TUGAS AKHIR

EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE PADA JALAN MERPATI, KECAMATAN TEGAL SELATAN, KOTAMADYA TEGAL
(*EVALUATION OF DRAINAGE CAPACITY AT MERPATI STREET, TEGAL SELATAN DISTRICT, TEGAL CITY*)

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

Muhammad Fadlan Adi
1751097

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2022

TUGAS AKHIR

EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE PADA JALAN MERPATI, KECAMATAN TEGAL SELATAN, KOTAMADYA TEGAL

(*EVALUATION OF DRAINAGE CAPACITY AT MERPATI STREET, TEGAL SELATAN DISTRICT, TEGAL CITY*)

Disusun Oleh

Muhammad Fadlan Adi

17511097

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

Diuji pada tanggal 16 Juli 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I	Penguji I	Penguji II
Dinia Anggraheni S.T., M.Eng.	**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.**	**Pradipta Nandi W, S.T., M.Eng.**
NIP: 165110105	**NIP: 885110101**	**NIP: 135111102**

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.

NIP : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya laporan 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 Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang belaku.

Yogyakarta, 16 Juli 2022

Yang membuat pernyataan,



Munammad Fadlan Adi

(17511097)

LEMBAR DEDIKASI

Atas izin Allah Subhanahu wa Ta'ala, Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk orang tua, keluarga, dosen, teman, dan semua pihak yang senantiasa selalu mensupport saya selama ini. Kalian adalah alasan saya untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Ta'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase pada Jalan Merpati Kecamatan Tegal Selatan, Kotamadya Tegal.*

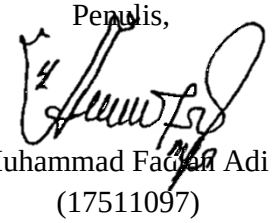
Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tentunya banyak hambatan dan kesulitan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya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

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Dinia Anggraheni S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terlaksana dan terselesaikanya penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T dan bapak Pradipta Nandi Wardhana S.T., M.Eng. selaku dosen penguji 1 dan penguji 2 Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran, dan memberikan evaluasi agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik.
4. Orang tua, keluarga, dan teman (Kenken, Novidhia, Sinta M, Ahmad Panji, Deo Pratama, Fahmi Zuhal, Muaiji, Uwais, Zaki, Fuad, Danang) serta seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung terselesaikanya Tugas Akhir ini.

Pada akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 16 Juli 2022

Penulis,



Muhammad Fadlan Adi

(17511097)

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Halaman Pengesahan ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
LEMBAR DEDIKASI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiii
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Batasan Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Tinjauan Pustaka 4
2.2 Penelitian Terdahulu 4
2.2.1 Evaluasi Sistem Saluran Drainase di Ruas Jalan Solo Sragen Kebupaten Karanganyar 4
2.2.2 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia 5
2.2.3 Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang Km 4,5 Sampai Dengan Km 6 Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta 6
2.3 Penelitian Sekarang 7

2.4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang 8
BAB III LANDASAN TEORI 10
3.1 Drainase Jalan 10
3.2 Hidrologi 10
3.2.1 Siklus Hidrologi 11
3.2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS) 12
3.2.3 Curah Hujan Wilayah 13
3.2.4 Curah Hujan Rencana 13
3.2.5 Intensitas Curah Hujan 19
3.2.6 Waktu Konsentrasi 20
3.2.7 Koefisien Pengaliran (*Runoff*) 21
3.2.8 Debit Banjir Rencana 23
3.3 Analisis Hidraulika 23
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 27
4.1 Jenis Penelitian 27
4.2 Lokasi Penelitian 27
4.3 Pengumpulan Data 28
4.4 Analisis Data 29
4.4.1 Analisis Frekuensi Hujan 29
4.4.2 Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 29
4.4.3 Koefisien Limpasan (C) 29
4.4.4 Kemiringan Kawasan (*Slope*) 29
4.4.5 Debit Banjir Rencana 29
4.4.6 Evaluasi Saluran Drainase 30
4.5 Bagan Alir Tugas Akhir 30
BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN 32
5.1 Data Hujan Harian Maksimum 32
5.2 Penentuan Jenis Distribusi 33
5.3 Distribusi Log Pearson III 38
5.4 Perhitungan Hujan Rencana 39
5.5 Koefisien Limpasan Permukaan 41

5.6 Dimensi dan Kemiringan Saluran (*Slope*) 49
5.7 Waktu Konsentrasi 53
5.8 Intensitas Hujan 56
5.9 Debit Banjir Rencana 58
5.10 Kapasitas Saluran Drainase Eksisting 60
5.11 Desain Ulang Saluran drainase 63
5.12 Perencanaan Saluran Drainase Tambahan 67
5.13 Pembahasan 70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 74
6.1 Kesimpulan 74
6.2 Saran 74
DAFTAR PUSTAKA 75
LAMPIRAN 76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang 9
Tabel 3.1 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota 14
Tabel 3.2 Parameter statis untuk pemilihan jenis distribusi 17
Tabel 3.3 Koefisien Hambatan 21
Tabel 3.4 Koefisien Limpasan 22
Tabel 3.5 Nilai koefisien Manning 25
Tabel 5.1 Data Hujan Harian Maksimum 2006-2020 32
Tabel 5.2 Hujan Harian Maksimum Rerata Tahun (2006-2020) 33
Tabel 5.3 Perhitungan Standar Deviasi 34
Tabel 5.4 Perhitungan Koefisien Kemencengan 36
Tabel 5.5 Perhitungan Koefisien Kemencengan 37
Tabel 5.6 Pemilihan Jenis Distribusi yang Sesuai Hujan Harian 38
Tabel 5.7 Perhitungan Parameter Statis dengan Distribusi Log Pearson III 38
Tabel 5.8 Nilai K_T untuk Distribusi Log Pearson III 40
Tabel 5.9 Hujan Rancangan Kala Ulang 41
Tabel 5.10 Pengelompokan Saluran Drainase 44
Tabel 5.11 Luas DTA dan Koefisien Limpasan pada Saluran (A) 45
Tabel 5.12 Luas DTA dan Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan 46
Tabel 5.13 Kemiringan Saluran Drainase 49
Tabel 5.14 Dimensi Saluran Drainase 50
Tabel 5.15 Kecepatan Aliran 52
Tabel 5.16 Waktu Konsentrasi 55
Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan 57
Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana 59
Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting 60
Tabel 5.20 Perbandingan Kapasitas Drainase dan Debit Banjir Rencana 62
Tabel 5.21 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota 63
Tabel 5.22 Hasil Perhitungan Ulang Penampang Saluran Drainase 67

Tabel 5.23 Luas DTA dan Koefisien Limpasan pada Saluran (Z) 68
Tabel 5.24 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase 71
Tabel 5. 25 Perubahan Dimensi Saluran Drainase 72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Siklus Hidrologi	11
Gambar 3.2 Daerah Aliran Saluran Samping	13
Gambar 3.3 Koefisien Kurtosis	16
Gambar 3.4 Saluran Persegi	26
Gambar 4.1 Peta Lokasi Jalan Merpati Kota Tegal	27
Gambar 4.2 Bagan Alir Tugas Akhir	31
Gambar 5.1 Skema Layanan Saluran Drainase pada Jalan Merpati	42
Gambar 5.2 Kondisi Wilayah Saluran Drainase Pada Jalan Merpati	43
Gambar 5.3 Daerah Tangkapan Air Saluran (A)	44
Gambar 5.4 Ilustrasi Penampang Segi Empat	64
Gambar 5.5 Dimensi Saluran (A)	65
Gambar 5.6 Dimensi Saluran (B)	66
Gambar 5.7 Skema Saluran (Z)	68
Gambar 5.8 Daerah Tangkapan Air Saluran (Z)	68
Gambar 5.9 Dimensi Saluran (Z)	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Harga K untuk Distribusi Log Pearson III
Lampiran 2	Data Curah Hujan Harian Tahun 2006 – 2020 (mm)
Lampiran 3	Banjir di Jalan Merpati
Lampiran 4	Foto Survei dan Pengukuran Saluran Eksisting

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$Q_{eksisting}$ = Debit banjir yang mampu ditampung saluran eksisting

Q_{banjir} = Debit banjir rencana yang dihitung menggunakan metode rasional

DAS = Daerah Aliran Sungai

BMKG = Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

$\overline{p}$ = Curah hujan rerata kawasan

$\overline{x}$ = Nilai rata-rata

x_i = Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = Jumlah data

s = Standar deviasi curah hujan

C_v = Koefisien variasi curah hujan

C_s = Koefisien kemencengan curah hujan

C_k = Koefisien kurtosis

a = Parameter kemencengan

S_d = Stadar deviasi dari sampel curah hujan

X_T = Perkiraan nilai kedalaman hujan yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahunan

K_T = Faktor frekuensi

Y_T = Perkiraan nilai kedalaman hujan dalam logaritmik yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahunan

$\overline{Y}$ = Nilai rata rata logaritmik kedalaman hujan X

Yn = Nilai yang tergantung pada jumlah sampel n

Sn = Standar deviasi merupakan fungsi dari jumlah sampel n

I = Intensitas hujan

t_c = Waktu konsentrasi

t_0 = *Inlet time*

t_d = *Conduit time*

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

L_d = Panjang saluran drainase

L_0 = Panjang aliran dari titik jatuh air hujan terjauh ke inlet saluran

S_0 = Kemiringan rata-rata saluran utama

C = Koefisien Limpasan

Q_{banjir} = Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas durasi dan frekuensi tertentu

A = Luas daerah tangkapan

Q_{sal} = Debit aliran dalam saluran

As = Luas penampang basah

V = Kecepatan aliran dalam saluran

R = Jari-jari hidrolik

P = Keliling basah

H = Tinggi saluran

B = Lebar saluran

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk Kota Tegal menurut Badan Pusat Statistik (BPS) selama 10 tahun terakhir (2010-2020) mengalami pertumbuhan sebesar 1,3%. Pertumbuhan tersebut mempengaruhi perubahan tata guna lahan pada daerah Kota Tegal tidak terkecuali pada daerah sekitar Jalan Merpati. Hal tersebut mengakibatkan perubahan nilai koefisien limpasan dan debit banjir rencana yang terjadi sehingga berdampak pada ketidakmampuan drainase eksisting dalam menampung debit banjir yang menyebabkan genangan pada Jalan Merpati. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting yang ada pada jalan tersebut.

Evaluasi kapasitas saluran drainase dilakukan dengan membandingkan antara debit banjir rencana dan debit saluran eksisting. Debit banjir rencana dihitung menggunakan metode rasional dengan Intensitas hujan dihitung pada kala ulang 2 dan 5 tahun dengan rumus *Mononobe*. Sedangkan Debit saluran eksisting dihitung dengan analisis hidraulika dengan kecepatan aliran menggunakan rumus *manning*. Saluran dikategorikan aman apabila debit saluran eksisting lebih besar daripada debit banjir rencana sedangkan saluran dikategorikan melimpas apabila debit banjir rencana lebih besar daripada debit saluran eksisting.

Hasil dari penelitian ini didapat bahwa terjadi limpasan pada sebagian besar saluran yang ada. Dari 25 saluran hanya ada 6 saluran yang masih mampu menampung debit banjir rencana pada kala ulang 2 tahun yaitu Saluran (G), Saluran (H), Saluran (I), Saluran (K), Saluran (R), Saluran (W), dan Saluran (X). Saluran selain tersebut tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi sehingga dilakukan redesain dengan memperlebar dimensi.

Kata kunci: Drainase Jalan, Debit Banjir Rencana, Kapasitas Saluran

ABSTRACT

The population growth of Tegal City according to the Central Statistics Agency (BPS) for the last 10 years (2010-2020) has grown by 1.3%. This growth affects land use changes in the Tegal City area, including the area around Jalan Merpati. This resulted in changes in the coefficient of runoff and the planned flood discharge that occurred so that it had an impact on the inability of the existing drainage to accommodate the flood discharge which caused inundation on Jalan Merpati. Therefore, it is necessary to conduct research to evaluate the capacity of the existing drainage channel on the road.

The evaluation of the drainage channel capacity is carried out by comparing the planned flood discharge and the existing channel discharge. The design flood discharge was calculated using the rational method with the rainfall intensity calculated at 2 and 5 years return periods. While the existing channel discharge is calculated by hydraulic analysis with flow velocity using the Manning formula. The channel is categorized as safe if the existing channel discharge is greater than the planned flood discharge, while the channel is categorized as overflow if the planned flood discharge is greater than the existing channel discharge.

The results of this study showed that there was runoff in most of the existing channels. Of the 25 channels, there are only 6 channels that are still able to accommodate the planned flood discharge at the 2 years return period, namely Channel (G), Channel (H), Channel (I), Channel (K), Channel (R), Channel (W), and Channel (X). The channel other than that is not able to accommodate the flood discharge that occurs so that a redesign is carried out by widening the dimensions.

Keywords: *Road Drainage, Flood Discharge, Capacity of Channel*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Tegal merupakan kota di pesisir Jawa Tengah yang dilewati salah satu jalan utama di Pulau Jawa yaitu Jalur Pantai Utara atau yang lebih dikenal sebagai Jalur Pantura. Posisi Kota Tegal sangat strategis sehingga memicu peningkatan jumlah penduduk. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) jumlah penduduk Kota Tegal selama 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2010 sampai 2020 meningkat sebesar 34.226 jiwa dengan indeks pertumbuhan penduduk sebesar 1,3% yang masuk dalam kategori pertumbuhan sedang. Peningkatan penduduk Kota Tegal secara terus menerus akan mengakibatkan banyak infrastruktur baru yang dibangun di kawasan Kota Tegal seiring kebutuhan masyarakat pada sektor pemukiman dan sektor lainnya. Hal ini mengakibatkan banyak lahan terbuka yang kini beralih fungsi menjadi kawasan pemukiman tak terkecuali di daerah sekitar Jalan Merpati, Kecamatan Tegal Selatan, Kotamadya Tegal.

Jalan Merpati berada di Kecamatan Tegal Selatan memiliki tingkat mobilitas kendaraan yang cukup padat karena merupakan salah satu akses menuju pusat kota, puskesmas, dan salah satu rumah sakit di Kota Tegal sehingga permasalahan yang menghambat kelancaran jalan perlu diatasi sedimikian rupa. Salah satu permasalahan yang mengganggu kelancaran jalan yaitu banjir pada saat hujan turun sehingga mobilitas kendaraan menjadi terganggu dan lalulintas menjadi macet. Perubahan pemanfaatan lahan terbuka menjadi kawasan pemukiman pada daerah sekitar Jalan Merpati merupakan salah satu faktor sering terjadinya genangan pada jalan tersebut. Hal ini terjadi akibat berkurangnya daerah resapan air seiring pertumbuhan pemukiman sehingga ketika hujan turun, air yang sebagian besar seharusnya terserap kedalam tanah malah terlimpas ke permukaan.

Limpasan air saat hujan turun yang ada pada kawasan Jalan Merpati kemudian akan mengalir ke saluran drainase di sepanjang jalan. Dilansir dari jateng.tribunnews.com, 2020 menyebutkan bahwa Jalan Merpati merupakan salah

satu yang tergenang akibat hujan deras yang melanda Kota Tegal. Kurangnya kapasitas drainase disinyalir menjadi penyebab terjadinya genangan pada wilayah tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi saluran drainase untuk mengetahui apakah saluran drainase yang ada masih dapat menampung debit limpasan atau tidak sehingga penelitian ini dapat dijadikan sebagai rujukan untuk melakukan penanganan yang tepat dalam perbaikan kinerja sistem drainase tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Apakah kapasitas saluran drainase pada Jalan Merpati memadai untuk menampung debit banjir rencana?
2. Apakah drainase eksisting yang ada perlu dilakukan perencanaan ulang?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini berdasar rumusan masalah diatas adalah.

1. Mengetahui apakah kapasitas saluran drainase pada Jalan Merpati memadai untuk menampung debit banjir rencana.
2. Mengetahui apakah drainase eksisting yang ada perlu untuk dilakukan perencanaan ulang.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam memberikan informasi kepada masyarakat luas tentang kondisi dan penyebab sering terjadinya genangan air pada kawasan Jalan Merpati, Tegal Selatan, Kotamadya Tegal serta agar dapat menjadi pertimbangan untuk melakukan perbaikan drainase pada Jalan Merpati oleh pemerintah setempat.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini dibuat supaya dalam pelaksanaan penelitian hanya terfokus pada rumusan masalah dan tujuan yang diharapkan sehingga penelitian dapat tepat dan tidak menyimpang dari sebagaimana mestinya. Adapun batasan penelitian ini sebagai berikut.

1. Data curah hujan yang digunakan diperoleh dari stasiun BMKG Kota Tegal selama 15 tahun.
2. Lokasi penelitian dilakukan pada Jalan Merpati Kecamatan Tegal Selatan.
3. Daerah tangkapan hujan ditinjau hanya pada kawasan yang memungkinkan terjadinya limpasan air ke saluran drainase Jalan Merpati.
4. Redesain dilakukan hanya pada daerah yang terjadi genangan air.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka adalah proses meninjaui literatur - literatur yang sesuai atau mirip dengan topik yang sedang diteliti dari berbagai jurnal, skripsi, atau tugas akhir yang telah dipublikasikan oleh akademisi. Tinjauan pustaka dilakukan agar dapat meperoleh informasi relevan tentang permasalahan dari penelitian sejenis yang akan dilakukan serta sebagai gambaran untuk pelaksanaan penelitian selain itu agar penelitian dilakukan seilmiah mungkin dengan menggunakan metode - metode yang tepat.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini diambil dari jurnal maupun skripsi yang telah dipublikasikan oleh akademisi. Hal ini dilakukan untuk menghindari kesamaan penelitian yang dilakukan saat ini dengan penelitian sebelumnya. Adapun penelitian terdahulu dapat dilihat pada sub-bab sebagai berikut.

2.2.1 Evaluasi Sistem Saluran Drainase di Ruas Jalan Solo Sragen Kebupaten Karanganyar

Dewi dkk (2014) Melakukan penelitian tentang sistem saluran drainase di ruas Jalan Solo Sragen yang merupakan sistem saluran drainase terbuka. Saluran drainase ini mengalirkan air hujan dari *catchment area* dengan tata guna lahan berupa pemukiman yang mana sangat berpotensi menimbulkan genangan pada daerah sekitar saluran drainase setiap kali hujan turun dengan intensitas tinggi.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan beberapa tahapan perencanaan dengan langkah pertama yaitu pengumpulan data curah hujan harian setempat dalam beberapa tahun ke belakang. Data curah hujan kemudian diuji kualitasnya dengan uji kepanggahan dengan cara statistik untuk menghindari terjadinya kesalahan data karena faktor angin, temperatur, dan atmosfer yang mempengaruhi proses pengambilan data hujan tersebut. Langkah selanjutnya

analisis terhadap curah hujan dengan analisis hidrologi berupa analisis frekuensi data hujan untuk mendapatkan nilai kemungkinan suatu besaran hujan atau debit dengan periode kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Pada analisis ini menggunakan empat macam distribusi yaitu distribusi normal, distribusi log normal, distribusi gumbel, dan distribusi log person III. Kemudian hasil tersebut diuji dengan cara uji Semirnov-kolmogorov untuk menilai besarnya penyimpangan. Langkah selanjutnya yaitu menghitung waktu konsentrasi, intensitas hujan kemudian perhitungan debit dengan metode Rasional kemudian dipilih debit yang terbesar. Langkah selanjutnya adalah membandingkan debit rencana dan debit eksisiting yang ada di lokasi.

Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa dalam perencanaan drainase Jalan Solo - Sragen (sta 6+500 – sta 10+500) lebih tepat menggunakan stasiun hujan Silamat. Selain itu didapat debit rencana pada ruas Jalan Solo - Sragen (sta 6+500 – sta 10+500) berurutan sebesar 0,345 m^3/det, 0,690 m^3/det, 1,243 m^3/det, 1,654 m^3/det, dan 2,079 m^3/det. Sedangkan, debit eksisting didapat berurutan sebesr 0,222 m^3/det, 0,222 m^3/det, 0,992 m^3/det, 0,222 m^3/det, 0,222 m^3/det. Dengan ini dapat diketahui bahwa debit eksisting pada jalan Solo Sragen (sta 6+500 – sta 10+500) tidak lebih besar daripada debit rencana sehingga dimensi drainase tidak memenuhi syarat dan mengakibatkan saluran drainase meluap.

2.2.2 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Mauludin (2016) melakukan penelitian pada saluran drainase kawasa kampus terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya pembangunan infrastruktur di UII maupun sekitarnya yang mempengaruhi perubahan tata guna lahan sehingga setiap kali hujan turun dengan intensitas yang tinggi, air hujan lebih banyak terlimpas dan mengalir ke saluran drainase dan menyebabkan kelebihan kapasitas pada drainase kawasan UII sehingga menggenangi permukaan jalan sekitar.

Pada penelitian ini langkah pertama yaitu mengumpulkan data berupa data hujan, data topografi, serta data tata guna lahan di kawasan UII. Setelah diperoleh data hujan selanjutnya data dianalisis menggunakan analisis frekuensi dengan

berbagai jenis distribusi antara lain distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Person III kemudian ditentukan jenis distribusi yang sesuai dengan mencocokkan parameter statistik data hujan berdasarkan syarat dari masing masing jenis distribusi. Perhitungan rancangan hujan dipilih dengan metode Log Person III dengan kala ulang 2 dan 5 tahun. Langkah selanjutnya yaitu menghitung koefisien limpasan permukaan dengan didasarkan pada tata guna lahan pada kawasan UII, menghitung waktu konsentrasi yaitu waktu yang dibutuhkan air hujan untuk mengalir dari titik terjauh ke tempat keluaran daerah aliran sungai (DAS), menghitung Intensitas hujan dengan rumus Mononobe. Selanjutnya menghitung debit banjir dengan persamaan rasional. Selanjutnya membandigkan debit eksisting yang ada di lapangan dengan debit rencana untuk mengetahui kelayakan kapasitas tampung saluran untuk kemudian dilakukan evaluasi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Achmad Mauludin (2016) didapat hasil bahwa terdapat dua saluran drainase kampus yang melebihi kapasitas tampung nya yaitu saluran 43-44 dan 45-46 dengan nilai debit banjir kala ulang 5 tahun sebesar berturut turut 2,370 m^3/det dan 2,357 m^3/det sedangkan debit eksisting didapat nilai yang sama yaitu sebesar 0,695 m^3/det sehingga dapat disimpulkan bahwa saluran drainase memiliki kelebihan debit banjir sebesar 1,675 m^3/det dan 1,662 m^3/det.

2.2.3 Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang Km 4,5 Sampai Dengan Km 6 Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta

Gunadin (2018) melakukan penelitian tentang kinerja sistem drainase yang berlokasi di Jalan Kaliuran km 4,5 - km 6, Sleman, D.I. Yogyakarta. Latar belakang dilakukan penelitian ini karena jumlah bangunan yang meningkat setiap tahun, lahan hijau yang terus berkurang, serta manajemen yang kurang baik di daerah Sleman seringkali menimbulkan permasalahan drainase salah satunya genangan yang sering terjadi di kawasan Jalan Kaliurang km 4,5 – km 6.

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan yang panjang. Langkah pertama adalah pengumpulan data antara lain data hujan, dimensi saluran eksisting, data tutupan lahan. Adapun data hujan menggunakan data dari stasiun Gemawang karena terletak dekat dengan lokasi kajian. Analisis yang digunakan yaitu analisis

hidrologi dan analisis hidraulika. Adapun analisis hidrologi antara lain analisis distribusi frekuensi dengan 4 distribusi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel Type 1, Log Person type III. Kemudian dipilih jenis distribusi yang sesuai dan dianalisis untuk mendapatkan hujan rancangan dengan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Intensitas hujan didapat dengan menggunakan persamaan Mononobe dan peritungan debit rencana menggunakan metode rasional dengan persamaan Manning.

Berdasarkan penelitian ini didapat kesimpulan bahwa 8 saluran drainase yang berada di Jalan Kaliurang km 4,5 – km 6 sudah tidak mampu menampung debit rencana sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang pada saluran drainase tersebut.

2.3 Penelitian Sekarang

Selama melakukan tinjauan pustaka terdapat penelitian sejenis mengenai evaluasi kapasitas saluran drainase namun pada kawasan Jalan Merpati Kota Tegal beum ada penelitian mengenai penyebab genangan yang terjadi di lokasi ini sehingga dapat dilakukan kajian atau penelitian lebih lanjut. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya perubahan alih fungsi lahan sehingga memperbesar debit limpasan air yang berdampak pada ketidakmampuan drainase dalam menampung debit limpasan yang terjadi sehingga sering menyebabkan genangan pada Jalan Merpati dan mengakibatkan mobilitas kendaraan pada jalan tersebut menjadi terganggu.

Data yang digunakan pada penelitian yaitu data yang didapat melalui survei langsung di lapangan (data primer) seperti dimensi saluran eksisting serta data dari sumber lain seperti internet, penelitian sebelumnya, dan data yang telah tercatat (data sekunder) seperti data hujan, topografi, dan data tata guna lahan. Data hujan yang dipakai merupakan data hujan maksimum harian dalam 24 jam selama 15 tahun (2006-2020). Data hujan yang diperoleh kemudian dianalisis dengan analisis frekuensi dengan empat metode distribusi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Person III. Kemudian dipilih distribusi yang sesuai dengan syarat syarat yang ada. Pada penelitian ini distribusi yang dipilih yaitu distribusi Log

Pearson III. Dengan menggunakan metode Log Pearson III kemudian dicari hujan rencana kala ulang 2 dan 5 tahun. Perhitungan debit banjir rencana menggunaka metode Rasional dengan Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe. Setelah analisis hidrologi selesai kemudian dilakukan analisis hidraulika pada saluran eksisting untuk membandingkan debit banjir rencana dengan debit saluran eksisting.

Tujuan penelitian adalah agar mendapat kesimpulan mengenai penyebab banjir di daerah Jalan Merpati sehingga dapat dilakukan evaluasi dan dapat dilakukan penanganan yang tepat sehingga saluran drainase dapat menampug debit limpasan air.

2.4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan banyak terdapat penelitian sejenis yaitu tentang evaluasi saluran drainase dan juga kesamaan dalam pemilihan metode. Namun, walaupun terdapat kesamaan metode tentu hasilnya akan berbeda karena penelitian ini dipengaruhi oleh adanya faktor topografi, hidrologi, klimatologi dan sebagainya di setiap tempat yang berbeda. Adapun perbadaan dan persamaan lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 2.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti		**Dewi dkk (2014)**	**Mauludin (2016)**	**Gunadin (2018)**	**Adi (2022)**
Karya Tulis		Jurnal	Tugas Akhir	Tugas Akhir	Tugas Akhir
Judul		Evaluasi Sistem Salurn Drainase di Ruas Jalan Solo Sragen Kabupaten Karanganyar	Evaluasi Kapasitas Tampung Saluran Drainase Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta	Penelitian Evaluasi Saluran Drainase Perkotaan di Sepanjang Jalan Kaliurang Km 4.5 sampai Km 6 Kabupaten Sleman, DIY	Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase pada Jalan Merpati Kecamatan Tegal Selatan, Kotamadya Tegal
Lokasi		Jalan Solo Sragen Kabupaten Karanganyar	Universitas Islam Indonesia Yogyakarta	Jalan Kaliurang Km 4,5-km 6 Kabupaten Sleman, DIY	Jalan Merpati, Tegal Selatan, Kotamadya Tegal
Intensitas Hujan Maksimum Kala Ulang		2, 5, 10, 25, dan 50 Tahun	2 dan 5 Tahun	2, 5, 10 Tahun	2 dan 5 Tahun
Metode	**Distribusi Sebaran**	*Normal, Log Normal, Gumbel, Log Pearson III*	*Log Pearson Tipe III*	*Log Pearson Tipe III*	*Normal, Log Normal, Gumbel, Log Pearson III*
	Uji Distribusi Sebaran	*Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov*	*Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov*	Tidak Memakai Uji Distribusi Sebaran	Tidak Memakai Uji Distribusi Sebaran
	Debit Rencana	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Drainase Jalan

Drainase adalah bangunan air yang difungsikan sebagai penampung kelebihan air dari suatu lahan atau kawasan untuk disalurkan atau dialirkan ke pembuangan seperti sungai, waduk, maupun pembuangan air lainya. Kata drainase berasal dari kata *drainage* yang berarti mengalirkan, menguras, atau mengeringkan. Menurut Wesli (2008) drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat di atas maupun di bawah permukaan tanah yang berfungsi untuk mengontrol kelebihan air yang berasal dari limpasan air pada saat hujan maupun air kotor yang dihasilkan rumah tangga (Wesli, 2008). Departemen Pekerjaan Umum (2005) menyebutkan bahwa drainase jalan merupakan drainase yang dibangun untuk mengalirkan dan membuang air secara gravitasi maupun sistem pemompaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya genangan pada permukaan jalan sehingga tidak mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan.

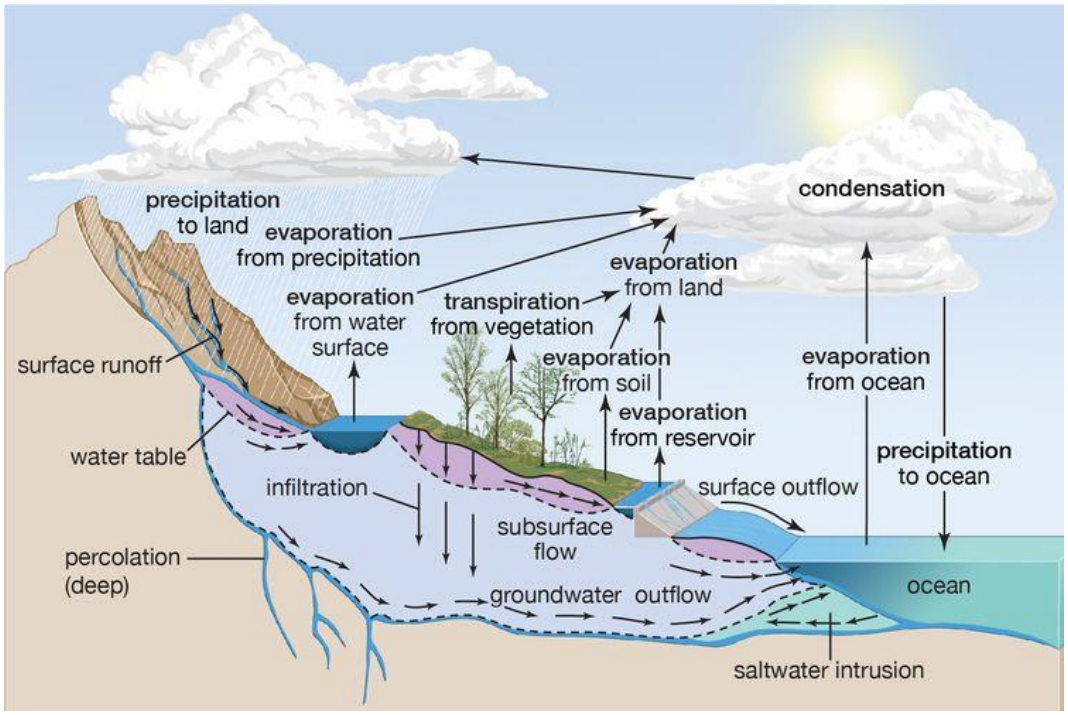
3.2 Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari pergerakan air baik di atas maupun di bawah permukaan bumi serta perubahannya dalam bentuk cair, padat karena proses pembekuan, dan gas karena proses penguapan di dalam atmosfer bumi. Secara khusus di dalam buku Hidrologi Teknik menyebutkan bahwa hidrologi didefinisikan sebagai suatu ilmu yang mempelajari tentang asal-usul dan pergerakan air di alam yang meliputi berbagai bentuk dan transformasi air antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah (Soemarto, 1986). Hidrologi juga mencakup air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan dan penghidupan di bumi ini (Soemarto, 1986). Sedangkan menurut Triatmodjo (2008) hidrologi merupakan ilmu yang berkaitan dengan air di bumi yang meliputi terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat sifatnya, dan hubungan dengan lingkungan terutama makhluk

hidup. Manfaat yang didapat dari ilmu hidrologi salah satunya untuk memperkirakan besarnya banjir akibat hujan yang terjadi sehingga dapat merencanakan bangunan bangunan air seperti tanggul banjir, saluran drainase, gorong gorong, dan bangunan pengendali banjir lainnya.

3.2.1 Siklus Hidrologi

Siklus atau daur hidrologi secara singkat merupakan pergerakan air laut ke udara kemudian jatuh ke permukaan tanah dalam bentuk hujan atau presipitasi lain kemudian mengalir dan tiba di laut kembali secara siklis (Soemarto, 1986). Sebagai ilustrasi daur hidrologi dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

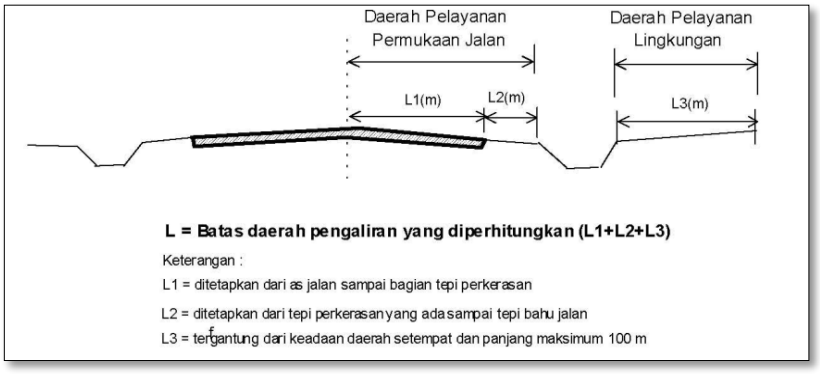
(Sumber: www.kompas.com, 2020)

Dari Gambar 3.1 tersebut menunjukan siklus hidrologi yang terjadi di alam kita. Air yang ada di samudra, danau, atau sungai terkena sinar matahari menyebabkan terjadinya penguapan. Air yang menjadi uap tersebut kemudian naik ke atmosfer yang kemudian mengalami kondensasi berupa titik titik air dan membentuk gumpalan awan kemudian awan tersebut bergerak kemudian terdesak oleh angin dan saling bertabrakan kemudian terjadi hujan. Air hujan tersebut turun

ke permukaan tanah sebagian mengalir di permukaan tanah (*surface runoff*) melewati sungai dan sebagian terserap kedalam tanah (infiltrasi). Air yang mengalir melewati permukaan tanah akan berkumpul di sungai dan waduk kemudian kembali ke laut dan sebagain menguap kembali akibat terkena panas matahari. Sedangkan air yang terserap ke dalam tanah lebih lama mengalir di dalam tanah sebagian masuk merembes ke sungai atau merembes ke pantai dan masuk ke laut kembali sebagian air yang merembes menjadi sumber pengidupan tumbuhan dan akan terangkat kembali melalui akar tumbuh tumbuhan yang kemudian air tersebut akan menguap kembali melalui stomata yang ada pada daun tanaman (tranpirasi). Proses ini terjadi berulang secara siklis sehingga disebut sebagai daur atau siklus hidrologi.

3.2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Untuk maksud tersebut dapat digunakan peta topografi dengan skala 1:50.000 - 1:25.000 yang dapat diperoleh dari Direktorat Geologi, Dinas Topografi Angkatan Darat atau instansi lain. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju tititk-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi tersebut adalah DAS (Triatmodjo, 2008). Peta topografi ataupun peta pengukuran lainya yang digunakan untuk menentukan daerah pengaliran seringkali tidak tersedia sehingga menentukan batas batas DAS sulit dilakukan. Untuk itu batas daerah pengaliran pada drainase jalan menurut SNI 03-3424-1994 diasumsikan tergantung dari daerah pembebasan dan daerah sekelilingnya yang ditetapkan seperti pada Gambar 3.2 di halaman selanjutnya.



Gambar 3.2 Daerah Aliran Saluran Samping
(Sumber: SNI 03-3442-1994)

3.2.3 Curah Hujan Wilayah

Curah hujan merupakan kedalaman air hujan harian yang tercatat melalui penakaran hujan. Curah hujan ini menjadi sangat penting karena akan berkaitan terhadap besarnya limpasan air yang akan terjadi pada suatu wilayah daerah aliran sungai (DAS). Dalam suatu wilayah DAS biasanya memiliki tidak hanya satu titik stasiun penakar hujan akan tetapi memiliki beberapa stasiun yang tersebar di wilayah DAS tersebut. Maka dari itu dalam penentuan debit banjir suatu wilayah DAS digunakan curah hujan wilayah yaitu curah hujan yang didapat dari menghitung rerata kedalaman hujan pada setiap stasiun hujan yang ada pada wilayah DAS.

Dalam menentukan curah hujan wilayah ada 3 metode yang dapat dipakai yaitu metode rerata aljabar, metode poligon thiessen, dan metode isohyet. Dalam memilih metode penentuan curah hujan wilayah perlu memperhatikan kriteria kriteria yang ada. Namun demikian curah hujan wilayah juga dapat diperoleh dari satu stasiun hujan yang terdekat yang mewakili kondisi iklim pada wilayah DAS tersebut.

3.2.4 Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana adalah menilai besarnya curah hujan maksimum tahunan pada suatu daerah dengan periode kala ulang tertentu. Penentuan periode kala ulang didasarkan pada tipologi kota tersebut. Kriteria periode ulang tersebut menurut Peraturan Menteri (2014) dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (ha)			
	<10	**10 - 100**	**101 – 500**	**>500**
Kota Metropolitan	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Sedang	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Kecil	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th

(Sumber: Peraturan Menteri PU no 12, 2014)

Curah hujan rencana ini kemudian digunakan untuk mencari nilai intensitas hujan (analisis frekuensi). Pada perhitungannya ada beberapa metode distribusi yang dipakai yaitu Distribusi Normal, Gambel Tipe 1, Log Normal, dan Log Pearson III. Pemilihan distribusi didasarkan pada kedekatannya dengan sebaran data empiris. Analisis frekuensi dilakukan secara sistematis sebagai berikut.

1. Tandensi sentral

   Nilai rata rata (*Average*) yaitu nilai yang dianggap representatif dan sentral untuk pengukuran sebuah distribusi. Nilai rata rata ini adalah hasil dari penjumlahan data pengukuran dibagi dengan jumlah pengukuran. Bila nilai rata rata ditulis sebagai $\bar{X}$ (dibaca X bar) dan data pengukuran sebagai x_1, x_2,... x_n serta jumlah data sebagai n maka ditulis dalam Persamaan 3.1 di halaman selanjutnya.

   $$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} \qquad (3.1)$$

   Keterangan:

   $\bar{X}$ = nilai rata rata (*average*)

   x_1, x_2,... x_n = nilai data x_1, x_2,...x_n

   n = jumlah data

   (Soewarno, 1995)

2. Dispersi

   Pada kenyataan data yang ada memungkinkan suatu variat dari suatu variabel memiliki nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata rata nya. Besarnya derajat dari sebaran variat di sekitar nilai rata rata suatu data sembarnag variabel

hidrologi disebut sebagai variasi (*variation*) atau dipersi (*dispersion*). Ukuran dispersi pada umumnya yang digunakan adalah deviasi standar dan varian yang dihitung dari kuadrat nilai deviasi standar. Untuk menghitung deviasi standar dan varian dapat digunakan Persamaan 3.2 dan Persamaan 3.3 sebagai berikut. (Soewarno, 1995)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{X})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{X})^2}{n-1} \quad (3.3)$$

Keterangan:

S_d = deviasi standar

Xi = nilai variat

$\bar{X}$ = nilai rata rata variat

n = jumlah data

S^2 = varian

3. Koefisien variasi

Koefisien variasi (*variation coefficient*) merupakan nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata rata hitung dari suatu sebaran. Koefisien variasi dihitung dengan Persamaan 3.4 di halaman selanjutnya. (Soewarno, 1995).

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \quad (3.4)$$

Keterangan:

C_v = koefisien variasi curah hujan

S_d = deviasi standar curah hujan

$\bar{X}$ = nilai rata rata curah hujan

4. Koefisien kemencengan

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) merupakan suatu nilai yang menunjukan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995).

$$C_s = \frac{a}{S_d{}^4} \quad (3.5)$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n} (Xi - \overline{X})^2 \quad (3.6)$$

Keterangan:

C_s = Koefisien kemencengan curah hujan

S_d = Deviasi standar dari sampel

$\overline{X}$ = Nilai rata rata dari data sampel curah hujan

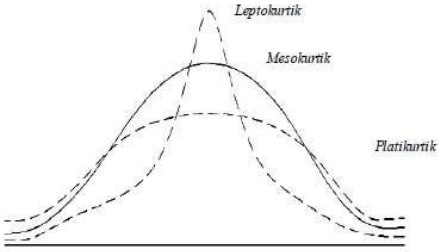
X_i = Curah hujan ke i

n = Jumlah data curah hujan

a = Parameter kemencengan

5. Koefisien kurtosis

   Koefisien kurtosis merupakan nilai keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang dibandingkan dengan distribusi normal. Ada 3 distribusi koefisien kurtosis yaitu *mesokurtik* atau distribusi normal (koefisien kurtosis = 3), leptokurtik (koefisien kurtosis >3), dan platikurtik (koefisien kurtosis <3). Gambar koefisien kurtosis dapat dilihat pada Gambar 3.3 di halaman selanjutnya.



Gambar 3.3 Koefisien Kurtosis
(Sumber: Soemarto, 1995)

6. Persamaan kurtosis dapat dilihat pada Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^{n} (Xi - \overline{X})^4 \quad (3.7)$$

Dengan:

$\overline{X}$ = nilai rata rata curah hujan

Xi = nilai pengukuran dari curah hujan ke-i

n = jumlah data curah hujan

S = deviasi standar

7. Pemilihan jenis distribusi sebaran

Pemilihan jenis distribusi didasarkan pada terpenuhinya syarat syarat yang telah ditentukan. Persyaratan parameter statistik suatu distribusi dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Parameter statis untuk pemilihan jenis distribusi

No	Distibusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_{v3} + 3C_v$ $C_k = C_{v8} + 6C_{v6} + 15C_{v4} + 16C_{v2} + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1{,}14$ $C_k = 5{,}4$
4	*Log Pearson III*	Selain dari data diatas

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

a. Distribusi Normal

Persamaan yang digunakan pada distribusi normal adalah Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S \quad (3.8)$$

Dengan:

X_T = Perkiraan nilai kedalaman hujan yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$ = Nilai rerata hitung variat

K_T = Faktor frekuensi

S = Standar deviasi

b. Distribusi Log Normal

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

$$Y = \text{Log } X \quad (3.10)$$

Dengan:

Y_T = Perkiraan nilai kedalaman hujan yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahunan

$\bar{Y}$ = Nilai rerata hitung variat

K_T = Faktor frekuensi

S = Standar deviasi

c. Distribusi *Log-Pearson Tipe III*

Langkah langkah pengaplikasian distribusi *Log-Pearson Tipe III* sebagai berikut.

1) Menentukan nilai logaritma dari seluruh variat X

$$Yi = \log Xi \tag{3.11}$$

2) Menghitung nilai rata ratanya.

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Yi}{n} \tag{3.12}$$

Dengan:

$\bar{Y}$ = nilai rata rata logaritmik Xi

n = jumlah data

3) Yi = nilai curah hujan tiap tahun (R_{24} maksimum)

4) Menghitung deviasi standar (S_d)

$$S_{dy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi-\bar{Y})^2}{n-1}} \tag{3.13}$$

5) Dengan:

S_{dy} = standar deviasi

$\bar{Y}$ = nilai rata rata logaritmik X

n = jumlah data

Yi = nilai curah hujan tiap tahun (R_{24} maksimum)

6) Menghitung koefisien *skewness* (C_s)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^3} \sum_{i=1}^{n}(Yi - \bar{Y})^3 \tag{3.14}$$

Dengan:

C_s= koefisien skewness

$\bar{Y}$ = nilai rata rata logaritmik X

n = jumlah data

Yi= nilai curah hujan tiap tahun (R_{24} maksimum)

7) Menghitung hujan rencana dengan periode ulang T tahun.

$$Y_T = Y_T + K_T . S_{dy} \quad (3.15)$$

Dengan:

Y_T = curah hujan rencana periode kala ulang T tahun

K_T = harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs

d. Distribusi Gumbel

Persamaan yang digunakan pada distribusi Gumbel pada SNI 03-3424-1994 adalah Persamaan 3.16 berikut.

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_x}{S_n} (Y_T - Y_n) \quad (3.16)$$

Dengan:

X_T = Besarnya curah hujan untuk periode ulang T tahun (mm/jam)

$\bar{X}$ = Nilai rata rata aritmatik hujan komulatif

S_x = Standar Deviasi

Y_T = Variasi yang meruakan fungsi periode ulang

Y_n =Nilai yang tergantung pada n

S_n = Standar deviasi merupakan fungsi dari n

3.2.5 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan (I) yaitu tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Pada umumnya semakin panjang durasi waktu hujan maka intensitasnya cenderung semakin rendah dan semakin besar periode ulangnya maka semakin tinggi intensitasnya. Intensitas hujan digunakan dalam merencanakan debit banjir yang terjadi pada suatu kawasan. Untuk menghitung intensitas hujan diperlukan data hujan jangka pendek, misal 5, 10, dan 30 menit yang diperoleh dari pos penakar

hujan. Apabila data yang didapat hanya data hujan harian (waktu sebarang) maka untuk menghitungnya menggunkan Persamaan Mononobe atau Persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t_c}\right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.17)$$

Keterangan:

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

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

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

3.2.6 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh air hujan untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik yang ditinjau pada suatu daerah pengaliran. Waktu konsentrasi pada daerah perkotaan dibedakan menjadi dua komponen yaitu waktu yang dibutuhkan air mengalir saat berada di lahan dari titik jatuh terjauh sampai dengan saluran terdekat atau disebut *inlet time* (t_0) dan waktu yang dibutuhkan air mengalir dari titik awal masuk saluran sampai ke tempat keluaran saluran atau *conduit time* (t_d). *Inlet time* (t_0) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.18 atau dapat juga menggunakan rumus *Kirpich* pada Persamaan 3.19 (Wesli, 2008). Penggunaan persamaan *Kirpich* didasarkan pada luas daerah tangkapan air kurang dari 80 ha (Triatmodjo, 2008). Waktu konsentrasi (tc) adalah penjumlahan t_0 dan t_d pada persamaan berikut.

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3{,}28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{s}}\right]^{0{,}167} \quad (3.18)$$

atau

$$t_0 = \left(0{,}0195 \times \frac{Lo}{\sqrt{s}}\right)^{0{,}77} \quad (3.19)$$

$$t_d = \frac{L}{60 \times V} \quad (3.20)$$

Keterangan:

t_0 = waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir di lahan dari titik jatuh terjauh sampai dengan saluran drainase terdekat (menit).

t_d = waktu yang dibutuhkan air mengalir dari titik awal masuk sampai ke tempat keluaran saluran (menit).

nd = Koefisien hambatan (dapat dilihat pada Tabel 3.3)

s = kemiringan daerah pengaliran

Lo = panjang lahan dari titik jatuh terjauh sampai ke saluran (m).

L = panjang lintasan air pada saluran drainase (m).

V = kecepatan aliran pada saluran (m/detik)

Tabel 3.3 Koefisien Hambatan

Bahan	Koefisien Hambatan (nd)
Lapisa semen dan aspal beton	0,013
Permukaan licin dan kedap air	0,020
Permukaan licin dan kokoh	0,100
Tanah dengan rumput tipis dam gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
Padang rumput dan rerumputan	0,400
Hutan gundul	0,600
Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput sampai rapat	0,800
Padang rumput dan rerumputan	0,400

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

3.2.7 Koefisien Pengaliran (*Runoff*)

Koefisien pengaliran (*runoff*) adalah perbandingan jumlah air hujan yang mengalir atau terlimpas menuju suatu saluran dengan jumlah curah hujan yang turun pada suatu DAS. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi oleh kemiringan lahan, kondisi permukaan tanah, durasi hujan yang terjadi pada daerah pengaliran. Pada suatu daerah aliran sungai (DAS) biasanya terdapat berbagai tata guna lahan yang berbeda sehingga mempunyai koefisien pengaliran yang berbeda juga.

Menurut SNI 03-3424-1994 untuk menakar besarnya koefisien pengaliran tersebut digunakan Persamaan 3.21 sebagai berikut.

$$C = \frac{C_1A_1+C_2A_2+\ldots+C_nA_n}{A_1+A_2+\ldots+A_n} \quad (3.21)$$

Keterangan:

$C_1,C_2,\ldots,C_n$ = Koefisien pegaliran yang sesuai jenis tata guna lahan

$A_1,A_2,\ldots,A_n$ = Luas daerah pengaliran sesuai jenis tata guna lahan (km^2)

Nilai koefisien limpasan (C) untuk berbagai jenis permukaan atau tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3.4 Koefisien Limpasan

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
Jalan kerikil & jalan tanah	0,40 - 0,70
Bahu jalan: - Tanah berbutir halus - Tanah berbutir kasar - Batuan masif keras Batuan masif lunak	 0,40 - 0,65 0,10 - 0,20 0,70 - 0,85 0,60 - 0,75
Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
Daerah industri	0,60 - 0,90
Permukiman padat	0,60 - 0,80
Permukiman tidak padat	0,40 - 0,60
Taman & kebun	0,20 - 0,40
Persawahan	0,45 - 0,60
Perbukitan	0,70 - 0,80
Pegunungan	0,75 - 0,90

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

3.2.8 Debit Banjir Rencana

Salah satu metode yang digunakan dalam menghitung debit rencana yaitu metode rasional. Metode ini merupakan metode tertua dalam menghitung debit aliran yang didasarkan pada tinggi intensitas hujan dan luas daerah pengaliran yang dapat ditulis menggunakan Persamaan 3.22 sebagai berikut.

$$Q = i \times A \tag{3.22}$$

Dengan:

i = intensitas hujan yang merata di seluruh daerah pengaliran selama waktu konsentrasi

A = luas daerah pengaliran

Persamaan ini didasarkan atas asumsi semua curah hujan menjadi limpasan permukaan (Soemarto, 1995). Namun pada kenyataan bahwa di suatu daerah tidak semua curah hujan menjadi limpasan terlebih jika daerah tersebut bukan di perkotaan sehingga untuk menghitung debit rencana diperlukan koefisien limpasan (C). Persamaan yang digunakan untuk menghitung debit rencana menurut SNI 03-3424-1994 adalah Persamaan 3.23 sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{3,6}\ CIA \tag{3.23}$$

Dengan:

Q = debit banjir rencana (m^3/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km^2)

$\frac{1}{3,6}$ = faktor konversi

3.3 Analisis Hidraulika

Dalam mengalirkan debit air yang terbuang melalui saluran drainase, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah bentuk dari salurannya. Pada umumnya ada tiga macam bentuk drainase yang sering dijumpai pada drainase perkotaan yaitu,

bentuk penampang persegi, trapesium, dan lingkaran/parabola. Keefektifan saluran dalam mengalirkan debit air terletak pada bentuk dan besarnya keliling basah penampang tersebut. Pada bentuk dan luasan penampang tertentu, penampang yang memiliki keliling basah terkecil lah yang akan memberikan aliran yang maksimum. Dalam hal ini analisis hidraulika dilakukan untuk menentukan bentuk dan dimensi dari salura drainase sehingga kapasitasnya dapat memenuhi beban limpasan air yang terbuang ke saluran tersebut secara efektif sehingga kawasan tersebut dapat terhindar dan terbebas dari genangan atau banjir. Pemilihan bentuk dari saluran drainase perlu memperhatikan fungsi dan juga nilai ekonomisnya dalam artian fungsi, apakah saluran drainase hanya mengalirkan air atau juga mengalirkan endapan yang terjadi. Sedangkan nilai ekonomis yaitu dapat mengalirkan beban limpasan dengan luas penampang yang secukupnya. Penentuan kapasitas saluran drainase dapat dihitung menggunakan persamaan *Manning* yang dapat dilihat pada Persamaan 3.24 hingga Persamaan 3.26 sebagai berikut.

$$Q = V \times As \tag{3.24}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \tag{3.25}$$

$$S = \frac{\Delta h}{L} \tag{3.26}$$

Dengan:

Q = debit banjir rancangan (m^3/det)
As = luas penampang basah (m^2)
V = kecepatan aliran (m/det)
R = jari jari hidrolik (m)
S = kemiringan dasar saluran
Δh = beda tinggi hulu ke hilir
n = koefisien kekasaran *Manning*

Besarnya nilai koefisien *manning* tergantung pada jeis dinding saluran yang digunakan yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 di halaman selanjutnya.

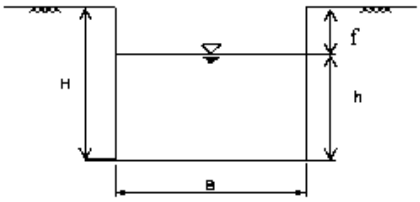
Tabel 3.5 Nilai koefisien Manning

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	Saluran buatan				
1	Saluran Tanah, Lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3	Saluran pada dinding batuan, lurus teratur	0,023	0,030	0,033	0,035
4	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5	Saluran batuan yang diletakkan, ada tumbuh tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7	Saluran lengkung, dengan kecepatan, aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
	Saluran Alam				
8	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9	Seperti no. 8 tapi ada tumbuhan, atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang, dan berdinding pasir	0,033	0,035	0,040	0,045
11	Seperti no. 10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no. 10, berbatu dan ada tumbuh tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no. 11, sebagian brbatu	0,040	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuhan, dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
16	Saluran pasangan batu tanpa finishing	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti no.16 tapi dengan finishing	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus, dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,0115
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,08

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

Nilai R (keliling basah) yang ada pada persamaan *manning* nilai nya berbeda setiap bentuk penampang. Adapun nilai R berdasarkan bentuk penampang persegi, dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.

1. Penampang persegi



Gambar 3.4 Saluran Persegi

a. Luas penampang basah (As)

$$As = B \times h \quad (3.27)$$

b. Keliling basah (P)

$$P = 2h + B \quad (3.28)$$

c. Jari jari hidrolik (R)

$$R = \frac{As}{P} = \frac{B \times h}{B + 2h} \quad (3.29)$$

d. Tinggi jagaan *freeboard* (f)

$$f = 5\% - 30\% \quad (3.30)$$

(Kustamar, 2019)

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Ada dua jenis penelitian secara garis besar yang umum dilakukan para akademisi yaitu penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif. Pada penelitian yang dilakukan penulis yaitu termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif deskriptif dimana penelitian ini menggunakan metode perhitungan dan penjabaran hasil pengelolaan data lapangan dari setiap lokasi yang ditinjau.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Jalan Merpati Kota Tegal. Jalan ini merupakan jalan lokal memiliki dimensi badan jalan total yaitu 4 m - 5 m yang menghubungkan antara Jalan Mayjen Sutoyo di sebelah utara dan Jalan KS Tuban disebelah selatan. Saluran drainase yang ditinjau yaitu sepanjang jalan tersebut sepanjang 1.7 km yang ditunjukan garis merah pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Jalan Merpati Kota Tegal

4.3 Pengumpulan Data

Ada dua macam data yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer sendiri yaitu data yang didapat secara langsung melalui wawancara, pengamatan, survei langsung di lapangan dan pengumpulan informasi yang berkenaan dengan drainase kepada intansi terkait. Sedangkan data sekunder adalah data yang didapat dari pihak ke dua seperti buku, jurnal atau penelitian sebelumnya, serta data dari kantor/stasiun pengamatan yang didapat secara tidak langsung oleh peneliti/penulis. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa:

1. Data primer
    a. Dimensi saluran drainase eksisting yang didapat melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan meteran atau alat pengukur lainnya.
2. Data sekunder
    a. Data hidrologi berupa data curah hujan harian selama 15 tahun (2006–2020) yang didapat dari stasiun BMKG Tegal. Data ini nantinya akan digunakan untuk menghitung debit rencana dengan kala ulang 2 dan 5 tahun.
    b. Data tata guna lahan, data ini didapat dari pengolahan gambar citra satelit dengan aplikasi google earth yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan tata guna lahan. Data ini digunakan untuk menentukan koefisien limpasan atau *runoff* pada area tangkapan hujan dimana masing masing tata lahan memiliki koefesien *runoff* yang berbeda sehingga untuk menentukan koefisien tersebut perlu diketahui tata guna lahan pada kawasan penelitian.
    c. Data topografi, data ini didapat melalui data *Digital Elevation Mode (DEM) SRTM 3 arc second*. Data ini digunakan untuk mengetahui elevasi permukaan tanah pada lokasi saluran drainase dan menentukan area tangkapan hujan yang didasarkan pada elevasi tertinggi yang mengintari suatu kawasan.

4.4 Analisis Data

4.4.1 Analisis Frekuensi Hujan

Analisis Frekuensi hujan terhadap data curah hujan harian yang diperoleh dari BMKG Kota Tegal. Analisis dilakukan dengan menghitung parameter statistik terlebih dahulu dengan mencari nilai rata rata ($\overline{x}$), standar deviasi (S), koefisien variasi (C_v), Koefisien Kemencengan (C_s), dan koefisien kurtosis (C_k). Selanjutnya melakukan pemilihan jenis distribusi dengan melihat kesesuaian dari parameter statistik terhadap syarat syarat jenis distribusi yang ada. Setelah itu menghitung nilai hujan rancangan dengan kala ulang tahun 2 dan 5 tahun menggunakan jenis distribusi terpilih.

4.4.2 Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)

Luas daerah aliran sungai merupakan daerah yang dibatasi oleh daerah-daerah yang tinggi seperti bukit ataupun pegunungan. Daerah aliran sungai dapat diketahui dengan menggunakan peta topografi yang menunjukan kontur atau elevasi dari permukaan daerah yang ditinjau.

4.4.3 Koefisien Limpasan (C)

Pada sebuah kawasan DAS memiliki berbagai tata guna lahan yang berbeda sehingga memiliki koefisien limpasan (C) yang berbeda juga. Dalam menghitung nilai koefisien limpasan maka daerah aliran sungai perlu diklasifikasikan menurut fungsi tata guna lahan. Setelah itu hitung koefisien limpasan kawasan dengan menjumlahkan semua hasil perkalian koefisien (C) dan luas daerah masing masing tata lahan (A) kemudian dibagi dengan luas DAS total.

4.4.4 Kemiringan Kawasan (*Slope*)

Kemiringan kawasan dan kemiringan saluran drainase pada Jalan Merpati dicari melalui peta topografi yang ada dengan menentukan elevasi awal dan elevasi akhir saluran sehingga dapat diketahui beda tinggi dan juga arah alirannya.

4.4.5 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana (Q) dicari dengan menggunakan metode rasional. Pada perhitungan debit menggunakan metode rasional dibutuhkan data luas daerah tangkapan (A), koefisien limpasan (C), serta intensitas hujan (I). Luas daerah tangkapan dan koefisien limpasan diperoleh melalui tahapan perhitungan

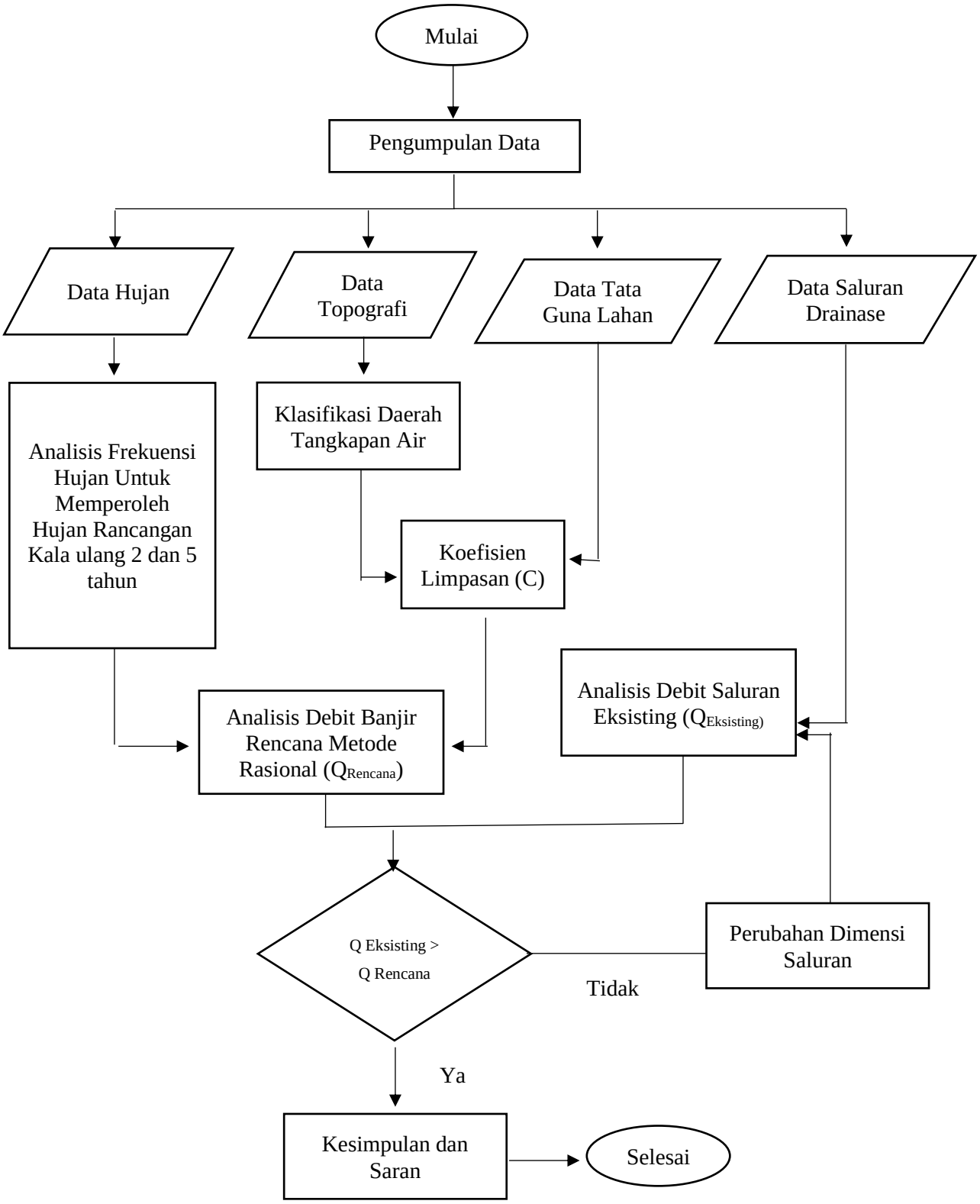
sebelumnya sedangkan untuk mencari nilai intensitas hujan yang pertama perlu diketahui curah hujan maksimum harian selama 24 jam (R_{24}) dan waktu konsentrasi (Tc) yaitu waktu yang dibutuhkan air dari titik terjauh sampai titik keluar saluran. Setelah itu dapat dihitung intensitas hujan dengan kala ulang 2 dan 5 tahun dengan persamaan mononobe. Debit banjir rencana kemudian dihitung dengan mengalikan ketiga komponen tersebut.

4.4.6 Evaluasi Saluran Drainase

Evaluasi saluran drainase dilakukan dengan membandingkan debit banjir rencana (Q_{banjir}) dan kapasitas tampung saluran drainase ($Q_{eksisting}$) yang dihitung dengan menggunakan persamaan *manning*. Setelah dibandingkan apabila debit banjir rencana lebih kecil daripada kapasitas drainase ($Q_{banjir}<Q_{eksisting}$), maka saluran drainase memenuhi dan aman berfungsi secara normal. Sedangkan apabila debit banjir rencana lebih besar daripada kapasitas drainase ($Q_{banjir}>Q_{eksisting}$), maka saluran tidak memenuhi dan tidak aman sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang dimensi saluran drainase.

4.5 Bagan Alir Tugas Akhir

Bagan alir atau disebut juga *flowchart* adalah suatu rangkaian dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan alur atau proses dari penelitian yang dilakukan yang memiliki hubungan antara suatu proses intruksi dengan proses lainnya dalam suatu program. Berikut bagan alir evaluasi kapasitas saluran drainase yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 di halaman selanjutnya.



Gambar 4.2 Bagan Alir Tugas Akhir

BAB V
DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hujan Harian Maksimum

Dalam menghitung debit banjir rancangan suatu kawasan maka hal yang perlu dilakukan adalah mencari data hujan harian pada kawasan tersebut. Pada penelitian ini untuk menghitung debit banjir rancangan yaitu dengan menggunakan data hujan selama 15 tahun (2006-2020) yang diperoleh dari satasiun BMKG Kota Tegal. Keterbatasan stasiun hujan serta wilayah penelitian yang kecil dan cenderung memiliki topografi yang datar menjadi alasan hanya menggunakan satu stasiun hujan yaitu stasiun BMKG Kota Tegal. Stasiun tersebut cukup dekat dengan lokasi penelitian sehingga dianggap mewakili keseluruhan iklim pada wilayah penelitian.

Data hujan harian selama 15 tahun (2006-2020) yang didapat kemudian dicari nilai maksimum pada setiap tahunnya. Data hujan harian maksimum dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Data Hujan Harian Maksimum 2006-2020

No	Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)	Tanggal
1	2006	89,8	4 Maret
2	2007	210,2	3 Desember
3	2008	77,4	6 April
4	2009	96,2	27 Februari
5	2010	114,8	21 April
6	2011	97,6	2 Februari
7	2012	80,5	4 Maret
8	2013	139	28 Mei
9	2014	109	4 Januari
10	2015	80	1 Januari
11	2016	134,5	5 Desember
12	2017	115,6	26 Februari
13	2018	88,5	10 Maret
14	2019	114,8	23 Maret
15	2020	189,1	1 Januari

Dari data hujan selama 15 tahun tersebut didapat rata-rata curah hujan maksimum tahunan sebesar 115,8 mm dengan curah hujan maksimum terendah

yaitu pada tahun 2008 sebesar 77,4 mm dan tertinggi yaitu pada tahun 2007 yaitu sebesar 210,2 mm sehingga dapat disimpulkan bahwa daerah Kota Tegal memiliki curah hujan dengan kategori curah hujan rendah hingga menengah.

5.2 Penentuan Jenis Distribusi

Analisis distribusi hujan dilakukan untuk menentukan perkiraan hujan dengan kala ulang tahun tertentu dengan pendekatan statistik berdasarkan data curah hujan yang lalu. Dalam hal ini dianggap bahwa peristiwa ekstrem (hujan atau debit banjir ekstrem) akan berulang di masa mendatang. Dalam melakukan analisis distribusi ada beberapa jenis distribusi sebaran yang digunankan yaitu distribusi Normal, Log Normal, Log person III, Gumbel.

Pemilihan distribusi dilakukan berdasarkan kedekatannya dengan sebaran data empiris yang diolah secara statistik kedalam parameter-parameter seperti nilai rata rata ($\bar{x}$), Standar deviasi (Sd), Koefisien variasi (Cv), Koefisien kemencengan (Cs), dan Koefisien kurtosis (Ck).

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

   Nilai rata rata yaitu nilai yang menunjukan representatif dan sentral sebuah distribusi yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1. Perhitungan nilai rata rata ($\bar{x}$) ditunjukan pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Hujan Harian Maksimum Rerata Tahun (2006-2020)

No	Tahun	Hujan Maksimum (mm)
1	2006	89,8
2	2007	210,2
3	2008	77,4
4	2009	96,2
5	2010	114,8
6	2011	97,6
7	2012	80,5
8	2013	139
9	2014	109
10	2015	80
11	2016	134,5

Lanjutan Tabel 5.2 Hujan Harian Maksimum Rerata Tahun (2006-2020)

No	Tahun	Hujan Maksimum (mm)
12	2017	115,6
13	2018	88,5
14	2019	114,8
15	2020	189,1
Nilai Rata-Rata (mm)		115,8

Perhitungan nilai rata-rata ($\bar{x}$) sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{1737}{15}$$

$$= 115{,}8 \text{ mm}$$

2. Standar deviasi

Nilai standar deviasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.2. Perhitungan standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Perhitungan Standar Deviasi

No	Tahun	Hujan (X)	($\bar{X}$)	(X-$\bar{X}$)	(X-$\bar{X}$)^2
1	2006	89,80	115,8	-26,00	676,00
2	2007	210,20		94,40	8911,36
3	2008	77,40		-38,40	1474,56
4	2009	96,20		-19,60	384,16
5	2010	114,80		-1,00	1,00
6	2011	97,60		-18,20	331,24
7	2012	80,50		-35,30	1246,09
8	2013	139,00		23,20	538,24
9	2014	109,00		-6,80	46,24
10	2015	80,00		-35,80	1281,64
11	2016	134,50		18,70	349,69
12	2017	115,60		-0,20	0,04
13	2018	88,50		-27,30	745,29

Lanjutan Tabel 5.3 Perhitungan Standar Deviasi

No	Tahun	Hujan (X)	($\bar{X}$)	(X-$\bar{X}$)	(X-$\bar{X}$)^2
14	2019	114,80	115,8	-1,00	1,00
15	2020	189,10		73,30	5372,89
Jumlah				0,0000	21359,4400

Perhitungan Standar deviasi:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{X})^2}{n-1}}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{21359.44}{15-1}}$$

$$= 39{,}599$$

3. Koefisien variasi

Koefisien variasi yaitu perbandingan antara nilai standar deviasi dengan nilai rerata. Koefisien variasi dihitung menggunakan Persamaan 3.4.

$$C_v = \frac{S}{x}$$

$$C_v = \frac{39{,}599}{115{,}8}$$

$$= 0{,}337$$

4. Koefisien kemencengan

Koefisien kemencengan dihitung menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6. Perhitungan koefisien kemencengan dapat dilihat pada Tabel 5.4 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.4 Perhitungan Koefisien Kemencengan

No	Tahun	Hujan (X)	($\bar{X}$)	(X-$\bar{X}$)	(X-$\bar{X}$)^2	(X-$\bar{X}$)^3
1	2006	89,80	115,8	-26,00	676,00	-17576,00
2	2007	21,20		94,40	8911,36	841232,38
3	2008	77,40		-38,40	1474,56	-56623,10
4	2009	96,20		-19,60	384,16	-7529,54
5	2010	114,80		-1,00	1,00	-1,00
6	2011	97,60		-18,20	331,24	-6028,57
7	2012	80,50		-35,30	1246,09	-43986,98
8	2013	139,00		23,20	538,24	12487,17
9	2014	109,00		-6,80	46,24	-314,43
10	2015	80,00		-35,80	1281,64	-45882,71
11	2016	134,50		18,70	349,69	6539,20
12	2017	115,60		-0,20	0,04	-0,01
13	2018	88,50		-27,30	745,29	-20346,42
14	2019	114,80		-1,00	1,00	-1,00
15	2020	189,10		73,00	5372,89	393832,84
Jumlah				0,0000	21359,4400	1055801,8380

Perhitungan Koefisien kemencengan:

$$C_s = \frac{a}{S_d{}^3}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n} (Xi - \bar{X})^3$$

$$C_s = \frac{15 \times 1055801{,}8380}{(15-1)\times(15-2)\times 39{,}599^3}$$

$$= 1{,}460$$

5. Koefisien kurtosis

Koefisien kurtosis merupakan nilai keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.7. Perhitungan koefisien kurtosis dapat dilihat pada Tabel 5.5 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.5 Perhitungan Koefisien Kemencengan

No	Tahun	Hujan (X)	($\bar{X}$)	(X-$\bar{X}$)	(X-$\bar{X}$)^2	(X-$\bar{X}$)^3	(X-$\bar{X}$)^4
1	2006	89,80	115,8	-26,00	676,00	-17576,00	456976,00
2	2007	210,20		94,40	8911,36	841232,38	79412337,05
3	2008	77,40		-38,40	1474,56	-56623,10	2174327,19
4	2009	96,20		-19,60	384,16	-7529,54	147578,91
5	2010	114,80		-1,00	1,00	-1,00	1,00
6	2011	97,60		-18,20	331,24	-6028,57	109719,94
7	2012	80,50		-35,30	1246,09	-43986,98	1552740,29
8	2013	139,00		23,20	538,24	12487,17	289702,30
9	2014	109,00		-6,80	46,24	-314,43	2138,14
10	2015	80,00		-35,80	1281,64	-45882,71	1642601,09
11	2016	134,50		18,70	349,69	6539,20	122283,10
12	2017	115,60		-0,20	0,04	-0,01	0,00
13	2018	88,50		-27,30	745,29	-20346,42	555457,18
14	2019	114,80		-1,00	1,00	-1,00	1,00
15	2020	189,10		73,30	5372,89	393832,84	28867946,95
Jumlah				0,0000	21359,4400	1055801,8380	115333810,1332

Perhitungan Koefisien kurtosis:

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3){S_d}^4} \sum_{i=1}^{n} (Xi - \bar{X})^4$$

$$C_k = \frac{15 \times 115333810{,}1332}{(15-1)\times(15-2)\times(15-3)\times 39{,}599^4}$$

$$= 5{,}105$$

Setelah parameter parameter statistik dihitung kemudian dilakukan pemilihan jenis distribusi yang sesuai dengan persyaratan. Ada 4 jenis distribusi yang digunakan yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson III dimana setiap distribusi memiliki nilai persyaratan yang berbeda. Persyaratan dan hasil perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 5.6 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.6 Pemilihan Jenis Distribusi yang Sesuai Hujan Harian

Jenis Distribusi	Persyaratan	Hasil Parameter Statistik	Selisih	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$	1,460 5,105	1,460 2,105	Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = C_{v3} + 3C_v = 1.050$ $C_k = C_{v8} + 6C_{v6} + 15C_{v4} + 16C_{v2} + 3 = 5.024$	0,917 3,814	0,133 1,210	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$	1,767 8,148	0,628 2,748	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Selain dari Data di atas	Selain Nilai di atas		Dipilih

Berdasarkan hasil perhitungan yang ada pada Tabel 5.6 di atas maka jenis distribusi yang dipilih adalah distribusi Log Pearson III.

5.3 Distribusi Log Pearson III

Ditribusi Log pearson III yaitu distribusi dari hasil modifikasi Pearson III menjadi nilai logaritmik. Perhitungan hujan rancangan menggunakan distribusi Log Pearson III pada data hujan yang didapat dari stasiun BMKG Kota Tegal dilakukan dengan periode kala ulang 2 dan 5 tahun. Perhitungan distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Perhitungan Parameter Statis dengan Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	Hujan (X)	$(\bar{X})$	y=log(X)	$(y-\bar{y})$	$(y-\bar{y})^2$	$(y-\bar{y})^3$	$(y-\bar{y})^4$
1	2006	89,80		1,95328	-0,09084	0,00007	0,00007	0,00007
2	2007	210,20		2,32263	0,27851	0,00602	0,00602	0,00602
3	2008	77,40		1,88874	-0,15538	0,00058	0,00058	0,00058
4	2009	96,20		1,98318	-0,06094	0,00001	0,00001	0,00001
5	2010	114,80	115,8	2,05994	0,01582	0,00000	0,00000	0,00000
6	2011	97,60		1,98945	-0,05467	0,00001	0,00001	0,00001
7	2012	80,50		1,90580	-0,13832	0,00037	0,00037	0,00037
8	2013	139,00		2,14301	0,09889	0,00010	0,00010	000010
9	2014	109,00		2,03743	-0,00669	0,00000	0,00000	0,00000

Lanjutan Tabel 5.7 Perhitungan Parameter Statis dengan Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	Hujan (X)	($\bar{X}$)	y=log(X)	(y-$\bar{y}$)	(y-$\bar{y}$)^2	(y-$\bar{y}$)^3	(y-$\bar{y}$)^4
10	2015	80,00	115,8	1,90309	-0,14103	0,00040	0,00040	0,00040
11	2016	134,50		2,12872	0,08460	0,00005	0,00005	0,00005
12	2017	115,60		2,06296	0,01884	0,00000	0,00000	0,00000
13	2018	88,50		1,94694	-0,09718	0,00009	0,00009	0,00009
14	2019	114,80		2,05994	0,01582	0,00000	0,00000	0,00000
15	2020	189,10		2,27669	0,23257	0,00293	0,00293	0,00293
Jumlah					0,00000	0,23706	0,02451	0,01061

Perhitungan parameter statistik menggunakan rumus yang sama pada perhitungan distribusi normal, maka diperoleh nilai nilai sebagai berikut.

1. Nilai rata-rata ($\bar{y}$) = 2,04412
2. Standar deviasi (S_{dy}) = 0,13013
3. Koefisien Kemencengan (C_s) = 0,9168

5.4 Perhitungan Hujan Rencana

Perhitungan hujan rencana menggunakan distribusi Log Pearson III pada data hujan yang didapat dari stasiun BMKG Kota Tegal. Karena Kota Tegal memiliki jumlah penduduk pada tahun 2021 sebanyak 287.959 jiwa, Tegal termasuk ke dalam kota besar sehingga berdasarkan tipologi kota menggunakan periode kala ulang 2 dan 5 tahun. Perhitungan hujan rancangan menggunakan Persamaan 3.15 sebagai berikut.

$$Y_T = \bar{y} + K_T . S_{dy}$$

Nilai K_T didapat dari Tabel nilai k distribusi Pearson III dan Log Pearson III yang dapat dilihat pada Lampiran. Besaran nilai K_T didasarkan pada nilai koefisien kemencengan (C_s). Untuk nilai C_s yang tidak terdapat pada tabel tersebut maka, perlu dilakukan interpolasi dengan batas batas nilai C_s yang ada pada tabel. Nilai C_s yang diperoleh $C_s = 0.9168$ berada di antara $C_s = 1$ dan $C_s = 0.9$ dan didapat batas batas interpolasi seperti pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Nilai K_T untuk Distribusi Log Pearson III

Cs	Periode Ulang (Tahun)	
	2	5
1	-0,164	0,758
0,9	-0,148	0,769

Sehingga perhitungan hujan rancangan untuk periode kala ulang 2 dan 5 tahun sebagai berikut.

1. Hujan rencana kala ulang (Y_T) 2 tahun

$\bar{y}$ = 2,04412

S_{dy} = 0,13013

C_s = 0,9168

$K_{2\ tahun} = Y_1 + \frac{(X-X_1)}{(X_2-X_!)}(Y_2 - Y_1)$

$= -0{,}164 + \frac{(0{,}91603-1)}{(0{,}9-1)}(-0{,}148 - (-0{,}164))$

$= -0{,}1507$

$Y_{2\ tahun} = \bar{y} + (K_T \times S_{dy})$

$= 2{,}04412 + (-0{,}1507 \times 0{,}13013)$

$= 2{,}02451$

$X_{2\ tahun} = 10^{2{,}02451}$

= 105,806 mm

2. Hujan rencana kala ulang (Y_T) 5 tahun

$\bar{y}$ = 2,04412

S_{dy} = 0,13013

C_s = 0,9168

$K_{5\ tahun} = Y_1 + \frac{(X-X_1)}{(X_2-X_!)}(Y_2 - Y_1)$

$= -0{,}758 + \frac{(0{,}91603-1)}{(0{,}9-1)}(0{,}769 - 0{,}758)$

$= 0{,}7672$

$Y_{5\ tahun} = \bar{y} + (K_T \times S_{dy})$

$$= 2{,}04412 + (0{,}7672 \times 0{,}13013)$$

$$= 2{,}14395$$

$$X_{5\ \text{tahun}} = 10^{2{,}14395}$$

$$= 139{,}299\ \text{mm}$$

Hasil perhitungan hujan rancangan untuk periode kala ulang 2 dan 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hujan Rancangan Kala Ulang

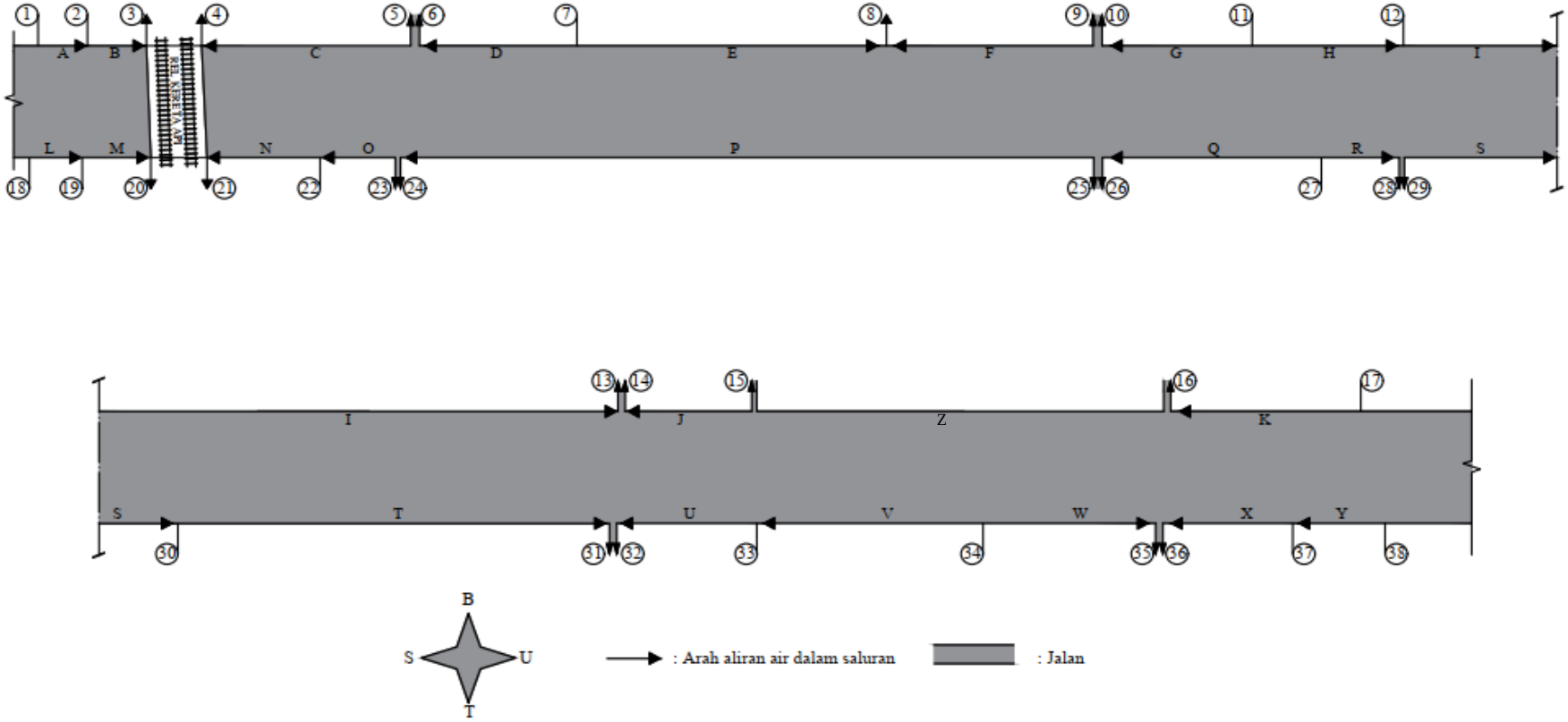
Tahun	$\bar{Y}$	S_{dy}	K	Y_n	X_T (mm)
2	2,04	0,13013	-0,15069	2,02451	105,806
5	2,04	0,13013	0,76715	2,14395	139,299

5.5 Koefisien Limpasan Permukaan

Koefisien limpasan permukaan didapat dari rata rata gabungan antara luasan dan koefisien limpasan masing masing tata lahan yang ada pada setiap sub-DTA. Untuk memperoleh koefisien limpasan permukaan, terlebih dahulu perlu dilakukan klasifikasi tata lahan pada Sub-DTA di setiap saluran drainase. Skema layanan saluran drainase serta kondisi daerah tangkapa air pada Jalan Merpati, Kecamatan Tegal Selatan, Kota Tegal dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 di halaman selanjutnya.

Pada Gambar 5.2 Daerah tangkapan air pada masing masing drainase tersebut memiliki tata lahan yang beragam sehingga koefisien limpasan permukaan yang digunakan adalah koefisien komposit atau koefisien gabungan dari beberapa tata guna lahan. Pada penelitian ini tata guna lahan dibagi menjadi 4 bagian yaitu warna merah menunjukan daerah pemukiman, warna hijau menunjukan daerah kebun atau taman, warna ungu menunjukan jalan, dan warna coklat menunjukan rel kereta api.

Dari skema layanan drainase tersebut ada beberapa saluran drainase dengan dimensi yang berbeda namun memiliki arah aliran yang sama. Oleh karena itu dilakukan pengelompokan drainase. Pengelompokan ini akan berpengaruh pada perhitungan waktu konsentrasi (Tc). Berikut pengelompokan drainase dapat dilihat pada Tabel 5.10 di halaman 44.



Gambar 5.1 Skema Layanan Saluran Drainase pada Jalan Merpati



Gambar 5.2 Kondisi Wilayah Saluran Drainase Pada Jalan Merpati

Tabel 5.10 Pengelompokan Saluran Drainase

KELOMPOK	SALURAN	TITIK		KELOMPOK	SALURAN	TITIK	
		Dari	Ke			Dari	Ke
1	A	1	2	**11**	O	23	22
	B	2	3		N	22	21
2	C	5	4	**12**	P	25	24
3	D	7	6	**13**	Q	27	26
4	E	7	8	**14**	R	27	28
5	F	9	8	**15**	S	29	30
6	G	11	10		T	30	31
7	H	11	12	**16**	V	34	33
	I	12	13		U	33	32
8	J	15	14	**17**	W	34	35
9	K	17	16	**18**	Y	38	37
10	L	18	19		X	37	36
	M	19	20				

Luas daerah tangkapan air serta tata guna lahan pada Saluran (A) dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut dan Tabel 5.11 di halaman selanjutnya.



Pemukiman Taman/Kebun Jalan Aspal Jalan Kerikil / Rel

Gambar 5.3 Daerah Tangkapan Air Saluran (A)

Tabel 5.11 Luas DTA dan Koefisien Limpasan pada Saluran (A)

Saluran (A)			
Tata Guna Lahan	**C**	**A(ha)**	**C x A**
Pemukiman	0,6	0,9971	0,5983
Taman/Kebun	0,2	0,4380	0,0876
Jalan Aspal	0,7	0,1374	0,0962
Jalan Kerikil	0,4	0,0863	0,0345
Jumlah		1,6588	0,8166
C Komposit		0,4923	

Berikut merupakan salah satu perhitungan koefisien limpasan gabungan atau koefisien komposit pada DTA Saluran (A). Perhitungan koefisien limpasan menggunakan Persamaan 3.21.

$$C_{Komposit} = \frac{(C_1 \times A_1)+(C_2 \times A_2)+(C_3 \times A_3)+(C_4 \times A_4)}{A_{total}}$$

$$= \frac{(0{,}6\times 0{,}9971)+(0{,}2\times 0{,}4380)+(0{,}7\times 0{,}1374)+(0{,}4\times 0{,}0863)}{(0{,}9971+0{,}4380+0{,}1374+0{,}0863)}$$

$$= 0{,}4923$$

Untuk keseluruhan perhitungan koefisien limpasan komposit pada setiap DTA masing masing drainase dapat dilihat pada Tabel 5.12 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.12 Luas DTA dan Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan

Kelompok	Saluran	Tata Guna Lahan	C	Luas (ha)	(A x C)	C Komposit
1	A	Pemukiman	0,6	0,9971	0,5983	0,492
		Taman/kebun	0,2	0,4380	0,0876	
		Jalan Aspal	0,7	0,1374	0,0962	
		Jalan Kerikil	0,4	0,0863	0,0345	
	B	Pemukiman	0,6	0,0413	0,0248	0,520
		Taman/kebun	0,2	0,0140	0,0028	
		Jalan Aspal	0,7	0,0422	0,0295	
		Jalan Kerikil	0,4	0,0539	0,0216	
2	C	Pemukiman	0,6	2,2437	1,3462	0,589
		Taman/kebun	0,2	0,0697	0,0139	
		Jalan Aspal	0,7	0,3322	0,2325	
		Jalan Kerikil	0,4	0,1876	0,0750	
3	D	Pemukiman	0,6	0,9857	0,5914	0,562
		Taman/kebun	0,2	0,1855	0,0371	
		Jalan Aspal	0,7	0,2197	0,1538	
4	E	Pemukiman	0,6	2,1988	1,3193	0,533
		Taman/Kebun	0,2	0,5534	0,1107	
		Jalan Aspal	0,7	0,2239	0,1567	
5	F	Pemukiman	0,6	1,6365	0,9819	0,507
		Taman/Kebun	0,2	0,5994	0,1199	
		Jalan Aspal	0,7	0,1633	0,1143	
6	G	Pemukiman	0,6	1,2494	0,7496	0,536
		Taman/Kebun	0,2	0,265	0,0530	
		Jalan Aspal	0,7	0,0506	0,0354	
7	H	Pemukiman	0,6	0,9373	0,5624	0,546
		Taman/kebun	0,2	0,1691	0,0338	
		Jalan Aspal	0,7	0,0516	0,0361	

Lanjutan Tabel 5.12 Luas DTA dan Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan

Kelompok	Saluran	Tata Guna Lahan	C	Luas (ha)	(A x C)	C Komposit
7	I	Pemukiman	0,6	5,3450	3,2070	0,568
		Taman/kebun	0,2	0,7688	0,1538	
		Jalan Aspal	0,7	0,8553	0,5987	
8	J	Pemukiman	0,6	0,5774	0,3464	0,587
		Taman/Kebun	0,2	0,0533	0,0107	
		Jalan Aspal	0,7	0,11672	0,0817	
9	K	Pemukiman	0,6	0,8199	0,4919	0,528
		Taman/Kebun	0,2	0,2152	0,0430	
		Jalan Aspal	0,7	0,0641	0,0449	
10	L	Pemukiman	0,6	0,8770	0,5262	0,547
		Taman/Kebun	0,2	0,1741	0,0348	
		Jalan Aspal	0,7	0,0938	0,0657	
	M	Pemukiman	0,6	0,3033	0,1820	0,546
		Taman/Kebun	0,2	0,0507	0,0101	
		Jalan Aspal	0,7	0,0442	0,0309	
		Jalan Kerikil	0,4	0,0396	0,0158	
11	N	Pemukiman	0,6	0,5928	0,3557	0,610
		Taman/Kebun	0,2	0,01612	0,0032	
		Jalan Aspal	0,7	0,1355	0,0949	
	O	Pemukiman	0,6	0,0765	0,0459	0,576
		Jalan Aspal	0,7	0,0432	0,0302	
		Jalan Kerikil	0,4	0,0410	0,0164	
12	P	Pemukiman	0,6	4,1593	2,4956	0,553
		Taman/Kebun	0,2	0,69156	0,1383	
		Jalan Aspal	0,7	0,3352	0,2346	
13	Q	Pemukiman	0,6	0,8198	0,4919	0,575
		Taman/Kebun	0,2	0,09092	0,0182	
		Jalan Aspal	0,7	0,1107	0,0775	

Lanjutan Tabel 5.12 Luas DTA dan Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan

Kelompok	Saluran	Tata Guna Lahan	C	Luas (ha)	(A x C)	C Komposit
14	R	Pemukiman	0,6	0,3590	0,2154	0,514
		Taman/Kebun	0,2	0,1074	0,0215	
		Jalan Aspal	0,7	0,0153	0,0107	
15	S	Pemukiman	0,6	1,9896	1,1938	0,587
		Taman/Kebun	0,2	0,11468	0,0229	
		Jalan Aspal	0,7	0,1595	0,1117	
	T	Pemukiman	0,6	1,9000	1,1400	0,583
		Taman/Kebun	0,2	0,16813	0,0336	
		Jalan Aspal	0,7	0,2825	0,1978	
16	V	Pemukiman	0,6	0,8964	0,5378	0,597
		Taman/Kebun	0,2	0,01454	0,0029	
		Jalan Aspal	0,7	0,033	0,0231	
	U	Pemukiman	0,6	0,6662	0,3997	0,590
		Taman/Kebun	0,2	0,0251	0,0050	
		Jalan Aspal	0,7	0,0274	0,0192	
17	W	Pemukiman	0,6	0,7181	0,4309	0,539
		Taman/Kebun	0,2	0,1452	0,0290	
		Jalan Aspal	0,7	0,031	0,0217	
18	Y	Pemukiman	0,6	0,8461	0,5077	0,527
		Taman/Kebun	0,2	0,20769	0,0415	
		Jalan Aspal	0,7	0,0341	0,0239	
	X	Pemukiman	0,6	0,3542	0,2125	0,521
		Taman/Kebun	0,2	0,0967	0,0193	
		Jalan Aspal	0,7	0,0183	0,0128	

Dari perhitungan koefisien limpasan air tersebut didapat rata rata koefisien limpasan sebesar 0,553 yang berarti bahwa setengah lebih air hujan yang turun ke tanah menjadi air limpasan yang masuk kedalam sistem saluran drainase.

5.6 Dimensi dan Kemiringan Saluran (*Slope*)

Berdasarkan hasil survei pada lokasi penelitian serta pengolahan data elevasi melalui aplikasi *Global Mapper* dihasilkan dimensi dan kemiringan saluran. Sedangkan data panjang saluran didapat melalui pengukuran pada aplikasi *Google Earth*. Kemiringan saluran diperoleh dari pembagian antara panjang saluran dengan beda tinggi titik awal dan titik akhir. Rekapitulasi dimensi serta nilai kemiringan saluran drainase dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.13 Kemiringan Saluran Drainase

Kel	Saluran	Titik		Elevasi (mdpl)		Beda Elevasi (m)	Panjang Ld (m)	So
		Dari	Ke	Awal	Akhir			
1	A	1	2	6,839	6,513	0,33	26,13	0,0125
	B	2	3	6,513	6,083	0,43	27,66	0,0155
2	C	5	4	6,178	5,883	0,30	79,4	0,0037
3	D	7	6	6,438	6,375	0,06	85,31	0,0007
4	E	7	8	6,438	6,365	0,07	173,55	0,0004
5	F	9	8	7,319	6,365	0,95	107,86	0,0088
6	G	11	10	7,878	7,345	0,53	83,38	0,0064
7	H	11	12	7,878	7,129	0,75	88,38	0,0085
	I	12	13	7,129	6,086	1,04	378,33	0,0028
8	J	15	14	6,163	6,089	0,07	67,44	0,0011
9	K	17	16	5,755	5,504	0,25	80,77	0,0031
10	L	18	19	7,713	6,617	1,10	48,67	0,0225
	M	19	20	6,617	6,026	0,59	35,08	0,0168
11	O	23	22	6,11	5,928	0,18	71,26	0,0026
	N	22	21	5,928	5,883	0,04	33,17	0,0014
12	P	25	24	7,225	6,121	1,10	385,03	0,0029
13	Q	27	26	7,659	7,288	0,37	123,25	0,0030
14	R	27	28	7,659	7,115	0,54	43,55	0,0125
15	S	29	30	7,049	6,508	0,54	139,44	0,0039
	T	30	31	6,508	5,912	0,60	231,26	0,0026

Lanjutan Tabel 5.13 Kemiringan Saluran Drainase

Kel	Saluran	Titik		Elevasi (mdpl)		Beda Elevasi (m)	Panjang Ld (m)	So
		Dari	Ke	Awal	Akhir			
16	V	34	33	6,847	6,309	0,54	113,47	0,0047
	U	33	32	6,309	5,956	0,35	89,45	0,0039
17	W	34	35	6,847	5,479	1,37	99,11	0,0138
18	Y	38	37	5,847	5,766	0,08	34,32	0,0024
	X	37	36	5,766	5,524	0,24	48,14	0,0050

Tabel 5.14 Dimensi Saluran Drainase

Kel	Saluran	Titik		Bentuk	Dimensi (cm)	
		Dari	Ke		B	H
1	A	1	2	Segi Empat	20	20
	B	2	3	Segi Empat	30	50
2	C	5	4	Segi Empat	35	50
3	D	7	6	Segi Empat	40	25
4	E	7	8	Segi Empat	40	60
5	F	9	8	Segi Empat	45	35
6	G	11	10	Segi Empat	85	90
7	H	11	12	Segi Empat	85	90
	I	12	13	Segi Empat	80	100
8	J	15	14	Segi Empat	30	40
9	K	17	16	Segi Empat	50	70
10	L	18	19	Segi Empat	30	45
	M	19	20	Segi Empat	30	70
11	O	23	22	Segi Empat	30	30
	N	22	21	Segi Empat	30	40
12	P	25	24	Segi Empat	30	45
13	Q	27	26	Segi Empat	35	45
14	R	27	28	Segi Empat	30	45

Lanjutan Tabel 5.14 Dimensi Saluran Drainase

Kel	Saluran	Titik		Bentuk	Dimensi (cm)	
		Dari	Ke		B	H
15	S	29	30	Segi Empat	40	50
	T	30	31	Segi Empat	45	40
16	V	34	33	Segi Empat	40	50
	U	33	32	Segi Empat	40	20
17	W	34	35	Segi Empat	40	50
18	Y	38	37	Segi Empat	25	55
	X	37	36	Segi Empat	45	70

Data dari Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 diolah untuk menentukan kecepatan aliran pada drainase tersebut. Nilai kecepatan aliran dihitung menggunakan persamaan *Manning* yang ditunjukan pada Persamaan 3.25. berikut adalah perhitungan kecepatan aliran pada Saluran A.

B = 0,2 m

H = 0,2 m

So = 0,0125

n = 0,016 (Saluran beton kondisi baik)

As $= (B \times H)$

$= (0{,}2 \times 0{,}2)$

$= 0{,}04\ m^2$

P $= B + (2 \times H)$

$= 0{,}2 + (2 \times 0{,}2)$

$= 0{,}6$ m

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

$= \frac{0{,}04\ m^2}{0{,}6\ m}$

$= 0{,}067$ m

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

$$V = \frac{1}{0{,}016} \times 0{,}067^{\frac{2}{3}} \times 0{,}0125^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1{,}148 \text{ m/det}$$

Perhitungan kecepatan pada Saluran A tersebut diterapkan juga untuk perhitungan kecepatan aliran pada saluran yang lain. Hasil rekapitulasi perhitungan kecepatan aliran dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Kecepatan Aliran

Kel	Saluran	n	As (m^2)	P (m)	R (m)	V (m/det)
1	A	0,016	0,04	0,6	0,067	1,148
	B	0,016	0,15	1,3	0,115	1,847
2	C	0,016	0,175	1,35	0,130	0,976
3	D	0,016	0,1	0,9	0,111	0,393
4	E	0,016	0,24	1,6	0,150	0,362
5	F	0,016	0,1575	1,15	0,137	1,562
6	G	0,016	0,765	2,65	0,289	2,183
7	H	0,016	0,765	2,65	0,289	2,513
	I	0,016	0,8	2,8	0,286	1,424
8	J	0,016	0,12	1,1	0,109	0,473
9	K	0,016	0,35	1,9	0,184	1,128
10	L	0,016	0,135	1,2	0,113	2,186
	M	0,016	0,21	1,7	0,124	2,012
11	O	0,016	0,09	0,9	0,100	0,680
	N	0,016	0,12	1,1	0,109	0,526
12	P	0,016	0,135	1,2	0,113	0,780
13	Q	0,016	0,1575	1,25	0,126	0,862
14	R	0,016	0,135	1,2	0,113	1,628
15	S	0,016	0,2	1,4	0,143	1,064
	T	0,016	0,18	1,25	0,144	0,872

Lanjutan Tabel 5.15 Kecepatan Aliran

Kel	Saluran	n	As (m^2)	P (m)	R (m)	V (m/det)
16	V	0,016	0,2	1,4	0,143	1,176
	U	0,016	0,08	0,8	0,100	0,846
17	W	0,016	0,2	1,4	0,143	2,007
18	Y	0,016	0,1375	1,35	0,102	0,662
	X	0,016	0,315	1,85	0,170	1,361

5.7 Waktu Konsentrasi

Ada dua komponen untuk menentukan waktu konsentrasi ditentukan dengan dua komponen yaitu waktu yang dibutuhkan air mengalir di lahan dari titik terjauh menuju saluran terdekat (t_0) dan Waktu yang dibutuhkan air mengalir dari titik awal masuk saluran menuju ke tempat keluaran saluran (t_d). Untuk menentukan t_0 menggunakan metode *Kirpich* dengan Persamaan 3.19 sedangkan untuk menentukan t_d menggunakan Persamaan 3.20. Berikut perhitungan waktu konsentrasi pada saluran (A) dan saluran (B)

1. Saluran (A)

L_0 = 234 m

L_d = 26.13 m

S_0 = 0,0125

V = 1,148 m/det

$$t_{0\,(A)} = 0{,}0195\left(\frac{L_0}{\sqrt{S}}\right)^{0{,}77}$$

$$= 0{,}0195\left(\frac{234}{\sqrt{0{,}0125}}\right)^{0.77}$$

$$= 7{,}036 \text{ menit} \sim 0{,}117 \text{ jam}$$

$$t_{d\,(A)} = \frac{L}{3600 \times V}$$

$$= \frac{26{,}13}{3600 \times 1{,}148}$$

$$= 0{,}006 \text{ jam}$$

$t_{c\,(A)} = t_0 + t_d$

$= 0{,}117 + 0{,}006$

$= 0{,}124$ jam

2. Saluran (B)

$L_0 = 71{,}3$ m

$L_d = 27{,}66$ m

$S_0 = 0{,}0155$

$V = 1{,}847$ m/det

$t_{0\,(B)} = 0{,}0195\left(\frac{L_0}{\sqrt{S}}\right)^{0{,}77}$

$= 0{,}0195\left(\frac{71{,}3}{\sqrt{0{,}0155}}\right)^{0{,}77}$

$= 2{,}589$ menit $\sim 0{,}043$ jam

$t_{d\,(B)} = \frac{L}{3600 \times V}$

$= \frac{27{,}66}{3600 \times 1{,}847}$

$= 0{,}004$ jam

Dikarenakan saluran (B) juga terbebani oleh aliran air dari saluran (A) maka, waktu konsentrasi diambil nilai maksimum dari perbandingan beberapa skema nilai tc sehingga, perhitungan waktu konsentrasi sebagai berikut.

$t_{c\,(B)1} = t_{c\,(A)} + t_{d\,(B)}$

$= 0{,}124 + 0{,}004$

$= 0{,}128$ jam

$t_{c\,(B)2} = t_{0\,(B)} + t_{d\,(B)}$

$= 0{,}043 + 0{,}004$

$= 0{,}047$ jam

Dari perbandingan dua nilai t_c tersebut maka diambil nilai t_c maksimum yaitu sebesar 0,128 jam. Untuk keseluruhan perhitungan waktu konsentrasi pada setiap saluran drainase dapat dilihat pada Tabel 5.16 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.16 Waktu Konsentrasi

Kel	Saluran	n	A (km^2)	L_0 (m)	Ld (m)	V (m/det)	T_0 (jam)	T_d (jam)	T_c (jam)
1	A	0,016	0,0166	234	26,13	1,148	0,117	0,006	0,124
	B	0,016	0,0015	71,3	27,66	1,847	0,043	0,004	0,128
2	C	0,016	0,0283	201	79,4	0,976	0,166	0,023	0,189
3	D	0,016	0,0139	198	85,31	0,393	0,306	0,060	0,367
4	E	0,016	0,0298	248	173,55	0,362	0,452	0,133	0,586
5	F	0,016	0,0240	228	107,86	1,562	0,131	0,019	0,150
6	G	0,016	0,0157	233	83,38	2,183	0,151	0,011	0,162
7	H	0,016	0,0116	214	88,38	2,513	0,127	0,010	0,137
	I	0,016	0,0697	309	378,33	1,424	0,260	0,074	0,334
8	J	0,016	0,0075	92,8	67,44	0,473	0,147	0,040	0,186
9	K	0,016	0,0110	151	80,77	1,128	0,143	0,020	0,163
10	L	0,016	0,0114	166	48,67	2,186	0,072	0,006	0,078
	M	0,016	0,0044	81,1	35,08	2,012	0,046	0,005	0,083
11	O	0,016	0,0074	152	71,26	0,680	0,155	0,029	0,184
	N	0,016	0,0016	55,2	33,17	0,157	0,091	0,018	0,202
12	P	0,016	0,0519	159	385,03	0,780	0,153	0,137	0,291
13	Q	0,016	0,0102	101	123,25	0,862	0,106	0,040	0,146
14	R	0,016	0,0048	96,6	43,55	1,628	0,059	0,007	0,067
15	S	0,016	0,0226	150	139,44	1,064	0,131	0,036	0,167
	T	0,016	0,0235	164	231,26	0,872	0,164	0,074	0,241
16	V	0,016	0,0094	85,9	113,47	1,176	0,079	0,027	0,105
	U	0,016	0,0072	83,6	89,45	0,846	0,083	0,029	0,135
17	W	0,016	0,0089	94,5	99,11	2,007	0,056	0,014	0,070
18	Y	0,016	0,0109	180	34,32	0,662	0,182	0,014	0,196
	X	0,016	0,0047	81,8	48,14	1,361	0,074	0,010	0,206

5.8 Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan besaran kedalaman hujan pada suatu kawasan selama waktu konsentrasi. Perhitungan intensitas hujan dengan kala ulang 2 dan 5 tahun menggunakan Persamaan 3.17 sebagai berikut.

$$I_{(A)} = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Perhitungan Intensitas hujan pada saluran (A) dan Saluran (B) pada kala ulang 2 tahun sebagai berikut.

1. Saluran (A)

R_{24} = 105,806 mm

t_c = 0,124 jam

$$I_{(A)} = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{105{,}806}{24} \times \left(\frac{24}{0{,}124}\right)^{\frac{2}{3}}$$

= 147,834 mm/jam

2. Saluran (B)

R_{24} = 105,806 mm

t_c = 0,128 jam

$$I_{(B)} = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \frac{105{,}806}{24} \times \left(\frac{24}{0{,}128}\right)^{\frac{2}{3}}$$

= 144,607 mm/jam

Dari perhitungan tersebut Intensitas hujan dengan kala ulang 2 tahun pada saluran (A) dan saluran (B) berturut-turut sebesar 147,834 mm/jam dan 144,607 mm/jam. Untuk perhitungan Intensitas dan debit limpasan dengan kala ulang 5 tahun pada saluran yang lain dilakukan dengan cara yang sama. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan

Kelompok	Saluran	Intensitas Hujan (mm/jam)	
		2 tahun	5 tahun
1	A	147,834	194,630
	B	144,607	190,382
2	C	111,416	146,684
3	D	71,615	94,285
4	E	52,411	69,001
5	F	129.695	170.749
6	G	123,526	162,628
7	H	138,148	181,878
	I	76,260	100,399
8	J	112,446	148,040
9	K	123,020	161,961
10	L	201,094	264,749
	M	193,169	254,316
11	O	113,381	149,272
	N	106.707	140.485
12	P	83,620	110,089
13	Q	132,364	174,263
14	R	222,937	293,507
15	S	120,976	159,271
	T	94,808	124,819
16	V	164,313	216,326
	U	139,489	183,644
17	W	216,302	284,771
18	Y	108,596	142,972
	X	105,118	138,393

5.9 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung dengan metode rasional seperti pada Persamaan 3.23. Berikut perhitungan debit banjir rencana Saluran (A) dan Saluran (B) pada kala ulang 2 tahun.

1. Saluran (A)

$A = 0{,}0166\ \text{km}^2$

$C = 0{,}4923$

$I_{(A)} = 147{,}834\ \text{mm/jam}$

$Q_{(A)} = \frac{1}{3{,}6} CIA$

$= \frac{1}{3{,}6} \times 0{,}4923 \times 147{,}834 \times 0{,}0166$

$= 0{,}335\ \text{m}^3/\text{det}$

2. Saluran (B)

$A = A_{(A)} + A_{(B)}$

$= 0{,}0166 + 0{,}0015$

$= 0{,}0181\ \text{km}^2$

$C = \frac{(C_{(A)} \times A_{(A)}) + (C_{(B)} \times A_{(B)}}{Atot}$

$= \frac{(0{,}4923 \times 0{,}0166) + (0{,}5197 \times 0{,}015)}{0{,}0181}$

$= 0{,}4946$

$I_{(B)} = 144{,}607\ \text{mm/jam}$

$Q_{(B)} = \frac{1}{3{,}6} CIA$

$= \frac{1}{3{,}6} \times 0{,}4946 \times 144{,}607 \times 0{,}0181$

$= 0{,}360\ \text{m}^3/\text{det}$

Hasil perhitungan debit rencana pada saluran (A) dan saluran (B) pada kala ulang 2 tahun berturut-turut sebesar 0,336 m^3/det dan 0,360 m^3/det. Untuk perhitungan debit rencana dengan kala ulang 5 tahun pada saluran yang lain dilakukan dengan cara yang sama. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Kelompok	Saluran	Q Banjir (m^3/detik)	
		2 tahun	5 tahun
1	A	0,335	0,441
	B	0,360	0,473
2	C	0,516	0,680
3	D	0,156	0,205
4	E	0,231	0,304
5	F	0,438	0,577
6	G	0,288	0,379
7	H	0,243	0,319
	I	0,973	1,281
8	J	0,137	0,180
9	K	0,198	0,261
10	L	0,350	0,461
	M	0,464	0,611
11	O	0,143	0,188
	N	0,162	0,213
12	P	0,666	0,877
13	Q	0,216	0,284
14	R	0,153	0,202
15	S	0,446	0,588
	T	0,711	0,936
16	V	0,257	0,339
	U	0,383	0,504
17	W	0,289	0,381
18	Y	0,173	0,228
	X	0,239	0,314

5.10 Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Saluran drainase eksisting yang terdapat pada sepanjang Jalan Merpati kemudian dihitung kapasitasnya untuk kemudian dibandingkan dengan debit banjir rencana pada kala ulang 2 dan 5 tahun yang telah dihitung sebelumnya. Perhitungan kapasitas saluran drainase menggunakan Persamaan 3.27. Berikut perhitungan kapasitas saluran drainase pada Saluran (A) dan Saluran (B).

1. Saluran (A)

$As_{(A)} = 0{,}04\ m^2$

$V_{(A)} = 1{,}148\ m/det$

$Qs_{(A)} = As \times V$

$= 0{,}04 \times 1{,}148$

$= 0{,}046\ m^3/det$

2. Saluran (B)

$As_{(B)} = 0{,}15\ m^2$

$V_{(B)} = 1{,}847\ m/det$

$Qs_{(B)} = As \times V$

$= 0{,}15 \times 1{,}847$

$= 0{,}277\ m^3/det$

Perhitungan kapasitas pada saluran drainase eksisting yang lain dilakukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Kelompok	Saluran	As (m^2)	V (m/det)	Q eksisting (m^3/det)
1	A	0,04	1,148	0,046
	B	0,15	1,847	0,277
2	C	0,18	0,976	0,171
3	D	0,10	0,393	0,039
4	E	0,24	0,362	0,087

Lanjutan Tabel 5.20 Hasil Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Kelompok	Saluran	As (m^2)	V (m/det)	Q eksisting (m^3/det)
5	F	0,16	1,562	0,246
6	G	0,77	2,183	1,670
7	H	0,77	2,513	1,923
	I	0,80	1,424	1,139
8	J	0,12	0,473	0,057
9	K	0,35	1,128	0,395
10	L	0,14	2,186	0,295
	M	0,21	2,012	0,423
11	O	0,09	0,680	0,061
	N	0,12	0,526	0,063
12	P	0,14	0,780	0,105
13	Q	0,16	0,862	0,136
14	R	0,14	1,628	0,220
15	S	0,20	1,064	0,213
	T	0,18	0,872	0,157
16	V	0,20	1,176	0,235
	U	0,08	0,846	0,068
17	W	0,20	2,007	0,401
18	Y	0,14	0,662	0,091
	X	0,32	1,361	0,429

Hasil perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting tersebut kemudian dibandingkan dengan debit banjir rencana yang terdapat pada Tabel 5.18 sebelumnya. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui saluran mana saja yang tidak memenuhi debit banjir rencana. Apabila kapasitas saluran drainase eksisting lebih besar daripada debit banjir rencana maka saluran drainase eksisting aman dan

tidak perlu evaluasi namun, apabila yang terjadi sebaliknya maka saluran drainase tidak aman sehingga perlu dilakukan evaluasi. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.21 Perbandingan Kapasitas Drainase dan Debit Banjir Rencana

Kel	Saluran	Q Banjir (m^3/detik)		Kapasitas Eksisting (m^3/detik)	Keterangan	
		2 tahun	5 tahun		2 tahun	5 tahun
1	A	0,335	0,441	0,046	Melimpas	Melimpas
	B	0,360	0,473	0,277	Melimpas	Melimpas
2	C	0,516	0,680	0,171	Melimpas	Melimpas
3	D	0,156	0,205	0,039	Melimpas	Melimpas
4	E	0,231	0,304	0,087	Melimpas	Melimpas
5	F	0,438	0,577	0,246	Melimpas	Melimpas
6	G	0,288	0,379	1,670	Aman	Aman
7	H	0,243	0,319	1,923	Aman	Aman
	I	0,973	1,281	1,139	Aman	Melimpas
8	J	0,137	0,180	0,057	Melimpas	Melimpas
9	K	0,198	0,261	0,395	Aman	Aman
10	L	0,350	0,461	0,295	Melimpas	Melimpas
	M	0,464	0,611	0,423	Melimpas	Melimpas
11	O	0,143	0,188	0,061	Melimpas	Melimpas
	N	0,162	0,213	0,063	Melimpas	Melimpas
12	P	0,666	0,877	0,105	Melimpas	Melimpas
13	Q	0,216	0,284	0,136	Melimpas	Melimpas
14	R	0,153	0,202	0,220	Aman	Aman
15	S	0,446	0,588	0,213	Melimpas	Melimpas
	T	0,711	0,936	0,157	Melimpas	Melimpas
16	V	0,257	0,339	0,235	Melimpas	Melimpas
	U	0,383	0,504	0,068	Melimpas	Melimpas
17	W	0,289	0,381	0,401	Aman	Aman
18	Y	0,173	0,228	0,091	Melimpas	Melimpas
	X	0,239	0,314	0,429	Aman	Aman

Dari hasil perbandingan pada Tabel 5.20 tersebut maka dapat disimpulkan pada kala ulang 2 tahun terdapat 18 saluran drainase yang memungkinkan terjadi genangan kecuali Saluran G, H, I, K, R, W, dan X sedangkan pada kala ulang 5 tahun terdapat 19 saluran drainase kecuali Saluran G, H, K, R, W, dan X

5.11 Desain Ulang Saluran drainase

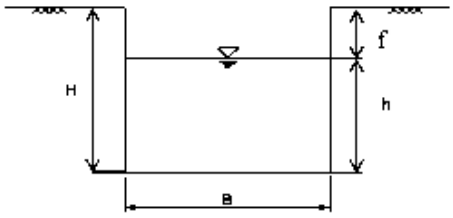
Desain ulang saluran drainase dilakukan pada drainase yang tidak memenuhi kapasitas debit limpasan pada kala ulang 2 tahun. Pada perhitungan dan perbandingan antara debit limpasan dan kapasitas drainase eksisting, ditemukan 18 saluran drainase yang tidak memenuhi debit limpasan yaitu Saluran A, B, C, D, E, F, J, L, M, O, N, P, Q, S, T, V, U, dan Y. Berdasarkan tipologi Kota Tegal yang termasuk ke dalam kota besar dengan luas daerah tangkapan air 10 – 100 ha. Namun, dengan pertimbangan bahwa risiko yang ditimbulkan akibat genangan tidak langsung mengancam keselamatan jiwa serta lahan yang digunakan untuk proses pelebaran drainase kurang mencukupi maka proses desain ulang kapasitas drainase menggunakan debit banjir rencana dengan kala ulang 2 tahun.

Tabel 5.22 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (ha)			
	<10	**10 - 100**	**101 – 500**	**>500**
Kota Metropolitan	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Sedang	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th
Kota Kecil	2 Th	2 - 5 Th	5 - 10 Th	10 - 25 Th

(Sumber: Peraturan Menteri PU no 12, 2014)

Berikut perhitungan desain ulang saluran drainase menggunakan penampang segi empat.



Gambar 5.4 Ilustrasi Penampang Segi Empat

Dengan bahan dasar berupa beton *precast* sehingga harga koefisien *manning* n = 0.013 dan diasumsikan lebar B = 1,5h dengan pertimbangan bahwa besar debit rencana yang terjadi berkisar 0,5 m^3/det – 1 m^3/det sehingga perhitungan desain Saluran (A) dan Saluran (B) sebagai berikut.

1. Saluran (A)

Q_{Banjir} $= 0{,}335\ m^3/s$

B $= 1{,}5h$

Luas Tampang (As) $= (B \times h)$

$= 1{,}5h^2$

Keliling Basah (P) $= (B + 2h)$

$= 3{,}5h$

Radius Hidrolik (R) $= \frac{As}{P}$

$= \frac{1{,}5}{3{,}5}h$

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

$= \frac{1}{0{,}013} \times (\frac{1{,}5}{3{,}5}h)^{\frac{2}{3}} \times 0{,}0125^{\frac{1}{2}}$

$= 4{,}884h^{\frac{2}{3}}$ m/det

Q_{Banjir} $= Q_{Saluran}$

Q_{Banjir} $= As \times V$

$0{,}335\ m^3/s$ $= 1{,}5h^2 \times 4{,}884\ h^{\frac{2}{3}}$

$0{,}335\ m^3/s$ $= 7{,}326\ h^{\frac{8}{3}}$

$h^{\frac{8}{3}}$ $= 0{,}046$

h $= 0{,}315$ m

f $= 30\% \times 0{,}315$

$= 0{,}094$ m

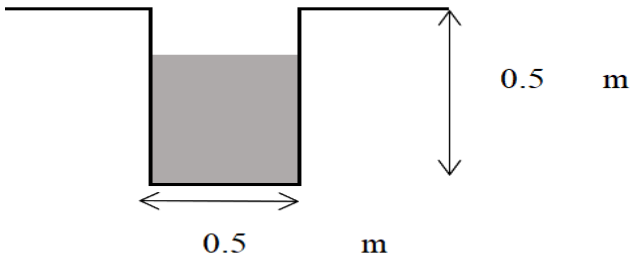
H $= h + f$

$= 0{,}315 + 0{,}094$

$= 0{,}409$ m $\sim 0{,}5$ m

B $= 1{,}5 \times 0{,}315$ m

$= 0{,}472$ m $\sim 0{,}5$ m



Gambar 5.5 Dimensi Saluran (A)

2. Saluran (B)

Q_{Banjir} $= 0{,}360\ m^3/s$

B $= 1{,}5h$

Luas Tampang (As) $= (B \times h)$

$= 1{,}5h^2$

Keliling Basah (P) $= (B + 2h)$

$= 3{,}5h$

Radius Hidrolik (R) $= \frac{A}{P}$

$= \frac{1{,}5}{3{,}5}h$

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

$= \frac{1}{0{,}013} \times (\frac{1{,}5}{3{,}5}h)^{\frac{2}{3}} \times 0{,}0155^{\frac{1}{2}}$

$= 5{,}452\ h^{\frac{2}{3}}$ m/det

Q_{Banjir} $= Q_{Saluran}$

Q_{Banjir} $= As \times V$

$0{,}360\ m^3/s$ $= 1{,}5h^2 \times 5{,}452\ h^{\frac{2}{3}}$

$0{,}360\ m^3/s$ $= 8{,}178\ h^{\frac{8}{3}}$

$h^{\frac{8}{3}}$ $= 0{,}044$

h $= 0{,}310$ m

f $= 30\% \times 0{,}310$

$= 0{,}093$ m

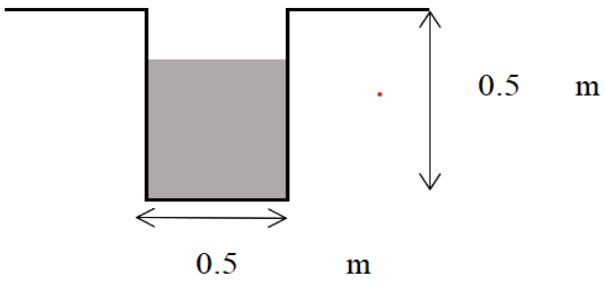
H $= h + f$

$= 0{,}310 + 0{,}093$

$= 0{,}403\ m \sim 0{,}5$ m

B $= 1{,}5 \times 0{,}310$ m

$= 0{,}465\ m \sim 0{,}5$ m



Gambar 5.6 Dimensi Saluran (B)

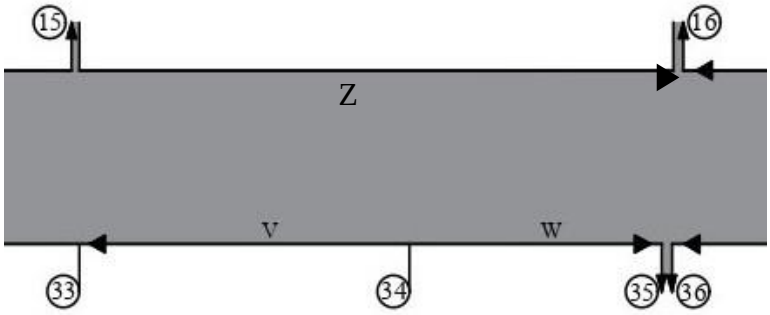
Dari perhitungan di atas diperoleh dimensi lebar dan tinggi pada saluran (A) yaitu B = 0.5 m dan H = 0.5 m dan dimensi saluran (B) yaitu B = 0.5 m dan H = 0.5 m. Perhitungan desain ulang pada saluran drainase yang lain dilakukan dengan cara yang sama dengan bentuk segi empat. Dimensi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.23 Hasil Perhitungan Ulang Penampang Saluran Drainase

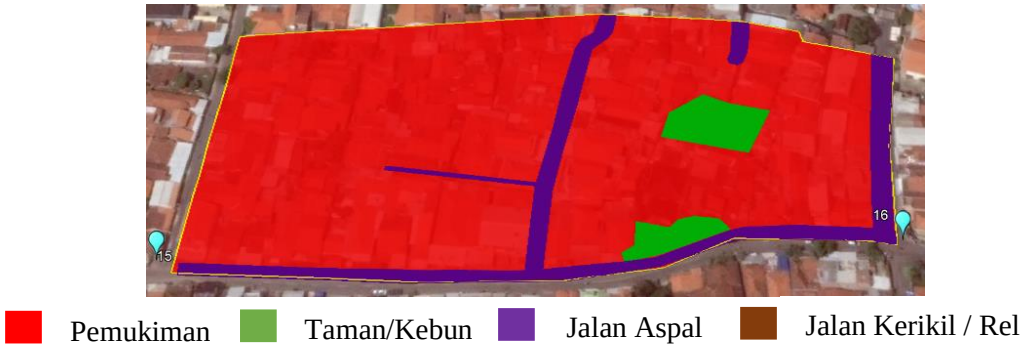
Saluran	Q banjir (m^3/det)	B (mm)	H (mm)
A	0,335	50	50
B	0,360	50	50
C	0,516	70	70
D	0,156	70	70
E	0,231	80	80
F	0,438	60	60
J	0,137	60	60
L	0,350	50	50
M	0,464	60	60
O	0,143	50	50
N	0,162	60	60
P	0,666	80	80
Q	0,216	60	60
S	0,446	70	70
T	0,711	100	100
V	0,257	60	60
U	0,383	70	70
Y	0.173	60	60

5.12 Perencanaan Saluran Drainase Tambahan

Dari survei serta pengamatan di lokasi penelitian, terdapat satu daerah sepanjang jalan yang tidak terdapat saluran drainase yaitu diantara titik 15 dan 16 sehingga perlu dibuat saluran drainse baru yaitu saluran (Z) untuk menampung debit limpasan yang terjadi. Skema dan luas sub-DTA saluran (Z) tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 pada halaman selanjutnya.



Gambar 5.7 Skema Saluran (Z)



Gambar 5.8 Daerah Tangkapan Air Saluran (Z)

Tabel 5.24 Luas DTA dan Koefisien Limpasan pada Saluran (Z)

Saluran (Z)			
Tata Guna Lahan	**C**	**A(ha)**	**C x A**
Pemukiman	0,6	1,7627	1,0576
Taman/Kebun	0,2	0,0776	0,0155
Jalan Aspal	0,7	0,21365	0,1496
Jumlah		2,0539	1,2227
C Komposit		0,5953	

Berikut Perhitungan dimensi Saluran (Z)

$R24_{(2\ tahun)}$ = 105,806 mm

A = 0,02054 km^2

L_0 = 84,5 m

L_s = 233 m

S_0 = 0,0028

$t_{0\,(Z)} = 0{,}0195\left(\frac{L_0}{\sqrt{S}}\right)^{0,77}$

$= \left(0{,}0195\left(\frac{84{,}5}{\sqrt{0{,}0028}}\right)^{0,77}\right)/60$

= 0.0945 jam

$t_{d\,(Z)} = \frac{L}{3600 \times V}$

$= \frac{233}{3600 \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{1{,}5}{3{,}5}h\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$

B = 1,5h

Luas Tampang(As) $= (B \times h)$

$= 1{,}5h^2$

Keliling Basah (P) $= (B + 2h)$

= 3,5h

Radius Hidrolik (R) $= \frac{As}{P}$

$= \frac{1{,}5}{3{,}5}h$

Kecepatan (V) $= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$

V $= \frac{1}{n} \times \left(\frac{1{,}5}{3{,}5}h\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$

Untuk mencari dimensi h yang sesuai maka dengan menggunakan cara ***trial and error*** nilai h yang disubtitusikan ke dalam rumus berikut

$Q_{Eksisting} = Q_{Banjir}$

$As \times V = \frac{1}{3{,}6} CAI$

$1{,}5h^2 \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{1{,}5}{3{,}5}h\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{3{,}6} CA\left(\frac{R_{24}}{24}\right) \times \left(\frac{24}{t0+td}\right)^{\frac{2}{3}}$

$1{,}5h^2 \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{1{,}5}{3{,}5}h\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{3{,}6} CA\left(\frac{R_{24}}{24}\right) \times \left(\frac{24}{0{,}0945 + \frac{233}{3600 \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{1{,}5}{3{,}5}h\right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}}\right)^{\frac{2}{3}}$

Trial nilai $\mathbf{H = 0,4675\ m}$ sehingga didapat

$Q_{Saluran} = Q_{banjir}$

$1{,}5(0{,}4675)^2 \times \frac{1}{0{,}013} \times \left(\frac{1{,}5}{3{,}5}(0{,}4675)^{\frac{2}{3}} \times (0{,}0028)^{\frac{1}{2}}\right) = \frac{1}{3{,}6} \times 0{,}595 \times 0{,}02054 \left(\frac{105{,}806}{24}\right) \times \left(\frac{24}{0{,}0945 + \frac{233}{3600 \times \frac{1}{0{,}013} \times \left(\frac{1{,}5}{3{,}5} \times 0{,}4675\right)^{\frac{2}{3}} \times 0{,}0028^{\frac{1}{2}}}}\right)^{\frac{2}{3}}$

$0{,}4606\ m^3/s = 0{,}4607\ m^3/s$

Nilai $\left|Q_{saluran} - Q_{banjir}\right| = 0{,}4606 - 0{,}4607 = 0{,}0001 < 0{,}001 \sim$OK!!

Sehingga nilai h didapat

h = 0.4675 m

f = $30\% \times 0{,}4675$

= 0,140 m

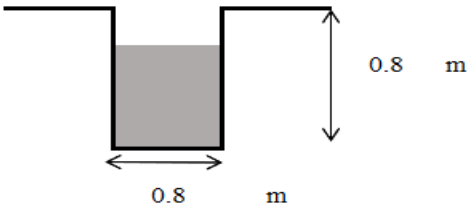
H = h + f

= 0,468 + 0,140

= 0,608 m ~ 0,8 m

B = 1,5H

= 0,701 m ~ 0,8 m



Gambar 5.9 Dimensi Saluran (Z)

5.13 Pembahasan

Evaluasi kapasitas saluran drainase dilakukan dengan membandingkan debit banjir rencana (Q_{banjir}) dan kapasitas drainase eksisting ($Q_{eksisting}$). Jika nilai $Q_{eksisting}$

yang didapat lebih kecil dari debit banjir rancangan yang terjadi maka saluran draianse tersebut tidak cukup untuk menampung limpasan yang terjadi sehingga perlu dilakukan evaluasi dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut.

Tabel 5.25 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase

Kel	Saluran	Q Banjir (m^3/detik)		Q Eksisting (m^3/det)	Keterangan	
		2 tahun	5 tahun		2 tahun	5 tahun
1	A	0,335	0,441	0,046	Melimpas	Melimpas
	B	0,360	0,473	0,277	Melimpas	Melimpas
2	C	0,516	0,680	0,171	Melimpas	Melimpas
3	D	0,156	0,205	0,039	Melimpas	Melimpas
4	E	0,231	0,304	0,087	Melimpas	Melimpas
5	F	0,438	0,577	0,246	Melimpas	Melimpas
6	G	0,288	0,379	1,670	Aman	Aman
7	H	0,243	0,319	1,923	Aman	Aman
	I	0,973	1,281	1,139	Aman	Melimpas
8	J	0,137	0,180	0,057	Melimpas	Melimpas
9	K	0,198	0,261	0,395	Aman	Aman
10	L	0,350	0,461	0,295	Melimpas	Melimpas
	M	0,464	0,611	0,423	Melimpas	Melimpas
11	O	0,143	0,188	0,061	Melimpas	Melimpas
	N	0,162	0,213	0,063	Melimpas	Melimpas
12	P	0,666	0,877	0,105	Melimpas	Melimpas
13	Q	0,216	0,284	0,136	Melimpas	Melimpas
14	R	0,153	0,202	0,220	Aman	Aman
15	S	0,446	0,588	0,213	Melimpas	Melimpas
	T	0,711	0,936	0,157	Melimpas	Melimpas
16	V	0,257	0,339	0,235	Melimpas	Melimpas
	U	0,383	0,504	0,068	Melimpas	Melimpas
17	W	0,289	0,381	0,401	Aman	Aman
18	Y	0,173	0,228	0,091	Melimpas	Melimpas
	X	0,239	0,314	0,429	Aman	Aman

Dari perbandingan antara debit banjir rancangan (Q_{banjir}) dan kapasitas drainase eksisting ($Q_{eksisting}$) diperoleh kesimpulan bahwa pada kala ulang 2 tahun terdapat 18 saluran drainase yang memungkinkan terjadi genangan, yaitu saluran A, B, C, D, E, F, J, L, M, O, N, P, Q, S, T, V, U, dan Y. Pada kala ulang 5 tahun terdapat 19 saluran drainase yaitu saluran A, B, C, D, E, F, I, J, L, M, O, N, P, Q, S, T, V, U, dan Y. Perencanaan ulang saluran dilakukan pada drainase yang melimpas pada debit kala ulang 2 tahun. Hasil perencanaan ulang dan perubahan dimensi saluran drainase dapat dilihat pada Tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5. 26 Perubahan Dimensi Saluran Drainase

Saluran	Q banjir (m^3/det)	B (mm)	H (mm)
A	0,335	50	50
B	0,360	50	50
C	0,516	70	70
D	0,156	70	70
E	0,231	80	80
F	0,438	60	60
J	0,137	60	60
L	0,350	50	50
M	0,464	60	60
O	0,143	50	50
N	0,162	60	60
P	0,666	80	80
Q	0,216	60	60
S	0,446	70	70
T	0,711	100	100
V	0,257	60	60
U	0,383	70	70
Y	0.173	60	60

Perancangan ulang saluran drainase dilakukan dengan menggunakan debit banjir rencana kala ulang 2 tahun untuk mendesain dimensi baru saluran drainase. Hal tersebut dilakukan berdasarkan tipologi Kota Tegal yang termasuk ke dalam kota besar dengan luas daerah tangkapan air 10 – 100 ha serta dengan pertimbangan bahwa risiko yang ditimbulkan akibat genangan tidak langsung mengancam keselamatan jiwa, dan tidak tersedia lahan yang mencukupi untuk proses pelebaran drainase.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari evaluasi kapasitas saluran drainase pada Jalan Merpati, Kecamatan Tegal Selatan, Kota Tegal dapat disimpulkan bahwa.

1. Terdapat 18 saluran dari 25 saluran yang memiliki kapasitas yang kurang untuk menampung debit banjir yang terjadi pada kala ulang 2 tahun sehingga perlu dilakukan perancangan ulang saluran yaitu Saluran A, B, C, D, E, F, J, L, M, O, N, P, Q, S, T, V, U, dan Y.
2. Hasil perhitungan dan analisis menunjukan bahwa saluran drainase tersebut perlu dilakukan perancangan ulang dengan menambah dimensi lebar dan tinggi yang mampu menampung debit rancangan kala ulang 2 tahun. modifikasi dilakukan dengan mengganti drainase dengan bahan beton pracetak sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan.

6.2 Saran

Adapun saran dari peneliti sebagai penyempurnaan dan perbaikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Pengukuran elevasi dan beda tinggi pada daerah yang relatif datar dengan menggunakan waterpass akan lebih akurat dibandingkan menggunakan data satelit.
2. Diperlukan penelitian sejenis dengan metode yang berbeda dalam perhitungan sehingga dapat dijadikan bahan perbandingan agar dapat memberikan hasil yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Data Online Pusat Database-BMKG (https://www.dataonline.bmkg.go.id. Diakses 14 Agustus 2021)

Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Dasar-Dasar Perencanaan Drainase Jalan (Road Design Engineer-07)*. DPU. Jakarta.

Dewan Standariasi Nasional. 1994. *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994).* DSN. Jakarta.

Dewi, A.K, dkk. 2014. *Evaluasi Sistem Saluran Drainase di Ruas Jalan Solo Sragen Kabupaten Karanganyar.* Jurnal Matriks Teknik Sipil, 2 (1), 2014, 170-176. Surakarta.

Gunadin, R. 2018. *Evaluasi Kinerja Sistem Drainase di Jalan Kaliurang Km 4,5 Sampai Dengan Km 6 Kabupaten Sleman D.I. Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Kementrian Pekerjaan Umum. 2014. *Permen PU no 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Kementrian Pekerjaan Umum. Jakarta.

Kustamar. 2019. *Sistem Drainase Perkotaan Pada Kawasan Pertanian, Urban, dan Pesisir*. Dream Litera. Malang.

Mauludin, A., dkk. 2016. *Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Soemarto. 1986. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya.

Soewarno. 1995. *Hidrologi*. Nova. Bandung.

Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.

Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan.* Graha Ilmu. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Harga K untuk Distribusi *Log Pearson III*

Kemencengan (CS)	*Periode Ulang (tahun)*							
	2	*5*	*10*	*25*	*50*	*100*	*200*	*1000*
	Peluang (%)							
	50	*20*	*10*	*4*	*2*	*1*	*0,5*	*0,1*
3,0	-0,360	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	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	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	1,448	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	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	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

Activat

Lampiran 2 Data Curah Hujan Harian Tahun 2006-2020 (mm)

2006	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	7.2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	78.6	3.6	0	5	0	0	0	0	0	0	0	20.1
3	5.8	35.8	0.7	13.4	0	0	0	0	0	0	0	9.2
4	21.3	27	89.6	73.7	0	0	0	0	0	0	0	18.8
5	0	7.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.8
6	11.5	32.2	5.2	0	4.1	0	0	0	0	0	0	0
7	17.1	2.1	14.6	73.5	20.8	12.6	0	0	0	0	0	1.4
8	0.5	6.7	0	23.2	6.2	0	0	0	0	0	21.2	0
9	0	15.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	13.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	11.2	0.8	17.6	0	6.8	0	0	0	0	0	0	16.1
12	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
13	9.4	16.3	17.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
14	23.3	0	2.4	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0
15	24.7	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
16	10.5	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	5.2	13.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	40.5	0	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19	7.8	1.9	4	14.5	11.3	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0.5	58.5	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0
21	0	1.6	0	0	16.9	0.1	0	0	0	0	0	2.8
22	0	18.5	11.6	0	10.7	0	0	0	0	0	0	1
23	3.6	1	25	0	0.1	0	0	0	0	0	65.5	1
24	7.8	0	12.1	2.7	0	0	0	4.5	0	0	20.3	67.7
25	0	34.5	9.2	1	0	0	0	0	0	0	0.5	34
26	2	4.8	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	39.5
27	41.1	21	0	0	89.8	0	0	0	0	0	0	0
28	76.1	0	10.6	0	0.6	0	0	0	0	0	0	18.7
29	1.1		0.7	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0.2
30	1.9		9	23.5	0	0	0	0	0	0	0.7	1
31	43.5		11.1		0		0	0		0		0

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	78.6	35.8	89.6	73.7	89.8	12.6	0	4.5	0	0	65.5	67.7

2007	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	0	30	7.2	0	14.3	44	0	0	0	0	3	0
2	0	0	0.8	0	26.5	0	0	0	0	0	0.5	0.2
3	0	1	0.3	0	0	31	0	0	0	0	1.5	210.2
4	0	0	0	0	0	17.5	0	0	0	0	0	2.4
5	0	9.8	2	13	0	0.5	0	0	0	0	51.7	2.6
6	1	4	0	48	0	0	0	0	0	0	11.6	0
7	0	92.7	7.6	0.6	0.5	7.4	0	0	0	8.5	0	0
8	0	11.2	40.6	0	0	2.7	0	0	0	0	5	0
9	19.1	3.8	11.8	0	7.5	0	0	0	0	0.4	0	0
10	0	0.8	0	3.6	3.1	0	0	0	0	0	47.2	0
11	0	15.4	0	5.5	0.4	0	0	0	0	0	24.5	1.4
12	0	3.4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	2.1	8.2	0	0	0	8	0	0	0	0	0.7
14	0	0	0	37.6	11.9	10.5	0	0	0	0	0.1	0
15	0.4	0	0	0.3	0	0	0	0	0	6.7	0	32.8
16	0.6	31.3	0.5	0.2	9.2	0	17.5	0	0	0.2	0	0.2
17	2.1	0.3	1.9	0	6.8	0.8	5	0	0	0	5.6	0
18	2	2.2	15.1	0	0	0.6	0	0	0	0	0	14
19	0	29.6	4.4	0	0	2.7	0	0.5	0	0	0	69.4
20	0	7.5	3.6	0	0	6.9	0	2	0	0	0	19.7
21	0	0	18.7	0	1.5	0	0	1	0	0	0	3.2
22	0	10.9	0	10.3	2	0	0	0	0	0	0	10.5
23	5	1	0	16	0	0	0	0.1	0	0	0	0
24	2.5	5.5	0	2.1	0	0	0	0	0	0	0	7.6
25	0	5.2	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	60.2
26	3.5	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9
27	0	1.2	0	15.7	0	0.3	0	0	0	0	5	0
28	33.4	0	0	0	16.6	11.1	0	0	0	0	0	0
29	29.4		0.5	0	3.5	0	0	0	0	0	0	11.8
30	32.9		10.7	25	0	0	0	0	0	0	0	0
31	2.9		0		0		0	0		0		26.6

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	33.4	92.7	40.6	48	26.5	44	17.5	2	0	8.5	51.7	210.2

2008	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	45.1	0	0	6	0	0	0	0	0.7	0	1.5	0
2	13.7	12.8	0	0	0	0	0	0	0	0	5.8	4
3	6.2	0.8	0	5.8	0.5	0	0	0	0	0	2.6	0
4	2	10.6	42	77.4	0	0	0	0	0	3.5	5	10
5	1.5	26	40.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	52.4	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	0	13.1	0	0	2.1	0	0	0	0	0
8	0	2	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	5.1	0.4	0	0	0	0	29.3	0	0	0	1.4
10	0	9.7	0	2.7	0	0	0	1.5	0	11.7	0	17.3
11	10.7	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	1.8
12	0	0	0	24.4	0	4.7	0	0	0.2	18.5	0	22.6
13	0.3	0	7.1	76.8	0	16.8	0	0	0	4.8	0	1.6
14	2	6.9	0	0	0	0	20.5	1	0	0	11	5.5
15	5.3	0	0	0	0	16.7	0	0	0	0	0	56.8
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8
17	1.8	5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	8.4
18	8.2	18.3	0	0	1	0	0	0	0	0	1.5	28.6
19	24.2	0	10.1	0	15	0	0	0	0	0	6.2	25.3
20	13.1	10.4	0	8.6	0	0	0	0	0	0.5	0.6	12.9
21	0	7.5	1.9	0.2	0	0	0	0	0	19.3	46.2	0
22	0	17.9	4.5	10.8	0	0	0	0	0	7	0	10.6
23	0	24.6	10.4	1.9	0	0	0	0	0	1.5	0.7	5.6
24	0	6.4	42.5	10.3	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	15.6	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0
26	0	2.5	51.7	0	0	37.3	0	14.5	0	7	0	62.8
27	0	5.8	9	0	0	0	0	4.9	0	2	0	33
28	3.2	43	0.5	0	0	0	0	0	0	7.7	0	10.9
29	10.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
30	48.6		0	1.7	0	0	0	0	0	0	0.6	3.3
31	2		38.5		8.6		0	0.5		7.2		1.2

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	52.4	43	51.7	77.4	15	37.3	20.5	29.3	0.7	19.3	46.2	62.8

2009	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	15.6	2.2	2.8	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	4.6	14.4	0	0	30	0	0	0	0	0	0
3	0	7.3	4.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1.1	2.9	45.2	0	0	0	0	0	0	0	2
5	0	0.3	17.4	0	4	0	0	0	0	0	0	0
6	0.8	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
7	1.6	0	0	0	0	5.2	0	0	0	0	0	1.6
8	6	8.6	3.5	0	0	79.8	0	0	0	0	0	9.1
9	1.3	25.6	1.4	0	10.7	0	0	0	0	0	0	0
10	38	1.9	0	0	37.4	0	0	0	0	0	0	0
11	30.2	6.3	3.6	0	23.1	0	0	0	0	0	2.7	0
12	0.1	8	0	0.1	1	0	0	0	0	0	0	1.2
13	5	3.9	7	0	0.5	0	0	0	0	0	12.5	18.1
14	2.8	0	0	0	0	0	0	0	17.2	0	0	0
15	6	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0
16	3.3	3.1	0	5.8	0	0	0	0	0	0	0	14
17	10.7	1	47.7	0	0	0	0	0	2.5	1.3	6.4	0
18	1.2	1	0	0	22.6	0	0	0.6	0	0	48	0
19	0	50.5	0	5.1	0	0	0	0	0	0	13	0
20	6	51.8	0	0.6	0	0	0	0	0	0	4	0.1
21	0	1.5	0	0.8	0	0	0	0	0	0	5.8	1.5
22	0	3.9	0	0	11.6	0	0	0	0	0	4.9	0
23	0	3.1	0	0	0	0	0	0	0	6.9	0	2.5
24	5.7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	25.7	1.5	0	16.5	0	0	0	0	0	0	18.1
26	9.1	48.9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
27	17.8	96.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	8	0.6
28	3.7	3.3	0	0	0	1	0	0	0	0	2.8	0.6
29	47.3		27.1	0	0.4	0	0	0	0	0	0	2.7
30	8.9		0	24.1	0	0	0	0	0	0	1.3	0
31	5.1		0		37.2		0	0		0		2

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	47.3	96.2	47.7	45.2	37.4	79.8	0	0.6	17.2	6.9	48	18.1

2010	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	0	21.6	1	0	0	0.2	1.2	0	0	0.2	0.2	36.2
2	0.3	0	0	0	4.4	0.2	0	0	0	0.2	0	0
3	0	2.6	0	0	6.3	0	15.2	0	0	0	0.2	2
4	2.6	0.1	0	0	29.3	58	0	3.6	0	1.9	19.6	8
5	4	11.2	1.4	3.3	2	0.8	1	0	4.3	0	0	1.7
6	45.7	31.7	0	0	0	0	0	0	24.3	1.6	19.3	15.7
7	2.8	0	7.7	0	18.1	0.9	0	0	0	0	2.5	2.7
8	6.3	0	0.8	0	0	60.8	2.3	0	1.5	16.4	1.5	1.5
9	2.1	0	2.9	0	0.4	0	0	0	2.6	0	4.8	0
10	0	0	5.7	0	1	0	0	0	3.2	0	0	23.8
11	1.7	1.8	79.1	3	40.4	5.4	0	0	0.8	0	4.9	1.6
12	33.7	10.9	0	56.5	10.1	0	1.5	0	0	0	37.1	0
13	0	0.2	0	0	1	0.6	1.4	0	0.2	34	4.5	0
14	0	2.2	0	27.1	0	9.5	0	0	21.7	0	0	18.6
15	0	0	0	28.6	5.3	2.5	0.2	0	9.1	0	0	0.8
16	0.4	0	0	0.4	16	63.6	0	0	5.5	3.8	52.1	0
17	0.2	0	39.8	0	0	0	28.1	0	0	1.8	0	2.5
18	0	9.5	10.6	0	0	8	9.5	0	1.7	0	0	49
19	0	52.6	0	0	4.1	0	0	0	20.2	0.7	0	4.2
20	8.3	61	0	5.5	3.8	7	0	0	1.2	0	0	7.5
21	0	1.5	0	114.8	0	0	0	12.5	44	0	0.3	1.5
22	0.5	30.4	0	14.9	5.9	0	0	67.3	0	0	1.8	8.9
23	5.5	0	1	7.3	33.2	0	0	2.4	0	2.5	11.7	0
24	4.2	13	1	0	0	32.9	0	29.3	2.6	0.2	31.5	0
25	1	0	10.3	0	0	0	2	1.7	0	30.2	0	1.7
26	23.8	0	0	0	0	0	1	0	0	0.4	0	21
27	61.8	0.3	0	1.2	1.9	13.4	6	0	0	23.5	0	2.6
28	1	0	65.9	0	2.1	0.8	5.3	0	0	0	0	33.6
29	8.1		33.1	0	0	0	13.2	2.8	0	0	0	0
30	38.8		26.8	46	0	12.1	0	0	0	0	5.2	1.6
31	2.6		0		0.3		4	0		0		0

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	61.8	61	79.1	114.8	40.4	63.6	28.1	67.3	44	34	52.1	49

2011	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2.4	45.5	0.3	0	9.2	2.6	0	0	0	0	0	0
2	0	97.6	0	5.3	0.8	6.1	0	0	0	0	0	0
3	0	17.6	0	5.4	0	0.8	0	0	0	0	0	5.5
4	0	22	27.5	0	14	0	0	0	0	0	40	0
5	11.6	0	1.5	0	7.3	0	0	0	0	0	0	0
6	39.2	0	16.2	0	5.7	0	0	0	0	0	0	1.5
7	0	0	7.2	37.3	11.2	0	0	0	0	0	3	7
8	0	53	3	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0
9	9.3	0	0.3	3.7	0	0	0.4	0	0	0	28.2	0
10	0.3	0	6.2	4.3	0	0	0	0	0	0	0	12.9
11	1.8	0	24.1	1.8	0	0	1.5	0	0	0	0	13.3
12	0	33.8	16	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0.2	47.4	0	15.6	39	0	0	0	2.5	0	1.4	1
14	0	3.7	0	0.4	0	0	0	0	0.5	0	1	0
15	0	0	0	0	9.5	0	0	0	0	0	0	0.5
16	0.2	17.4	0.3	0.2	0	0	0	0	0	22.7	0	49.5
17	1.7	10.8	0	0	0	0	0	0	0	2.4	0	48.3
18	2.3	0	0	0	6.5	0	0.4	0	0	0	0	2.3
19	4.5	0	0	0	19	0	1	0	0	4.6	0	3.5
20	7	20.6	0	0	0	0	28.7	0	0	0	45	8.4
21	0.8	13.7	36.1	0	0	0	34	0	0	0	0	0
22	0	26.6	0	0	2.5	0	0.7	0	0	0	0	0
23	0	0	1.1	25.7	0	0	0	0	0	7.2	1	53.2
24	7.5	8.1	0	1	0	0	0	0	0	0	2.9	20.8
25	1.1	2.5	2.7	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5
26	0	13.7	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	6.7
27	2.5	5.5	22.8	0	0	0	0	0	0	2.9	0	33.8
28	2	10.7	20.8	1	0	5.8	0	0	0	0	5.6	4.8
29	10.9		12.1	2	12.4	0	0	0	0	0	0.2	61.5
30	0		6.5	0.2	0	0.1	0	0	0	1	8	12.6
31	2		0		0		0	0		0		0.4

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	39.2	97.6	36.1	37.3	39	6.1	34	0	2.5	22.7	45	61.5

2012	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	38.3	58.8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	8.9	31	6	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	25.3	0	10.3	0	0	0	0	0	0	13	0
4	2.3	10.6	80.5	4.6	0	0	0	0	0	0	0	0
5	19	37	31.4	2	55	0	0	0	0	0	0	24
6	3.7	20.1	0.4	1	6.5	0	0	0	0	0	0	24
7	4.8	0	48.8	0	0.3	0	0	0	0	0	0	11
8	0.2	34.6	8.6	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	35.1	34.3	22.5	0	0	0	0	0	1	0	0
10	3.8	14.6	0	3.5	0	0	0	0	0	0	0	40
11	1.3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
12	4.8	7.7	0	1	0	0	0	0	0	0	2	18
13	71	0.3	1	28.1	0	0	0	0	0	0	4	2
14	16	0	0	1.7	0	0	0	0	0	1	5	0
15	0.7	1.7	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
16	53.3	0	0	14.5	0	0	0	0	0	0	2	3
17	0	0.6	0	0	1.4	0	0	0	0	0	0	1
18	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	10	5	1
19	51	2	40.5	0	0	0	1.1	0	0	5	8	0
20	0.7	0.3	0	10	0	0	0	0	0	0	5	0
21	25.2	0	3.8	0	0	0	0	0	0	0	45	1
22	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
23	9.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
24	2.7	0	18	0	0	0	0	0	0	0	1	0
25	1	22	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
26	11	0	16.7	0	0	0	0	0	0	0	0	13
27	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	8
28	1.8	4.2	0.3	0	12.6	0	0	0	0	0	0	75
29	2.4	12.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	8.1		0	1	0	0	0	0	0	1	0	8
31	1		2.7		11.4		0	0		0		40

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	71	58.8	80.5	28.1	55	0	1.1	0	0	10	45	75

2013	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	40	11	108	0	0	0	0	0				
2	23	2	32	0	0	0	1	0				
3	19	16	0	0	0	51	0	0				
4	50	0	3	0	0	1	19	0				
5	43	0	0	0	0	0	0	0				
6	67	0	0	1	0	0	0	0				
7	0	10	0	2	3	0	0	0				
8	12	0	4	20	0	0	0	0				
9	16	0	0	0	0	0	0	0				
10	0	0	30	0	0	0	2	0				
11	0	0	6	1	0	0	4	0				0
12	0	0	0	8	0	0	4	0				0.6
13	1	0	5	2	0	6	6	0				33.1
14	3	0	12	0	0	27	16	0				66
15	5	0	4	0	0	0	45	3				6.2
16	17	0	0	0	0	0	0	0				33.5
17	1	58	0	1	20	97	0	1				0
18	14	0	1	0	0	0	0	0				7.8
19	1	2	0	6	0	15	0	0				43.5
20	14	1	0	0	17	87	0	0				9.5
21	24	0	0	0	26	1	0	0				1.8
22	17	0	0	10	0	1	3	0				
23	0	1	2	0	0	0	8	0				1
24	4	0	0	0	0	0	32	0				11
25	9	0	0	0	0	0	13	0				3.7
26	1	0	0	4	1	0	1	0				27.4
27	3	2	0	1	9	0	1	0				0
28	30	0	5	0	139	14	0	0				2
29	0		0	0	9	0	0	1				4.2
30	6		20	26	14	0	0	0				0
31	39		7		25		0	0				6

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	67	58	108	26	139	97	45	3	0	0	0	66

2014	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	0.4	0	1.4	0	0	0	0	0				0
2		0.5	1.5	0	0	0	0	0				0
3	3.6	18.7	0	0	16.2	0	0	0				0
4	109	6	0	0	5	0	0	0				9.5
5	14	30.5		0	7.6	0.7	0.3	0.7				9.6
6	0	0.2	5	0	0	0	8.4					1.8
7	2	0	0.3	42.2	0	0	6.6					0
8	0	9.8	32.5	0	0	0	0			0		0
9	4.2	3	5.1	3.5	0	0				0		4.5
10	0	24.6	43.1	11.5	0	0	0					4
11	0	0	2.6	0	0	0	1.3			0		15
12	29	0.3	24.2	4.6	0	0	0					1
13	27.1	0	0.3	12	0	0	0					2.5
14	16	1.7	14.9	14	2.5	1	5.7					11
15	42	13		33.5	1	0	0					0
16	29.6	2	0	1	0	0	0					0
17	5.4	0	0	0	37	33.6	0			0	0	12
18	33.7	1.7	17	0	0.2	0.2	0				0.2	15.4
19	64.4	39.5	0	0	0	4.1	0				18.7	63.7
20	9.4	0	31.5	0	0	5	0				13	0
21	3.2	1.8	1.5	0	0	0	4.5				0	0
22	16.8	0	9.7	3.2	0	0	0				0	0.8
23	14.4	50.1	5	0	0	0	0				30	0
24	1.2	2.3	0	0	0	0	0				2.6	2
25	0.7	0	1	0	0	0	14.7				3.8	
26	0	0	36.8	0	76.5	0	9.6				0	
27	4.5	0	0	0	4.7	12.6	0				0	7.7
28	6.4		0	0	0	0					28	3
29	2.1		0	2	0	0	0				0	0
30	0.3		0	0	0	0	0				3	0
31	1		0		0		0					0

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	109	50.1	43.1	42.2	76.5	33.6	14.7	0.7	0	0	30	63.7

2015	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	80	8.3	1.5	8	0		0	0	0	0	0	0
2	16	0.9		6.1	3.6	0	0	0	0	0		
3	21	0.8	35.7	2.4	0	0	0		0		0	0
4		12.4	12.7	6.4	8.3	0	0		0	0		0
5	25.7	1.4	1	0.2	0	0	0	0				1
6		33.5		0	0	0	0	9	0	0	0	0.5
7	7	76.5	5.3	0	0		0	29		0	12.8	1.3
8	0	10.6	53	9.1	0	0	0		0	0	0	1.7
9	0	10	13	0	2	0		0	0	0		0
10	0.6	17.6	0	0	1.4	0					0	0
11	14.5	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
12	0	0	0	1.8	0	0	1.6	9.5	0	0	0	0
13	3.2	49.8	0	3.5			0	0	0	0	0	6
14	31.5	10.9	11.7	0	0	0	4.8	0	0	0		8.4
15	6.2	6.8	6	0.2	0	0			0			70
16	4.1	0	5.3	0	46	0	3		0	0	0	3.4
17	0	0	0.6	0	0	0	0		0	0	0	8.2
18	0	66	0	1.6	0	0	0	0	0	0	0.8	2.8
19	3.2	34.1	0.9	1.2	0	0	0	0	0		0	0
20	25	11.2	0	0.5		0					0	4
21	17.9	0	3.8	0.2	0		0	0		0	0.3	17
22	0.3	0	0	2.3	0	0	0		0	1.5	0	8.4
23	0	34.5	0	1.2	0	0	0		0	0	0.3	0
24	25.5	0	0	3.4	2	0	0	0	0	0	0	7.6
25	19.5		9	29	0			0	0			0.3
26	20.5		61	5.6		0	0	0	0	0	0	8.5
27	0.7	5.2	0	34	1	0	0	0	0	0	0	3.5
28	0	1	0	4.6	0	0	0	0	0	0	0	0
29	39.3		0	0	0	0	0.2	0		0	0	21
30	12		3	0	0		1		0	0	0	54
31	23.3		0		0			0				0

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	80	76.5	61	34	46	0	4.8	29	0	1.5	12.8	70

2016	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	0	0	13.4	7	0	0	2	0	0.4	0.4	0	0.8
2	0	32.6	10.5	0.2	0		45.1	0	0	0	0	21
3	21	3	0	0	2.7	1	4			44.6	23.2	10.6
4	18.6		5.6	6	0	0	1		0	0	0	1
5	0	8.8	30	0	9.6	0	22.5		0	0	0	113.5
6	3.5	16.8	10.2	0	0	0		0	0	0	2	
7	0	33		0	0	0	0	0	0	0	0	23.6
8	0	37	0	0	0	9.5	1.3	8.4			0	1
9			0.4	0		0	0		3.5	36	7.3	0
10	0	0.6	0	0	0	0	0		0.8	29.3	0.8	13.2
11	0	1.9	0	1.9	0	11.2			56.9	0	1.5	
12	0	1.8	0.8	0	0.3	0	3.4	0	0	0	17.8	
13	0	13	0	0	0	0	0	0	0	2.3	2	
14	0	60.5	0	6.4	0		4	0	26.5	0	13.2	1.2
15	8		6.5	1.6	2.2		10	0	0	0.5	0	12
16	0	6.8	0	1.6	1.3	0	0	0.6	0	0	0	0
17	0	14.4	3.6	4.7	1.4	14		0	134.5	0	0	
18	0	0.2	0			8.7	4.4	0	10	0		
19	3.8	25.7		0	0	17.2	0	0	0	0	0	
20	24	0	0.9	0	0		0	0	35.1	7.4	0	10
21		9		0	0	2	2.5	0	0		0	0
22	1.4	5.8	0		0		3.4		2.4	8.2	6.7	0
23	44	5.5	1.7	0	55	0		0	8	4	5	
24	0.8	14	0			0	0	0	0.3	18		2.3
25	2	0	0.5	0.5				0	8.5	1.8	1	5.5
26	8.6	11.9	4.4	0	7		0	0	0	0	0.8	0
27	0	8	0.3	0.3	7	0	0	1.1	5.2	0	15.8	91.2
28	2	28.5	0	1.3	17.4	1	9.5	2.1	12	0	0	0
29	12.5	0	0	12	0.7	0	10.7	0		27.3	34.2	
30	44.2		0		6.5	4.7		8	0	0.6	0	95.4
31	0.3		0		1.5		0	1		0		1

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	44.2	60.5	30	12	55	17.2	45.1	8.4	134.5	44.6	34.2	113.5

2017	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	31.4		0.5	0	0	0	0	0	0		0	16.6
2	23.3	8.5	2	0		27	39		0	1.5	0	
3	1	0	0.4			5.8	9.1	0		0	0	0
4	24.8	0	12.3	1.4	0	3	0	0		0	0	19.7
5	5.6	0.9	0	0	0	0			0	0	0	
6	13	0		0	0	4.5	0	0	0	0		0
7	48.5	0	7	16.1		0	0				1.5	0
8	14.6		17.5	77.4	0		0		11	0	7.3	0
9	21.4	1	0.4			0	0	0		0	0	5.5
10	4.6	1	4		0	0	0	0	0	0	0	14
11	28	0	0.5	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.6
12	23.2	2	0	0	0	0	0			0	2.6	2.8
13	3.5	2.2	0	0	0	0	0	0		0.3	9.5	0
14	10.6	78.5	0	3		0			0	0	8.8	1
15	38	41.1		0	0	0	0	0	0	1.3	58.6	0
16	0	83.3	0	0		0		0	0	0	0	7.4
17	7.6	6.5	0	0	0	0	0	0	0	3	0.5	
18	0	8	0	0	0	0		0	5	0	0	1.2
19		0	42.8		0		5.4	0			2	10.4
20	0		0	4	0	0			0	0		0.7
21	19.3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	20.4			0	0	0	0	0	0	1
23	11.4	0	0.5	2.7	0	0		0	0	0	0	14
24	0.7	6	9.6	0	0		0.7	0	0	0		0
25	1	0	5.9	0	0		0	0	1	5	0	0
26	19.1	115.6	2	0	0	2	0		8	0	0	0
27	0		5.5			0		0	7	2.5	29.4	9.7
28	0	16.6	3.3	0.6	0.8	0	3.2		17.8	6.6	18	
29	2.5		14.4	0	38	0.7		4	0	0	0.5	67.5
30	0.4		0	0	0	1.6	16	0	0	0	14.3	
31	0		1				0	0		1.3		1.6

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	48.5	115.6	42.8	77.4	38	27	39	4	17.8	6.6	58.6	67.5

2018	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	0	0	0.3	0.2	0	0	0	0	0		2.3	
2			0	36.5	0	0	0	0	0.2		6.4	0
3	0	37.9	0	42.5		0	0	0	0	0	1.3	0
4	0	0.6	0	4.6		0	0			0	0	1.3
5	1.1	1	5	0	0		0	0	0	0		0
6	0	10.3	0.5	0.4	0	0	0		0	0		42
7	0.4	26.6	9	0	0	0		0	0		0	0
8	2.6	0	0	10.2	0		0	0	0		0.7	0
9	3.5	3	0.5	0		0		0			0	3.2
10		75.2	88.5		1.6	0	0	0		0		0.4
11		16	37.8	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0		87.5	0	0	0	0		0	0		0.5
13	0	15.8		2.3	0	3.4	0	0	0			0.5
14	0	31.5	3.3	0	0	0		0	0	0	0	1
15	10.7	23.5	0	0		0	0	0	0		0	3.6
16	4	16.4	5.8	0	0	0		0	0			
17		7	1.3		0	0	0	0		0		
18		0	1.9	0.3	0	14	0	0		0	2.1	0
19		33.7	0	0	0	0	0	0	0			0
20	3.6	21.5		24.4	8.3		0		0	0		3.3
21		14	0	0	5.5	9		0	0	12.5	0	0
22	30	28.8	0	0	33	0	0	0		0	0	
23	0	12.2	4.2	1	0	0		0	0		0	0
24	0	66	2.4	0.4	2.2	0		0		0	0	27.8
25	15.8	25.2	2.9	1.5	0	2	0	0	0	0	1	
26	0	10.5	0	2.9	0	2	0	0	0	0		27
27	0			5.7	0.7	0	0		7			2.4
28	0	0	4.2	21.6	0	0		0	0	0	0	12.2
29	0		0	0	0	0		0	0		0	
30	2			0	0	0		0	0		0	0
31			0					0				1

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	30	75.2	88.5	42.5	33	14	0	0	7	12.5	6.4	42

2019	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1			0	0	17.1			0	0	0	0	0
2	0	59.7	6.6		0.5						15	
3	39	6.6	8.9	0	0.3	0		0		0	0	0
4	14.8	2.5				0		0	0		0	6
5				0.8	0		0.6	0	0	0	0	57
6	0	46.6		0			3.5			0		
7		7.9	111.5	2	0		2.9	0	0		0	7.7
8	0			103.5	0		0	0	0	0		11.5
9	30	68.2		26.1	0.8	0	0		0		0	
10	0	0	19.4		0	0		0		0	0	0
11	34.7	11.6		0		0		0	0	89.1	0	
12				0				0	0	0	0	0
13	10		0				0	0		0		0
14	1.3	1.8	0.7	2	0		0	0			8.8	0
15		1.7	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0
16	7	11.5		3.1	0	0			0		0	27.8
17		0	0.8	0	0	0		0		0	0	0
18	23		0.2	0		0	0	0		0		14.1
19	25		0.3	10.4	0	0		0	0	0	0	0
20		0	6.7							0		0
21	8.1	0	4.3		0		0		0	0	6.5	0
22		0	0			0	0	0	0	0	0	5.5
23	0.5	44.5	114.8		0				0		0	21.6
24	0.5			0.7	0	0		0			0	0
25	84.4	3.5	5	7.4			0	0	0	0		
26			0	0.4	0	0		0		0	0	4
27	0.2		0	0			0		0	0	0	22.4
28		0			5		0	0	0		0	6.5
29			21	0	0	0		0	0	0	0	0.4
30	0		0	5		0					0	
31	86		0		0		0	0		0		0

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	86	68.2	114.8	103.5	17.1	0	3.5	0	0	89.1	15	57

2020	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	189.1	6.6	12		0					0.7	19	3.1
2	1.5	3.6	31.8	5	6		0	0		0		5.6
3	0			1.3			46.5			1.7	0	28.8
4	4	82.2	17.1					0	13.1	1	0	0
5	0	76.5	75.8	0		0		0			5.2	52.6
6	1.3	70.5	0.8		0	0	2.3	0			22	2.3
7	2	0	37.5	3.5			6	0				32.7
8	36.5	56.5	1.7		0			0		0	0	0
9	14	0.2	41	4.8	16		0	0		0		
10	6.8	8.9	0	0			0		0		0	0
11	0	4		4	0	0	0	0	0	2.6		0
12	37.8	63	40.5			0		0.3		0	39.5	0
13	3.8	26.5	19.7	0.2	0			0		0		19.6
14	18.7	1.8	0	82	0		0	6.1		0		0
15	1.5			5	0		26.2	0		0	1.6	1
16	0.2	47.3	0.4	0		4		0		0		
17	0	76.8	0	0			0			0	6.6	4.2
18	58	0	2			0	0	0			30.4	35.2
19		51.5	2.2		7.3	0.4	0	9.7				34.2
20	0	46.6	6.2		0			0			15.3	5.2
21	0	3.6	1.5	44.2			0	4.7		1.8	0	
22	0	0	77.5	5.2	0					1.7	0	14
23		14	1.2	0			0	0		2.4		5.4
24	2.8	19	0	13.3	0		0			0.8	0	0.4
25	14	1.1	14	3.4	18.4	0					3.6	25
26	107.3		1.9	1.2	27	0	0				0	
27	1.4	7	80.4					0			0	4.2
28	4.5	2.2		0	9.5		0	0			31.6	3.6
29		19.2		13	0					0	0	28
30	6.6		0	8		0	0	0		12	0	46.9
31	12.4		0		8.9		0			0.8		40.3

* 0 : Data Tidak Terukur * (empty) : Tidak Ada Data

MAX	189.1	82.2	80.4	82	27	4	46.5	9.7	13.1	12	39.5	52.6

Lampiran 3 Banjir di Jalan Merpati

1	Kondisi Jl Merpati pada saat tergenang (sumber: postingan salah seorang warga pada akun facebook "sheva maldini")	
2	Dikutip dari "jateng.tribunnews.com/2020/01/01/hujan-semalam-suntuk-di-tegal-bpbd-catat-17-kelurahan-tergenang-air"	Dalam catatan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Tegal, ada 17 jalan yang tergenang air banjir. Jalan Pisang, Jalan Salak, Jalan Nanas, dan Jalan Sawo Barat di Kelurahan Kraton. Jalan Panggung Baru, Jalan Setiabudi, Jalan Serayu di Kelurahan Panggung. Jalan Melati, Jalan Nakula, Jalan Werkudoro, Jalan Wisanggeni di Kelurahan Kejambon. Jalan Mliwis, Jalan Ayam, Jalan Cinderawasih, Jalan Merpati di Kelurahan Randugunting. Kemudian Jalan Lumba- lumba Kelurahan Tegalsari dan Jalan Abdi Negara di Kelurahan Pakauman. Dalam laporannya, ketinggian air mencapai 40 sampai 50 centimeter.

Lampiran 4 Foto Survei dan Pengukuran Saluran Eksisting pada Jalan Merpati







