000	23,910
Jumlah		1037,900	20,040	0,000	0,105	0,001	0,003	0,000

Parameter statistik yang diperoleh berdasarkan tabel di atas adalah sebagai berikut.

1. Nilai Rata-rata ($\bar{x}$)

$$\begin{aligned}
 \bar{x} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \\
 &= \frac{20,040}{10} \\
 &= 2,004
 \end{aligned}$$

2. Standar Deviasi (δ)

$$\begin{aligned}
 \delta &= \sqrt{\frac{\sum \log(x_i - x)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,105}{9}} \\
 &= 0,108
 \end{aligned}$$

3. Koefisien Variasi (C_v)

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{\delta}{\bar{x}} \\
 &= \frac{0,108}{2,004} \\
 &= 0,054
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai C_s sebesar 0,135 yang merupakan nilai positif maka menggunakan Tabel 5.5 untuk mencari nilai K_T .

Tabel 5.5 Tabel Nilai K_T Kala Ulang T Tahun untuk nilai C_s Positif

Kemencengan (C_s)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,595
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,580
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670	3,501
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576	3,090

Oleh karena nilai C_s berada di antara nilai 0,1 dan 0,2, maka perlu dilakukan interpolasi untuk menentukan nilai K_T . Berikut contoh perhitungan curah hujan rencana kala ulang 2 tahun.

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,135 \\
 C_{s1} \text{ sebagai batas atas} &= 0,2 \\
 C_{s2} \text{ sebagai batas bawah} &= 0,1 \\
 K \text{ untuk } C_s = 0,2 &= -0,033 \\
 K \text{ untuk } C_s = 0,1 &= -0,017 \\
 K &= \left(\frac{(0,135-0,1) \times (-0,033+0,017)}{0,1} \right) - 0,017 \\
 &= \left(\frac{(0,035) \times (-0,016)}{0,1} \right) - 0,017 \\
 &= -0,0226 \approx -0,023
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil interpolasi untuk nilai C_s sebesar 0,135 dengan curah hujan kala ulang 2 tahun diperoleh nilai K_2 sebesar -0,023. Setelah diperoleh nilai K_T dapat dilakukan perhitungan curah hujan kala ulang 2 tahun dengan menggunakan persamaan berikut.

Diketahui:

$$\bar{Y} = \log \bar{x} = 2,004$$

$$K_2 = -0,023$$

$$\delta = \text{Simpangan baku} = 0,108$$

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times \delta$$

$$X_T = \text{arc log } Y_T$$

$$= \text{arc log}(2,002)$$

$$= 100,356 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan curah hujan kala ulang ditunjukkan pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Perhitungan Curah Hujan Kala Ulang

Tahun	C_{s1}	C_{s2}	K (Interpolasi)	$\text{Log } X$	$S.\text{Log}$	$\text{Log } X_T$	$X_T \text{ (mm)}$
	0,2	0,1					
2	-0,033	-0,017	-0,023	2,004	0,108	2,002	100,356
5	0,83	0,836	0,834			2,094	124,183
10	1,301	1,292	1,295			2,144	139,278

5.4 Redesain Saluran Drainase

Kawasan ini terdiri atas sarana transportasi berupa jalan, gedung-gedung pabrik, blok perkantoran, lapangan parkir kendaraan berat, gudang bahan baku, serta fasilitas lain untuk karyawan dan tamu. Pada awal perencanaan wilayah yang dijadikan tutupan lahan (*building coverage*) sebesar 30% lalu dikembangkan menjadi 60%. Kawasan vegetasi alami tidak lagi mampu menyerap air secara optimal sehingga memicu peningkatan debit aliran limpasan langsung di musim penghujan.

Dalam perkembangan dan perluasan suatu kawasan pabrik, perubahan tata guna lahan tidak bisa dihindari. Porsi lahan yang digunakan sebagai daerah resapan air akan berkurang sehingga menimbulkan risiko terjadinya genangan di wilayah tersebut. Sistem drainase yang mengalami kegagalan dapat mengganggu aktivitas yang ada di kawasan pabrik tersebut. Oleh karena itu perlu dicermati kebutuhan akan pengelolaan drainase agar didapat sistem drainase yang efektif dan efisien serta menjaga kawasan pabrik tidak terjadi genangan di waktu yang akan datang.

Lay out eksisting kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tata guna lahan menjadi alasan dilakukannya redesain pada saluran drainase untuk mengelola sistem drainase terbaru berdasarkan perubahan tata guna lahan. *Lay out* baru kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group dapat dilihat pada Lampiran 7.

Dalam redesain saluran drainase dibutuhkan beberapa data penting di antaranya peta situasi terbaru, data topografi, serta tata guna lahan. Redesain sistem drainase kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group menggunakan sistem gravitasi yang akan dialirkan ke badan air terdekat berupa saluran drainase yang terletak di Jalan Raya Sekapuk Km 32 yang merupakan jalan nasional yang terletak di selatan kawasan pabrik.

Untuk memudahkan proses redesain perlu dilakukan perencanaan skema jaringan drainase, yaitu memetakan saluran dan arah aliran sesuai prinsip hierarki saluran sampai dengan outlet dengan memanfaatkan kontur tanah atau jalan yang ada.

5.5. Penentuan Daerah Limpasan

Daerah limpasan merupakan daerah tempat aliran permukaan yang mengalir menuju badan air terdekat. Luas daerah limpasan dan batas-batas alirannya tergantung pada lokasi daerah limpasan dan daerah di sekeliling drainase. Dalam menentukan daerah limpasan dan batas-batas aliran, diperlukan skema jaringan drainase untuk memetakan daerah limpasan berdasarkan tata guna lahan. Adapun skema jaringan drainase dapat dilihat pada Lampiran 8.

Berdasarkan skema perencanaan jaringan drainase tiap-tiap saluran dibedakan dengan menggunakan warna tertentu berdasarkan hierarki saluran. Pada Lampiran 7 terdapat wilayah yang digunakan untuk perkerasan jalan beton dan lokasi pembangunan pabrik produksi pupuk yang termasuk dalam kategori industri ringan. Hasil pendataan luas daerah limpasan dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Luas Daerah Limpasan

No.	Kode Saluran	Tata Guna Lahan	Luas	Luas Total
			(m ²)	(m ²)
1	A1.A.1	Jalan	245,128	245,128
2	A1.A.2	Jalan	168,306	168,306
3	A1.B	Jalan	413,433	413,433
4	A2.A	Jalan	225,674	225,674
5	A2.B	Jalan	225,674	225,674
6	B1.A	Jalan	413,433	6.154,733
		Industri	5.741,30	
7	B1.B	Jalan	413,433	413,433
8	B2.A	Jalan	225,67	3.337,864
		Industri	3.112,190	
9	B2.B	Jalan	225,67	225,674
10	C.A	Jalan	224,732	224,732
11	C.B	Jalan	224,732	224,732
12	D.A	Jalan	209,947	209,947
13	D.B	Jalan	209,947	209,947
14	E1.A	Jalan	224,732	224,732
15	E1.B	Jalan	311,922	311,922
16	E2.A	Jalan	806,809	806,809
17	E2.B	Jalan	865,448	865,448
18	E3.A	Jalan	336,452	336,452

Lanjutan Tabel 5.7 Luas Daerah Limpasan

No.	Kode Saluran	Tata Guna Lahan	Luas	Luas Total
			(m ²)	(m ²)
19	E3.B	Jalan	336,452	336,452
20	E4.A	-	-	-
21	E4.B	-	-	-
22	F.A	Jalan	720,480	18.621,320
		Taman	17.900,840	
23	F.B	Jalan	495,748	495,748
		Industri		
24	G.A	Jalan	706,648	10.215,468
		Taman	9508,82	
25	G.B	Jalan	706,648	1.237,758
		Taman	531,11	
26	H1.A	Jalan	442,624	10.055,814
		Taman	9613,19	
27	H1.B	Jalan	442,624	442,624
28	H2.A	Jalan	587,480	10.273,320
		Industri	9685,84	
29	H2.B	Jalan	587,480	587,480
30	H3.A	Jalan	494,342	14.168,332
		Industri	13673,99	
31	H3.B	Jalan	494,342	494,342
32	H4.A	Jalan	473,404	6.005,374
		Industri	5531,97	
33	H4.B	Jalan	473,404	473,404
34	I.A	Jalan	556,997	2.727,747
		Industri	2.170,750	
35	I.B	Jalan	556,997	1.979,537
		Industri	1.422,540	

Lanjutan Tabel 5.7 Luas Daerah Limpasan

No.	Kode Saluran	Tata Guna Lahan	Luas	Luas Total
			(m ²)	(m ²)
36	J1.A	Jalan	406,560	12.988,500
		Industri	11.254,770	
		Taman	1.327,170	
37	J1.B	Jalan	406,560	2.445,940
		Industri	2.039,380	
38	J2.A	Jalan	514,760	10.374,220
		Industri	9.859,460	
39	J2.B	Jalan	514,760	514,760
40	J3.A	Jalan	406,560	12.020,550
		Industri	9.944,600	
		Taman	1.669,390	
41	J3.B	Jalan	406,560	406,560
		Industri	-	
42	K.A	Jalan	636,044	7.085,044
		Industri	5825,85	
		Taman	623,15	
43	K.B	Jalan	636,044	636,044
44	L.A	Jalan	379,590	4.686,790
		Industri	4307,2	
45	L.B	Jalan	209,400	209,400
46	M1.A	Jalan	311,430	1.490,620
		Industri	1179,19	
47	M1.B	Jalan	311,430	311,430
48	N1.A	Jalan	238,500	5.670,850
		Industri	5432,35	
49	N1.B	Jalan	238,500	238,500
50	M2	-		-
		-		
51	M3	Industri	6564,42	6.564,420
52	M4	Industri	5949,46	5.949,460

Lanjutan Tabel 5.7 Luas Daerah Limpasan

No.	Kode Saluran	Tata Guna Lahan	Luas	Luas Total
			(m ²)	(m ²)
53	M5	Industri	6180,02	6.180,020
54	N2	Industri	2231,7	2.231,700
55	N3	Industri	3945,88	3.945,880
56	N4	Industri	5837,08	5.837,080
57	N5	-		-

5.6. Perhitungan Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini ditentukan oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, serta jenis dan kondisi tanah.

Untuk menghitung debit saluran dengan metode rasional perlu diketahui koefisien limpasan untuk daerah/lokasi proyek yang ditinjau. Koefisien limpasan dari berbagai tata guna lahan bisa dilihat pada Tabel 3.7.

Contoh perhitungan koefisien aliran gabungan ditunjukkan pada saluran J3.A.

Diketahui:

Luas lahan tipe industri ringan = 406,560 m²

Luas lahan dengan jenis perkerasan beton = 11.254,770 m²

Luas lahan untuk taman = 1.327,170 m²

Luas total lahan = 406,560 + 11.254,770 + 1.327,170

= 12.020,550 m²

Nilai koefisien limpasan lahan (c) = 0,8

Nilai koefisien lahan perkerasan (c) = 0,95

Nilai koefisien lahan untuk taman (c) = 0,2

Koefisien limpasan gabungan (C) = $\frac{(0,8 \times 406,560) + (0,95 \times 11.254,770) + (0,2 \times 1.327,170)}{12.020,550}$

$$= 0,722$$

Hasil perhitungan limpasan pada masing-masing saluran dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Perhitungan Koefisien Limpasan Gabungan

No.	Kode Saluran	Tata Guna Lahan	Luas	Luas Total	Koefisien Limpasan	Koefisien Limpasan Pakai
			(m ²)	(m ²)	(C)	(C)
1	A1.A.1	Jalan	245,128	245,128	0,95	0,950
2	A1.A.2	Jalan	168,306	168,306	0,95	0,950
3	A1.B	Jalan	413,433	413,433	0,95	0,950
4	A2.A	Jalan	225,674	225,674	0,95	0,950
5	A2.B	Jalan	225,674	225,674	0,95	0,950
6	B1.A	Jalan	413,433	6.154,733	0,95	0,810
		Industri	5.741,30		0,8	
7	B1.B	Jalan	413,433	413,433	0,95	0,950
8	B2.A	Jalan	225,67	3.337,864	0,95	0,810
		Industri	3.112,190		0,8	
9	B2.B	Jalan	225,67	225,674	0,95	0,950
10	C.A	Jalan	224,732	224,732	0,95	0,950
11	C.B	Jalan	224,732	224,732	0,95	0,950
12	D.A	Jalan	209,947	209,947	0,95	0,950
13	D.B	Jalan	209,947	209,947	0,95	0,950
					0,8	
14	E1.A	Jalan	224,732	224,732	0,95	0,950

Lanjutan Tabel 5.8 Perhitungan Koefisien Limpasan Gabungan

No.	Kode Saluran	Tata Guna Lahan	Luas	Luas Total	Koefisien Limpasan	Koefisien Limpasan Pakai
			(m ²)	(m ²)	(C)	(C)
15	E1.B	Jalan	311,922	311,922	0,95	0,950
16	E2.A	Jalan	806,809	806,809	0,95	0,950
17	E2.B	Jalan	865,448	865,448	0,95	0,950
18	E3.A	Jalan	336,452	336,452	0,95	0,950
19	E3.B	Jalan	336,452	336,452	0,95	0,950
20	E4.A	-	-	-		-
21	E4.B	-	-	-		-
22	F.A	Jalan	720,480	18.621,320	0,95	0,229
		Taman	17.900,840		0,2	
23	F.B	Jalan	495,748	495,748	0,95	0,950
		Industri				
24	G.A	Jalan	706,648	10.215,468	0,95	0,252
		Taman	9508,82		0,2	
25	G.B	Jalan	706,648	8.793,498	0,95	0,776
		Taman	531,11		0,2	
		Industri	7555,74		0,8	
26	H1.A	Jalan	442,624	10.055,814	0,95	0,233
		Taman	9613,19		0,2	
27	H1.B	Jalan	442,624	442,624	0,95	0,950
28	H2.A	Jalan	587,480	10.273,320	0,95	0,809
		Industri	9685,84		0,8	
29	H2.B	Jalan	587,480	587,480	0,95	0,950
30	H3.A	Jalan	494,342	14.168,332	0,95	0,805
		Industri	13673,99		0,8	
31	H3.B	Jalan	494,342	494,342	0,95	0,950

Lanjutan Tabel 5.8 Perhitungan Koefisien Limpasan Gabungan

No.	Kode Saluran	Tata Guna Lahan	Luas	Luas Total	Koefisien Limpasan	Koefisien Limpasan Pakai
			(m ²)	(m ²)	(C)	(C)
32	H4.A	Jalan	473,404	6.005,374	0,95	0,812
		Industri	5531,97		0,8	
33	H4.B	Jalan	473,404	473,404	0,95	0,950
34	I.A	Jalan	556,997	2.727,747	0,95	0,831
		Industri	2.170,750		0,8	
35	I.B	Jalan	556,997	1.979,537	0,95	0,842
		Industri	1.422,540		0,8	
36	J1.A	Jalan	406,560	12.988,500	0,95	0,743
		Industri	11.254,770		0,8	
		Taman	1.327,170		0,2	
37	J1.B	Jalan	406,560	2.445,940	0,95	0,825
		Industri	2.039,380		0,8	
38	J2.A	Jalan	514,760	10.374,220	0,95	0,807
		Industri	9.859,460		0,8	
39	J2.B	Jalan	514,760	514,760	0,95	0,950
40	J3.A	Jalan	406,560	12.020,550	0,95	0,722
		Industri	9.944,600		0,8	
		Taman	1.669,390		0,2	
41	J3.B	Jalan	406,560	406,560	0,95	0,950
		Industri	-		0,8	
42	K.A	Jalan	636,044	7.085,044	0,95	0,761
		Industri	5825,85		0,8	
		Taman	623,15		0,2	
43	K.B	Jalan	636,044	636,044	0,95	0,950
44	L.A	Jalan	379,590	4.686,790	0,95	0,812
		Industri	4307,2		0,8	
45	L.B	Jalan	209,400	209,400	0,95	0,950
46	M1.A	Jalan	311,430	1.490,620	0,95	0,831
		Industri	1179,19		0,8	
47	M1.B	Jalan	311,430	311,430	0,95	0,950

Lanjutan Tabel 5.8 Perhitungan Koefisien Limpasan Gabungan

No.	Kode Saluran	Tata Guna Lahan	Luas	Luas Total	Koefisien Limpasan	Koefisien Limpasan Pakai
			(m ²)	(m ²)	(C)	(C)
48	N1.A	Jalan	238,500	5.670,850	0,95	0,806
		Industri	5432,35		0,8	
49	N1.B	Jalan	238,500	238,500	0,95	0,950
50	M2	-		-		-
51	M3	Industri	6564,42	6.564,420	0,8	0,800
52	M4	Industri	5949,46	5.949,460	0,8	0,800
53	M5	Industri	6180,02	6.180,020	0,8	0,800
54	N2	Industri	2231,7	2.231,700	0,8	0,800
55	N3	Industri	3945,88	3.945,880	0,8	0,800
56	N4	Industri	5837,08	5.837,080	0,8	0,800
57	N5	-		-		-

5.7. Perhitungan Debit Drainase ($Q_{rencana}$)

1. Perhitungan Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir saluran. Perhitungan waktu konsentrasi menggunakan metode *Australian rainfall-runoff* pada saluran A1.A.1.

Diketahui:

$$\begin{aligned}\text{Luas limpasan} &= 245,128 \text{ m}^2 \\ &= 0,000245 \text{ km}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_c &= 0,76 \times A^{0,38} \\ &= 0,76 \times 0,000245^{0,38}\end{aligned}$$

$$= 0,032 \text{ jam}$$

2. Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Intensitas hujan adalah laju hujan yang dinyatakan dalam satuan tinggi hujan per satuan waktu. Pada perencanaan ini digunakan data curah hujan kala ulang 10 tahun. Contoh perhitungan intensitas hujan pada saluran A1.A.1 dengan perbandingan rumus Mononobe dan rumus Hasper ditunjukkan pada persamaan di bawah ini.

a. Rumus Mononobe

Diketahui:

$$R_{24} = 139,278 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,032 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} I &= \left(\frac{R_{24}}{24} \right) \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \\ &= \left(\frac{139,278}{24} \right) \times \left(\frac{24}{0,032} \right)^{2/3} \\ &= 476,385 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan pada saluran lainnya dicantumkan dalam Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan (*I*) Rumus Mononobe

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (<i>L</i>)	Waktu Konsentrasi (<i>t_c</i>)	Intensitas Hujan (<i>I</i>)
		(m)	(jam)	(mm/jam)
1	A1.A.1	67,9	0,032	476,385
2	A1.A.2	48,56	0,028	523,993
3	A1.B	116,46	0,039	417,300
4	A2.A	63,57	0,031	486,470
5	A2.B	116,46	0,031	486,470
6	B1.A	116,46	0,110	210,542
7	B1.B	116,46	0,039	417,300
8	B2.A	63,57	0,087	245,844
9	B2.B	63,57	0,031	486,470
10	C.A	59,14	0,031	486,985
11	C.B	59,14	0,031	486,985
12	D.A	59,14	0,030	495,454
13	D.B	59,14	0,030	495,454
14	E1.A	59,14	0,031	486,985
15	E1.B	59,14	0,035	448,173
16	E2.A	103,52	0,051	352,281
17	E2.B	103,52	0,052	346,075
18	E3.A	88,54	0,036	439,660
19	E3.B	88,54	0,036	439,660
20	E4.A	72,59	-	-
21	E4.B	72,59	-	-
22	F.A	130,46	0,167	159,050
23	F.B	130,46	0,042	398,539
24	G.A	181	0,126	192,346
25	G.B	181	0,060	316,084
26	H1.A	116,48	0,132	185,920
27	H1.B	116,5	0,040	410,149
28	H2.A	154,6	0,133	184,914
29	H2.B	154,6	0,045	381,762
30	H3.A	130,1	0,151	170,452
31	H3.B	130,1	0,042	398,826
32	H4.A	174,46	0,109	211,856

Lanjutan Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan (*I*) Rumus Mononobe

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (L)	Waktu Konsentrasi (<i>t_c</i>)	Intensitas Hujan (<i>I</i>)
		(m)	(jam)	(mm/jam)
33	H4.B	174,46	403,223	8,602
34	I.A	118,16	258,742	15,491
35	I.B	101,04	280,635	13,958
36	J1.A	153,9	174,249	24,963
37	J1.B	153,9	265,990	14,955
38	J2.A	128,69	184,457	23,386
39	J2.B	128,69	394,758	8,855
40	J3.A	152,93	177,701	24,412
41	J3.B	85,17	419,076	8,157
42	K.A	125,5	203,166	20,876
43	K.B	125,5	374,157	9,527
44	L.A	126,53	225,588	18,389
45	L.B	126,53	495,781	6,456
46	M1.A	103,8	301,544	12,711
47	M1.B	103,8	448,352	7,429
48	N1.A	115,27	214,955	19,506
49	N1.B	115,27	479,704	6,761
50	M2	78,36	-	-
51	M3	101,87	207,132	20,398
52	M4	118,02	212,359	19,795
53	M5	72,05	210,323	20,026
54	N2	60,8	272,239	14,516
55	N3	91,66	235,639	17,424
56	N4	121,39	213,387	19,680
57	N5	244,98	-	-

b. Rumus Hasper

Diketahui:

$$R_{24} = 139,278 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,032 \text{ jam}$$

$$r = \frac{t \times R_{24}}{t - 1 - 0,0008 \times (260 - R_{24}) \times (2 - t)^2}$$

$$r = \frac{0,032 \times 139,278}{t - 1 - 0,0008 \times (260 - 139,278) \times (2 - 0,032)^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,827 \text{ mm} \\
 I &= \frac{t \times R_{24}}{t+1} \\
 &= \frac{0,032 \times 139,278}{0,032+1} \\
 &= 58,768 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan pada saluran lainnya dicantumkan dalam Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan (I) Rumus Hasper

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (L)	Waktu Konsentrasi (t_c)	Curah Hujan (r)	Intensitas Hujan (I)
		(m)	(jam)	(mm)	(mm/jam)
1	A1.A.1	67,9	0,032	6,827	58,768
2	A1.A.2	48,56	0,028	5,972	59,302
3	A1.B	116,46	0,039	8,205	57,908
4	A2.A	63,57	0,031	6,630	58,891
5	A2.B	116,46	0,031	6,630	58,891
6	B1.A	116,46	0,110	20,001	50,588
7	B1.B	116,46	0,039	8,205	57,908
8	B2.A	63,57	0,087	16,525	52,736
9	B2.B	63,57	0,031	6,630	58,891
10	C.A	59,14	0,031	6,620	58,897
11	C.B	59,14	0,031	6,620	58,897
12	D.A	59,14	0,030	6,462	58,996
13	D.B	59,14	0,030	6,462	58,996
14	E1.A	59,14	0,031	6,620	58,897
15	E1.B	59,14	0,035	7,433	58,389
16	E2.A	103,52	0,051	10,336	56,579
17	E2.B	103,52	0,052	10,586	56,424
18	E3.A	88,54	0,036	7,634	58,264
19	E3.B	88,54	0,036	7,634	58,264
20	E4.A	72,59	-	-	-
21	E4.B	72,59	-	-	-
22	F.A	130,46	0,167	27,640	45,900
23	F.B	130,46	0,042	8,741	57,574

Lanjutan Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan (*I*) Rumus Hasper

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (<i>L</i>)	Waktu Konsentrasi (<i>t_c</i>)	Curah Hujan (<i>r</i>)	Intensitas Hujan (<i>I</i>)
		(m)	(jam)	(mm)	(mm/jam)
24	G.A	181	0,133	23,281	48,569
25	G.B	181	0,126	22,272	49,189
26	H1.A	116,48	0,132	23,173	48,635
27	H1.B	116,5	0,040	8,403	57,784
28	H2.A	154,6	0,133	23,319	48,546
29	H2.B	154,6	0,045	9,270	57,244
30	H3.A	130,1	0,151	25,593	47,152
31	H3.B	130,1	0,042	8,732	57,579
32	H4.A	174,46	0,109	19,852	50,680
33	H4.B	174,46	0,041	8,602	57,660
34	I.A	118,16	0,081	15,491	53,377
35	I.B	101,04	0,071	13,958	54,327
36	J1.A	153,9	0,146	24,963	47,537
37	J1.B	153,9	0,077	14,955	53,709
38	J2.A	128,69	0,134	23,386	48,504
39	J2.B	128,69	0,043	8,855	57,502
40	J3.A	152,93	0,142	24,412	47,875
41	J3.B	85,17	0,039	8,157	57,938
42	K.A	125,5	0,116	20,876	50,049
43	K.B	125,5	0,046	9,527	57,083
44	L.A	126,53	0,099	18,389	51,583
45	L.B	126,53	0,030	6,456	59,000
46	M1.A	103,8	0,064	12,711	55,102
47	M1.B	103,8	0,035	7,429	58,392
48	N1.A	115,27	0,106	19,506	50,893
49	N1.B	115,27	0,032	6,761	58,809
50	M2	78,36	-	-	-
51	M3	101,87	0,113	20,398	50,343
52	M4	118,02	0,108	19,795	50,715
53	M5	72,05	0,110	20,026	50,572
54	N2	60,8	0,075	14,516	53,981
55	N3	91,66	0,093	17,424	52,179
56	N4	121,39	0,108	19,680	50,786
57	N5	244,98	-	-	-

3. Perhitungan Debit Drainase ($Q_{rencana}$)

Pada perhitungan debit drainase menggunakan metode rasional. Metode ini digunakan untuk daerah yang luas pengalirannya kurang dari 300 ha (Goldman et.al., 1986). Contoh perhitungan debit rencana pada saluran A1.A.1 dengan metode rasional dapat dilihat pada persamaan berikut.

a. Debit drainase dengan intensitas hujan rumus Mononobe

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Daerah Limpasan (A)} &= 245,128 \text{ m}^2 \\
 &= 0,000245 \text{ km}^2 \\
 \text{Koefisien Limpasan (C)} &= 0,95 \\
 \text{Intensitas Hujan (I)} &= 476,385 \text{ mm/jam} \\
 Q_{rencana} &= 0,278 \times C \times I \times A \\
 &= 0,278 \times 0,95 \times 476,385 \times 0,000245 \\
 &= 0,031 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Adapun hasil perhitungan debit drainase dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Perhitungan Debit Drainase Rumus Mononobe

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (<i>L</i>)	Luas Limpasan		Waktu Konsentrasi (<i>t_c</i>)	Intensitas Hujan (<i>I</i>)	Koefisien Limpasan Gabungan	<i>Q_{rencana}</i>
		(m)	(m ²)	(km ²)	(jam)	(mm/jam)	(C)	(m ³ /s)
1	A1.A.1	67,9	245,128	0,000245	0,032	476,385	0,950	0,031
2	A1.A.2	48,56	168,3055	0,000168	0,028	523,993	0,950	0,023
3	A1.B	116,46	413,433	0,000413	0,039	417,300	0,950	0,046
4	A2.A	63,57	225,6735	0,000226	0,031	486,470	0,950	0,029
5	A2.B	116,46	225,6735	0,000226	0,031	486,470	0,950	0,029
6	B1.A	116,46	6154,733	0,006155	0,110	210,542	0,810	0,292
7	B1.B	116,46	413,433	0,000413	0,039	417,300	0,950	0,046
8	B2.A	63,57	3337,8635	0,003338	0,087	245,844	0,810	0,185
9	B2.B	63,57	225,6735	0,000226	0,031	486,470	0,950	0,029
10	C.A	59,14	224,732	0,000225	0,031	486,985	0,950	0,029
11	C.B	59,14	224,732	0,000225	0,031	486,985	0,950	0,029
12	D.A	59,14	209,947	0,000210	0,030	495,454	0,950	0,027
13	D.B	59,14	209,947	0,000210	0,030	495,454	0,950	0,027
14	E1.A	59,14	224,732	0,000225	0,031	486,985	0,950	0,029
15	E1.B	59,14	311,922	0,000312	0,035	448,173	0,950	0,037
16	E2.A	103,52	806,809	0,000807	0,051	352,281	0,950	0,075
17	E2.B	103,52	865,448	0,000865	0,052	346,075	0,950	0,079
18	E3.A	88,54	336,452	0,000336	0,036	439,660	0,950	0,039

Lanjutan Tabel 5.11 Perhitungan Debit Drainase Rumus Mononobe

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (L)	Luas Limpasan		Waktu Konsentrasi (t_c)	Intensitas Hujan (I)	Koefisien Limpasan Gabungan	$Q_{rencana}$
		(m)	(m ²)	(km ²)	(jam)	(mm/jam)	(C)	(m ³ /s)
19	E3.B	88,54	336,452	0,000336	0,036	439,660	0,950	0,039
20	E4.A	72,59	-	-	-	-	-	-
21	E4.B	72,59	-	-	-	-	-	-
22	F.A	130,46	18621,32	0,018621	0,167	159,050	0,229	0,189
23	F.B	130,46	495,748	0,000496	0,042	398,539	0,950	0,052
24	G.A	181	10215,468	0,010215	0,133	185,179	0,252	0,132
25	G.B	181	1237,758	0,001238	0,126	192,346	0,776	0,365
26	H1.A	116,48	10055,814	0,010056	0,132	185,920	0,233	0,121
27	H1.B	116,5	442,624	0,000443	0,040	410,149	0,950	0,048
28	H2.A	154,6	10273,32	0,010273	0,133	184,914	0,809	0,427
29	H2.B	154,6	587,48	0,000587	0,045	381,762	0,950	0,059
30	H3.A	130,1	14168,332	0,014168	0,151	170,452	0,805	0,541
31	H3.B	130,1	494,342	0,000494	0,042	398,826	0,950	0,052
32	H4.A	174,46	6005,374	0,006005	0,109	211,856	0,812	0,287
33	H4.B	174,46	473,404	0,000473	0,041	403,223	0,950	0,050
34	I.A	118,16	2727,747	0,002728	0,081	258,742	0,831	0,163
35	I.B	101,04	1979,537	0,001980	0,071	280,635	0,842	0,130
36	J1.A	153,9	12988,5	0,012989	0,146	174,249	0,743	0,468
37	J1.B	153,9	2445,94	0,002446	0,077	265,990	0,825	0,149
38	J2.A	128,69	10374,22	0,010374	0,134	184,457	0,807	0,430

Lanjutan Tabel 5.11 Perhitungan Debit Drainase Rumus Mononobe

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (L)	Luas Limpasan		Waktu Konsentrasi (t_c)	Intensitas Hujan (I)	Koefisien Limpasan Gabungan	$Q_{rencana}$
		(m)	(m ²)	(km ²)	(jam)	(mm/jam)	(C)	(m ³ /s)
39	J2.B	128,69	514,76	0,000515	0,043	394,758	0,950	0,054
40	J3.A	152,93	12020,55	0,012021	0,142	177,701	0,722	0,429
41	J3.B	85,17	406,56	0,000407	0,039	419,076	0,950	0,045
42	K.A	125,5	7085,044	0,007085	0,116	203,166	0,761	0,304
43	K.B	125,5	636,044	0,000636	0,046	374,157	0,950	0,063
44	L.A	126,53	4686,79	0,004687	0,099	225,588	0,812	0,239
45	L.B	126,53	209,4	0,000209	0,030	495,781	0,950	0,027
46	M1.A	103,8	1490,62	0,001491	0,064	301,544	0,831	0,104
47	M1.B	103,8	311,43	0,000311	0,035	448,352	0,950	0,037
48	N1.A	115,27	5670,85	0,005671	0,106	214,955	0,806	0,273
49	N1.B	115,27	238,5	0,000239	0,032	479,704	0,950	0,030
50	M2	78,36	-	-	-	-	-	-
51	M3	101,87	6564,42	0,006564	0,113	207,132	0,800	0,302
52	M4	118,02	5949,46	0,005949	0,108	212,359	0,800	0,281
53	M5	72,05	6180,02	0,006180	0,110	210,323	0,800	0,289
54	N2	60,8	2231,7	0,002232	0,075	272,239	0,800	0,135
55	N3	91,66	3945,88	0,003946	0,093	235,639	0,800	0,207
56	N4	121,39	5837,08	0,005837	0,108	213,387	0,800	0,277
57	N5	244,98	-	-	0,000	-	-	-

a. Debit drainase dengan intensitas hujan rumus Hasper

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Daerah Limpasan (A)} &= 245,128 \text{ m}^2 \\
 &= 0,000245 \text{ km}^2 \\
 \text{Koefisien Limpasan (C)} &= 0,95 \\
 \text{Intensitas Hujan (I)} &= 58,768 \text{ mm/jam} \\
 Q_{\text{rencana}} &= 0,278 \times C \times I \times A \\
 &= 0,278 \times 0,95 \times 58,768 \times 0,000245 \\
 &= 0,003805 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Adapun hasil perhitungan debit drainase dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini

Tabel 5.12 Perhitungan Debit Drainase Rumus Hasper

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (<i>L</i>)	Luas Limpasan		Waktu Konsentrasi (<i>t_c</i>)	Intensitas Hujan (<i>I</i>)	Koefisien Limpasan Gabungan	<i>Q_{rencana}</i>
		(m)	(m ²)	(km ²)	(jam)	(mm/jam)	(C)	(m ³ /s)
1	A1.A.1	67,9	245,128	0,000245	0,032	58,768	0,950	0,00380
2	A1.A.2	48,56	168,3055	0,000168	0,028	59,302	0,950	0,00264
3	A1.B	116,46	413,433	0,000413	0,039	57,908	0,950	0,00632
4	A2.A	63,57	225,6735	0,000226	0,031	58,891	0,950	0,00351
5	A2.B	116,46	225,6735	0,000226	0,031	58,891	0,950	0,00351
6	B1.A	116,46	6154,733	0,006155	0,110	50,588	0,810	0,07012
7	B1.B	116,46	413,433	0,000413	0,039	57,908	0,950	0,00632
8	B2.A	63,57	3337,8635	0,003338	0,087	52,736	0,810	0,03964
9	B2.B	63,57	225,6735	0,000226	0,031	58,891	0,950	0,00351
10	C.A	59,14	224,732	0,000225	0,031	58,897	0,950	0,00350
11	C.B	59,14	224,732	0,000225	0,031	58,897	0,950	0,00350
12	D.A	59,14	209,947	0,000210	0,030	58,996	0,950	0,00327
13	D.B	59,14	209,947	0,000210	0,030	58,996	0,950	0,00327
14	E1.A	59,14	224,732	0,000225	0,031	58,897	0,950	0,00350
15	E1.B	59,14	311,922	0,000312	0,035	58,389	0,950	0,00481
16	E2.A	103,52	806,809	0,000807	0,051	56,579	0,950	0,01206
17	E2.B	103,52	865,448	0,000865	0,052	56,424	0,950	0,01290
18	E3.A	88,54	336,452	0,000336	0,036	58,264	0,950	0,00518

Lanjutan Tabel 5.12 Perhitungan Debit Drainase Rumus Hasper

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (<i>L</i>)	Luas Limpasan		Waktu Konsentrasi (<i>t_c</i>)	Intensitas Hujan (<i>I</i>)	Koefisien Limpasan Gabungan	<i>Q_{rencana}</i>
		(m)	(m ²)	(km ²)	(jam)	(mm/jam)	(C)	(m ³ /s)
19	E3.B	88,54	336,452	0,000336	0,036	58,264	0,950	0,00518
20	E4.A	72,59	-	-	-	-	-	-
21	E4.B	72,59	-	-	-	-	-	-
22	F.A	130,46	18621,32	0,018621	0,167	45,900	0,229	0,05442
23	F.B	130,46	495,748	0,000496	0,042	57,574	0,950	0,00754
24	G.A	181	10215,468	0,010215	0,133	48,569	0,252	0,03474
25	G.B	181	1237,758	0,001238	0,126	49,189	0,776	0,09329
26	H1.A	116,48	10055,814	0,010056	0,132	48,635	0,233	0,03168
27	H1.B	116,5	442,624	0,000443	0,040	57,784	0,950	0,00675
28	H2.A	154,6	10273,32	0,010273	0,133	48,546	0,809	0,11211
29	H2.B	154,6	587,48	0,000587	0,045	57,244	0,950	0,00888
30	H3.A	130,1	14168,332	0,014168	0,151	47,152	0,805	0,14955
31	H3.B	130,1	494,342	0,000494	0,042	57,579	0,950	0,00752
32	H4.A	174,46	6005,374	0,006005	0,109	50,680	0,812	0,06869
33	H4.B	174,46	473,404	0,000473	0,041	57,660	0,950	0,00721
34	I.A	118,16	2727,747	0,002728	0,081	53,377	0,831	0,03362
35	I.B	101,04	1979,537	0,001980	0,071	54,327	0,842	0,02518
36	J1.A	153,9	12988,5	0,012989	0,146	47,537	0,743	0,12760
37	J1.B	153,9	2445,94	0,002446	0,077	53,709	0,825	0,03013
38	J2.A	128,69	10374,22	0,010374	0,134	48,504	0,807	0,11295

Lanjutan Tabel 5.12 Perhitungan Debit Drainase Rumus Hasper

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (L)	Luas Limpasan		Waktu Konsentrasi (t_c)	Intensitas Hujan (I)	Koefisien Limpasan Gabungan	$Q_{rencana}$
		(m)	(m ²)	(km ²)	(jam)	(mm/jam)	(C)	(m ³ /s)
39	J2.B	128,69	514,76	0,000515	0,043	57,502	0,950	0,00782
40	J3.A	152,93	12020,55	0,012021	0,142	47,875	0,722	0,11547
41	J3.B	85,17	406,56	0,000407	0,039	57,938	0,950	0,00622
42	K.A	125,5	7085,044	0,007085	0,116	50,049	0,761	0,07499
43	K.B	125,5	636,044	0,000636	0,046	57,083	0,950	0,00959
44	L.A	126,53	4686,79	0,004687	0,099	51,583	0,812	0,05458
45	L.B	126,53	209,4	0,000209	0,030	59,000	0,950	0,00326
46	M1.A	103,8	1490,62	0,001491	0,064	55,102	0,831	0,01898
47	M1.B	103,8	311,43	0,000311	0,035	58,392	0,950	0,00480
48	N1.A	115,27	5670,85	0,005671	0,106	50,893	0,806	0,06469
49	N1.B	115,27	238,5	0,000239	0,032	58,809	0,950	0,00370
50	M2	78,36	-	-	-	-	-	-
51	M3	101,87	6564,42	0,006564	0,113	50,343	0,800	0,07350
52	M4	118,02	5949,46	0,005949	0,108	50,715	0,800	0,06710
53	M5	72,05	6180,02	0,006180	0,110	50,572	0,800	0,06951
54	N2	60,8	2231,7	0,002232	0,075	53,981	0,800	0,02679
55	N3	91,66	3945,88	0,003946	0,093	52,179	0,800	0,04579
56	N4	121,39	5837,08	0,005837	0,108	50,786	0,800	0,06593
57	N5	244,98	-	-	0,000	-	-	-

4. Perhitungan Debit Kumulatif Drainase

Berdasarkan rancangan jaringan drainase, setiap saluran disusun berdasarkan hierarki saluran. Oleh karena itu saluran-saluran yang berfungsi sebagai kolektor akan menerima badan air dari saluran-saluran yang lebih kecil sehingga terjadi akumulasi debit pada beberapa saluran. Debit inilah yang dijadikan dasar untuk perencanaan dimensi saluran.

Contoh berdasarkan skema jaringan pada Lampiran 3 saluran N5 merupakan saluran sekunder yang menampung aliran dari saluran N2, N3, N4, H4.A, dan H4.B yang merupakan saluran tersier. Berdasarkan Gambar 5.3, dengan prinsip gravitasi, aliran limpasan permukaan mengikuti kontur tanah yang ada sehingga saluran N5 tidak menerima limpasan dan hanya menerima debit dari kelima saluran tersebut. Maka debit drainase pada saluran N5 dapat ditulis dalam persamaan berikut.

Diketahui:

Data debit drainase berdasarkan hasil perhitungan intensitas hujan rumus Mononobe.

$$Q_{N2} = 0,135 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{N3} = 0,207 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{N4} = 0,277 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{H4.A} = 0,287 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{H4.B} = 0,050 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} Q_{N5} &= Q_{N2} + Q_{N3} + Q_{N4} + Q_{H4.A} + Q_{H4.B} \\ &= 0,135 + 0,207 + 0,277 + 0,287 + 0,050 \\ &= 0,956 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Hal yang sama juga terjadi pada saluran E4.A dan E4.B yang tidak menerima aliran limpasan permukaan. Hasil perhitungan debit kumulatif tiap-tiap saluran dapat dilihat pada Tabel 5.13. Sementara skema jaringan drainase dengan debit kumulatif tiap saluran dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 5.13 Debit Kumulatif Drainase Berdasarkan Intensitas Hujan Rumus Mononobe

No.	Nama Saluran	$Q_{rencana}$	$Q_{Kumulatif}$
		(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	A1.A.1	0,031	0,031
2	A1.A.2	0,023	0,357
3	A1.B	0,046	0,046
4	A2.A	0,029	0,638
5	A2.B	0,029	0,029
6	B1.A	0,292	0,321
7	B1.B	0,046	0,046
8	B2.A	0,185	0,560
9	B2.B	0,029	0,029
10	C.A	0,029	0,029
11	C.B	0,029	0,029
12	D.A	0,027	0,027
13	D.B	0,027	0,027
14	E1.A	0,029	0,647
15	E1.B	0,037	0,326
16	E2.A	0,075	0,722
17	E2.B	0,079	0,405
18	E3.A	0,039	0,762
19	E3.B	0,039	0,444
20	E4.A	-	1,245
21	E4.B	-	1,874
22	F.A	0,217	0,217
23	F.B	0,052	0,052
24	G.A	0,132	0,350
25	G.B	0,365	0,417
26	H1.A	0,121	0,121
27	H1.B	0,048	0,048
28	H2.A	0,427	0,427
29	H2.B	0,059	0,059
30	H3.A	0,541	0,541

**Lanjutan Tabel 5.13 Debit Kumulatif Drainase Berdasarkan Intensitas
Hujan Rumus Mononobe**

No.	Nama Saluran	Q _{rencana}	Q _{Kumulatif}
		(m ³ /s)	(m ³ /s)
31	H3.B	0,052	0,052
32	H4.A	0,287	0,287
33	H4.B	0,050	0,050
34	I.A	0,163	1,266
35	I.B	0,130	0,723
36	J1.A	0,468	0,468
37	J1.B	0,149	0,149
38	J2.A	0,430	0,430
39	J2.B	0,054	0,054
40	J3.A	0,429	1,385
41	J3.B	0,045	0,045
42	K.A	0,304	0,543
43	K.B	0,063	0,090
44	L.A	0,239	0,239
45	L.B	0,027	0,027
46	M1.A	0,104	0,104
47	M1.B	0,037	0,037
48	N1.A	0,273	0,273
49	N1.B	0,030	0,030
50	M2	-	0,029
51	M3	0,302	0,302
52	M4	0,281	0,281
53	M5	0,289	0,289
54	N2	0,135	0,135
55	N3	0,207	0,207
56	N4	0,277	0,277
57	N5	-	0,956

Tabel 5.14 Debit Kumulatif Drainase Berdasarkan Intensitas Hujan Rumus Hasper

No.	Nama Saluran	$Q_{rencana}$	$Q_{Kumulatif}$
		(m ³ /s)	(m ³ /s)
1	A1.A.1	0,004	0,004
2	A1.A.2	0,003	0,080
3	A1.B	0,006	0,006
4	A2.A	0,004	0,147
5	A2.B	0,004	0,004
6	B1.A	0,070	0,074
7	B1.B	0,006	0,006
8	B2.A	0,040	0,120
9	B2.B	0,004	0,004
10	C.A	0,003	0,003
11	C.B	0,003	0,003
12	D.A	0,003	0,003
13	D.B	0,003	0,003
14	E1.A	0,003	0,130
15	E1.B	0,005	0,074
16	E2.A	0,012	0,142
17	E2.B	0,013	0,087
18	E3.A	0,005	0,148
19	E3.B	0,005	0,092
20	E4.A	-	0,268
21	E4.B	-	0,428
22	F.A	0,054	0,054
23	F.B	0,008	0,008
24	G.A	0,035	0,089
25	G.B	0,093	0,101
26	H1.A	0,032	0,032
27	H1.B	0,007	0,007
28	H2.A	0,112	0,112
29	H2.B	0,009	0,009
30	H3.A	0,150	0,150

Lanjutan Tabel 5.14 Debit Kumulatif Drainase Berdasarkan Intensitas Hujan Rumus Hasper

No.	Nama Saluran	Q _{rencana}	Q _{Kumulatif}
		(m ³ /s)	(m ³ /s)
31	H3.B	0,008	0,008
32	H4.A	0,069	0,069
33	H4.B	0,007	0,007
34	I.A	0,034	0,312
35	I.B	0,025	0,182
36	J1.A	0,128	0,128
37	J1.B	0,030	0,030
38	J2.A	0,113	0,113
39	J2.B	0,008	0,008
40	J3.A	0,115	0,330
41	J3.B	0,006	0,006
42	K.A	0,075	0,130
43	K.B	0,010	0,013
44	L.A	0,055	0,055
45	L.B	0,003	0,003
46	M1.A	0,019	0,019
47	M1.B	0,005	0,005
48	N1.A	0,065	0,065
49	N1.B	0,004	0,004
50	M2	-	0,003
51	M3	0,073	0,073
52	M4	0,067	0,067
53	M5	0,070	0,070
54	N2	0,027	0,027
55	N3	0,046	0,046
56	N4	0,066	0,066
57	N5	-	0,214

5.8 Analisis Hidrolika

Dalam perhitungan dimensi saluran, diasumsikan bahwa aliran yang terjadi pada setiap saluran adalah aliran seragam. Parameter dalam perencanaan saluran yaitu dimensi saluran, faktor kekasaran, dan kemiringan saluran.

Berdasarkan Tabel 3.8 dengan perencanaan dimensi saluran menggunakan beton pracetak sehingga nilai faktor kekerasan Manning (n) yang digunakan adalah

sebesar 0,013. Berikut adalah perencanaan dimensi saluran pada saluran A1.A.1 dengan menggunakan persamaan Manning.

Perhitungan intensitas hujan rumus Hasper dilakukan karena nilai intensitas hujan rumus Mononobe dinilai terlalu besar yang nilainya mencapai 523,993 mm/jam. Intensitas hujan metode Hasper dipilih karena perhitungan intensitas hujan ini dapat dilakukan dengan lama hujan ($t=t_c$) kurang dari 2 jam dengan nilai intensitas hujan terbesar adalah 59,302 mm/jam. Sehingga perlu dilakukan perbandingan kebutuhan dimensi akibat perbedaan intensitas hujan.

5.8.1 Analisis Hidrolika Berdasarkan Intensitas Hujan Rumus Mononobe

Pada perencanaan dimensi saluran terdapat beberapa variabel di antaranya penampang saluran, faktor kekasaran dinding saluran, dan kemiringan dasar saluran, Berikut adalah analisis dimensi berdasarkan kemiringan dasar saluran dengan intensitas hujan rumus Mononobe.

1. Perencanaan Dimensi Berdasarkan Kemiringan Lahan

Menentukan dimensi saluran menggunakan metode *trial and error* dengan kemiringan saluran A1.A.1 mengikuti kemiringan lahan.

Diketahui:

$$\text{Debit rencana } (Q_{rencana}) = 0,031 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Elevasi hulu} = 35,1 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi hilir} = 34,46 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran } (L) = 67,9 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan saluran } (S) = 0,0094$$

- a. Menghitung kedalaman aliran (y) jika direncanakan saluran segi empat dengan lebar saluran (b) 30 cm.

$$A = b \times y$$

$$= 0,3y$$

$$P = b + 2y$$

$$= 0,3 + 2y$$

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

$$= \frac{0,3y}{0,3+2y}$$

$$0,031 = 0,3y \times \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3} \times 0,0094^{1/2}$$

$$0,031 = 0,3y \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3} \times 7,458$$

$$0,00416 = 0,3y \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3}$$

Persamaan di atas diselesaikan dengan metode iterasi dan kedalaman aliran adalah sebesar 0,093 m.

b. Menghitung kecepatan dan debit aliran

$$A = b \times y$$

$$A = 0,3 \times 0,093$$

$$= 0,0278 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2y$$

$$= 0,3 + 2 \times 0,093$$

$$P = 0,4853 \text{ m}$$

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

$$= \frac{0,0278}{0,4853}$$

$$= 0,0573 \text{ m}$$

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

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,0573^{2/3} \times 0,0094^{1/2}$$

$$= 1,11 \text{ m/s}$$

$$Q_{aliran} = A \times v$$

$$= 0,0278 \times 1,11$$

$$= 0,031 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Menghitung debit saluran ($Q_{saluran}$)

Sebuah saluran berbentuk segi empat dengan lebar saluran 30 cm dan kedalaman aliran sebesar 0,093 m. Berdasarkan Tabel 3.9 dengan debit aliran kurang dari 0,5 m³/s maka tinggi jagaan (*w*) untuk saluran pasangan beton adalah 0,2 m. Sehingga dapat dihitung kedalaman saluran (*h*) seperti pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned} h &= y + w \\ &= 0,093 + 0,2 \\ &= 0,293 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 0,3 \times 0,3 \\ &= 0,09 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{saluran}} &= A \times v \\ &= 0,09 \times 1,1 \\ &= 0,09987 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Langkah berikutnya adalah cek kapasitas saluran apakah dimensi yang direncanakan dapat menampung debit banjir yang terjadi. Dengan debit saluran sebesar 0,099 m³/s lebih besar dari debit rencana, yaitu 0,031 m³/s, maka saluran A1.A.1 berbentuk segi empat berukuran 0,3 × 0,3 m dapat digunakan.

Selanjutnya adalah menghitung saluran-saluran lainnya dengan metode serupa untuk dibandingkan kecepatan pada tiap-tiap saluran. Hasil perhitungan dimensi dan cek kapasitas saluran dapat dilihat pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.16.

Tabel 5.15 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Dasar Saluran		Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
		Elevasi Hulu	Elevasi Hilir											
		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
1	A1.A.1	35,2	34,56	0,0094	0,3	0,093	0,200	0,293	0,30	0,0278	0,4853	0,0573	1,11	0,031
2	A1.A.2	34,26	33,6	0,0136	0,5	0,300	0,200	0,500	0,60	0,1500	1,1002	0,1364	2,38	0,357
3	A1.B	35,1	33,8	0,0112	0,3	0,115	0,200	0,315	0,40	0,0346	0,5307	0,0652	1,32	0,046
4	A2.A	33,6	32,6	0,0157	0,6	0,366	0,200	0,566	0,60	0,2197	1,3324	0,1649	2,90	0,638
5	A2.B	33,9	32,9	0,0086	0,3	0,092	0,200	0,292	0,30	0,0275	0,4833	0,0569	1,05	0,029
6	B1.A	33,6	32,4	0,0103	0,5	0,308	0,200	0,508	0,60	0,1539	1,1154	0,1379	2,08	0,321
7	B1.B	33,8	32,6	0,0103	0,3	0,119	0,200	0,319	0,40	0,0356	0,5375	0,0663	1,28	0,046
8	B2.A	32,3	31,86	0,0069	0,6	0,456	0,200	0,656	0,70	0,2737	1,5124	0,1810	2,05	0,560
9	B2.B	32,7	32,26	0,0069	0,3	0,099	0,200	0,299	0,30	0,0297	0,4979	0,0596	0,98	0,029
10	C.A	35,2	33,9	0,0220	0,3	0,066	0,200	0,266	0,30	0,0198	0,4319	0,0458	1,46	0,029
11	C.B	35,2	33,9	0,0220	0,3	0,066	0,200	0,266	0,30	0,0198	0,4319	0,0458	1,46	0,029
12	D.A	33,9	32,7	0,0203	0,3	0,065	0,200	0,265	0,30	0,0196	0,4310	0,0456	1,40	0,027
13	D.B	33,9	32,7	0,0203	0,3	0,065	0,200	0,265	0,30	0,0196	0,4310	0,0456	1,40	0,027
14	E1.A	32,5	31,86	0,0108	0,6	0,429	0,200	0,629	0,70	0,2571	1,4571	0,1765	2,52	0,647
15	E1.B	32,6	31,96	0,0108	0,5	0,306	0,200	0,506	0,60	0,1529	1,1116	0,1375	2,13	0,326
16	E2.A	31,76	30,99	0,0074	0,6	0,543	0,200	0,743	0,80	0,3258	1,6860	0,1932	2,22	0,722
17	E2.B	31,96	31,19	0,0074	0,6	0,345	0,200	0,545	0,60	0,2068	1,2894	0,1604	1,96	0,405
18	E3.A	31,19	29,1	0,0236	0,6	0,359	0,200	0,559	0,60	0,2155	1,3184	0,1635	3,53	0,762

Lanjutan Tabel 5.15 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Dasar Saluran		Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
		Elevasi Hulu	Elevasi Hilir		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
19	E3.B	31,29	29,2	0,0236	0,5	0,287	0,200	0,487	0,50	0,1437	1,0749	0,1337	3,09	0,444
20	E4.A	29	28	0,0138	0,8	0,477	0,200	0,677	0,70	0,3812	1,7531	0,2175	3,26	1,245
21	E4.B	28,7	27,7	0,0138	0,8	0,656	0,200	0,856	1,00	0,5251	2,1128	0,2485	3,57	1,874
22	F.A	33,5	32,4	0,0084	0,6	0,208	0,200	0,408	0,70	0,1247	1,0155	0,1227	1,74	0,217
23	F.B	33,8	32,7	0,0084	0,4	0,108	0,200	0,308	0,40	0,0434	0,6168	0,0703	1,20	0,052
24	G.A	32,3	30,8	0,0083	0,5	0,358	0,200	0,558	0,60	0,1792	1,2168	0,1473	1,95	0,350
25	G.B	32,5	31	0,0083	0,6	0,338	0,200	0,538	0,60	0,2029	1,2764	0,1590	2,06	0,417
26	H1.A	33,4	31,26	0,0184	0,4	0,150	0,200	0,350	0,40	0,0598	0,6991	0,0856	2,02	0,121
27	H1.B	33,6	31,46	0,0184	0,3	0,100	0,200	0,300	0,40	0,0300	0,5000	0,0600	1,60	0,048
28	H2.A	31,26	29,96	0,0084	0,6	0,342	0,200	0,542	0,60	0,2055	1,2849	0,1599	2,08	0,427
29	H2.B	31,46	30,16	0,0084	0,4	0,119	0,200	0,319	0,40	0,0474	0,6372	0,0745	1,25	0,059
30	H3.A	31,19	29,96	0,0095	0,6	0,392	0,200	0,592	0,60	0,2355	1,3850	0,1700	2,30	0,541
31	H3.B	31,39	30,16	0,0095	0,4	0,104	0,200	0,304	0,40	0,0416	0,6081	0,0684	1,25	0,052
32	H4.A	31,19	30,1	0,0062	0,5	0,343	0,200	0,543	0,60	0,1714	1,1857	0,1446	1,67	0,287
33	H4.B	31,39	30,3	0,0062	0,4	0,118	0,200	0,318	0,40	0,0470	0,6351	0,0740	1,07	0,050
34	I.A	29,76	28,9	0,0073	0,8	0,619	0,200	0,819	1,00	0,4954	2,0386	0,2430	2,56	1,266
35	I.B	29,76	28,9	0,0085	0,6	0,514	0,200	0,714	0,80	0,3087	1,6290	0,1895	2,34	0,723
36	J1.A	31	30	0,0065	0,5	0,498	0,200	0,698	0,60	0,2492	1,4969	0,1665	1,88	0,468

Lanjutan Tabel 5.15 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Dasar Saluran		Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
		Elevasi Hulu	Elevasi Hilir		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
37	J1.B	31,1	30,1	0,0065	0,5	0,206	0,200	0,406	0,50	0,1030	0,9120	0,1129	1,45	0,149
38	J2.A	30	29,1	0,0070	0,6	0,369	0,200	0,569	0,60	0,2215	1,3384	0,1655	1,94	0,430
39	J2.B	30,2	29,3	0,0070	0,4	0,118	0,200	0,318	0,40	0,0472	0,6361	0,0742	1,14	0,054
40	J3.A	29,6	28,7	0,0059	0,8	0,724	0,200	0,924	1,00	0,5796	2,2490	0,2577	2,39	1,385
41	J3.B	29,9	29,3	0,0070	0,3	0,135	0,200	0,335	0,40	0,0406	0,5706	0,0711	1,11	0,045
42	K.A	33,67	32,86	0,0065	0,6	0,457	0,200	0,657	0,70	0,2745	1,5149	0,1812	1,98	0,543
43	K.B	33,97	33,16	0,0065	0,4	0,177	0,200	0,377	0,40	0,0707	0,7536	0,0938	1,28	0,090
44	L.A	36,17	33,87	0,0182	0,4	0,249	0,200	0,449	0,50	0,0997	0,8984	0,1110	2,39	0,239
45	L.B	36,37	34,07	0,0182	0,3	0,068	0,200	0,268	0,30	0,0204	0,4358	0,0467	1,35	0,027
46	M1.A	36,27	35,38	0,0086	0,4	0,177	0,200	0,377	0,40	0,0706	0,7532	0,0938	1,47	0,104
47	M1.B	36,27	35,38	0,0086	0,3	0,109	0,200	0,309	0,40	0,0327	0,5178	0,0631	1,13	0,037

Lanjutan Tabel 5.15 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Dasar Saluran		Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
		Elevasi Hulu	Elevasi Hilir		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
48	N1.A	35,27	33,7	0,0136	0,5	0,245	0,200	0,445	0,50	0,1226	0,9902	0,1238	2,23	0,273
49	N1.B	35,47	33,9	0,0136	0,3	0,080	0,200	0,280	0,30	0,0241	0,4605	0,0523	1,26	0,030
50	M2	36,2	35,2	0,0128	0,3	0,080	0,200	0,280	0,30	0,0239	0,4592	0,0520	1,21	0,029
51	M3	35,7	33,8	0,0187	0,5	0,235	0,200	0,435	0,50	0,1176	0,9702	0,1212	2,57	0,302
52	M4	35,2	33,5	0,0144	0,5	0,245	0,200	0,445	0,50	0,1226	0,9902	0,1238	2,29	0,281
53	M5	34	32,7	0,0180	0,5	0,230	0,200	0,430	0,50	0,1151	0,9604	0,1198	2,51	0,289
54	N2	32,7	32,36	0,0056	0,5	0,202	0,200	0,402	0,50	0,1012	0,9048	0,1118	1,34	0,135
55	N3	32,1	31,27	0,0091	0,5	0,232	0,200	0,432	0,50	0,1159	0,9637	0,1203	1,78	0,207
56	N4	31,8	30,06	0,0143	0,5	0,243	0,200	0,443	0,50	0,1215	0,9859	0,1232	2,28	0,277
57	N5	32,06	30,06	0,0082	0,8	0,476	0,200	0,676	0,80	0,3807	1,7518	0,2173	2,51	0,956

Tabel 5.16 Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
1	A1.A.1	67,9	1,11	0,30	0,30	0,09	0,031	0,0999	Aman
2	A1.A.2	48,56	2,38	0,50	0,60	0,3	0,357	0,713	Aman
3	A1.B	116,46	1,32	0,30	0,40	0,12	0,046	0,158	Aman
4	A2.A	63,57	2,90	0,60	0,60	0,36	0,638	1,044	Aman
5	A2.B	116,46	1,05	0,30	0,30	0,09	0,029	0,095	Aman
6	B1.A	116,46	2,08	0,50	0,60	0,3	0,321	0,625	Aman
7	B1.B	116,46	1,28	0,30	0,40	0,12	0,046	0,153	Aman
8	B2.A	63,57	2,05	0,60	0,70	0,42	0,560	0,860	Aman
9	B2.B	63,57	0,98	0,30	0,30	0,09	0,029	0,088	Aman
10	C.A	59,14	1,46	0,30	0,30	0,09	0,029	0,131	Aman
11	C.B	59,14	1,46	0,30	0,30	0,09	0,029	0,131	Aman
12	D.A	59,14	1,40	0,30	0,30	0,09	0,027	0,126	Aman
13	D.B	59,14	1,40	0,30	0,30	0,09	0,027	0,126	Aman
14	E1.A	59,14	2,52	0,60	0,70	0,42	0,647	1,057	Aman
15	E1.B	59,14	2,13	0,50	0,60	0,3	0,326	0,640	Aman
16	E2.A	103,52	2,22	0,60	0,80	0,48	0,722	1,064	Aman
17	E2.B	103,52	1,96	0,60	0,60	0,36	0,405	0,705	Aman
18	E3.A	88,54	3,53	0,60	0,60	0,36	0,762	1,272	Aman

Lanjutan Tabel 5.16 Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
19	E3.B	88,54	3,09	0,50	0,50	0,25	0,444	0,773	Aman
20	E4.A	72,59	3,26	0,80	0,70	0,56	1,245	1,828	Aman
21	E4.B	72,59	3,57	0,80	1,00	0,8	1,874	2,855	Aman
22	F.A	130,46	1,74	0,60	0,70	0,42	0,217	0,733	Aman
23	F.B	130,46	1,20	0,40	0,40	0,16	0,052	0,193	Aman
24	G.A	181	1,95	0,50	0,60	0,3	0,350	0,586	Aman
25	G.B	181	2,06	0,60	0,60	0,36	0,417	0,740	Aman
26	H1.A	116,48	2,02	0,40	0,40	0,16	0,121	0,324	Aman
27	H1.B	116,5	1,60	0,30	0,40	0,12	0,048	0,192	Aman
28	H2.A	154,6	2,08	0,60	0,60	0,36	0,427	0,748	Aman
29	H2.B	154,6	1,25	0,40	0,40	0,16	0,059	0,200	Aman
30	H3.A	130,1	2,30	0,60	0,60	0,36	0,541	0,826	Aman
31	H3.B	130,1	1,25	0,40	0,40	0,16	0,052	0,200	Aman
32	H4.A	174,46	1,67	0,50	0,60	0,3	0,287	0,502	Aman
33	H4.B	174,46	1,07	0,40	0,40	0,16	0,050	0,172	Aman
34	I.A	118,16	2,56	0,80	1,00	0,8	1,266	2,045	Aman
35	I.B	101,04	2,34	0,60	0,80	0,48	0,723	1,124	Aman
36	J1.A	153,9	1,88	0,50	0,60	0,3	0,468	0,563	Aman
37	J1.B	153,9	1,45	0,50	0,50	0,25	0,149	0,362	Aman

Lanjutan Tabel 5.16 Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m^2)	(m^3/s)	(m^3/s)	
38	J2.A	128,69	1,94	0,60	0,60	0,36	0,430	0,698	Aman
39	J2.B	128,69	1,14	0,40	0,40	0,16	0,054	0,182	Aman
40	J3.A	152,93	2,39	0,80	1,00	0,8	1,385	1,912	Aman
41	J3.B	85,17	1,11	0,30	0,40	0,12	0,045	0,133	Aman
42	K.A	125,5	1,98	0,60	0,70	0,42	0,543	0,831	Aman
43	K.B	125,5	1,28	0,40	0,40	0,16	0,090	0,204	Aman
44	L.A	126,53	2,39	0,40	0,50	0,2	0,239	0,479	Aman
45	L.B	126,53	1,35	0,30	0,30	0,09	0,027	0,121	Aman
46	M1.A	103,8	1,47	0,40	0,40	0,16	0,104	0,235	Aman
47	M1.B	103,8	1,13	0,30	0,40	0,12	0,037	0,135	Aman
48	N1.A	115,27	2,23	0,50	0,50	0,25	0,273	0,557	Aman
49	N1.B	115,27	1,26	0,30	0,30	0,09	0,030	0,113	Aman
50	M2	78,36	1,21	0,30	0,30	0,09	0,029	0,109	Aman
51	M3	101,87	2,57	0,50	0,50	0,25	0,302	0,643	Aman
52	M4	118,02	2,29	0,50	0,50	0,25	0,281	0,573	Aman
53	M5	72,05	2,51	0,50	0,50	0,25	0,289	0,628	Aman
54	N2	60,8	1,34	0,50	0,50	0,25	0,135	0,334	Aman
55	N3	91,66	1,78	0,50	0,50	0,25	0,207	0,446	Aman
56	N4	121,39	2,28	0,50	0,50	0,25	0,277	0,570	Aman
57	N5	244,98	2,51	0,80	0,80	0,64	0,956	1,608	Aman

Setelah membandingkan kecepatan di tiap saluran, dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan berdasarkan kemiringan lahan tidak dapat diterima karena perbedaan kecepatan di tiap saluran terlalu jauh. Hal ini dikhawatirkan terjadi luapan di saluran kolektor yang mana merupakan akumulasi debit dari saluran-saluran tersier dengan debit yang lebih kecil. Selain itu pada kecepatan di beberapa saluran juga terlampaui tinggi, melebihi kecepatan izin, yaitu $\pm 1,5$ m/s. Dengan kecepatan melebihi kecepatan izin dikhawatirkan terjadi erosi atau gerusan pada dinding saluran. Sehingga perlu dilakukan perhitungan berdasarkan rekayasa kemiringan saluran dengan kemiringan saluran tidak sama dengan kemiringan lahan agar didapat kecepatan izin $\pm 1,5$ m/s.

2. Perencanaan Dimensi Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

Menentukan dimensi saluran menggunakan metode *trial and error* dengan kemiringan saluran tidak sama dengan kemiringan lahan.

Diketahui:

$$\text{Debit rencana } (Q_{rencana}) = 0,031 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Panjang saluran } (L) = 67,9 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan saluran } (S) = 0,022$$

- a. Menghitung kedalaman aliran (y) jika direncanakan saluran segi empat dengan lebar saluran (b) 30 cm.

$$A = b \times y$$

$$= 0,3 y$$

$$P = b + 2y$$

$$= 0,3 + 2y$$

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

$$= \frac{0,3y}{0,3+2y}$$

$$0,031 = 0,3y \times \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3} \times 0,022^{1/2}$$

$$0,031 = 0,3y \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3} \times 11,409$$

$$0,00271 = 0,3y \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3}$$

Persamaan di atas diselesaikan dengan metode iterasi dan kedalaman aliran adalah sebesar 0,069 m.

- b. Menghitung kecepatan dan debit aliran

$$\begin{aligned} A &= b \times y \\ &= 0,3 \times 0,069 \\ &= 0,0207 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + 2y \\ &= 0,3 + 2 \times 0,069 \\ &= 0,4379 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0,0278}{0,485} \\ &= 0,0472 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,013} \times 0,0472^{2/3} \times 0,022^{1/2} \\ &= 1,49 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{aliran}} &= A \times v \\ &= 0,0297 \times 1,49 \\ &= 0,031 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

- c. Menghitung debit saluran (Q_{saluran})

Sebuah saluran berbentuk segi empat dengan lebar saluran 30 cm dan kedalaman aliran sebesar 0,069 m dengan tinggi jagaan (w) mengacu pada Tabel 3.9.

Dengan debit aliran kurang dari 0,5 m³/s maka tinggi jagaan (w) untuk saluran pasangan beton adalah 0,2 m. Sehingga dapat dihitung kedalaman saluran (h) seperti pada persamaan berikut.

$$h = y + w$$

$$= 0,069 + 0,2$$

$$= 0,269 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

$$A = b \times h$$

$$= 0,3 \times 0,3$$

$$= 0,09 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{saluran}} = A \times v$$

$$= 0,09 \times 1,49$$

$$= 0,134 \text{ m}^3/\text{s}$$

Langkah berikutnya adalah cek kapasitas saluran apakah dimensi yang direncanakan dapat menampung debit banjir yang terjadi. Dengan debit saluran sebesar $0,134 \text{ m}^3/\text{s}$ lebih besar dari debit rencana, yaitu $0,031 \text{ m}^3/\text{s}$, maka saluran A1.A.1 berbentuk segi empat berukuran $0,3 \times 0,3 \text{ m}$ dapat digunakan.

Selanjutnya adalah menghitung saluran-saluran lainnya dengan metode serupa untuk dibandingkan kecepatan pada tiap-tiap saluran. Hasil perhitungan dimensi dan cek kapasitas saluran dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18.

Tabel 5.17 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
1	A1.A.1	0,0220	0,3	0,069	0,20	0,269	0,30	0,0207	0,4379	0,0472	1,49	0,031
2	A1.A.2	0,0040	0,6	0,397	0,20	0,597	0,60	0,2380	1,3935	0,1708	1,50	0,357
3	A1.B	0,0160	0,3	0,101	0,20	0,301	0,30	0,0304	0,5026	0,0605	1,50	0,046
4	A2.A	0,0027	0,8	0,532	0,20	0,732	0,80	0,4254	1,8636	0,2283	1,50	0,638
5	A2.B	0,0220	0,3	0,066	0,20	0,266	0,30	0,0198	0,4322	0,0459	1,46	0,029
6	B1.A	0,0043	0,6	0,356	0,20	0,556	0,60	0,2133	1,3111	0,1627	1,50	0,321
7	B1.B	0,0157	0,3	0,102	0,20	0,302	0,30	0,0306	0,5040	0,0607	1,49	0,046
8	B2.A	0,0030	0,8	0,467	0,20	0,667	0,70	0,3733	1,7334	0,2154	1,50	0,560
9	B2.B	0,0220	0,3	0,066	0,20	0,266	0,30	0,0198	0,4322	0,0459	1,46	0,029
10	C.A	0,0220	0,3	0,066	0,20	0,266	0,30	0,0198	0,4319	0,0458	1,46	0,029
11	C.B	0,0220	0,3	0,066	0,20	0,266	0,30	0,0198	0,4319	0,0458	1,46	0,029
12	D.A	0,0220	0,3	0,064	0,20	0,264	0,30	0,0191	0,4274	0,0447	1,44	0,027
13	D.B	0,0220	0,3	0,064	0,20	0,264	0,30	0,0191	0,4274	0,0447	1,44	0,027
14	E1.A	0,0027	0,8	0,540	0,20	0,740	0,80	0,4318	1,8794	0,2297	1,50	0,647
15	E1.B	0,0042	0,6	0,363	0,20	0,563	0,60	0,2180	1,3266	0,1643	1,50	0,326
16	E2.A	0,0025	0,8	0,606	0,20	0,806	1,00	0,4850	2,0126	0,2410	1,49	0,722
17	E2.B	0,0037	0,6	0,451	0,20	0,651	0,70	0,2707	1,5022	0,1802	1,50	0,405
18	E3.A	0,0025	0,8	0,635	0,20	0,835	1,00	0,5081	2,0703	0,2454	1,50	0,762

Lanjutan Tabel 5.17 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
19	E3.B	0,0035	0,6	0,495	0,20	0,695	0,70	0,2970	1,5900	0,1868	1,50	0,444
20	E4.A	0,0018	1	0,829	0,20	1,029	1,20	0,8292	2,6585	0,3119	1,50	1,245
21	E4.B	0,0014	1,2	1,044	0,20	1,244	1,40	1,2525	3,2876	0,3810	1,50	1,874
22	F.A	0,0026	0,5	0,291	0,20	0,491	0,50	0,1453	1,0812	0,1344	1,50	0,217
23	F.B	0,0144	0,3	0,116	0,20	0,316	0,40	0,0348	0,5321	0,0654	1,50	0,052
24	G.A	0,0025	0,6	0,391	0,20	0,591	0,60	0,2346	1,3820	0,1698	1,49	0,350
25	G.B	0,0037	0,6	0,463	0,20	0,663	0,70	0,2775	1,5250	0,1820	1,50	0,417
26	H1.A	0,0037	0,5	0,161	0,20	0,361	0,50	0,0807	0,8230	0,0981	1,50	0,121
27	H1.B	0,0154	0,3	0,107	0,20	0,307	0,40	0,0320	0,5131	0,0623	1,50	0,048
28	H2.A	0,0036	0,6	0,475	0,20	0,675	0,70	0,2850	1,5499	0,1839	1,50	0,427
29	H2.B	0,0131	0,3	0,132	0,20	0,332	0,40	0,0395	0,5637	0,0702	1,50	0,059
30	H3.A	0,0030	0,8	0,451	0,20	0,651	0,70	0,3609	1,7022	0,2120	1,50	0,541
31	H3.B	0,0144	0,3	0,116	0,20	0,316	0,40	0,0348	0,5317	0,0654	1,50	0,052
32	H4.A	0,0046	0,6	0,319	0,20	0,519	0,60	0,1911	1,2371	0,1545	1,50	0,287
33	H4.B	0,0147	0,3	0,112	0,20	0,312	0,40	0,0337	0,5247	0,0642	1,50	0,050
34	I.A	0,0020	1	0,860	0,20	1,060	1,20	0,8601	2,7203	0,3162	1,47	1,266
35	I.B	0,0025	0,8	0,606	0,20	0,806	1,00	0,4852	2,0130	0,2410	1,49	0,723
36	J1.A	0,0047	0,6	0,518	0,20	0,718	0,70	0,3110	1,6365	0,1900	1,50	0,468

Lanjutan Tabel 5.17 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
37	J1.B	0,0065	0,4	0,251	0,20	0,451	0,50	0,1002	0,9012	0,1112	1,49	0,149
38	J2.A	0,0036	0,6	0,479	0,20	0,679	0,70	0,2872	1,5575	0,1844	1,50	0,430
39	J2.B	0,0142	0,3	0,119	0,20	0,319	0,40	0,0357	0,5381	0,0664	1,50	0,054
40	J3.A	0,0016	1	0,948	0,20	1,148	1,20	0,9478	2,8955	0,3273	1,46	1,385
41	J3.B	0,0160	0,3	0,100	0,20	0,300	0,30	0,0301	0,5008	0,0601	1,49	0,045
42	K.A	0,0029	0,8	0,459	0,20	0,659	0,70	0,3669	1,7172	0,2136	1,48	0,543
43	K.B	0,0100	0,4	0,151	0,20	0,351	0,40	0,0603	0,7013	0,0859	1,50	0,090
44	L.A	0,0052	0,5	0,319	0,20	0,519	0,60	0,1595	1,1380	0,1402	1,50	0,239
45	L.B	0,0250	0,3	0,061	0,20	0,261	0,30	0,0183	0,4218	0,0433	1,50	0,027
46	M1.A	0,0086	0,4	0,177	0,20	0,377	0,40	0,0706	0,7532	0,0938	1,47	0,104
47	M1.B	0,0190	0,3	0,082	0,20	0,282	0,30	0,0246	0,4642	0,0531	1,50	0,037

**Lanjutan Tabel 5.17 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa
Kemiringan Saluran**

No.	Nama Saluran	Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
48	N1.A	0,5	0,5	0,366	0,20	0,566	0,60	0,1828	1,2314	0,1485	1,49	0,273
49	N1.B	0,3	0,3	0,068	0,20	0,268	0,30	0,0204	0,4360	0,0468	1,48	0,030
50	M2	0,3	0,3	0,066	0,20	0,266	0,30	0,0198	0,4319	0,0458	1,46	0,029
51	M3	0,6	0,6	0,337	0,20	0,537	0,60	0,2022	1,2739	0,1587	1,50	0,302
52	M4	0,5	0,5	0,374	0,20	0,574	0,60	0,1869	1,2477	0,1498	1,50	0,281
53	M5	0,5	0,5	0,386	0,20	0,586	0,60	0,1928	1,2710	0,1517	1,50	0,289
54	N2	0,4	0,4	0,225	0,20	0,425	0,50	0,0900	0,8501	0,1059	1,50	0,135
55	N3	0,5	0,5	0,276	0,20	0,476	0,50	0,1379	1,0518	0,1312	1,50	0,207
56	N4	0,5	0,5	0,370	0,20	0,570	0,60	0,1848	1,2393	0,1491	1,50	0,277
57	N5	1	1	0,647	0,20	0,847	1,00	0,6466	2,2932	0,2820	1,48	0,956

Tabel 5.18 Uji Kapasitas Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
1	A1.A.1	67,9	1,49	0,30	0,30	0,09	0,031	0,134	Aman
2	A1.A.2	48,56	1,50	0,60	0,60	0,36	0,357	0,539	Aman
3	A1.B	116,46	1,50	0,30	0,30	0,09	0,046	0,135	Aman
4	A2.A	63,57	1,50	0,80	0,80	0,64	0,638	0,959	Aman
5	A2.B	116,46	1,46	0,30	0,30	0,09	0,029	0,132	Aman
6	B1.A	116,46	1,50	0,60	0,60	0,36	0,321	0,541	Aman
7	B1.B	116,46	1,49	0,30	0,30	0,09	0,046	0,134	Aman
8	B2.A	63,57	1,50	0,80	0,70	0,56	0,560	0,841	Aman
9	B2.B	63,57	1,46	0,30	0,30	0,09	0,029	0,132	Aman
10	C.A	59,14	1,46	0,30	0,30	0,09	0,029	0,131	Aman
11	C.B	59,14	1,46	0,30	0,30	0,09	0,029	0,131	Aman
12	D.A	59,14	1,44	0,30	0,30	0,09	0,027	0,129	Aman
13	D.B	59,14	1,44	0,30	0,30	0,09	0,027	0,129	Aman
14	E1.A	59,14	1,50	0,80	0,80	0,64	0,647	0,960	Aman
15	E1.B	59,14	1,50	0,60	0,60	0,36	0,326	0,538	Aman
16	E2.A	103,52	1,49	0,80	1,00	0,8	0,722	1,192	Aman
17	E2.B	103,52	1,50	0,60	0,70	0,42	0,405	0,629	Aman
18	E3.A	88,54	1,50	0,80	1,00	0,8	0,762	1,199	Aman

Lanjutan Tabel 5.18 Uji Kapasitas Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
19	E3.B	88,54	1,50	0,80	0,80	0,64	0,647	0,960	Aman
20	E4.A	72,59	1,50	0,60	0,60	0,36	0,326	0,538	Aman
21	E4.B	72,59	1,49	0,80	1,00	0,8	0,722	1,192	Aman
22	F.A	130,46	1,50	0,60	0,70	0,42	0,405	0,629	Aman
23	F.B	130,46	1,50	0,80	1,00	0,8	0,762	1,199	Aman
24	G.A	181	1,50	0,60	0,70	0,42	0,444	0,628	Aman
25	G.B	181	1,50	0,6	0,6	0,36	0,417	0,631	Aman
26	H1.A	116,48	1,50	1,20	1,40	1,68	1,874	2,514	Aman
27	H1.B	116,5	1,50	0,50	0,50	0,25	0,217	0,374	Aman
28	H2.A	154,6	1,50	0,30	0,40	0,12	0,052	0,180	Aman
29	H2.B	154,6	1,49	0,60	0,60	0,36	0,350	0,537	Aman
30	H3.A	130,1	1,47	0,50	0,50	0,25	0,121	0,368	Aman
31	H3.B	130,1	1,50	0,50	0,50	0,25	0,121	0,375	Aman
32	H4.A	174,46	1,50	0,30	0,40	0,12	0,048	0,180	Aman
33	H4.B	174,46	1,50	0,60	0,70	0,42	0,427	0,629	Aman
34	I.A	118,16	1,50	0,30	0,40	0,12	0,059	0,180	Aman
35	I.B	101,04	1,50	0,80	0,70	0,56	0,541	0,839	Aman
36	J1.A	153,9	1,50	0,30	0,40	0,12	0,052	0,180	Aman
37	J1.B	153,9	1,50	0,60	0,60	0,36	0,287	0,541	Aman

Lanjutan Tabel 5.18 Uji Kapasitas Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m^2)	(m^3/s)	(m^3/s)	
38	J2.A	128,69	1,50	0,40	0,50	0,2	0,149	0,298	Aman
39	J2.B	128,69	1,50	0,60	0,70	0,42	0,430	0,628	Aman
40	J3.A	152,93	1,46	0,30	0,40	0,12	0,054	0,180	Aman
41	J3.B	85,17	1,49	1,00	1,20	1,2	1,385	1,754	Aman
42	K.A	125,5	1,48	0,30	0,30	0,09	0,045	0,134	Aman
43	K.B	125,5	1,50	0,80	0,70	0,56	0,543	0,829	Aman
44	L.A	126,53	1,50	0,40	0,40	0,16	0,090	0,240	Aman
45	L.B	126,53	1,50	0,50	0,60	0,3	0,239	0,449	Aman
46	M1.A	103,8	1,47	0,30	0,30	0,09	0,027	0,135	Aman
47	M1.B	103,8	1,50	0,40	0,40	0,16	0,104	0,235	Aman
48	N1.A	115,27	1,49	0,30	0,30	0,09	0,037	0,135	Aman
49	N1.B	115,27	1,48	0,50	0,60	0,3	0,273	0,448	Aman
50	M2	78,36	1,46	0,30	0,30	0,09	0,030	0,133	Aman
51	M3	101,87	1,50	0,30	0,30	0,09	0,029	0,131	Aman
52	M4	118,02	1,50	0,60	0,60	0,36	0,302	0,538	Aman
53	M5	72,05	1,50	0,50	0,60	0,3	0,281	0,451	Aman
54	N2	60,8	1,50	0,50	0,60	0,3	0,289	0,450	Aman
55	N3	91,66	1,50	0,40	0,50	0,2	0,135	0,300	Aman
56	N4	121,39	1,50	0,50	0,50	0,25	0,207	0,375	Aman
57	N5	244,98	1,48	0,50	0,60	0,3	0,277	0,450	Aman

Setelah membandingkan kecepatan di tiap saluran, dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan berdasarkan kemiringan saluran dapat diterima karena perbedaan kecepatan di tiap saluran tidak terlalu jauh, yaitu antara 1,4-1,5 m/s. Oleh karena kemiringan saluran telah diubah untuk menyesuaikan kecepatan, terdapat konsekuensi pada realisasi perencanaan. Di mana dalam pelaksanaan hasil desain perlu dilakukan pekerjaan galian dan timbunan apabila kemiringan saluran lebih besar dari kemiringan lahan serta penambahan bangunan terjunan apabila kemiringan saluran lebih kecil dari kemiringan lahan.

5.8.2 Analisis Hidrolika Berdasarkan Intensitas Hujan Rumus Hasper

Berdasarkan hasil analisis intensitas hujan rumus Mononobe yang dinilai terlalu besar dibandingkan dengan luas wilayah perencanaan sehingga diperlukan pembandingan menggunakan rumus lain. Berikut adalah analisis dimensi berdasarkan kemiringan dasar saluran dengan intensitas hujan rumus Hasper.

1. Perencanaan Dimensi Berdasarkan Kemiringan Lahan

Menentukan dimensi saluran menggunakan metode *trial and error* dengan kemiringan saluran mengikuti kemiringan lahan.

Diketahui:

$$\text{Debit rencana } (Q_{rencana}) = 0,00380 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Elevasi hulu} = 35,1 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi hilir} = 34,46 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran } (L) = 67,9 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan saluran } (S) = 0,0094$$

- a. Menghitung kedalaman aliran (y) jika direncanakan saluran segi empat dengan lebar saluran (b) 30 cm.

$$A = b \times y$$

$$= 0,3y$$

$$P = b + 2y$$

$$= 0,3 + 2y$$

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

$$= \frac{0,3y}{0,3+2y}$$

$$Q_{rencana} = A \times \frac{I}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,00380 = 0,3y \times \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3} \times 0,0094^{1/2}$$

$$0,00380 = 0,3y \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3} \times 7,458$$

$$0,000509 = 0,3y \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3}$$

Persamaan di atas diselesaikan dengan metode iterasi dan kedalaman aliran adalah sebesar 0,023 m.

- b. Menghitung kecepatan dan debit aliran

$$A = b \times y$$

$$A = 0,3 \times 0,023$$

$$= 0,0069 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2y$$

$$= 0,3 + 2 \times 0,023$$

$$P = 0,3461 \text{ m}$$

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

$$= \frac{0,0069}{0,3461}$$

$$= 0,02 \text{ m}$$

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

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,0200^{2/3} \times 0,0094^{1/2}$$

$$= 0,55 \text{ m/s}$$

$$Q_{aliran} = A \times v$$

$$= 0,0069 \times 0,55$$

$$=0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Menghitung debit saluran (Q_{saluran})

Sebuah saluran berbentuk segi empat dengan lebar saluran 30 cm dan kedalaman aliran sebesar 0,023 m. Berdasarkan Tabel 3.9 dengan debit aliran kurang dari $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ maka tinggi jagaan (w) untuk saluran pasangan beton adalah 0,2 m. Sehingga dapat dihitung kedalaman saluran (h) seperti pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned} h &= y + w \\ &= 0,023 + 0,2 \\ &= 0,232 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 0,3 \times 0,3 \\ &= 0,09 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{saluran}} &= A \times v \\ &= 0,09 \times 0,55 \\ &= 0,049 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Langkah berikutnya adalah cek kapasitas saluran apakah dimensi yang direncanakan dapat menampung debit banjir yang terjadi. Dengan debit saluran sebesar $0,049 \text{ m}^3/\text{s}$ lebih besar dari debit rencana, yaitu $0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$, maka saluran A1.A.1 berbentuk segi empat berukuran $0,3 \times 0,3 \text{ m}$ dapat digunakan.

Selanjutnya adalah menghitung saluran-saluran lainnya dengan metode serupa untuk dibandingkan kecepatan pada tiap-tiap saluran. Hasil perhitungan dimensi dan cek kapasitas saluran dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3.

Setelah membandingkan kecepatan di tiap saluran, dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan berdasarkan kemiringan lahan tidak dapat diterima karena perbedaan kecepatan di tiap saluran terlalu jauh. Hal ini dikhawatirkan terjadi luapan di saluran kolektor yang mana merupakan akumulasi debit dari saluran-saluran tersier dengan debit yang lebih kecil. Selain itu, pada kecepatan di beberapa saluran juga terlampaui tinggi, melebihi kecepatan izin, yaitu $\pm 1,5$ m/s. Dengan kecepatan melebihi kecepatan izin dikhawatirkan terjadi erosi atau gerusan pada dinding saluran. Sehingga perlu dilakukan perhitungan berdasarkan rekayasa kemiringan saluran dengan kemiringan saluran tidak sama dengan kemiringan lahan agar didapat kecepatan izin $\pm 1,5$ m/s.

2. Perencanaan Dimensi Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

Menentukan dimensi saluran menggunakan metode *trial and error* dengan kemiringan saluran tidak sama dengan kemiringan lahan.

Diketahui:

$$\text{Debit rencana } (Q_{rencana}) = 0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Panjang saluran } (L) = 67,9 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan saluran } (S) = 0,025$$

- a. Menghitung kedalaman aliran (y) jika direncanakan saluran segi empat dengan lebar saluran (b) 30 cm.

$$A = b \times y$$

$$= 0,3 y$$

$$P = b + 2y$$

$$= 0,3 + 2y$$

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

$$= \frac{0,3y}{0,3+2y}$$

$$Q_{rencana} = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,0038 = 0,3y \times \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3} \times 0,025^{1/2}$$

$$0,0038 = 0,3y \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3} \times 12,163$$

$$0,00031 = 0,3y \times \left(\frac{0,3y}{0,3+2y} \right)^{2/3}$$

Persamaan di atas diselesaikan dengan metode iterasi dan kedalaman aliran adalah sebesar 0,017 m.

b. Menghitung kecepatan dan debit aliran

$$A = b \times y$$

$$= 0,3 \times 0,017$$

$$= 0,0051 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2y$$

$$= 0,3 + 2 \times 0,017$$

$$= 0,3339$$

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

$$= \frac{0,0051}{0,3339}$$

$$= 0,0152$$

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

$$= \frac{1}{0,013} \times 0,0152^{2/3} \times 0,025^{1/2}$$

$$= 0,75 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{aliran}} = A \times v$$

$$= 0,0051 \times 0,75$$

$$= 0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Menghitung debit saluran (Q_{saluran})

Sebuah saluran berbentuk segi empat dengan lebar saluran 30 cm dan kedalaman aliran sebesar 0,017 m dengan tinggi jagaan (w) mengacu pada Tabel 3.9.

Dengan debit aliran kurang dari $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ maka tinggi jagaan (w) untuk saluran pasangan beton adalah $0,2 \text{ m}$. Sehingga dapat dihitung kedalaman saluran (h) seperti pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned} h &= y + w \\ &= 0,017 + 0,2 \\ &= 0,217 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 0,3 \times 0,3 \\ &= 0,09 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{saluran}} &= A \times v \\ &= 0,09 \times 0,75 \\ &= 0,067 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Langkah berikutnya adalah cek kapasitas saluran apakah dimensi yang direncanakan dapat menampung debit banjir yang terjadi. Dengan debit saluran sebesar $0,067 \text{ m}^3/\text{s}$ lebih besar dari debit rencana, yaitu $0,0038 \text{ m}^3/\text{s}$, maka saluran A1.A.1 beerbentuk segi empat berukuran $0,3 \times 0,3 \text{ m}$ dapat digunakan.

Selanjutnya adalah menghitung saluran-saluran lainnya dengan metode serupa untuk dibandingkan kecepatan pada tiap-tiap saluran. Hasil perhitungan dimensi dan cek kapasitas saluran dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5.

Setelah membandingkan kecepatan di tiap saluran, dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan berdasarkan rekayasa kemiringan saluran dapat diterima karena kecepatan aliran tidak melebihi kecepatan izin, yaitu 1,5 m/s. Oleh karena kemiringan saluran telah diubah untuk menyesuaikan kecepatan, terdapat konsekuensi pada realisasi perencanaan. Di mana dalam pelaksanaan hasil desain perlu dilakukan pekerjaan galian dan timbunan apabila kemiringan saluran lebih besar dari kemiringan lahan serta penambahan bangunan terjunan apabila kemiringan saluran lebih kecil dari kemiringan lahan.

5.8.3 Hasil Perbandingan Analisis Hidrolika antara Rumus Mononobe dan Hasper

Berdasarkan hasil perbandingan antara perencanaan dimensi dengan intensitas hujan rumus Mononobe dan Hasper dengan rekayasa kemiringan saluran sama-sama menghasilkan kecepatan saluran tidak lebih dari 1,5 m/s. Oleh karena itu diperlukan pertimbangan parameter lain untuk memilih salah satu dari kedua hasil perencanaan dimensi.

Dengan membandingkan kedalaman aliran pada tiap-tiap saluran sebagai parameter pembanding, hasil perhitungan dimensi dengan intensitas hujan rumus Hasper memiliki kedalaman aliran yang terlalu dangkal jika dibandingkan dengan lebar saluran, yaitu sebesar 0,016 m pada saluran D.A dengan tampang saluran segi empat berukuran 30×30 cm. Sedangkan pada perhitungan dimensi dengan intensitas hujan rumus Mononobe memiliki kedalaman aliran tidak terlalu dangkal, yaitu sebesar 0,061 m pada saluran L.B dengan tampang saluran segi empat berukuran 30×30 cm. Oleh karena itu, atas pertimbangan parameter kedalaman aliran pada tiap-tiap saluran, dimensi yang dipakai adalah dimensi dengan intensitas hujan rumus Mononobe. Skema jaringan drainase dengan dimensi saluran dapat dilihat pada Lampiran 10.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil redesain yang dilakukan terhadap saluran drainase pada kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group pada bab pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan dari analisis data hujan didapat curah hujan maksimum dengan periode ulang hujan (PUH) 10 tahun sebesar 139,278 mm.
2. Perbandingan kebutuhan dimensi akibat perbedaan intensitas hujan dilakukan karena nilai intensitas hujan rumus Mononobe dinilai terlalu besar yang nilainya mencapai 523,993 mm/jam. Sedangkan intensitas hujan metode Hasper memiliki nilai intensitas hujan terbesar adalah sebesar 59,302 mm/jam.
3. Berdasarkan pertimbangan parameter kedalaman aliran pada tiap-tiap saluran, dimensi yang dipakai adalah dimensi dengan intensitas hujan rumus Mononobe dengan rekayasa kemiringan saluran karena pada perhitungan dimensi dengan intensitas hujan rumus Hasper memiliki kedalaman aliran yang terlalu dangkal jika dibandingkan dengan lebar saluran.
4. Berdasarkan hasil analisis didapat empat belas tipe saluran drainase tipe *U-Ditch Precast* pada kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group dengan ukuran terkecil adalah 30×30 cm dan dimensi terbesar adalah 120×140 cm.
5. Terdapat beberapa jaringan drainase baru yang disesuaikan dengan perubahan tata guna lahan. Skema jaringan drainase redesain dinilai lebih efektif dengan keadaan saat ini dimana jaringan drainase telah disesuaikan dengan perubahan tata guna lahan terbaru.
6. Hasil dari redesain menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan mempengaruhi perubahan skema jaringan dan dimensi saluran drainase pada kawasan Pabrik Pupuk PT. Polowijo Gosari Group.

6.2 Saran

1. Data curah hujan tahunan yang dipakai dalam analisis perlu ditambah lagi untuk mengetahui nilai debit rencana yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan perencanaan ulang dengan hujan kala ulang yang lebih besar untuk diperoleh perbandingan.
3. Perlu adanya penelitian dengan menggunakan persamaan lain untuk mendapatkan hasil yang lebih beragam yang dapat digunakan sebagai pembanding.
4. Perlu dilakukan perencanaan ulang saluran drainase dengan tetap menggunakan bahan yang sama pada saluran tetapi dengan bentuk atau penampang saluran yang berbeda.
5. Jika kemiringan saluran mengikuti kemiringan dan tetap mempertahankan kecepatan izin, perlu dilakukan perencanaan ulang jaringan saluran drainase dengan bahan penyusun dan penampang saluran yang berbeda di tiap-tiap saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- Fairizi, D. 2015. Analisis dan Evaluasi Saluran Drainase pada Kawasan Perumnas Talang Kelapa di Sub Das Lambidaro Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Kafi, A., Heriyanto, Y., Darsono, S., & Kurniani, D. 2018. Perencanaan Sistem Drainase Pada Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kamiana, I. M. 2011. *Teknik Perhitungan Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Drainase Perkotaan*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa. 2013. Kriteria Perencanaan Bagian Saluran KP-03, In *Standar Perencanaan Irigasi*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2018. *Modul 3 Analisis Hidrologi dan Sedimen*. Jakarta.
- Kusuma, W. I. 2017. Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Perumahan Green Mansion Residence Sidoarjo. *ITS Repository*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Pania, H. G., Tangkudung, H., Kawet, L., & Wuisan, E.M. 2013. Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Kampus Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Sipil Statik*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Pudyawati, P. P. S., Dewi, R. K., & Suripin, S. P. 2018. Perencanaan Sistem Drainase Kawasan Indonesia Power, Tambaklorok Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Purnomo, S. N. 2017. Pengaruh Metode Pemilihan Data Hujan Pada Perancangan Debit Banjir di Das Serayu. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*. Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Sutarto, E. 1997. *Drainase Perkotaan*. Penerbit Gunadarma. Jakarta.
- Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wibowo, A., Widyatmoko, M. Y., Darsono, S., & Sugiyanto, S. 2014. Perencanaan Saluran Drainase Kawasan Oasis PT. Djarum Kudus di Kabupaten Kudus. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wilson, E. M. 1993. *Hidrologi Teknik*. Penerbit ITB. Bandung.
- Yaqin, M., Zenurianto, M., & Suhartono. 2015. Perencanaan Drainase Dan Sumur Resapan Perumahan Palm Hill Cilegon, Jawa Barat. *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*. Politeknik Negeri Malang, Malang.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dimensi U-Ditch oleh PT. Megacon Perkasa

NO	TYPE WIDTH x HEIGHT	DIMENSION (mm)										ESTIMATED WEIGHT (Kg)
		A	A1	B	C	D	T	L eff.	t	t1	x	
1	U 300 x 300	300	300	280	390	60	45	1200	180	180	40	177
2	U 300 x 400	300	400	280	390	60	45	1200	180	280	40	193
3	U 300 x 500	300	500	280	390	60	45	1200	180	380	40	220
4	U 400 x 400	400	400	390	500	70	50	1200	235	235	70	247
5	U 400 x 500	400	500	390	500	70	50	1200	235	335	70	279
6	U 400 x 600	400	600	390	500	70	50	1200	235	435	70	310
7	U 500 x 500	500	500	488	640	70	70	1200	285	285	70	367
8	U 500 x 600	500	600	488	640	70	70	1200	285	385	70	411
9	U 500 x 700	500	700	488	640	70	70	1200	285	485	70	454
10	U 600 x 600	600	600	586	740	70	70	1200	335	335	70	436
11	U 600 x 700	600	700	586	740	70	70	1200	335	435	70	479
12	U 600 x 800	600	800	586	740	70	70	1200	335	535	70	552
13	U 800 x 700	800	700	780	940	100	70	1200	450	350	70	616
14	U 800 x 800	800	800	780	940	100	70	1200	450	450	70	657
15	U 800 x 1000	800	1000	780	940	100	70	1200	450	650	70	749
16	U 800 x 1200	800	1200	780	940	100	70	1200	450	850	70	839
17	U 1000 x 1000	1000	1000	900	1180	110	90	1200	555	555	100	1124
18	U 1000 x 1200	1000	1200	900	1180	110	90	1200	555	755	100	1259
19	U 1200 x 1200	1200	1200	900	1180	110	90	1200	555	665	100	1629
20	U 1200 x 1400	1200	1400	1008	1390	130	95	1200	665	865	100	1790
21	U 1400 x 1400	1400	1400	1272	1620	150	110	1200	775	775	120	1987
22	U 1600 x 1600	1600	1600	1448	1840	170	120	1200	885	885	150	2494

Lampiran Gambar L-1.1 Dimensi U-Ditch

Lampiran 2. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Dasar Saluran		Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
		Elevasi Hulu	Elevasi Hilir											
		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
1	A1.A.1	35,2	34,56	0,0094	0,3	0,023	0,20	0,223	0,30	0,0069	0,3461	0,0200	0,55	0,0038
2	A1.A.2	34,26	33,6	0,0136	0,4	0,124	0,20	0,324	0,40	0,0495	0,6475	0,0764	1,62	0,0799
3	A1.B	35,1	33,8	0,0112	0,3	0,030	0,20	0,230	0,30	0,0091	0,3604	0,0251	0,70	0,0063
4	A2.A	33,6	32,6	0,0157	0,4	0,182	0,20	0,382	0,40	0,0730	0,7649	0,0954	2,01	0,1470
5	A2.B	33,9	32,9	0,0086	0,3	0,023	0,20	0,223	0,30	0,0068	0,3451	0,0196	0,52	0,0035
6	B1.A	33,6	32,4	0,0103	0,3	0,170	0,20	0,370	0,40	0,0509	0,6395	0,0796	1,45	0,0736
7	B1.B	33,8	32,6	0,0103	0,3	0,031	0,20	0,231	0,30	0,0093	0,3620	0,0257	0,68	0,0063
8	B2.A	32,3	31,86	0,0069	0,4	0,213	0,20	0,413	0,50	0,0851	0,8257	0,1031	1,41	0,1198
9	B2.B	32,7	32,26	0,0069	0,3	0,024	0,20	0,224	0,30	0,0072	0,3483	0,0208	0,48	0,0035
10	C.A	35,2	33,9	0,0220	0,3	0,017	0,20	0,217	0,30	0,0050	0,3335	0,0151	0,70	0,0035
11	C.B	35,2	33,9	0,0220	0,3	0,017	0,20	0,217	0,30	0,0050	0,3335	0,0151	0,70	0,0035
12	D.A	33,9	32,7	0,0203	0,3	0,016	0,20	0,216	0,30	0,0049	0,3330	0,0148	0,66	0,0033
13	D.B	33,9	32,7	0,0203	0,3	0,016	0,20	0,216	0,30	0,0049	0,3330	0,0148	0,66	0,0033
14	E1.A	32,5	31,86	0,0108	0,4	0,192	0,20	0,392	0,40	0,0767	0,7834	0,0979	1,70	0,1303
15	E1.B	32,6	31,96	0,0108	0,3	0,168	0,20	0,368	0,40	0,0504	0,6357	0,0792	1,48	0,0743
16	E2.A	31,76	30,99	0,0074	0,4	0,236	0,20	0,436	0,50	0,0945	0,8723	0,1083	1,51	0,1424
17	E2.B	31,96	31,19	0,0074	0,4	0,164	0,20	0,364	0,40	0,0655	0,7273	0,0900	1,33	0,0872
18	E3.A	31,19	29,1	0,0236	0,4	0,158	0,20	0,358	0,40	0,0630	0,7152	0,0881	2,34	0,1475

Lanjutan Lampiran 2. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Dasar Saluran		Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
		Elevasi Hulu	Elevasi Hilir		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
19	E3.B	31,29	29,2	0,0236	0,4	0,113	0,20	0,313	0,40	0,0451	0,6256	0,0721	2,05	0,0924
20	E4.A	29	28	0,0138	0,5	0,241	0,20	0,441	0,50	0,1204	0,9816	0,1227	2,23	0,2683
21	E4.B	28,7	27,7	0,0138	0,5	0,344	0,25	0,594	0,60	0,1721	1,1884	0,1448	2,49	0,4285
22	F.A	33,5	32,4	0,0084	0,4	0,112	0,20	0,312	0,40	0,0447	0,6233	0,0717	1,22	0,0544
23	F.B	33,8	32,7	0,0084	0,3	0,037	0,20	0,237	0,30	0,0111	0,3741	0,0297	0,68	0,0075
24	G.A	32,3	30,8	0,0083	0,4	0,160	0,20	0,360	0,40	0,0639	0,7197	0,0888	1,39	0,0892
25	G.B	32,5	31	0,0083	0,3	0,236	0,20	0,436	25	0,30	0,0708	0,7720	0,0917	1,42
26	H1.A	33,4	31,26	0,0184	0,3	0,075	0,20	0,275	0,30	0,0224	0,4495	0,0499	1,41	0,0317
27	H1.B	33,6	31,46	0,0184	0,3	0,027	0,20	0,227	0,30	0,0081	0,3537	0,0228	0,84	0,0068
28	H2.A	31,26	29,96	0,0084	0,4	0,188	0,20	0,388	0,40	0,0753	0,7765	0,0970	1,49	0,1121
29	H2.B	31,46	30,16	0,0084	0,3	0,041	0,20	0,241	0,30	0,0124	0,3826	0,0324	0,72	0,0089
30	H3.A	31,19	29,96	0,0095	0,4	0,224	0,20	0,424	0,50	0,0895	0,8475	0,1056	1,67	0,1495
31	H3.B	31,39	30,16	0,0095	0,3	0,036	0,20	0,236	0,30	0,0107	0,3713	0,0288	0,70	0,0075
32	H4.A	31,19	30,1	0,0062	0,3	0,195	0,20	0,395	0,40	0,0585	0,6902	0,0848	1,17	0,0687
33	H4.B	31,39	30,3	0,0062	0,3	0,040	0,20	0,240	0,30	0,0119	0,3794	0,0314	0,61	0,0072
34	I.A	29,76	28,9	0,0073	0,5	0,345	0,20	0,545	0,60	0,1725	1,1899	0,1450	1,81	0,3123
35	I.B	29,76	28,9	0,0085	0,5	0,216	0,20	0,416	0,50	0,1080	0,9321	0,1159	1,69	0,1822
36	J1.A	31	30	0,0065	0,4	0,229	0,20	0,429	0,50	0,0915	0,8574	0,1067	1,39	0,1276

Lanjutan Lampiran 2. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Dasar Saluran		Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
		Elevasi Hulu	Elevasi Hilir		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
37	J1.B	31,1	30,1	0,0065	0,3	0,104	0,20	0,304	0,40	0,0312	0,5081	0,0614	0,97	0,0301
38	J2.A	30	29,1	0,0070	0,4	0,203	0,20	0,403	0,50	0,0811	0,8056	0,1007	1,39	0,1130
39	J2.B	30,2	29,3	0,0070	0,3	0,040	0,20	0,240	0,30	0,0121	0,3807	0,0318	0,65	0,0078
40	J3.A	29,6	28,7	0,0059	0,5	0,392	0,20	0,592	0,60	0,1958	1,2831	0,1526	1,68	0,3299
41	J3.B	29,9	29,3	0,0070	0,3	0,035	0,20	0,235	0,30	0,0104	0,3694	0,0282	0,60	0,0062
42	K.A	33,67	32,86	0,0065	0,4	0,232	0,20	0,432	0,50	0,0928	0,8640	0,1074	1,40	0,1296
43	K.B	33,97	33,16	0,0065	0,3	0,058	0,20	0,258	0,30	0,0173	0,4154	0,0417	0,74	0,0129
44	L.A	36,17	33,87	0,0182	0,3	0,110	0,20	0,310	0,40	0,0331	0,5204	0,0635	1,65	0,0546
45	L.B	36,37	34,07	0,0182	0,3	0,017	0,20	0,217	0,30	0,0051	0,3340	0,0153	0,64	0,0033
46	M1.A	36,27	35,38	0,0086	0,3	0,068	0,20	0,268	0,30	0,0205	0,4366	0,0469	0,93	0,0190
47	M1.B	36,27	35,38	0,0086	0,3	0,028	0,20	0,228	0,30	0,0083	0,3551	0,0233	0,58	0,0048

Lanjutan Lampiran 2. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Dasar Saluran		Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
		Elevasi Hulu	Elevasi Hilir		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
48	N1.A	35,27	33,7	0,0136	0,3	0,139	0,20	0,339	0,40	0,0416	0,5774	0,0721	1,55	0,0647
49	N1.B	35,47	33,9	0,0136	0,3	0,020	0,20	0,220	0,30	0,0061	0,3404	0,0178	0,61	0,0037
50	M2	36,2	35,2	0,0128	0,3	0,020	0,20	0,220	0,30	0,0060	0,3397	0,0175	0,59	0,0035
51	M3	35,7	33,8	0,0187	0,3	0,136	0,20	0,336	0,40	0,0407	0,5714	0,0712	1,81	0,0735
52	M4	35,2	33,5	0,0144	0,3	0,140	0,20	0,340	0,40	0,0419	0,5792	0,0723	1,60	0,0671
53	M5	34	32,7	0,0180	0,3	0,132	0,20	0,332	0,40	0,0395	0,5636	0,0702	1,76	0,0695
54	N2	32,7	32,36	0,0056	0,3	0,101	0,20	0,301	0,30	0,0303	0,5019	0,0603	0,88	0,0268
55	N3	32,1	31,27	0,0091	0,3	0,125	0,20	0,325	0,40	0,0375	0,5499	0,0682	1,22	0,0458
56	N4	31,8	30,06	0,0143	0,3	0,138	0,20	0,338	0,40	0,0414	0,5761	0,0719	1,59	0,0659
57	N5	32,06	30,06	0,0082	0,5	0,248	0,20	0,448	0,50	0,1238	0,9952	0,1244	1,73	0,2144

Lampiran 3. Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
1	A1.A.1	67,9	0,55	0,3	0,3	0,09	0,00380	0,049	Aman
2	A1.A.2	48,56	1,62	0,4	0,4	0,16	0,07994	0,258	Aman
3	A1.B	116,46	0,70	0,3	0,3	0,09	0,00632	0,063	Aman
4	A2.A	63,57	2,01	0,4	0,4	0,16	0,14704	0,322	Aman
5	A2.B	116,46	0,52	0,3	0,3	0,09	0,00351	0,047	Aman
6	B1.A	116,46	1,45	0,3	0,4	0,12	0,07361	0,173	Aman
7	B1.B	116,46	0,68	0,3	0,3	0,09	0,00632	0,061	Aman
8	B2.A	63,57	1,41	0,4	0,5	0,2	0,11980	0,281	Aman
9	B2.B	63,57	0,48	0,3	0,3	0,09	0,00351	0,044	Aman
10	C.A	59,14	0,70	0,3	0,3	0,09	0,00350	0,063	Aman
11	C.B	59,14	0,70	0,3	0,3	0,09	0,00350	0,063	Aman
12	D.A	59,14	0,66	0,3	0,3	0,09	0,00327	0,060	Aman
13	D.B	59,14	0,66	0,3	0,3	0,09	0,00327	0,060	Aman
14	E1.A	59,14	1,70	0,4	0,4	0,16	0,13031	0,272	Aman
15	E1.B	59,14	1,48	0,3	0,4	0,12	0,07432	0,177	Aman
16	E2.A	103,52	1,51	0,4	0,5	0,2	0,14237	0,301	Aman
17	E2.B	103,52	1,33	0,4	0,4	0,16	0,08721	0,213	Aman
18	E3.A	88,54	2,34	0,4	0,4	0,16	0,14755	0,375	Aman

Lanjutan Lampiran 3. Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
19	E3.B	88,54	2,05	0,4	0,4	0,16	0,09239	0,328	Aman
20	E4.A	72,59	2,23	0,5	0,5	0,25	0,26832	0,557	Aman
21	E4.B	72,59	2,49	0,5	0,6	0,3	0,42849	0,747	Aman
22	F.A	130,46	1,22	0,4	0,4	0,16	0,05442	0,195	Aman
23	F.B	130,46	0,68	0,3	0,3	0,09	0,00754	0,061	Aman
24	G.A	181	1,39	0,4	0,4	0,16	0,08916	0,223	Aman
25	G.B	181	1,42	0,3	0,3	0,09	0,1008	0,128	Aman
26	H1.A	116,48	1,41	0,3	0,3	0,09	0,03168	0,127	Aman
27	H1.B	116,5	0,84	0,3	0,3	0,09	0,00675	0,075	Aman
28	H2.A	154,6	1,49	0,4	0,4	0,16	0,11211	0,238	Aman
29	H2.B	154,6	0,72	0,3	0,3	0,09	0,00888	0,065	Aman
30	H3.A	130,1	1,67	0,4	0,5	0,2	0,14955	0,334	Aman
31	H3.B	130,1	0,70	0,3	0,3	0,09	0,00752	0,063	Aman
32	H4.A	174,46	1,17	0,3	0,4	0,12	0,06869	0,141	Aman
33	H4.B	174,46	0,61	0,3	0,3	0,09	0,00721	0,054	Aman
34	I.A	118,16	1,81	0,5	0,6	0,3	0,31234	0,543	Aman

Lanjutan Lampiran 3. Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
35	I.B	101,04	1,69	0,216	0,5	0,5	0,25	0,1822	Aman
36	J1.A	153,9	1,39	0,229	0,4	0,5	0,2	0,1276	Aman
37	J1.B	153,9	0,97	0,104	0,3	0,4	0,12	0,0301	Aman
38	J2.A	128,69	1,39	0,203	0,4	0,5	0,2	0,1130	Aman
39	J2.B	128,69	0,65	0,040	0,3	0,3	0,09	0,0078	Aman
40	J3.A	152,93	1,68	0,392	0,5	0,6	0,3	0,3299	Aman
41	J3.B	85,17	0,60	0,035	0,3	0,3	0,09	0,0062	Aman
42	K.A	125,5	1,40	0,232	0,4	0,5	0,2	0,1296	Aman
43	K.B	125,5	0,74	0,058	0,3	0,3	0,09	0,0129	Aman
44	L.A	126,53	1,65	0,110	0,3	0,4	0,12	0,0546	Aman
45	L.B	126,53	0,64	0,017	0,3	0,3	0,09	0,0033	Aman
46	M1.A	103,8	0,93	0,068	0,3	0,3	0,09	0,0190	Aman
47	M1.B	103,8	0,58	0,028	0,3	0,3	0,09	0,0048	Aman
48	N1.A	115,27	1,55	0,139	0,3	0,4	0,12	0,0647	Aman
49	N1.B	115,27	0,61	0,020	0,3	0,3	0,09	0,0037	Aman
50	M2	78,36	0,59	0,020	0,3	0,3	0,09	0,0035	Aman

Lanjutan Lampiran 3. Uji Kapasitas Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Kemiringan Lahan

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
				b (m)	h (m)				
			(m/s)			(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
51	M3	101,87	1,81	0,3	0,4	0,12	0,0735	0,217	Aman
52	M4	118,02	1,60	0,3	0,4	0,12	0,0671	0,192	Aman
53	M5	72,05	1,76	0,3	0,4	0,12	0,0695	0,211	Aman
54	N2	60,8	0,88	0,3	0,3	0,09	0,0268	0,080	Aman
55	N3	91,66	1,22	0,3	0,4	0,12	0,0458	0,147	Aman
56	N4	121,39	1,59	0,3	0,4	0,12	0,0659	0,191	Aman
57	N5	244,98	1,73	0,5	0,5	0,25	0,2144	0,433	Aman

Lampiran 4. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
1	A1.A.1	0,0250	0,3	0,017	0,20	0,217	0,30	0,0051	0,3339	0,0152	0,75	0,3
2	A1.A.2	0,0110	0,4	0,133	0,20	0,333	0,40	0,0534	0,6668	0,0800	1,50	0,4
3	A1.B	0,0250	0,3	0,023	0,20	0,223	0,30	0,0070	0,3467	0,0202	0,90	0,3
4	A2.A	0,0072	0,4	0,245	0,20	0,445	0,50	0,0980	0,8902	0,1101	1,50	0,4
5	A2.B	0,0220	0,3	0,017	0,20	0,217	0,30	0,0050	0,3336	0,0151	0,70	0,3
6	B1.A	0,0117	0,4	0,123	0,20	0,323	0,40	0,0492	0,6461	0,0762	1,50	0,4
7	B1.B	0,0250	0,3	0,023	0,20	0,223	0,30	0,0070	0,3467	0,0202	0,90	0,3
8	B2.A	0,0082	0,4	0,200	0,20	0,400	0,40	0,0799	0,7994	0,0999	1,50	0,4
9	B2.B	0,0250	0,3	0,016	0,20	0,216	0,30	0,0048	0,3323	0,0146	0,73	0,3
10	C.A	0,0250	0,3	0,016	0,20	0,216	0,30	0,0048	0,3322	0,0145	0,72	0,3
11	C.B	0,0250	0,3	0,016	0,20	0,216	0,30	0,0048	0,3322	0,0145	0,72	0,3
12	D.A	0,0250	0,3	0,015	0,20	0,215	0,30	0,0046	0,3309	0,0140	0,71	0,3
13	D.B	0,0250	0,3	0,015	0,20	0,215	0,30	0,0046	0,3309	0,0140	0,71	0,3
14	E1.A	0,0077	0,4	0,218	0,20	0,418	0,50	0,0871	0,8357	0,1043	1,50	0,4
15	E1.B	0,0113	0,3	0,165	0,20	0,365	0,40	0,0495	0,6302	0,0786	1,50	0,3
16	E2.A	0,0073	0,4	0,238	0,20	0,438	0,50	0,0951	0,8757	0,1086	1,50	0,4
17	E2.B	0,0102	0,3	0,194	0,20	0,394	0,40	0,0582	0,6883	0,0846	1,50	0,3
18	E3.A	0,0072	0,4	0,246	0,20	0,446	0,50	0,0983	0,8915	0,1103	1,50	0,4

Lanjutan Lampiran 4. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
19	E3.B	0,0098	0,4	0,154	0,20	0,354	0,40	0,0617	0,7087	0,0871	1,50	0,4
20	E4.A	0,0049	0,5	0,358	0,20	0,558	0,60	0,1788	1,2152	0,1471	1,50	0,5
21	E4.B	0,0036	0,6	0,478	0,25	0,728	0,80	0,2867	1,5556	0,1843	1,49	0,6
22	F.A	0,0060	0,4	0,126	0,20	0,326	0,40	0,0503	0,6517	0,0773	1,08	0,4
23	F.B	0,0250	0,3	0,026	0,20	0,226	0,30	0,0078	0,3522	0,0222	0,96	0,3
24	G.A	0,0058	0,4	0,182	0,20	0,382	0,40	0,0729	0,7646	0,0954	1,22	0,4
25	G.B	0,0082	0,3	0,237	0,20	0,437	0,30	0,0711	0,7740	0,0919	1,42	0,1008
26	H1.A	0,0087	0,3	0,097	0,20	0,297	0,30	0,0291	0,4943	0,0590	1,09	0,3
27	H1.B	0,0250	0,3	0,024	0,20	0,224	0,30	0,0073	0,3487	0,0210	0,92	0,3
28	H2.A	0,0086	0,4	0,187	0,20	0,387	0,40	0,0747	0,7733	0,0966	1,50	0,4
29	H2.B	0,0250	0,3	0,029	0,20	0,229	0,30	0,0087	0,3580	0,0243	1,02	0,3
30	H3.A	0,0071	0,4	0,250	0,20	0,450	0,50	0,0999	0,8993	0,1110	1,50	0,4
31	H3.B	0,0250	0,3	0,026	0,20	0,226	0,30	0,0078	0,3521	0,0222	0,96	0,3
32	H4.A	0,0119	0,3	0,153	0,20	0,353	0,40	0,0458	0,6051	0,0756	1,50	0,3
33	H4.B	0,0250	0,3	0,025	0,20	0,225	0,30	0,0076	0,3508	0,0217	0,95	0,3
34	I.A	0,0051	0,5	0,397	0,20	0,597	0,60	0,1984	1,2937	0,1534	1,57	0,5
35	I.B	0,0062	0,5	0,243	0,20	0,443	0,50	0,1215	0,9860	0,1232	1,50	0,5
36	J1.A	0,0120	0,4	0,182	0,20	0,382	0,40	0,0726	0,7632	0,0952	1,76	0,4

Lanjutan Lampiran 4. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
37	J1.B	0,0230	0,3	0,067	0,20	0,267	0,30	0,0200	0,4337	0,0462	1,50	0,3
38	J2.A	0,0085	0,4	0,189	0,20	0,389	0,40	0,0754	0,7771	0,0971	1,50	0,4
39	J2.B	0,0250	0,3	0,027	0,20	0,227	0,30	0,0080	0,3535	0,0227	0,97	0,3
40	J3.A	0,0043	0,5	0,444	0,20	0,644	0,70	0,2220	1,3878	0,1599	1,49	0,5
41	J3.B	0,0250	0,3	0,023	0,20	0,223	0,30	0,0069	0,3462	0,0200	0,90	0,3
42	K.A	0,0076	0,4	0,218	0,20	0,418	0,50	0,0872	0,8360	0,1043	1,49	0,4
43	K.B	0,0250	0,3	0,037	0,20	0,237	0,30	0,0110	0,3737	0,0296	1,16	0,3
44	L.A	0,0140	0,3	0,121	0,20	0,321	0,40	0,0363	0,5423	0,0670	1,50	0,3
45	L.B	0,0250	0,3	0,015	0,20	0,215	0,30	0,0046	0,3308	0,0140	0,71	0,3
46	M1.A	0,0250	0,3	0,048	0,20	0,248	0,30	0,0143	0,3952	0,0361	1,33	0,3
47	M1.B	0,0250	0,3	0,020	0,20	0,220	0,30	0,0059	0,3393	0,0174	0,82	0,3

Lanjutan Lampiran 4. Perhitungan Dimensi Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Kemiringan Saluran (S)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Muka Air (y)	Tinggi Jagaan (w)	y+w	Kedalaman Saluran (h)	A	P	R	Kecepatan Aliran (v)	Q _{aliran}
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ²)	(m)		(m/s)	(m ³ /s)
48	N1.A	0,0123	0,3	0,144	0,20	0,344	0,40	0,0432	0,5881	0,0735	1,50	0,3
49	N1.B	0,0250	0,3	0,017	0,20	0,217	0,30	0,0050	0,3334	0,0150	0,74	0,3
50	M2	0,0250	0,3	0,016	0,20	0,216	0,30	0,0048	0,3322	0,0145	0,72	0,3
51	M3	0,0113	0,3	0,164	0,20	0,364	0,40	0,0491	0,6274	0,0783	1,50	0,3
52	M4	0,0120	0,3	0,149	0,20	0,349	0,40	0,0448	0,5989	0,0749	1,50	0,3
53	M5	0,0117	0,3	0,155	0,20	0,355	0,40	0,0465	0,6098	0,0762	1,50	0,3
54	N2	0,0250	0,3	0,060	0,20	0,260	0,30	0,0180	0,4199	0,0428	1,49	0,3
55	N3	0,0160	0,3	0,102	0,20	0,302	0,40	0,0305	0,5034	0,0606	1,50	0,3
56	N4	0,0122	0,3	0,147	0,20	0,347	0,40	0,0440	0,5931	0,0741	1,50	0,3
57	N5	0,0056	0,5	0,285	0,20	0,485	0,50	0,1427	1,0710	0,1333	1,50	0,5

Lampiran 5. Uji Kapasitas Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m ²)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
1	A1.A.1	67,9	0,75	0,3	0,3	0,09	0,00380	0,067	Aman
2	A1.A.2	48,56	1,50	0,4	0,4	0,16	0,07994	0,240	Aman
3	A1.B	116,46	0,90	0,3	0,3	0,09	0,00632	0,081	Aman
4	A2.A	63,57	1,50	0,4	0,5	0,2	0,14704	0,300	Aman
5	A2.B	116,46	0,70	0,3	0,3	0,09	0,00351	0,063	Aman
6	B1.A	116,46	1,50	0,4	0,4	0,16	0,07361	0,239	Aman
7	B1.B	116,46	0,90	0,3	0,3	0,09	0,00632	0,081	Aman
8	B2.A	63,57	1,50	0,4	0,4	0,16	0,11980	0,240	Aman
9	B2.B	63,57	0,73	0,3	0,3	0,09	0,00351	0,065	Aman
10	C.A	59,14	0,72	0,3	0,3	0,09	0,00350	0,065	Aman
11	C.B	59,14	0,72	0,3	0,3	0,09	0,00350	0,065	Aman
12	D.A	59,14	0,71	0,3	0,3	0,09	0,00327	0,064	Aman
13	D.B	59,14	0,71	0,3	0,3	0,09	0,00327	0,064	Aman
14	E1.A	59,14	1,50	0,4	0,5	0,2	0,13031	0,299	Aman
15	E1.B	59,14	1,50	0,3	0,4	0,12	0,07432	0,180	Aman
16	E2.A	103,52	1,50	0,4	0,5	0,2	0,14237	0,299	Aman
17	E2.B	103,52	1,50	0,3	0,4	0,12	0,08721	0,180	Aman
18	E3.A	88,54	1,50	0,4	0,5	0,2	0,14755	0,300	Aman

Lanjutan Lampiran 5. Uji Kapasitas Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Hasper Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m^2)	(m^3/s)	(m^3/s)	
19	E3.B	88,54	1,50	0,4	0,4	0,16	0,09239	0,239	Aman
20	E4.A	72,59	1,50	0,5	0,6	0,3	0,26832	0,450	Aman
21	E4.B	72,59	1,49	0,6	0,8	0,48	0,42849	0,717	Aman
22	F.A	130,46	1,08	0,4	0,4	0,16	0,05442	0,173	Aman
23	F.B	130,46	0,96	0,3	0,3	0,09	0,00754	0,087	Aman
24	G.A	181	1,22	0,4	0,4	0,16	0,08916	0,196	Aman
25	G.B	181	1,42	0,3	0,3	0,09	0,10083	0,128	Aman
26	H1.A	116,48	1,09	0,3	0,3	0,09	0,03168	0,098	Aman
27	H1.B	116,5	0,92	0,3	0,3	0,09	0,00675	0,083	Aman
28	H2.A	154,6	1,50	0,4	0,4	0,16	0,11211	0,240	Aman
29	H2.B	154,6	1,02	0,3	0,3	0,09	0,00888	0,092	Aman
30	H3.A	130,1	1,50	0,4	0,5	0,2	0,14955	0,299	Aman
31	H3.B	130,1	0,96	0,3	0,3	0,09	0,00752	0,086	Aman
32	H4.A	174,46	1,50	0,3	0,4	0,12	0,06869	0,180	Aman
33	H4.B	174,46	0,95	0,3	0,3	0,09	0,00721	0,085	Aman
34	I.A	118,16	1,57	0,5	0,6	0,3	0,31234	0,472	Aman
35	I.B	101,04	1,50	0,5	0,5	0,25	0,18225	0,375	Aman
36	J1.A	153,9	1,76	0,4	0,4	0,16	0,12760	0,281	Aman
37	J1.B	153,9	1,50	0,3	0,3	0,09	0,03013	0,135	Aman

Lanjutan Lampiran 5. Uji Kapasitas Saluran dengan Intensitas Hujan Rumus Mononobe Berdasarkan Rekayasa Kemiringan Saluran

No.	Nama Saluran	Panjang Saluran (m)	Kecepatan Aliran (v)	Dimensi Saluran		$A_{saluran}$	$Q_{rencana}$	$Q_{saluran}$	Cek Saluran
			(m/s)	b (m)	h (m)	(m^2)	(m^3/s)	(m^3/s)	
38	J2.A	128,69	1,50	0,4	0,4	0,16	0,11295	0,240	Aman
39	J2.B	128,69	0,97	0,3	0,3	0,09	0,00782	0,088	Aman
40	J3.A	152,93	1,49	0,5	0,7	0,35	0,32988	0,520	Aman
41	J3.B	85,17	0,90	0,3	0,3	0,09	0,00622	0,081	Aman
42	K.A	125,5	1,49	0,4	0,5	0,2	0,12957	0,297	Aman
43	K.B	125,5	1,16	0,3	0,3	0,09	0,01285	0,105	Aman
44	L.A	126,53	1,50	0,3	0,4	0,12	0,05458	0,180	Aman
45	L.B	126,53	0,71	0,3	0,3	0,09	0,00326	0,064	Aman
46	M1.A	103,8	1,33	0,3	0,3	0,09	0,01898	0,120	Aman
47	M1.B	103,8	0,82	0,3	0,3	0,09	0,00480	0,073	Aman
48	N1.A	115,27	1,50	0,3	0,4	0,12	0,06469	0,180	Aman
49	N1.B	115,27	0,74	0,3	0,3	0,09	0,00370	0,067	Aman
50	M2	78,36	0,72	0,3	0,3	0,09	0,00350	0,065	Aman
51	M3	101,87	1,50	0,3	0,4	0,12	0,07350	0,180	Aman
52	M4	118,02	1,50	0,3	0,4	0,12	0,06710	0,180	Aman
53	M5	72,05	1,50	0,3	0,4	0,12	0,06951	0,179	Aman
54	N2	60,8	1,49	0,3	0,3	0,09	0,02679	0,134	Aman
55	N3	91,66	1,50	0,3	0,4	0,12	0,04579	0,180	Aman
56	N4	121,39	1,50	0,3	0,4	0,12	0,06593	0,180	Aman
57	N5	244,98	1,50	0,5	0,5	0,25	0,21441	0,376	Aman



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

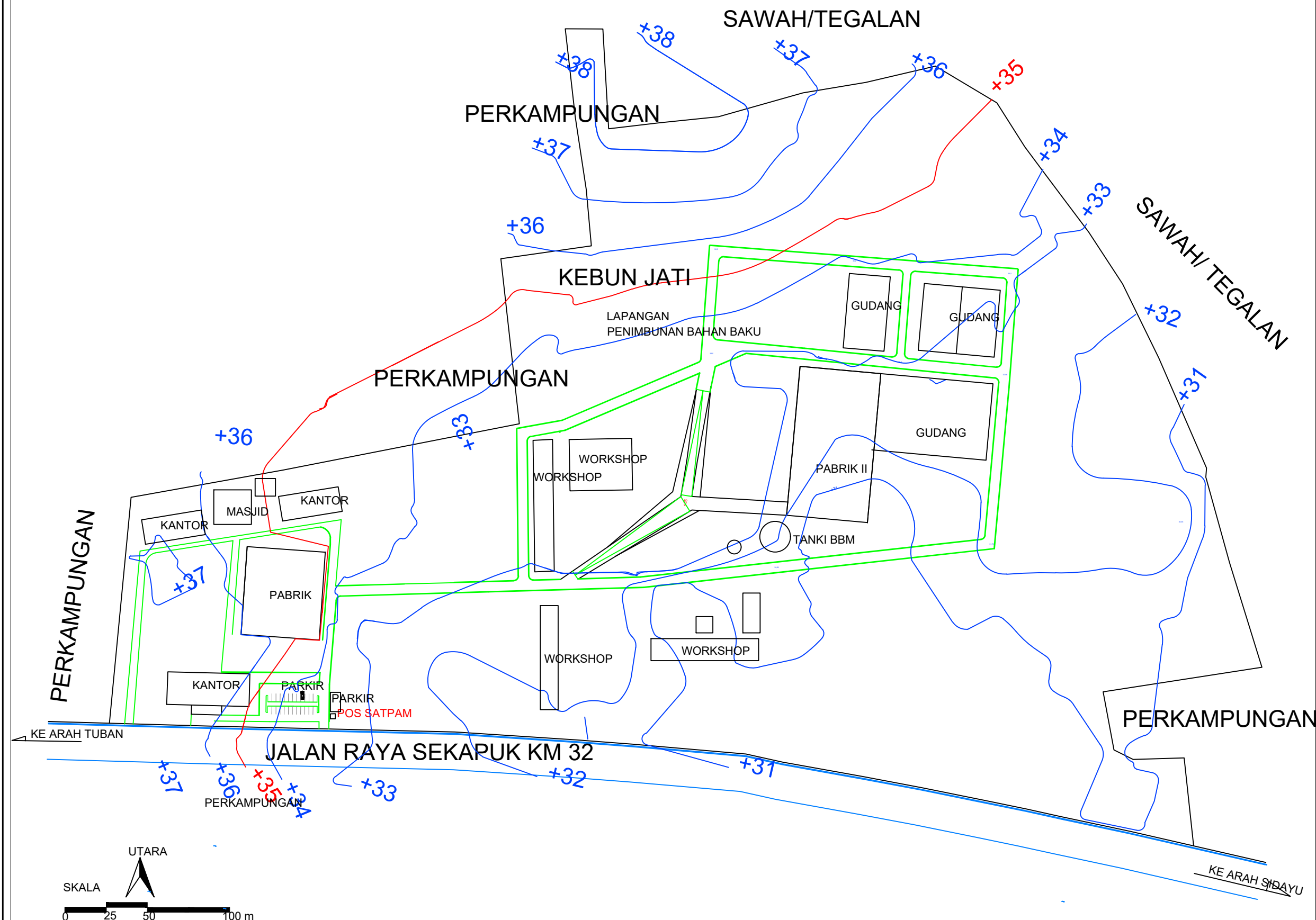
JUDUL GAMBAR

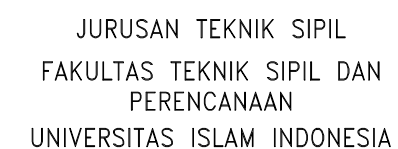
PETA LAYOUT EKSISTING KAWASAN
PABRIK PUPUK PT. POLOWIJO GOSARI
GROUP

KETERANGAN

Luas: 19,59 Ha
Keliling: 1.610 m

KETERANGAN





TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

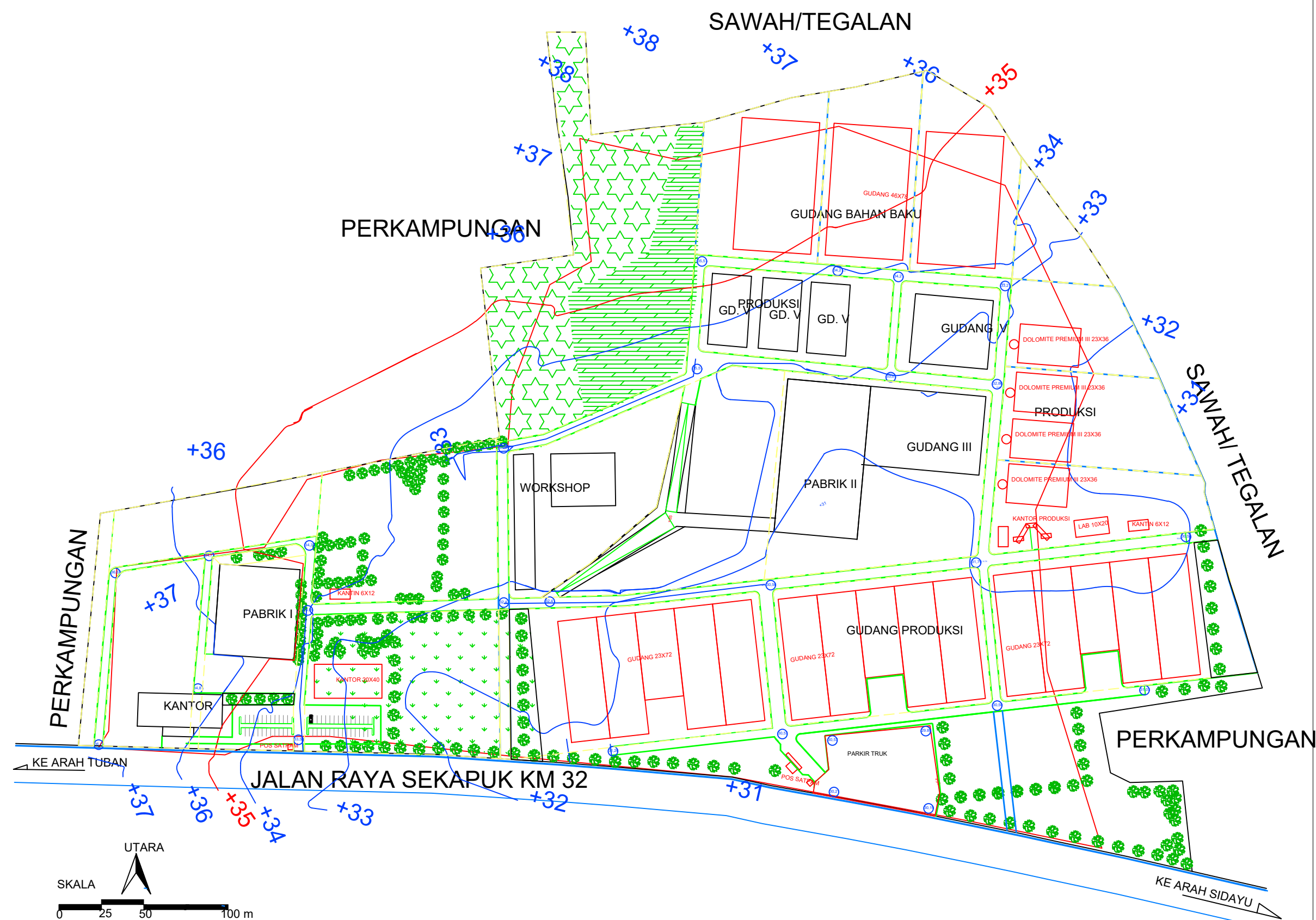
JUDUL GAMBAR

PETA LAYOUT PERENCANAAN

KETERANGAN

Luas:19,59 Ha
Keliling: 1.610 m

KETERANGAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

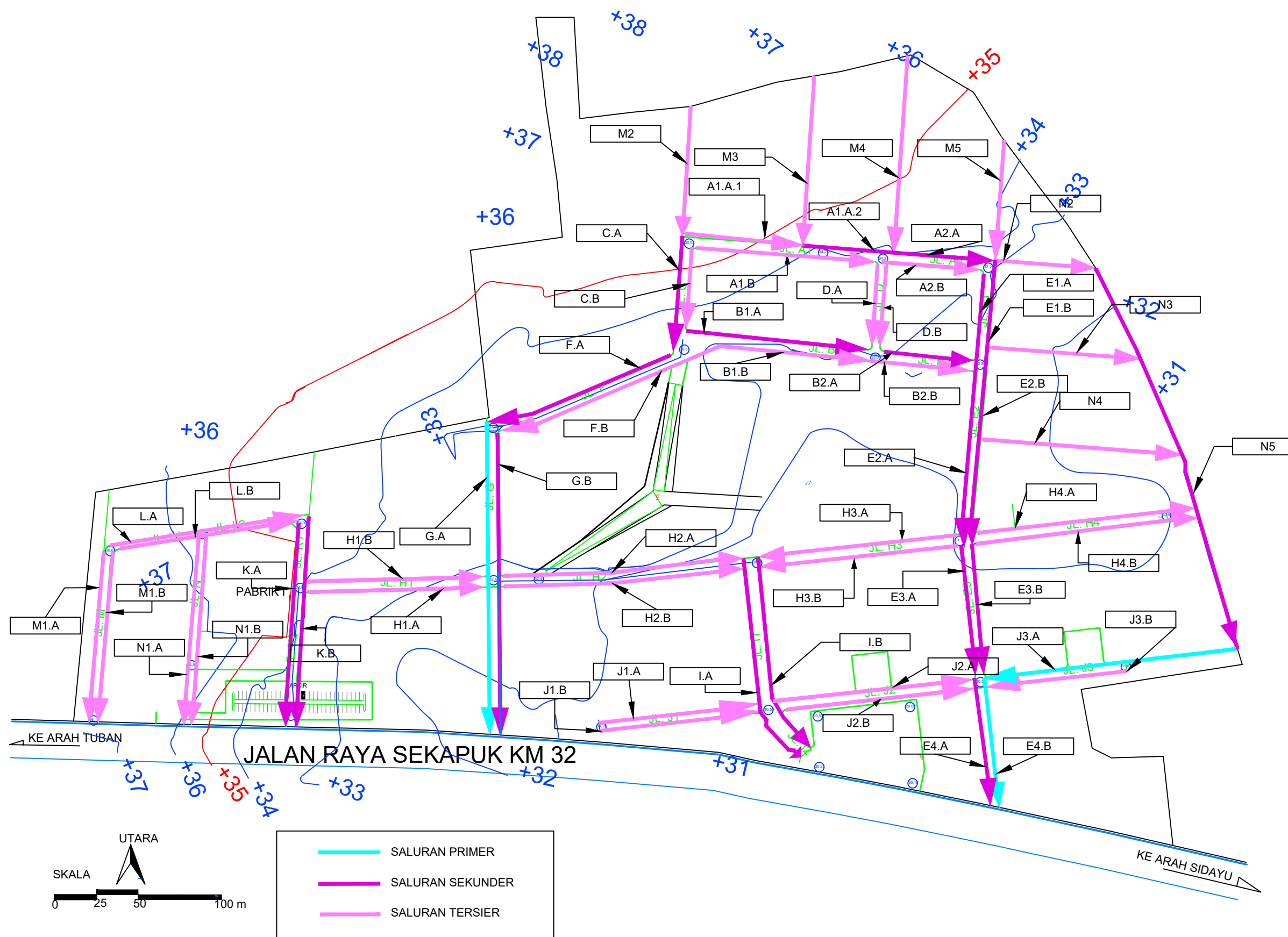
JUDUL GAMBAR

SKEMA JARINGAN DRAINASE

KETERANGAN

Luas: 19,59 Ha
Keliling: 1.610 m

KETERANGAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

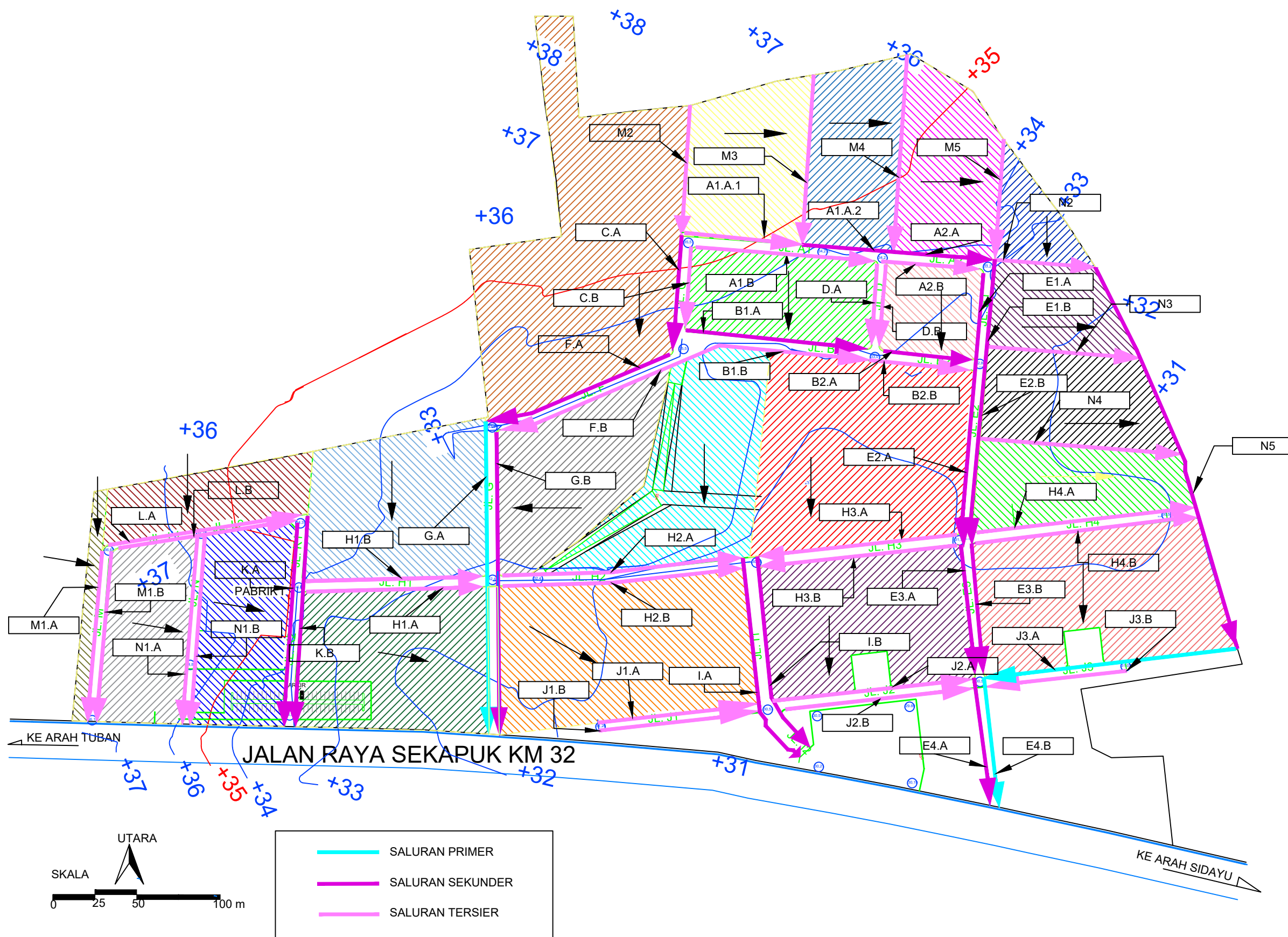
JUDUL GAMBAR

CATCHMENT AREA SALURAN
DRAINASE

KETERANGAN

Luas: 19,59 Ha
Keliling: 1.610 m

KETERANGAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

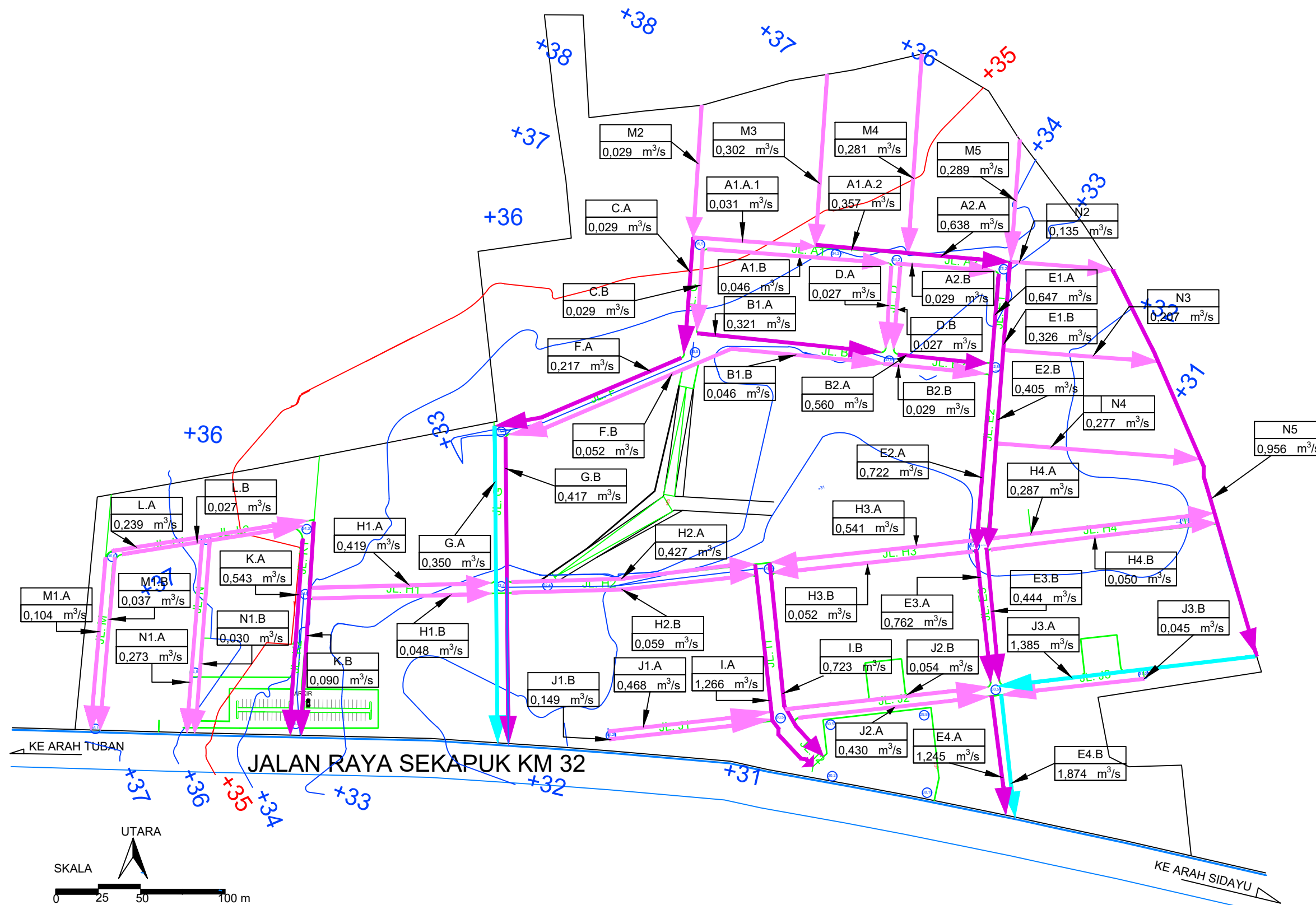
JUDUL GAMBAR

DEBIT KUMULATIF SALURAN DRAINASE

KETERANGAN

Luas: 19,59 Ha
Keliling: 1.610 m

KETERANGAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

JUDUL GAMBAR

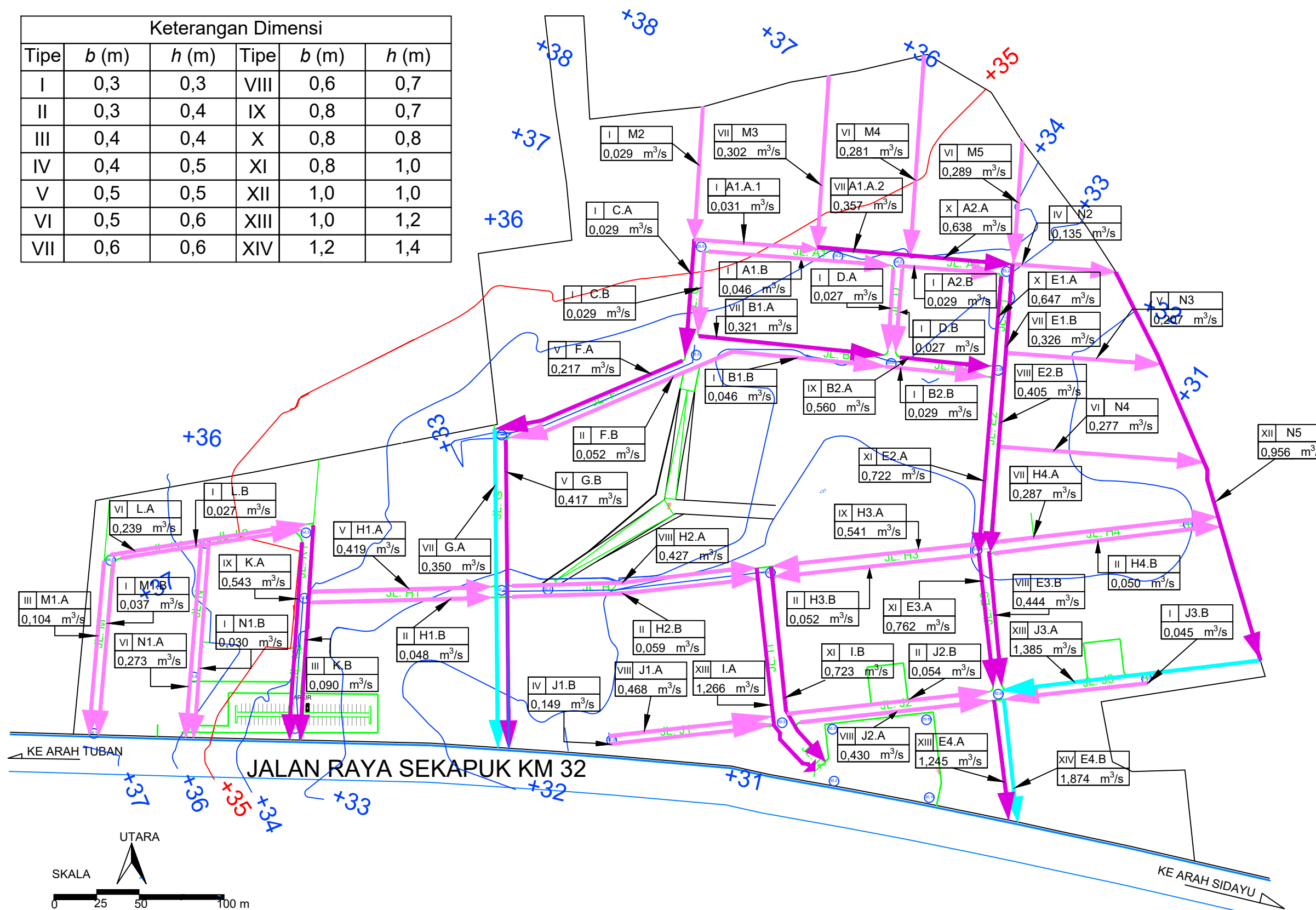
PETA DIMENSI SALURAN DRAINASE

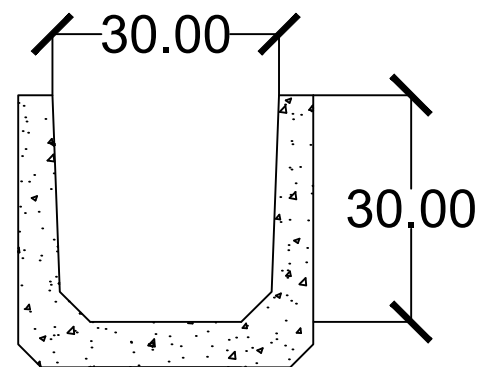
KETERANGAN

Luas: 19,59 Ha
Keliling: 1.610 m

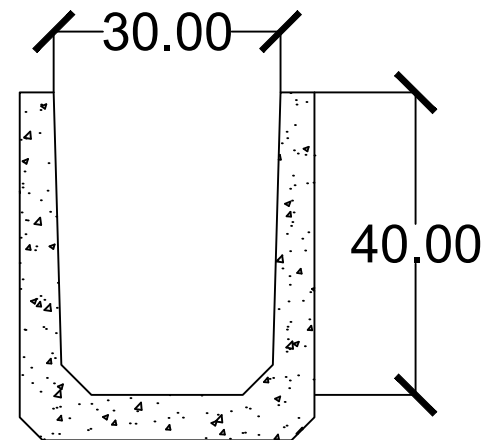
KETERANGAN

Keterangan Dimensi					
Tipe	b (m)	h (m)	Tipe	b (m)	h (m)
I	0,3	0,3	VIII	0,6	0,7
II	0,3	0,4	IX	0,8	0,7
III	0,4	0,4	X	0,8	0,8
IV	0,4	0,5	XI	0,8	1,0
V	0,5	0,5	XII	1,0	1,0
VI	0,5	0,6	XIII	1,0	1,2
VII	0,6	0,6	XIV	1,2	1,4

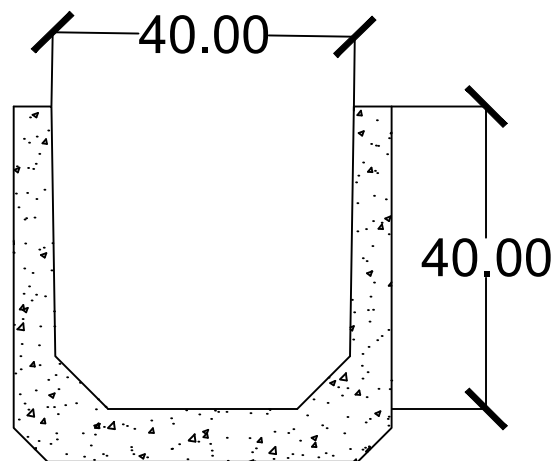




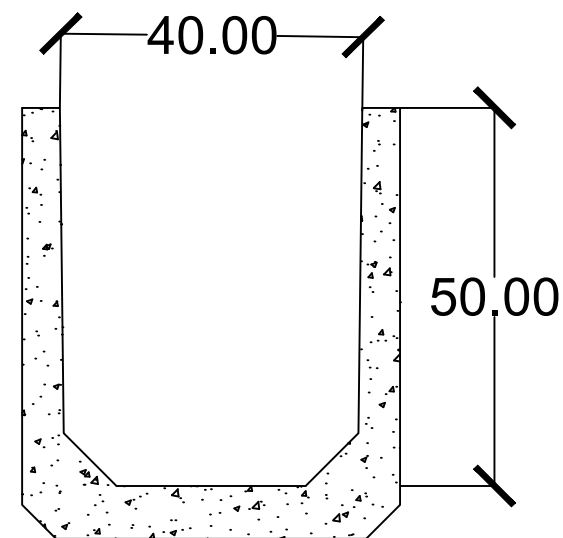
TIPE I 30 X 30



TIPE II 30 X 40



TIPE III 40 X 30



TIPE IV 40 X 40



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

JUDUL GAMBAR

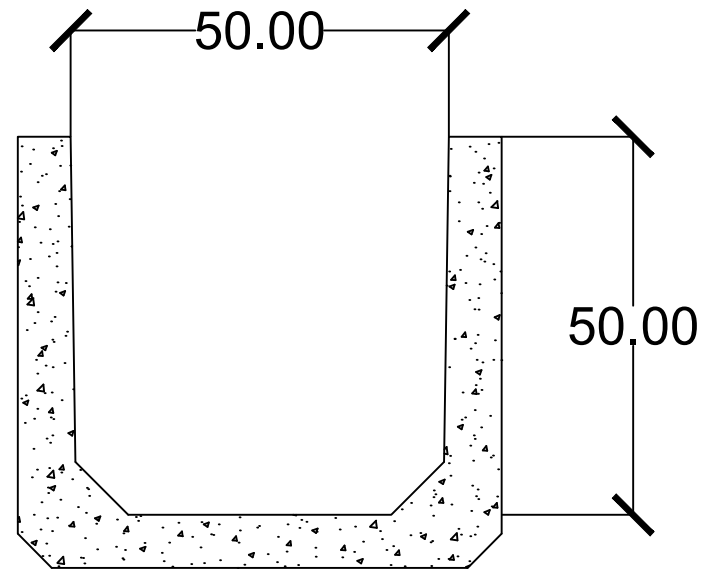
DETAIL PENAMPANG SALURAN

KETERANGAN

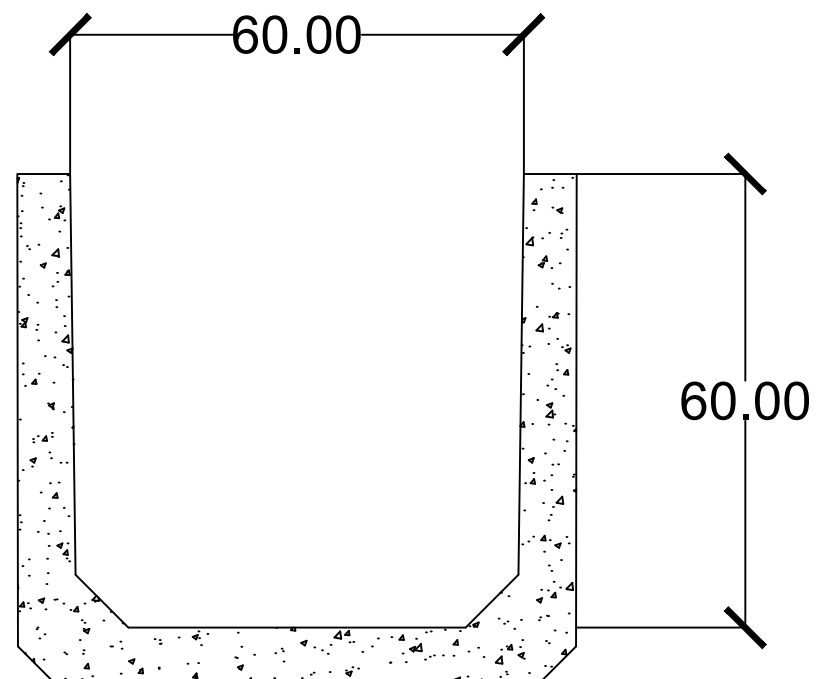
Satuan dalam cm

SKALA

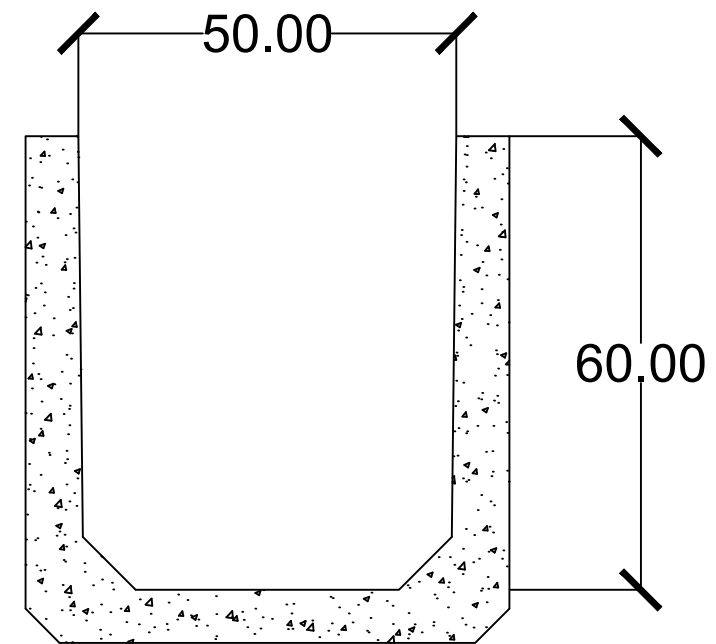
1:25



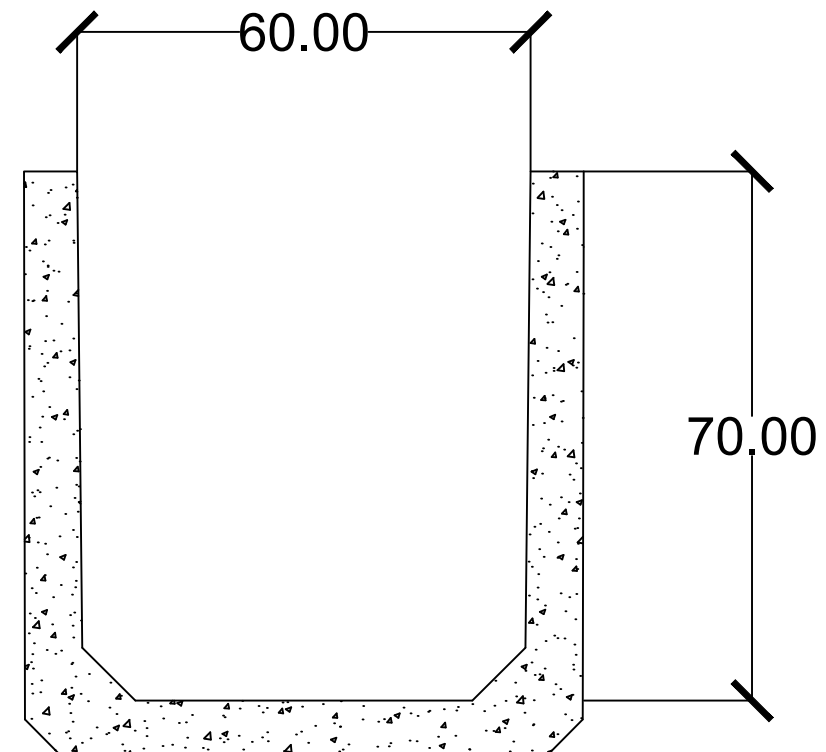
TIPE V 50 X 50



TIPE VI 60 X 60



TIPE VI 50 X 60



TIPE VII 60 X 70



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

JUDUL GAMBAR

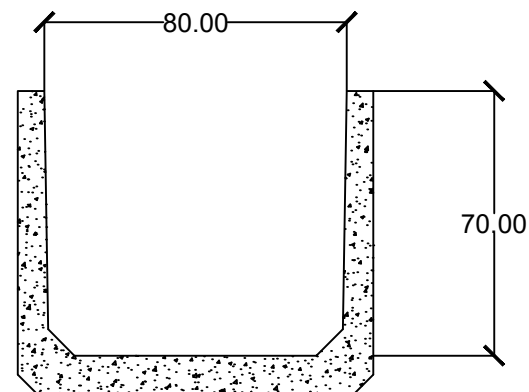
DETAIL PENAMPANG SALURAN

KETERANGAN

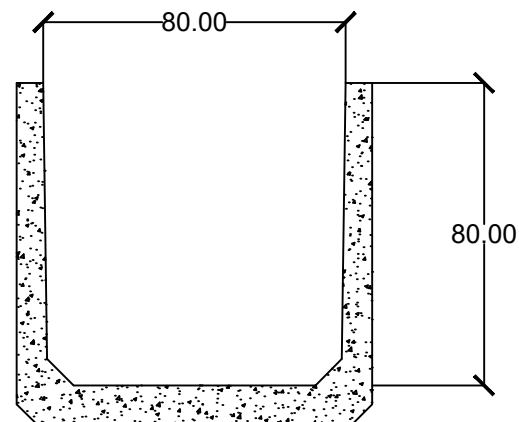
Satuan dalam cm

SKALA

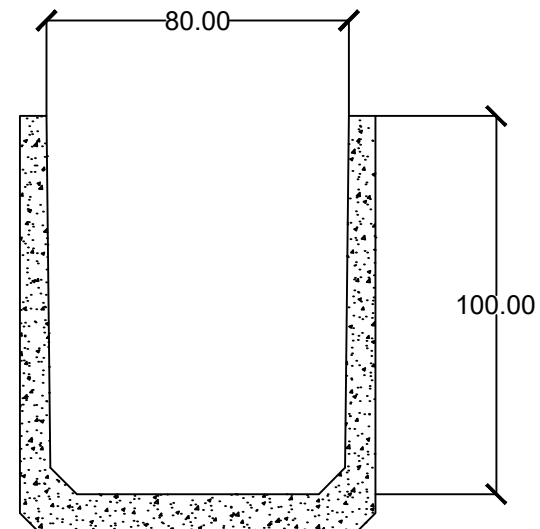
1:25



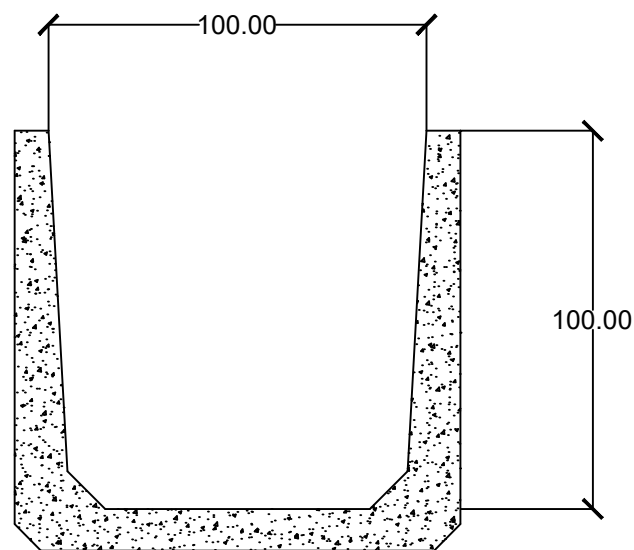
TIPE IX 80 X 70



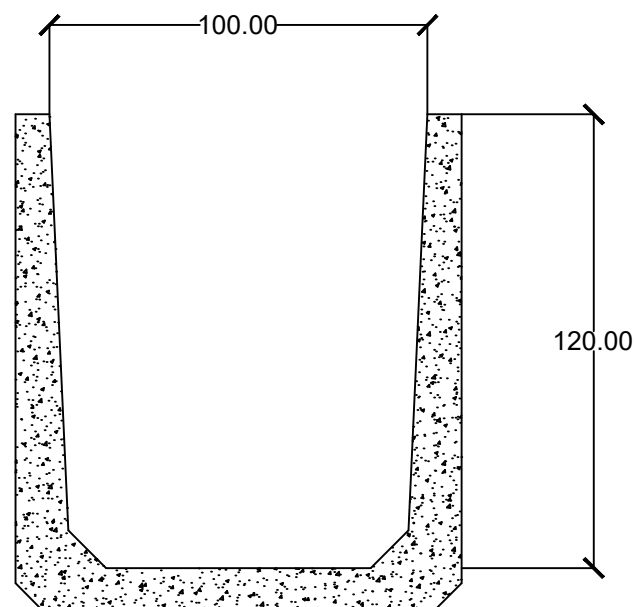
TIPE X 80 X 80



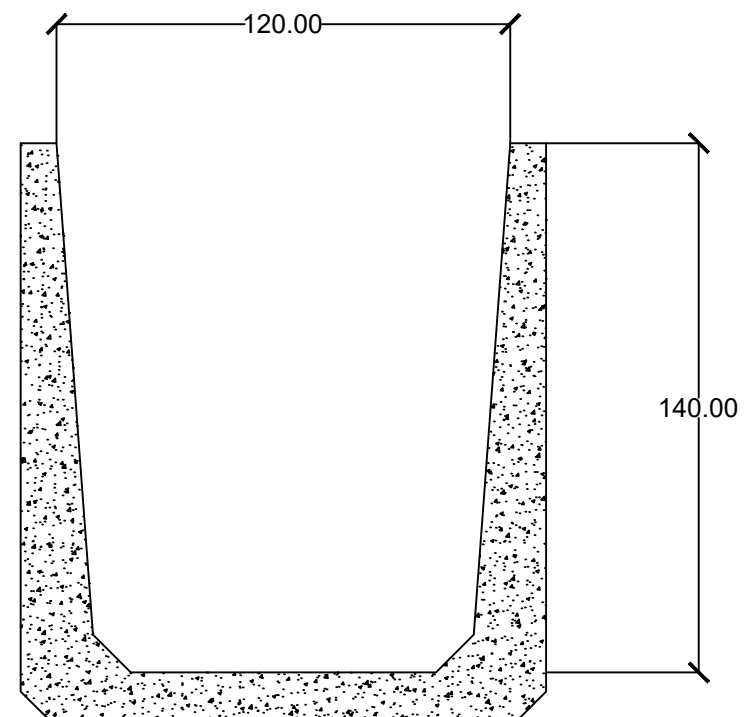
TIPE XI 80 X 100



TIPE XII 100 X 100



TIPE XIII 100 X 120



TIPE XIV 120 X 140



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA

NARESWARI H (16511214)

DOSEN PEMBIMBING

PRADIPTA NANDI WARDHANA S.T.,
M.Eng.

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENAMPANG SALURAN

KETERANGAN

Satuan dalam cm

SKALA

1:50