



**PERENCANAAN DRAINASE KAMPUS TEGAL BOTO
UNIVERSITAS JEMBER**

SKRIPSI

Oleh :
Febtarica Putri Wahyono
121910301141

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**PERENCANAAN DRAINASE KAMPUS TEGAL BOTO
UNIVERSITAS JEMBER**

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Starta I (S1) Teknik Sipil dan mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil.

SKRIPSI

Oleh :
Febtarica Putri Wahyono
121910301141

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

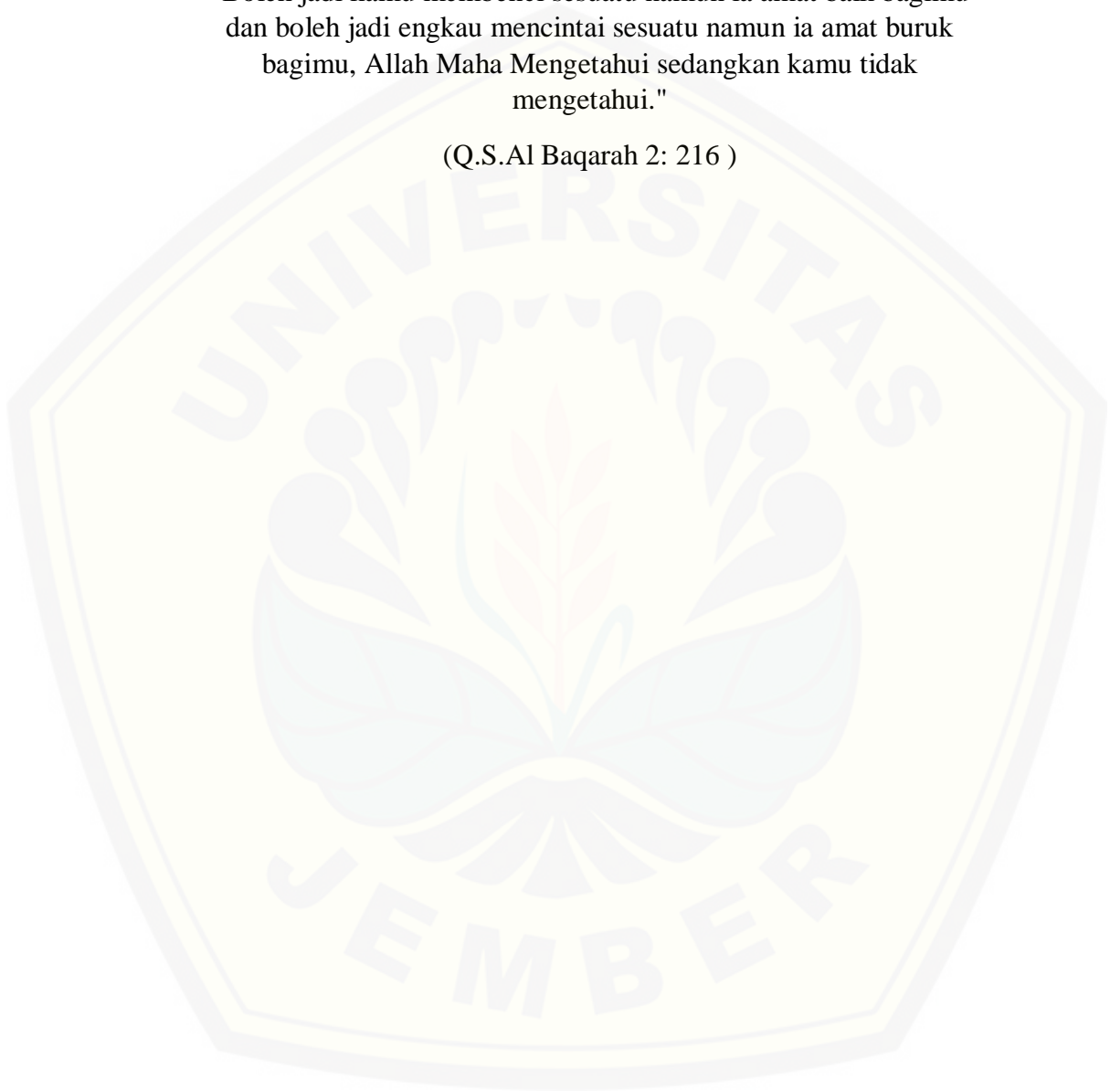
Skripsi ini saya persembahkan Untuk :

1. Kedua orang tua, bapak Eko Sari Wahjono dan Ibu Atik Suharti yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan dengan segala kasih sayang dan pengorbanan yang tak terhingga, serta tidak pernah lelah memberikan semangat sekaligus dukungan baik secara moril maupun materil sehingga saya mampu mewujudkan suatu kebanggaan ini;
2. Mashita Aseptia Wahyono dan Akbara amaragil Wahyono yang menjadi motivasi saya untuk menyelesaikan Skripsi ini;
3. Yuniar Dwi Prasetyo, terimakasih untuk waktu dan motivasi serta dukungannya.
4. Guru-guruku sejak TK hingga SMA, dan semua dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
5. Bapak Muhlis Amiruddin selaku teknisi laboratorium Teknik Sipil yang membantu menyelesaikan skripsi ini;
6. Puthut Omar dan teman – teman yang memberi bantuan saat pengambilan data selama skripsi ini;
7. Seluruh teman-teman Teknik Sipil 2012, 2013, 2014, 2015 dan 2016 yang banyak memberikan bantuan dan semangat;

MOTTO

"Boleh jadi kamu membenci sesuatu namun ia amat baik bagimu dan boleh jadi engkau mencintai sesuatu namun ia amat buruk bagimu, Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui."

(Q.S.Al Baqarah 2: 216)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangandibawah ini:

Nama : Febtarica Putri Wahyono

NIM: 121910301141

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul “Perencanaan Saluran Drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsaan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Januari 2020

Yang menyatakan

Febtarica Putri Wahyono

NIM 121910301141

SKRIPSI

**PERENCANAAN SALURAN DRAINASE
KAMPUS TEGAL BOTO UNIVERSITAS
JEMBER**

Oleh:
Febtarica Putri Wahyono
NIM. 121910301141

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama :

Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggot :

Dr. Anik Ratnaningsih S.T., M.T

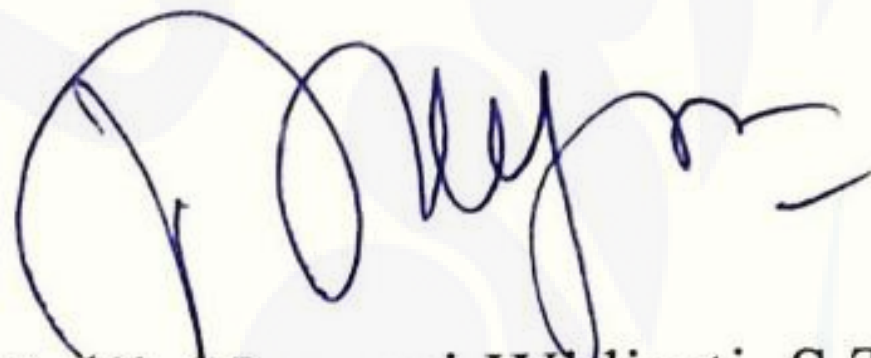
PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perencanaan Drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember” telah di uji dan disahkan pada :

Hari : Jumat
Tanggal : 24 Januari 2020
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama



Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T
NIP 19700613 199802 2 001

Dosen Pembimbing Anggota



Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T
NIP 19700530 199803 2 001

Tim Penguji :

Penguji I



Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T
NIP 19730127 199903 2002

Penguji II



Yuliana Sukarmawati, S.T., M.T
NIP 760017041

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember



Dr. H. H. Wahjidi Hardianto, S.T., M.T
NIP 19700826 199702 1 001

RINGKASAN

Perencanaan Drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember; Febtarica Putri Wahyono, 121910301141; 2019; 67 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Banjir dan genangan umumnya disebabkan karena adanya peralihan fungsi lahan yang semula terbuka menjadi tertutup oleh bangunan-bangunan untuk kegiatan perkuliahan yang mengakibatkan air yang meresap ke dalam pori-pori tanah terhalang. Sistem drainase kampus Universitas Jember menggunakan sistem drainase terbuka, yaitu saluran drainase berupa saluran yang terletak di sepanjang tepian kampus. Selama ini saluran drainase belum optimal mengalirkan air hujan, sehingga air hujan yang volumenya berlebih meluber ke jalan. Pada musim hujan, terjadi banjir atau genangan air di beberapa tempat mengganggu aktivitas. Jika penambahan bangunan sarana dan prasarana dibiarkan tanpa perencanaan dan perhitungan yang memadai akan muncul permasalahan yaitu genangan air semakin banyak menyebabkan banjir di kawasan kampus.

Penelitian di mulai dengan melakukan pengumpulan data primer yaitu melakukan survey dengan melakukan pengukuran di lapangan. Pengumpulan data sekunder yaitu data curah hujan diperoleh dari Dinas PU Bina Marga dan bagian perencanaan Universitas Jember. Dari hasil penelitian didapat saluran kondisi eksisting ada ada 8 saluran drainase yang tidak mencukupi kapasitas, yaitu B, A3, F1, G1, G4, G5, I1, I2 pada sisi kanan jalan. 7 saluran drainase yang mencukupi kapasitas, yaitu D, G1, G2, G5, H2, K1, K2, K3 pda sisi kiri jalan. Solusi untuk mengatasi saluran drainase yang tidak mencukupi kapasitas yaitu dilakukan perubahan dimensi saluran dengan mengubah mengubah kedalaman masing-masing saluran dengan rentang 0,10 cm sampai 0,50 cm.

SUMMARY

Design Drainage Campus Tegal Boto Jember University; Febtarica Putri Wahyono, 121910301141; 2019; 66 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Jember Univesity.

Floods and inundation are generally caused by a shift in the function of land that was originally open to be closed by buildings for lecture activities which resulted in water that seeped into the pores of the soil blocked. The Jember University campus drainage system uses an open drainage system, namely the drainage channel in the form of a channel located along the edge of the campus. So far, the drainage channel has not been optimal in draining rainwater, so that excessive volume of rainwater spills into the road. In the rainy season, floods or puddles in some places disrupt activities. If the addition of facilities and infrastructure buildings are left without adequate planning and calculation, problems will arise, namely that more puddles cause flooding in the campus area.

The research began by collecting primary data, namely conducting a survey by taking measurements in the field. Secondary data collection namely rainfall data obtained from the Department of Public Works Bina Marga and the planning department of the University of Jember. From the results of the study found that there are 8 existing drainage conditions that are not sufficient capacity, namely B, A3, F1, G1, G4, G5, I1, I2 on the right side of the road. 7 drainage channels which are sufficient capacity, namely D, G1, G2, G5, H2, K1, K2, K3 on the left side of the road. The solution to overcome the inadequate drainage capacity is changing the dimensions of the channel by changing the depth of each channel with a range of 0.10 cm to 0.50 cm.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan dapat menyelesaikan laporan skripsi ini yang berjudul “Perencanaan Saluran Drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember”. Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi S-I Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan laporan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Ibu Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi S-I Teknik Sipil Universitas Jember;
4. Ibu Wiwik Yunarni W, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama dan telah membimbing, memberi motivasi dan memberikan dukungan demi kesempurnaan laporan skripsi;
5. Ibu Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing, memberi motivasi dan memberikan dukungan demi kesempurnaan laporan skripsi;
6. Ibu Sri Sukmawati, S.T., M.T selaku Dosen Penguji I dan Ibu Yuliana Sukarmawati, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahannya demi terselesaikannya laporan skripsi;
7. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Jember, atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama ini;

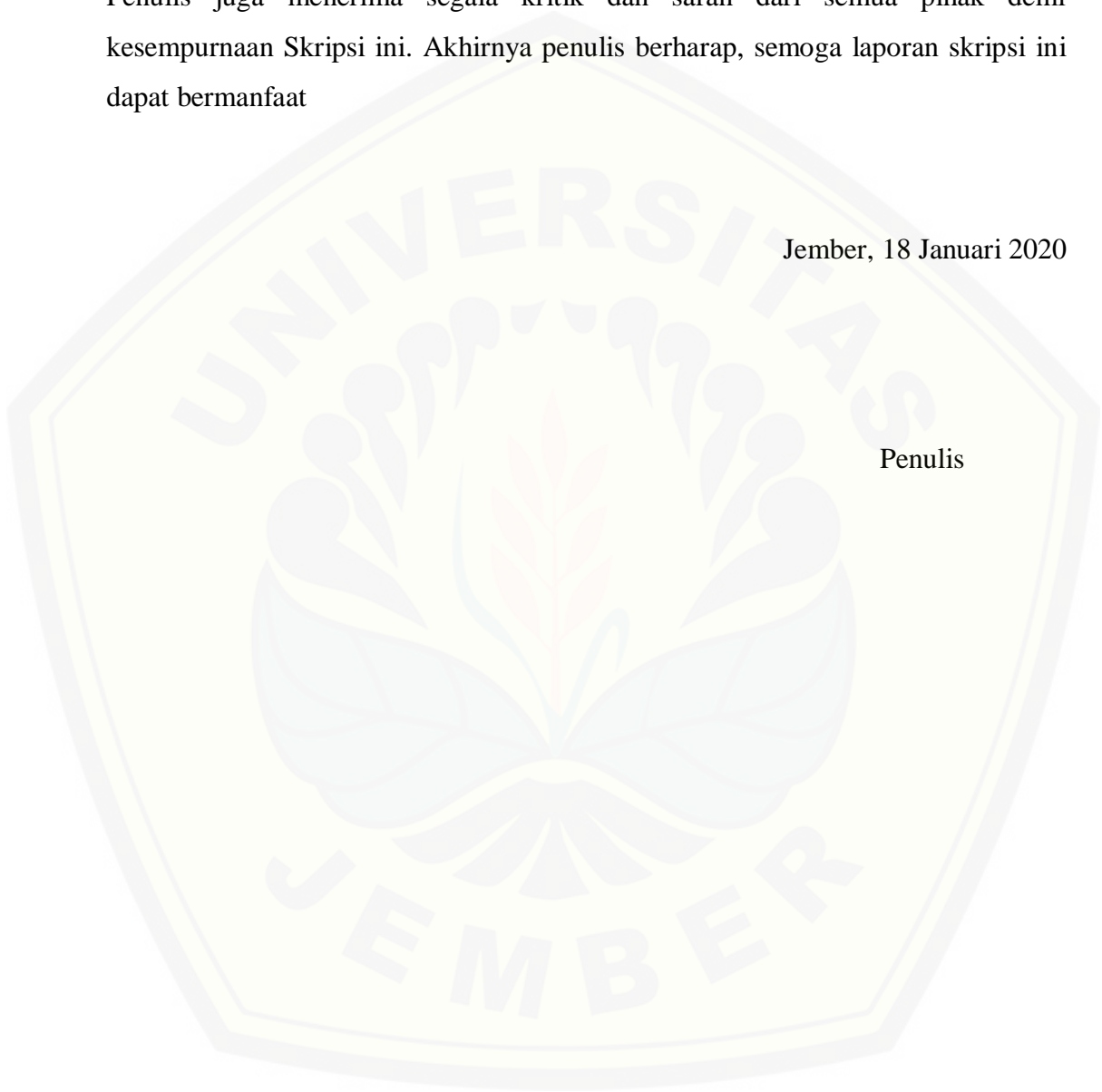
9. Kedua orang tuaku yang telah memberikan dukungan dan doanya demi terselesaikannya laporan skripsi ini;

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat

Jember, 18 Januari 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Persembahan.....	iii
Motto	iv
Pernyataan	v
Skripsi	vi
Halaman Pengesahan.....	vii
Ringkasan	viii
Summary	ix
Prakata	x
Daftar Isi	xii
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel.....	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Drainase.....	3
2.2 Jenis Drainase	3
2.3 Letak Bangunan Drainase.....	4
2.4 Fungsi Drainase	4
2.5 Konstruksi Saluran Drainase	4
2.6 Sistem Drainase	5
2.7 Analisis Hidrologi	
2.7.1 Analisis Frekuensi.....	7
2.7.2 Periode Kala Ulang Curah Hujan	7

2.7.3 Uji Kecocokan	8
2.7.4 Intensitas Hujan	9
2.7.5 Koefisien Pengaliran	9
2.7.6 Debit Rencana.....	11
2.7.7 Waktu Konsentrasi.....	12
2.8 Analisis Hidrolika	
2.8.1 Penampang Saluran.....	14
2.8.2 Kekasaran Saluran.....	15
2.8.3 Kecepatan Aliran	16
2.8.4 Kapasitas Saluran Drainase	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian	19
3.2 Pengumpulan Data	19
3.3 Pengolahan Data.....	20
3.4 Kerangka Penelitian	21
BAB 4 PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Hidrologi	23
4.1.1 Analisis Hidrologi	23
4.1.2 Analisis Frekuensi Hujan	23
4.1.3 Uji Probabilitas	25
4.1.4 Analisis Intensitas Curah Hujan	29
4.1.5 Perhitungan Debit Hidrologi	30
4.2 Analisis Hidrolika	
4.2.1 Dimensi Saluran Drainase Kondisi Eksisting.....	33
4.2.2 Perhitungan Debit Hidrolika Saluran (Qsaluran).....	35
4.3 Evaluasi Dimensi Saluran Drainase.....	39
4.4 Perencanaan Saluran Drainase	41
BAB 5. KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46

LAMPIRAN..... 47



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai untuk distribusi Log=Person III.....	6
Tabel 2.2	Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna Lahan	10
Tabel 2.3	Klasifikasi Besarnya Laju Infiltrasi	11
Tabel 2.4	Nilai Koefisien Kekasaran Manning (n)	14
Tabel 2.5	Peneliti Terdahulu	18
Tabel 3.1	Matrik Penelitian	22
Tabel 4.1	Data Curah Hujan	23
Tabel 4.2	Perhitungan Nilai Statistik X, Si, Cs, dan Ck Debit Maksimum ..	24
Tabel 4.3	Hujan Rencana dengan Periode Ulang T Tahun	25
Tabel 4.4.	Nilai Parameter Uji <i>Chi-square</i> untuk Distribusi Normal	25
Tabel 4.5	Nilai Parameter Uji <i>Chi-square</i> untuk Distribusi Log Normal	26
Tabel 4.6	Nilai Parameter Uji <i>Chi-square</i> untuk Distribusi Gumbel	26
Tabel 4.7	Nilai Parameter Uji <i>Chi-square</i> untuk Distribusi Log Pearson III	27
Tabel 4.8	Uji <i>Smirnov-kolmogrov</i>	28
Tabel 4.9	Rekapitulasi hasil Uji <i>Chi-square</i> dan Uji <i>Smirnov-kolmogrov</i> ...	29
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Hujan Netto Jam – Jaman	29
Tabel 4.11	Perhitungan Debit Saluran Drainase Sebelah Kanan	31
Tabel 4.12	Perhitungan Debit Saluran Drainase Sebelah Kiri	32
Tabel 4.13	Dimensi Saluran Drainase Kondisi Eksisting sebelah kanan	33
Tabel 4.14	Dimensi Saluran Drainase Kondisi Eksisting sebelah kiri	34
Tabel 4.15	Perhitungan Debit Hidrolika Saluran Sebelah Kanan	36
Tabel 4.16	Perhitungan Debit Hidrolika Saluran Sebelah Kiri	38
Tabel 4.3	Evaluasi Dimensi Saluran Drainase	39
Tabel 4.18	Perbandingan Qbanjir dan Qsaluran kondisi eksisting Saluran Sebelah Kiri	40
Tabel 4.19	Perubahan Dimensi Saluran Sebelah Kanan	41
Tabel 4.20	Perubahan Dimensi Saluran Sebelah Kiri	42

Tabel 4.21 Perbandingan Setelah Perubahan Dimensi Qbanjir dan Qsaluran Saluran Drainase Sebelah Kanan	42
Tabel 4.22 Perbandingan Setelah Perubahan Dimensi Qbanjir dan Qsaluran Setelah Perencanaan Saluran Drainase Sebelah Kiri	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampang Tunggal Trapesium	13
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	19



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum drainase juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah. Sedangkan sistem drainase merupakan serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004).

Banjir dan genangan umumnya disebabkan karena adanya peralihan fungsi lahan yang semula terbuka menjadi tertutup oleh bangunan-bangunan untuk kegiatan perkuliahan yang mengakibatkan air yang meresap ke dalam pori-pori tanah terhalang. Sistem drainase kampus Universitas Jember menggunakan sistem drainase terbuka, yaitu saluran drainase berupa saluran yang terletak di sepanjang tepian kampus. Selama ini saluran drainase belum optimal mengalirkan air hujan, sehingga air hujan yang volumenya berlebih meluber ke jalan. Pada musim hujan, terjadi banjir atau genangan air di beberapa tempat mengganggu aktivitas. Jika penambahan bangunan sarana dan prasarana dibiarkan tanpa perencanaan dan perhitungan yang memadai akan muncul permasalahan yaitu genangan air semakin banyak menyebabkan banjir di kawasan kampus.

Peneliti terdahulu memodelkan kondisi hidrologi dan hidrolika pada sistem drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember menggunakan *software* SWMM (*Storm Water Management Model*) yang menemukan beberapa saluran tidak mampu menampung debit banjir, sehingga perlu dilakukan normalisasi untuk menambah kapasitasnya (Rosdiana, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Rusli(2013) studi mengenai limpasan air hujan yang turun dibuang ke sungai secepatnya dan cara memanfaatkan air hujan dengan cara membuat kolam atau sumur resapan di daerah Kampus Tegal Boto Universitas Jember dengan menggunakan *software* SWMM(*Storm Water Management Model*). Pada studi kasus kali ini akan merencanakan drainase dengan perubahan tata guna lahan adanya pembangunan gedung baru menggunakan metode konvensional

diharapkan hasil studi dapat bermanfaat untuk pengembangan kampus Tegal Boto Universitas Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang didapat dari latar belakang tersebut adalah :

1. Bagaimana kondisi eksisting saluran drainase kampus Tegal Boto Universitas Jember?
2. Bagaimana evaluasi saluran drainase kampus Tegal Boto Universitas Jember?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian antara lain :

1. Mengetahui kondisi eksisting saluran drainase kampus Tegal Boto Universitas Jember.
2. Mengevaluasi saluran drainase kampus Tegal Boto Universitas Jember.

1.4 Manfaat

Dari penelitian tersebut ada beberapa manfaat yang diperoleh yaitu:

1. Mendapat informasi eksisting saluran drainase pada kampus Tegal Boto Universitas Jember.
2. Hasil dari penelitian dapat digunakan sebagai masukan bagi instansi terkait dalam perencanaan sistem saluran drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember.

1.5 Batasan Masalah

Batasan dari penelitian Perencanaan Sistem Drainase di Jember antara lain:

1. Studi kasus dilakukan kawasan kampus Tegal Boto Universitas Jember.
2. Saluran drainase berupa saluran terbuka.
3. Saluran yang ditinjau saluran primer.
4. Tidak menghitung anggaran biaya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Drainase

Kata drainase berasal dari kata *drainage* yang artinya mengeringkan atau mengalirkan. Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah maupun air yang berada di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi atau akibat dari durasi hujan yang lama. Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan. (Wesli:2008).

2.2 Jenis Drainase

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari cara terbentuknya, dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase alamiah (*natural drainage*)

Drainase alamiah terbentuk melalui proses alamiah yang berlangsung lama. Saluran drainase terbentuk akibat gerusan air sesuai dengan kontur tanah. Drainase alamiah ini terbentuk pada kondisi tanah yang cukup kemiringannya, sehingga air akan mengalir dengan sendirinya, masuk ke sungai-sungai. Pada tanah yang cukup porous, air yang ada di permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*).

2. Drainase buatan (*artificial drainage*)

Drainase buatan adalah sistem yang dibuat dengan maksud tertentu dan merupakan hasil rekayasa berdasarkan hasil hitungan-hitungan yang dilakukan untuk upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan sistem drainase alamiah. Pada sistem drainase buatan memerlukan biaya-biaya baik pada perencanaannya maupun pada pembuatannya.

2.3 Letak Bangunan Drainase

Drainase permukaan tanah (*surface drainage*) adalah sistem drainase yang salurannya berada di atas permukaan tanah yang pengaliran air terjadi karena adanya beda tinggi permukaan saluran.

Drainase bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*) adalah sistem drainase yang dialirkan di bawah tanah (ditanam) biasanya karena sisi artistik atau pada suatu area yang tidak memungkinkan untuk mengalirkan air di atas permukaan tanah seperti pada lapangan olahraga, lapangan terbang, tanaman dan lainnya.

2.4 Fungsi Drainase

Berdasarkan fungsinya jenis drainase dikelompokkan menjadi :

- a. Mengalirkan satu jenis air buangan misalnya air hujan atau air limbah atau lainnya.
- b. Mengalirkan lebih dari satu air buangan baik secara bercampur maupun bergantian misalnya campuran air hujan dan air limbah.

2.5 Konstruksi Saluran Drainase

Drainase terbuka adalah sistem saluran yang permukaannya terpengaruh dengan udara luar. Drainase saluran terbuka biasanya mempunyai luasan yang cukup dan digunakan untuk mengalirkan air hujan atau air limbah yang tidak membahayakan kesehatan lingkungan dan tidak mengganggu keindahan.

Drainase tertutup adalah sistem saluran yang permukaannya tidak terpengaruh dengan udara luar. Saluran drainase saluran tertutup sering digunakan untuk mengalirkan air limbah atau air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan dan mengganggu kesehatan.

2.6 Sistem Drainase

Sistem Drainase sebagai rangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari satu kawasan atau lahan, sehingga dapat difungsikan secara optimal.

2.7 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan guna mendapatkan besarnya intensitas curah hujan, sebagai dasar perhitungan debit rencana pada suatu daerah untuk perencanaan pembangunan sistem drainase. Dengan menggunakan analisis hidrologi, kala ulang hujan 2, 5, dan 10 tahun untuk mengevaluasi dan perencanaan drainase. Hal ini berguna untuk menganalisis desain hidrolika drainase, dimana dibutuhkan debit rencana agar desain drainase mencukupi kebutuhan debit rencana (debit maksimum).

Dalam analisis hidrologi dilakukan beberapa tahap untuk memperoleh debit sampai pada tahun rencana yaitu:

- a. Pengumpulan data hidrologi yakni data curah hujan
- b. Analisis frekuensi
- c. Analisis periode kala ulang curah hujan
- d. Analisis intensitas dan waktu hujan
- e. Analisis debit rencana

Hasil dari analisis hidrologi berupa perkiraan atau prediksi banjir rancangan untuk mendesain suatu bangunan hidrolis tertentu secara maksimal dan efisien (Harto, 1993)

2.7.1 Analisis Frekuensi

Dalam mendesain bangunan drainase debit rencana maksimum perlu diperkirakan, dengan tujuan agar bangunan drainase yang direncanakan bisa menampung debit air pada saat terjadi debit maksimum, untuk itu diperlukan adanya analisa statistik penafsiran hujan atau debit diwaktu yang akan datang.

Analisa statistik penafsiran hujan atau debit diwaktu yang akan datang didasarkan pada sifat statistik data kejadian hujan dimasa lalu untuk mendapatkan

probabilitas besaran hujan diwaktu yang akan datang. Dengan harapan sifat statistik data kejadian hujan dimasa lalu sama dengan yang akan datang. Metode yang akan digunakan antara lain distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel dan distribusi Log Pearson Tipe III. Parameter-parameter statistik yang digunakan adalah :

- Harga rata-rata, seperti pada rumus 2.1

$$\log x = \sum_{i=0}^n \log xi \dots\dots\dots 2.1$$

- Standar Deviasi, seperti pada rumus 2.2

$$Si = \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^n (\log xi - \log x)^2}}{n-1} \dots\dots\dots 2.2$$

- Koefisien Kemiringan, seperti pada rumus 2.3

$$G = \frac{\sum_{i=0}^n (\log xi - \log x)^3}{(n-1)(n-2)(s_1)^3} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

n = jumlah tahun

Si= standart deviasi

G = koefisien kemiringan

Nilai K pada distribusi Log-Person III dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Nilai untuk distribusi Log=Person III

Koef.G	Interval kejadian(<i>Recurrence interval</i>), tahun (<i>periodeulang</i>)							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Presentasepeluangterlampau(<i>Percent chance of beingexceeded</i>)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271

1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,171
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,807
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber: Suripin, (2004:43)

2.7.2 Periode Kala Ulang Curah Hujan

Sebelum menganalisa intensitas hujan terlebih dahulu harus menghitung periode kala ulang curah hujan pada suatu daerah. Kala ulang adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui (Suripin, 2004:32)

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran, umur ekonomis bangunan serta daerah tangkapan hujan yang akan dikeringkan. Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang adalah (Wesli, 2008:48):

- a. Untuk perencanaan saluran kwarter (periode ulang 1 tahun)
- b. Untuk perencanaan saluran tersier (periode ulang 2 tahun)

- c. Untuk perencanaan saluran sekunder (periode ulang 5 tahun)
- d. Untuk perencanaan saluran primer (periode ulang 10 tahun)

Perhitungan logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan menggunakan rumus 2.4

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + K \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

X_T = curah hujan rancang kala ulang tahun

X = rerata hitung data hujan

K = variabel standart untuk yang besar tergantung koefisien kemiringan

S_i = standart deviasi

2.7.3 Uji Kecocokan

Parameter data hasil uji beberapa metode analisa frekuensi yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan perlu diuji. Ada dua cara yang sering digunakan untuk pengujian distribusi frekuensi sampel, yaitu:

1. Uji Chi-Kuadrat

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan Metode Uji Chi Kuadrat adalah seperti pada rumus

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_F - E_F)^2}{E_F} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

X^2 = parameter chi-kuadrat terhitung

n = jumlah sub kelompok

O_F = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke f

E_F = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok f

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mengurutkan data (X_i) dari yang besar ke kecil atau sebaliknya
- b. Menentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut dengan rumus.
- c. Menentukan peluang teoritis masing-masing data yang sudah diurutkan persamaan distribusi probabilitas yang terpilih.
- d. Menghitung selisih (ΔP_1) antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut.
- e. Menentukan apakah $\Delta P_1 < \Delta P$ kritis, jika “tidak” artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebaliknya.

2.7.4 Intensitas Hujan

Dalam perencanaan pembangunan saluran drainase, membutuhkan data debit (Q) maksimum limpasan air hujan yang akan membebani saluran drainase, dengan tujuan agar bisa merencanakan bentuk dan dimensi penampang saluran drainasenya, sedangkan debit (Q) rencana maksimum ditentukan oleh intensitas hujan.

Mengingat data hujan jangka pendek tidak tersedia yang ada hanya data hujan kemarin, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus 2.6

$$i_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots 2.6$$

Keterangan :

i_t = intensitas hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

T_c = waktu konsentrasi (jam)

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

2.7.5 Koefisien Pengaliran

Koefisien aliran permukaan (C) adalah perbandingan antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya koefisien aliran permukaan (C) adalah kemiringan lahan, intensitas hujan, tanaman penutup tanah, laju infiltrasi tanah.

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran suatu daerah terdapat beberapa jenis tata guna lahan yang dapat ditentukan dengan mengambil harga rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan, yaitu dengan memperhitungkan bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakili, mengikuti rumus 2.7

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan :

A_i = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i

E_i = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i

n = jumlah jenis penutup lahan

Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari. Koefisien pengaliran secara umum diperlihatkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan dan Tata Guna Lahan

Jenis Permukaan / Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (C)
Rerumputan	
Tanah pasir, slope 2%	0.05 - 0.10
Tanah pasir, slope 2% - 7%	0.10- 0.15
Tanah pasir, slope 7%	0.15 - 0.20
Tanah gemuk, slope 2%	0.13 - 0.17
Tanah gemuk, slope 2%-7%	0.17 - 0.22
Tanah gemuk, slope 7%	0.25 - 0.35
Perdagangan	
Daerah kota	0.75 - 0.95
Daerah dekat kota	0.50 - 0.70
Perumahan	
Kepadatan <20 rumah/ha	0.50 - 0.60
Kepadatan 20 - 60 rumah/ ha	0.60 - 0.80
Kepadatan 60 - 160 rumah/ha	0.70 - 0.90
Perindustrian	
Industri ringan	0.50 - 0.80
Industri berat	0.60 - 0.90
Pertanian	0.45 - 0.55

Perkebunan	0.20 - 0.30
Pertanaman, kuburan	0.10 - 0.25
Tempat bermain	0.20 - 0.35
Jalan	
Beraspal	0.70 - 0.95
Beton	0.80 - 0.95
Batu	0.70 - 0.85
Daerah yang tidak dikerjakan	0.10 - 0.30

Sumber : Subarkah, 1980 : 45

Laju infiltrasi mempunyai klarifikasi tertentu dalam penentuan besarnya laju infiltrasi. Penentuan kelas infiltrasi dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Klasifikasi Besarnya Laju Infiltrasi

Kelas	Klasifikasi	Laju Infiltrasi (mm/jam)
0	Sangat Lambat	< 1
1	Lambat	1-5
2	Agak Lambat	5 – 20
3	Sedang	20 – 63
4	Agak Cepat	63 – 127
5	Cepat	127 - 254
6	Sangat Cepat	>254

sumber : kohnke : 1968

2.7.6 Debit Rencana

Sebelum mendesain dimensi penampang saluran drainase, membutuhkan debit (Q) rencana air limpasan yang akan dialirkan. Dengan harapan saluran drainase yang telah direncanakan mampu menampung besarnya debit (Q) air limpasan yang membebani saluran tersebut.

Metode yang digunakan untuk menghitung debit (Q) yang berasal dari limpasan air hujan yang membebani saluran-saluran drainase pada penelitian ini

adalah metode rasional karena daerah pengalirannya memiliki luas lebih kecil dari 0,80 km²

Rumus untuk menghitung debit (Q) rencana seperti pada rumus 2.8 :

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

Q = Debit (m³/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan untuk periode ulang tertentu (mm/jam)

A = Luasan yang akan dialiri (km²)

2.7.7 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh air yang masuk kesaluran drainase untuk menuju saluran outlet. Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi 2 komponen, yaitu waktu yang diperlukan air untuk mengalir dipermukaan lahan sampai saluran terdekat (t_o) dan waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik keluaran (t_d).

Maka waktu konsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), seperti pada rumus 2.9

$$T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan :

t_c = waktu konsentrasi (jam)

t_o = waktu yang diperlukan mengalir untuk mencapai inlet (jam)

t_d = waktu yang diperlukan untuk mengalir sepanjang saluran (jam)

keterangan

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{s}} \right) \dots\dots\dots 2.10$$

keterangan

$$t_d = \frac{L_s}{60V} \dots\dots\dots 2.11$$

keterangan :

n = Angka kekasaran Manning s = kemiringan lahan

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

Ls = Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)

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

2.8 Analisis Hidrolika

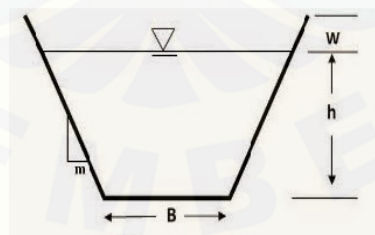
Dalam ilmu hidrolika, sistem pengaliran dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu sistem pengaliran melalui saluran tertutup dan saluran terbuka.

Pada sistem pengaliran saluran terbuka terdapat permukaan air yang bebas di mana permukaan bebas ini dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung. Pada sistem pengaliran saluran tertutup seluruh pipa diisi dengan air sehingga tidak terdapat permukaan yang bebas, oleh karena itu permukaan air secara langsung tidak dipengaruhi oleh tekanan udara luar, kecuali hanya oleh tekanan hidraulik yang ada dalam aliran saja.

2.8.1 Penampang Saluran

Perhitungan kapasitas saluran digunakan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase sudah memenuhi kapasitas atau tidak memenuhi kapasitas untuk mengalirkan debit hujan. Perhitungan dimensi saluran dapat dijabarkan sesuai bentuk saluran sebagai berikut:

- a. Penampang trapesium



Gambar 2.1 Penampang Tunggal Trapesium

$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x i_s^{1/2} \dots\dots\dots 2.12$$

$$W = \sqrt{0,5H} \dots\dots\dots 2.13$$

$$Q = A X V \dots\dots\dots 2.14$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots 2.15$$

$$A = H(B + mH) \dots\dots\dots 2.16$$

$$P = B + 2H\sqrt{1 + m^2} \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan:

V = kecepatan aliran (m/detik)

Q = debit aliran (m³/detik)

n = koefisien kekasaran manning (Tabel 2.10)

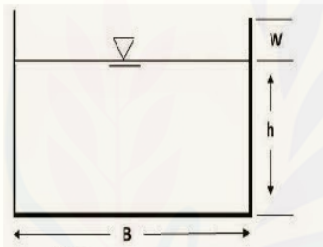
R = jari-jari hidrolis (m)

i_s = kemiringan memanjang saluran (Tabel 2.3)

A = luas penampang basah

P = keliling penampang basah

b. Penampang segiempat



$$V = \frac{1}{n} x R^{2/3} x i_s^{1/2} \dots\dots\dots 2.18$$

$$W = \sqrt{0,5H} \dots\dots\dots 2.19$$

$$Q = A X V \dots\dots\dots 2.20$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots 2.21$$

$$A = B x H \dots\dots\dots 2.22$$

$$P = 2H + B \dots\dots\dots 2.23$$

Keterangan:

V = kecepatan aliran (m/detik)

Q = debit aliran (m³/detik)

n = koefisien kekasaran manning (Tabel 2.10)

R = jari-jari hidrolis (m)

i_s = kemiringan memanjang saluran (Tabel 2.3)

A = luas penampang basah

P = keliling penampang basah

2.8.2 Kekasaran saluran

Kekasaran permukaan ditandai dengan ukuran dan bentuk butiran-butiran bahan yang membentuk luas basah dan menimbulkan efek hambatan terhadap aliran. Koefisien kekasaran permukaan dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain material padat yang terangkut dan terendap pada saluran, bahan/material saluran, umur saluran dan aliran lateral yang mengganggu. Nilai koefisien kekasaran Manning selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.4 Nilai Koefisien Kekasaran Manning (n)

Tipe saluran dan deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
a. Beton			
1. Dipoles dengan sendok kayu	0,011	0,013	0,015
2. Dipoles sedikit	0,013	0,015	0,016
3. Dipoles	0,015	0,017	0,020
4. Tidak dipoles	0,014	0,017	0,020
b. Bata			
1. Diglasir	0,011	0,013	0,015
2. Dalam adukan semen	0,012	0,015	0,018
c. Pasangan batu			
1. Batu pecah disemen	0,017	0,025	0,030
2. Batu kosong	0,023	0,032	0,035
d. Tanah lurus dan seragam			
1. Bersih, baru dibuat	0,016	0,018	0,020
2. Bersih, telah elapuk	0,018	0,022	0,025
3. Kerikil, penampang seragam, bersih	0,022	0,025	0,030
4. Berumput pendek, sedikit tanaman	0,022	0,027	0,033
e. Tanah, berkelok kelok dan tenang			
1. Tanpa tetumbuhan	0,023	0,025	0,030
2. Rumput dengan beberapa tanaman	0,025	0,030	0,033
3. Banyak tanaman pengganggu	0,030	0,035	0,040
4. Dasar tanah dengan tebing dari batu pecah	0,028	0,030	0,035
f. Hasil galian atau kerukan			
1. Tanpa tetumbuhan	0,025	0,028	0,033
2. Semak semak kecil ditebing	0,035	0,050	0,060

(Sumber. Chow, 1997)

2.8.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu titik ke titik yang lainnya. Hal ini disebabkan adanya tegangan geser di dasar dan dinding saluran dan keberadaan permukaan bebas.

Kecepatan aliran harus diperhitungkan, agar tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu lambat, apabila kecepatan aliran terlalu tinggi, air dapat memperpendek usia penampang saluran, sedangkan apabila kecepatan aliran terlalu rendah, akan mengakibatkan mengendapnya sedimen yang terbawa oleh air hujan tumbuhnya tanaman pengganggu.

Perhitungan kecepatan aliran pada aliran terbuka menggunakan rumus Manning seperti disebutkan dalam rumus 2.12

$$V = \frac{1}{N} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan

- V = kecepatan aliran rata-rata dalam saluran (m/det)
- N = koefisien kekasaran Manning
- R = jari-jari hidrolis saluran (m)
- S = kemiringan dasar saluran

2.8.4 Kapasitas Saluran Drainase

Kapasitas saluran drainase dapat diketahui dengan menggunakan rumus 2.13:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots 2.13$$

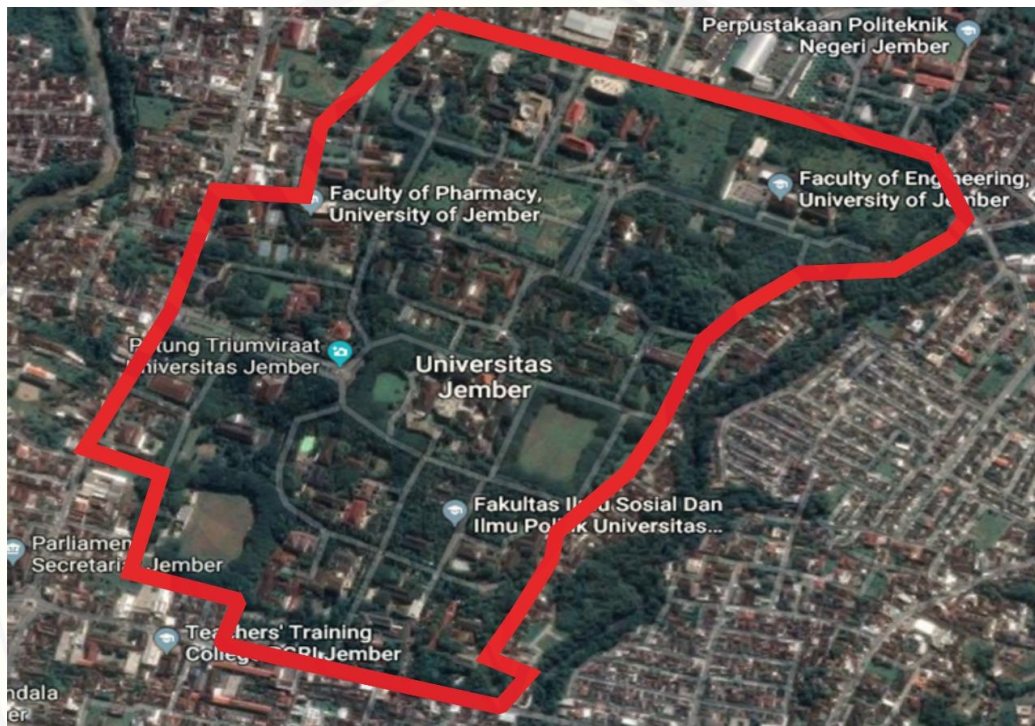
Keterangan

- Q = Debit aliran dalam saluran (m³/det)
- V = Kecepatan aliran dala saluran (m/det)
- A = Penampang basah saluran (m²)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di kampus Tegal Boto Universitas Jember, meliputi seluruh gedung sarana dan prasarana kegiatan.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Berikut merupakan pengumpulan data-data yang berhubungan dengan drainase pada kawasan kampus Universitas Jember. Metode pengumpulan data yang di pakai dalam penulisan laporan ini berupa pengumpulan data dengan cara :

1. Data Primer

Merupakan data lapangan yang diperoleh dari pengukuran langsung berupa dimensi saluran.

2. Data Sekunder

Merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait, yaitu data curah hujan dan elevasi.

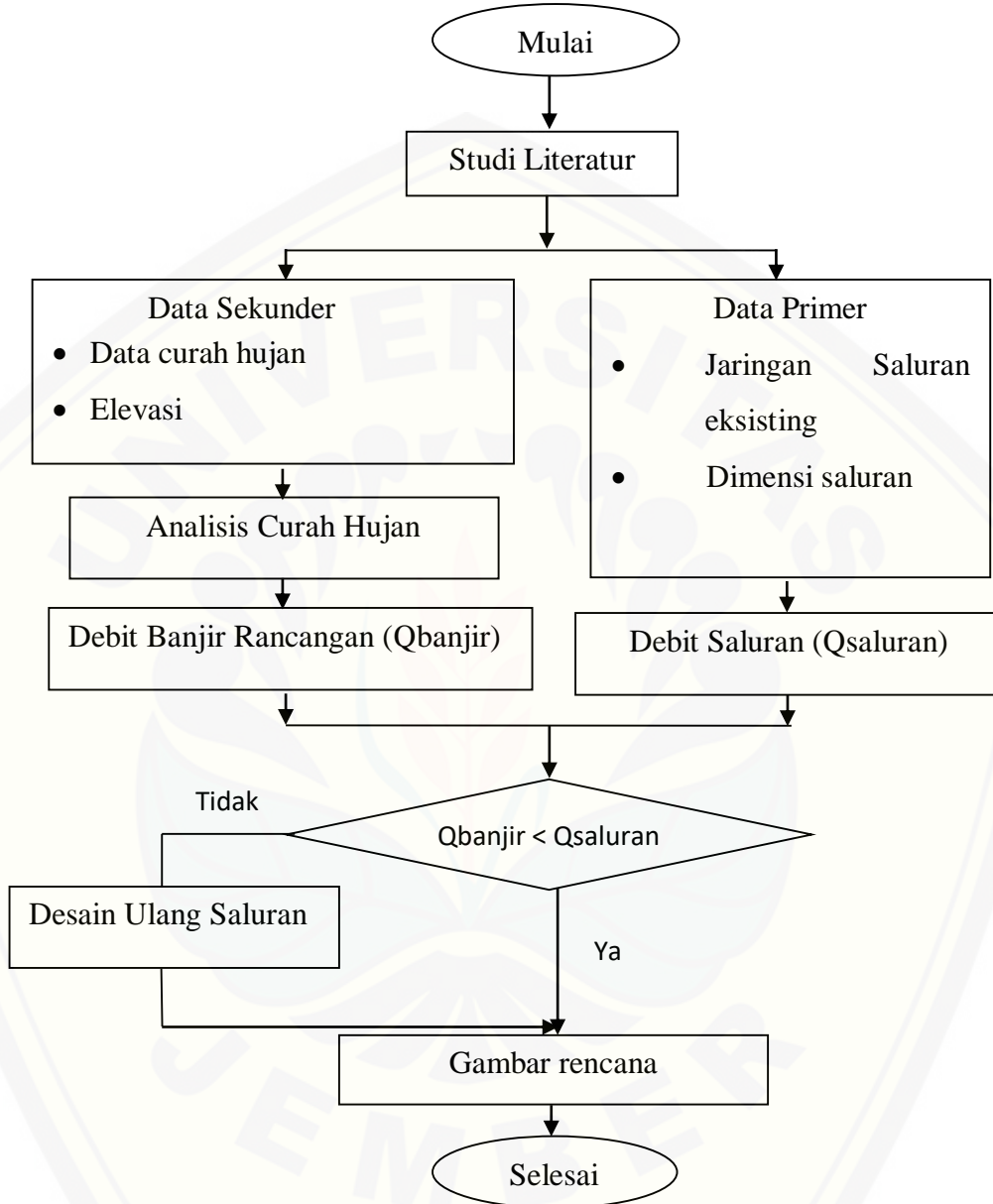
3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data penelitian terdapat tahapan-tahapan, yaitu:

- a. Memperoleh dimensi saluran dari hasil pengukuran.
- b. Mengolah data curah hujan melalui analisis frekuensi dengan 4 metode: Gumbel, Distribusi Normal, Log Normal, dan Log Pearson III.
- c. Uji analisis frekuensi dengan dua metode: Uji *Chi*-Kuadrat dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*.
- d. Menghitung intensitas curah hujan yang selanjutnya digunakan sebagai perhitungan hujan rancangan terpilih.
- e. Menhitung kapasitas saluran drainase.
- f. Membandingkan Q_{banjir} dengan $Q_{saluran}$ memenuhi kapasitas atau tidak memenuhi kapasitas.
- g. Melakukan perhitungan dimensi saluran drainase.
- h. Menggambar rencana.

3.4 Kerangka Penelitian

Diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan :

1. Pada kondisi eksisting ada ada 8 saluran drainase yang tidak mencukupi kapasitas ($Q_{banjir} > Q_{saluran}$), yaitu B(0.138 > 0.123); A3(0.185 > 0.171); F1(0.084 > 0.036); G1(0.054 > 0.049); G4(0.176 > 0.167); G5(0.196 > 0.190); I1(0.045 > 0.38); I2(0.078 > 0.025) pada sisi kanan. 6 saluran drainase yang mencukupi kapasitas ($Q_{banjir} > Q_{saluran}$), yaitu G3(0.100 > 0.064); G4(0.145 > 0.095); H1(0.123 > 0.107); I1(0.179 > 0.176); I2(0.242 > 0.239); J(0.125 > 0.074) pada sisi kiri.
2. Solusi untuk mengatasi saluran drainase yang tidak mencukupi kapasitas yaitu dilakukan perubahan dimensi saluran dengan mengubah mengubah kedalaman masing-masing saluran pada sisi kanan yaitu, B(0.80 menjadi 0.90); A3(0.65 menjadi 0.75); F1(0.50 menjadi 0.90); G1(0.60 menjadi 0.70); G4(0.60 menjadi 0.70); G5(0.90 menjadi 1.00); I1(0.45 menjadi 0.55); I2(0.55 menjadi 1.10). Saluran pada sisi kiri yaitu, G3(0.40 menjadi 0.55); G4(0.40 menjadi 0.50); H1(0.60 menjadi 0.70); I1(0.80 menjadi 0.90); I2(0.90 menjadi 1.00); J(0.55 menjadi 0.70).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian menyarankan Untuk penelitian selanjutnya direkomendasikan melakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya perencanaan dimensi drainase.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T., 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Purwanto, Didik, dkk. 2012. *Pengelolaan Sistem Drainase Kampus UNY Karangmalang Menuju Kemandirian Sumber Air Bersih*. Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY, Yogyakarta.
- Rosdiana, Muharrom. 2011. *Studi Elevasi Sistem Jaringan Drainase Kampus Tegal Boto Universitas Jember Menggunakan Model SWMM*. Universitas Jember.
- Rusli, Ahmada Iskandar. 2013. *Konservasi Air Tanah Di Kawasan Kampus Bumi Tegal Boto Universitas Jember Menggunakan Kolam Resapan*. Universitas Jember.
- Subarkah, I. 1980. *Hidrologi Untuk Peencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suripin. 2004. *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

DAFTAR LAMPIRAN

Dokumentasi

