

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE PADA
JALAN RAYA PATI-TAYU KECAMATAN PATI,
KABUPATEN PATI
(*EVALUATION OF DRAINAGE CAPACITY AT PATI-
TAYU ROAD, PATI DISTRICT, PATI REGENCY*)**

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



Danang Wisnu Murti

17511074

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - PROGRAM SARJANA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2023

TUGAS AKHIR

EVALUASI KAPASITAS SALURAN DRAINASE PADA JALAN RAYA PATI-TAYU KECAMATAN PATI, KABUPATEN PATI (*EVALUATION OF DRAINAGE CAPACITY AT PATI- TAYU ROAD, PATI DISTRICT, PATI REGENCY*)

Disusun Oleh

Danang Wisnu Murti

17511074

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

Diuji pada tanggal
Oleh Dewan Penguji

Penguji I

Pembimbing

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti M.T.
NIK : 885110101

Dinia Anggraheni S.T., M.Eng.
NIK : 165110105

Penguji II

Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 095110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D.
NIK : 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa 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 berlaku.

Yogyakarta, 17 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,



Danang Wisnu Murti
(17511074)

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

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Ta'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Pada Jalan Raya Pati-Tayu Kecamatan Pati, Kabupaten Pati*.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari pihak lain baik dari segi bimbingan, arahan, serta saran dan kritik demi terselesaikannya laporan ini dengan hasil yang baik. Untuk itu, pada kesempatan kali ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terlaksana dan terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dinia Anggraheni S.T., M.Eng. dan Ibu Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen penguji 1 dan penguji 2 Tugas Akhir,
4. Orang tua, keluarga, dan teman serta seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini.

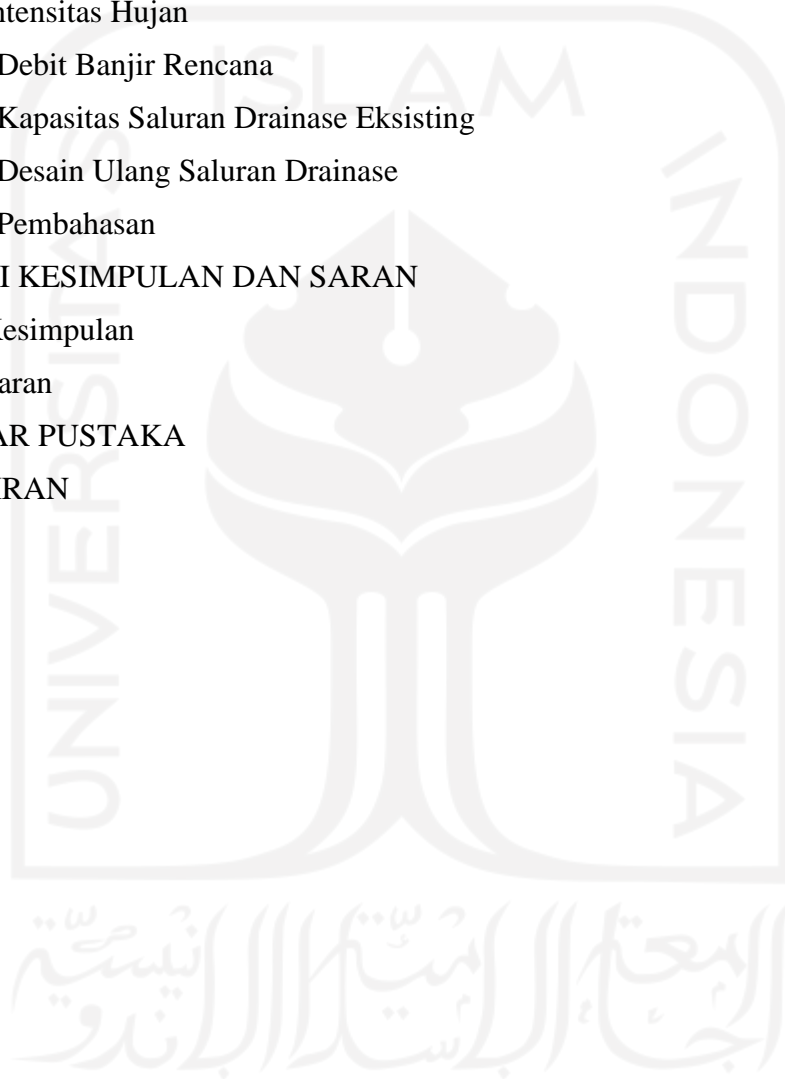
Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar 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
<i>ABSTRACT</i>	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	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.2.1 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia	4
2.2.2 Penelitian Evaluasi Saluran Drainase Perkotaan di Sepanjang Jalan Kaliurang Km 4.5 sampai Km 6 Kabupaten Sleman, DIY	5
2.2.3 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Pada Jalan Merpati, Kecamatan Tegal Selatan, Kotamadya Tegal	6
2.3 Penelitian Sekarang	6
2.4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	7

BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Drainase Jalan	9
3.2 Hidrologi	9
3.2.1 Siklus Hidrologi	10
3.2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)	11
3.2.3 Daerah Tangkapan Air (<i>Catchment Area</i>)	11
3.2.4 Curah Hujan Wilayah	12
3.2.5 Curah Hujan Rencana	13
3.2.6 Analisis Distribusi Frekuensi	16
3.2.7 Uji Kecocokan Distribusi Hujan	19
3.2.8 Intensitas Curah Hujan	20
3.2.9 Waktu Konsentrasi	20
3.2.10 Koefisien Pengaliran (<i>Runoff</i>)	22
3.2.11 Debit Banjir Rencana	23
3.3 Analisis Hidraulika	24
BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 Jenis Penelitian	29
4.2 Lokasi Penelitian	29
4.3 Pengumpulan Data	30
4.4 Analisis Data	31
4.4.1 Analisis Frekuensi Hujan	31
4.4.2 Luas Daerah Tangkapan Air (<i>Catchment Area</i>)	31
4.4.3 Koefisien Limpasan (C)	31
4.4.4 Kemiringan Kawasan (<i>Slope</i>)	32
4.4.5 Debit Banjir Rancangan	32
4.4.6 Evaluasi Saluran Drainase	32
4.5 Bagan Alir Tugas Akhir	33
BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN	35
5.1 Data Hujan Harian Maksimum	35
5.2 Penentuan Jenis Distribusi	36
5.3 Uji Kecocokan Distribusi Hujan	41

5.4 Distribusi Log Normal	45
5.5 Perhitungan Hujan Rancangan	46
5.6 Koefisien Limpasan Permukaan	47
5.7 Dimensi dan Kemiringan Saluran (<i>Slope</i>)	54
5.8 Waktu Konsentrasi	57
5.9 Intensitas Hujan	59
5.10 Debit Banjir Rencana	60
5.11 Kapasitas Saluran Drainase Eksisting	62
5.12 Desain Ulang Saluran Drainase	64
5.13 Pembahasan	68
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	71
6.1 Kesimpulan	71
6.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	73



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	8
Tabel 3.1 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota	13
Tabel 3.2 Koefisien Hambatan	21
Tabel 3.3 Koefisien Limpasan	22
Tabel 3.4 Nilai Koefisien Manning	25
Tabel 5.1 Data Hujan Harian Maksimum 2007-2021	35
Tabel 5.2 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Normal	36
Tabel 5.3 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Normal	37
Tabel 5.4 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal	37
Tabel 5.5 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal	38
Tabel 5.6 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson tipe III	39
Tabel 5.7 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III	40
Tabel 5.8 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel	40
Tabel 5.9 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel	41
Tabel 5.10 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana Maksimum (mm)	41
Tabel 5.11 Pengurutan Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil	41
Tabel 5.12 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Normal	43
Tabel 5.13 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal	43
Tabel 5.14 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III	43
Tabel 5.15 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel	43
Tabel 5.16 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Normal	44
Tabel 5.17 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Normal	44
Tabel 5.18 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Pearson III	44
Tabel 5.19 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Gumbel	44
Tabel 5.20 Rekapitulasi uji probabilitas Chi-kuadrat	45
Tabel 5.21 Perhitungan Parameter Statis dengan Distribusi Log Normal	45

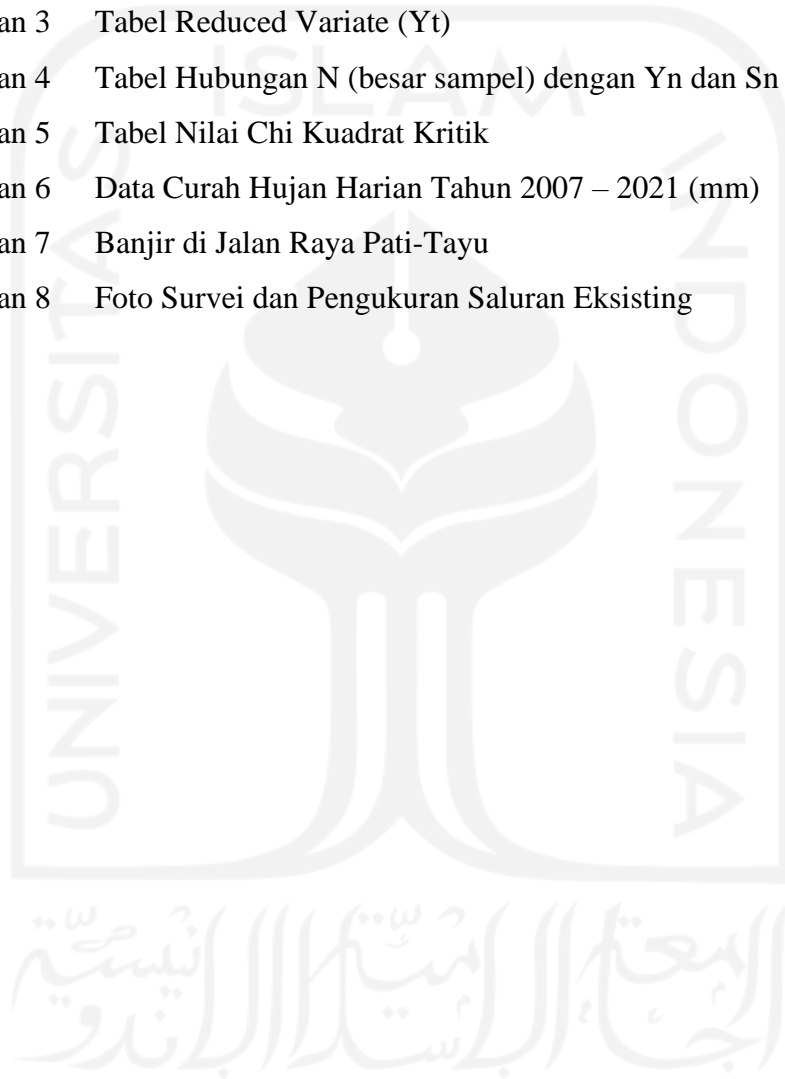
Tabel 5.22 Hujan Rancangan Kala Ulang	47
Tabel 5.23 Pengelompokan Saluran Drainase	51
Tabel 5.24 Luas DTA dan Koefisien Limpasan pada Saluran (J)	52
Tabel 5.25 Luas DTA dan Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan	52
Tabel 5.26 Kemiringan Saluran Drainase	54
Tabel 5.27 Dimensi Saluran Drainase	55
Tabel 5.28 Kecepatan Aliran	56
Tabel 5.29 Waktu Konsentrasi	58
Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan	60
Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana	61
Tabel 5.32 Hasil Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting	63
Tabel 5.33 Perbandingan Kapasitas Drainase dan Debit Banjir Rencana	64
Tabel 5.34 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota	65
Tabel 5.35 Hasil Perhitungan Ulang Penampang Saluran Drainase	68
Tabel 5.36 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase	69
Tabel 5.37 Perubahan Dimensi Saluran Drainase	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Siklus Hidrologi	10
Gambar 3.2 Daerah Aliran Saluran Samping	12
Gambar 3.3 Koefisien Kurtosis	16
Gambar 3.4 Saluran Persegi	27
Gambar 3.5 Saluran Trapesium	27
Gambar 3.6 Penampang Lingkaran	28
Gambar 4.1 Peta Lokasi Jalan Raya Pati-Tayu Kecamatan Pati	29
Gambar 4.2 Bagan Alir Tugas Akhir	34
Gambar 5.1 Kondisi Wilayah Saluran Drainase pada Jalan Raya Pati-Tayu	49
Gambar 5.2 Skema Layanan Saluran Drainase pada Jalan Raya Pati-Tayu	50
Gambar 5.3 Daerah Tangkapan Air Saluran (J)	51
Gambar 5.4 Ilustrasi Penampang Saluran J	62
Gambar 5.5 Ilustrasi Penampang Segi Empat	65
Gambar 5.6 Dimensi Saluran (C)	67
Gambar 5.7 Dimensi Saluran (L)	68

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel Nilai K untuk Distribusi Log Pearson III
- Lampiran 2 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss
- Lampiran 3 Tabel Reduced Variate (Y_t)
- Lampiran 4 Tabel Hubungan N (besar sampel) dengan Y_n dan S_n
- Lampiran 5 Tabel Nilai Chi Kuadrat Kritik
- Lampiran 6 Data Curah Hujan Harian Tahun 2007 – 2021 (mm)
- Lampiran 7 Banjir di Jalan Raya Pati-Tayu
- Lampiran 8 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
\bar{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
\bar{Y}	= Nilai rata rata logaritmik kedalaman hujan X
Y_n	= Nilai yang tergantung pada jumlah sampel n
S_n	= Standar deviasi merupakan fungsi dari jumlah sampel n
χ^2	= nilai chi-kuadrat terhitung,
α	= banyaknya keterikatan (banyaknya parameter), untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2
G	= jumlah kelas,
E_i	= jumlah nilai teoritis pada sub kelompok I,
O_i	= jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok I,
DK	= derajat kebebasan, dan

I	= Intensitas hujan
t_c	= Waktu konsentrasi
t_0	= <i>Inlet time</i>
t_d	= <i>Conduit time</i>
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
A_s	= Luas penampang basah
V	= Kecepatan aliran dalam saluran
R	= Jari-jari hidrolik
P	= Keliling basah
H	= Tinggi saluran
w	= Tinggi jagaan
B	= Lebar saluran

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk Kecamatan Pati menurut Badan Pusat Statistik (BPS) selama 10 tahun terakhir (2010-2020) mengalami pertumbuhan sebesar 1,09%. Pertumbuhan tersebut mempengaruhi perubahan tata guna lahan pada daerah Kecamatan Pati tidak terkecuali pada daerah sekitar Jalan Raya Pati-Tayu. 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 Raya Pati-Tayu. 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 *mannig*. 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 beberapa saluran yang ada. Dari 16 saluran ada 2 saluran yang tidak mampu menampung debit banjir rencana pada kala ulang 2 tahun yaitu Saluran (C), dan Saluran (L) sehingga dilakukan redesain dengan memperlebar dimensi.

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

ABSTRACT

The population growth of Pati District according to the Central Statistics Agency (BPS) for the last 10 years (2010-2020) has grown by 1,09%. This growth affects land use changes in the Pati District area, including the area around Pati-Tayu Road. 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 Pati-Tayu Road. 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 some of the existing channels. Of the 16 channels, there are only 2 channels that are not able to accommodate the planned flood discharge at the 2 years return period, namely Channel (C), and Channel (L) 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

Kecamatan Pati merupakan kota di pesisir Jawa Tengah yang dilewati jalan utama Pantura. Posisi Kecamatan Pati sangat strategis sehingga memicu pertumbuhan jumlah penduduk. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistika) jumlah penduduk Kecamatan Pati selama 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2010 sampai 2020 meningkat sebesar 133.200 jiwa dengan indeks pertumbuhan penduduk sebesar 1,09% yang masuk dalam kategori pertumbuhan sedang. Peningkatan penduduk Kecamatan Pati secara terus menerus akan mengakibatkan banyak infrastruktur baru yang dibangun di kawasan Kecamatan Pati seiring dengan kebutuhan masyarakat pada sektor pemukiman, industrial, dan sektor lainnya. Hal ini mengakibatkan banyak lahan terbuka yang kini beralihfungsi menjadi kawasan pemukiman tak terkecuali di daerah sekitar Jalan Raya Pati-Tayu, Kecamatan Pati, Kabupaten Pati.

Jalan Raya Pati-Tayu berada di Kecamatan Pati memiliki tingkat mobilitas kendaraan yang cukup padat karena merupakan salah satu akses truk muatan tebu ke pabrik gula Tayu dan juga akses menuju pusat kota sehingga hal-hal yang menghambat kelancaran jalan perlu diatasi. Diantara permasalahan yang mengganggu kelancaran jalan yaitu banjir pada saat hujan turun sehingga mobilitas kendaraan dan lalu lintas menjadi terganggu. Perubahan alihfungsi lahan menjadi kawasan pemukiman pada daerah sekitar Jalan Raya Pati-Tayu merupakan salah satu faktor sering terjadinya genangan pada jalan tersebut akibat dari kurangnya daerah resapan air seiring pertumbuhan pemukiman sehingga ketika turun hujan, air yang seharusnya banyak terserap kedalam tanah malah terlimpas ke permukaan.

Limpasan air saat hujan turun yang ada pada kawasan Jalan Raya Pati-Tayu kemudian akan mengalir ke drainase di sepanjang jalan. Dilansir dari news.detik.com, menyebutkan bahwa Jalan Raya Pati-Tayu merupakan salah satu ruas jalan yang tergenang akibat hujan deras yang melanda Kecamatan Pati.

Kurangnya kapasitas drainase menjadi penyebab terjadinya genangan pada wilayah jalan tersebut. Maka perlu dilakukannya evaluasi saluran drainase untuk mengetahui apakah saluran drainase masih dapat menampung debit limpasan atau tidak sehingga nantinya dapat dijadikan sebagai referensi 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 di Jalan Raya Pati-Tayu masih memadai untuk bisa 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 berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui apakah kapasitas saluran drainase pada ruas Jalan Raya Pati-Tayu memadai untuk menampung debit banjir rencana.
2. Mengetahui upaya penanganan yang tepat untuk memperbaiki kinerja saluran drainase.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk memberikan informasi kepada masyarakat luas tentang kondisi dan penyebab sering terjadinya genangan air pada kawasan Jalan Raya Pati-Tayu serta agar dapat menjadi pertimbangan untuk melakukan perbaikan drainase di Jalan Raya Pati-Tayu 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

bisa tepat dan tidak menyimpang dari sebagaimana mestinya. Adapun batasan penelitian ini sebagai berikut.

1. Data curah hujan yang digunakan diperoleh dari stasiun BMKG Kabupaten Pati selama 15 tahun.
2. Lokasi penelitian dilakukan pada Jalan Raya Pati-Tayu.
3. Daerah tangkapan hujan ditinjau hanya pada kawasan yang memungkinkan terjadinya limpasan air ke saluran drainase Jalan Raya Pati-Tayu.
4. *Redesign* hanya dilakukan pada daerah yang mengalami genangan air dengan kala ulang 2 tahun.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

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

2.2 Penelitian Terdahulu

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

2.2.1 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia

Penelitian ini dilakukana oleh Achmad Mauludin (2016) pada saluran drainase kawasan 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 Pearson 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 Pearson 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 membandingkan 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 m³ /det dan 2,357 m³ /det sedangkan debit eksisting didapat nilai yang sama yaitu sebesar 0,695 m³ /det sehingga dapat disimpulkan bahwa saluran drainase memiliki kelebihan debit banjir sebesar 1,675 m³ /det dan 1,662 m³ /det.

2.2.2 Penelitian Evaluasi Saluran Drainase Perkotaan di Sepanjang Jalan Kaliurang Km 4.5 sampai Km 6 Kabupaten Sleman, DIY

Penelitian dilakukan oleh Rahmat Gunadin (2018). Penelitian ini dilakukan 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 – 6.

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan yang panjang. Langkah pertama adalah pengumpulan data antara lain data hujan, dimensi salura 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 Pearson type III. Kemudian dipilih jenis distribusi yang sesuai dan dianalisis periode dengan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Intensitas hujan didapat dengan menggunakan persamaan Mononobe dan perhitungan 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 – 6 sudah tidak mampu menampung debit rencana sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang pada saluran drainase tersebut.

2.2.3 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Pada Jalan Merpati, Kecamatan Tegal Selatan, Kotamadya Tegal

Penelitian yang dilakukan oleh Adi (2022) merupakan penelitian tentang evaluasi kapasitas saluran drainase pada jalan merpati, kecamatan tegal selatan, kotamadya tegal. Pada jalan merpati kota tegal sering ditemui jalan yang tergenang air, dimana pada lokasi tersebut banyak dijumpai perubahan alih fungsi lahan sehingga debit limpasan air menjadi besar sehingga drainase tidak mampu menampung debit limpasan dan menjadikan jalan merpati tergenang sehingga mobilitas pada jalan tersebut menjadi terganggu.

Metode yang digunakan adalah deskriptif-analitik. Pola jaringan berdasarkan kondisi eksisting dan pengamatan di lapangan. Hujan harian rata-rata menggunakan metode Log Person III, banjir rencana dihitung dengan persamaan rasional dengan intensitas hujan dihitung menggunakan rumus mononobe.

Hasil yang didapatkan evaluasi yang didasarkan pada analisis antara kapasitas saluran eksisting dengan banjir rancangan tetapan terdapat 18 saluran yang memiliki kapasitas yang kurang baik untuk menampung debit banjir. Hasil dari perhitungan didapat saluran drainase perlu dilakukan perencanaan ulang dengan mengubah dimensi lebar dan tinggi, selain itu drainase perlu diganti dengan bahan beton pracetak dengan dimensi yang sudah ditentukan.

2.3 Penelitian Sekarang

Selama melakukan tinjauan pustaka belum didapatkan penelitian lebih jauh mengenai evaluasi kapasitas saluran drainase di kawasan Jalan Raya Pati-Tayu sehingga dapat dilakukan kajian atau penelitian lebih lanjut pada lokasi ini.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyak perubahan alih fungsi lahan menjadi pemukiman sehingga memperbesar limpasan air yang berdampak pada kelebihan kapasitas drainase sehingga sering menyebabkan genangan pada jalan sehingga mengganggu lalulintas kendaraan.

Data yang digunakan pada penelitian yaitu data yang didapat melalui survei langsung di lapangan (data primer) dan dari sumber lain seperti internet, penelitian sebelumnya, dan data yang telah tercatat (data sekunder). Adapun analisis data menggunakan analisis hidrologi yang berupa analisis frekuensi dengan empat metode distribusi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel Tipe I, dan Log Pearson Tipe III. Kemudian dipilih distribusi yang paling sesuai. Kemudian data terpilih dianalisis dengan periode kala ulang 2, dan 5 tahun. Metode Rasional digunakan untuk perhitungan debit dengan Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe. Setelah analisis hidrologi selesai kemudian dilakukan analisis hidraulika pada saluran drainase eksisting untuk membandingkan debit rencana dengan debit eksisting.

Tujuan penelitian adalah agar mendapat kesimpulan mengenai penyebab banjir di Jalan Raya Pati-Tayu sehingga evaluasi dan penanganan yang tepat dapat dilakukan sehingga saluran drainase dapat menampung debit limpasan air.

2.4 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

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

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Mauludin (2016)	Gunadin (2018)	Adi (2022)	Murti (2023)
Karya Tulis	Tugas Akhir	Tugas Akhir	Tugas Akhir	Tugas Akhir
Judul	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	Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase pada Jalan Raya Pati-Tayu Kecamatan Pati, Kabupaten Pati
Lokasi	Universitas Islam Indonesia Yogyakarta	Jalan Kaliurang Km 4,5 – Km 6 Kabupaten Sleman DIY	Jalan Merpati, Tegal Selatan, Kotamadya Tegal	Jalan Raya Pati-Tayu Kec Pati Kab Pati
Intensitas Hujan Maksimum Kala Ulang	2 dan 5 Tahun	2, 5, dan 10 Tahun	2, dan 5 Tahun	2, dan 5 Tahun
Metode Distribusi Sebaran	<i>Log Pearson III</i>	<i>Log Pearson III</i>	<i>Normal, Log Normal, Log Pearson III, Gumbel</i>	<i>Log Normal</i>
Uji Distribusi Sebaran	<i>Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov</i>	Tidak Memakai Uji Distribusi Sebaran	Tidak Memakai Uji Distribusi Sebaran	<i>Chi-Kuadrat</i>
Debit Rencana	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional	Metode Rasional

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Drainase Jalan

Drainase adalah bangunan air yang berfungsi sebagai penampung kelebihan air dari suatu lahan atau kawasan untuk dialirkan atau disalurkan ke pembuangan seperti sungai, embung, waduk, ataupun pembuangan air lainnya. Kata drainase berasal dari kata *drainage* yang berarti mengalirkan, menguras, atau mengeringkan. Menurut Wesli (2008) drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat di atas maupun dibawah 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.

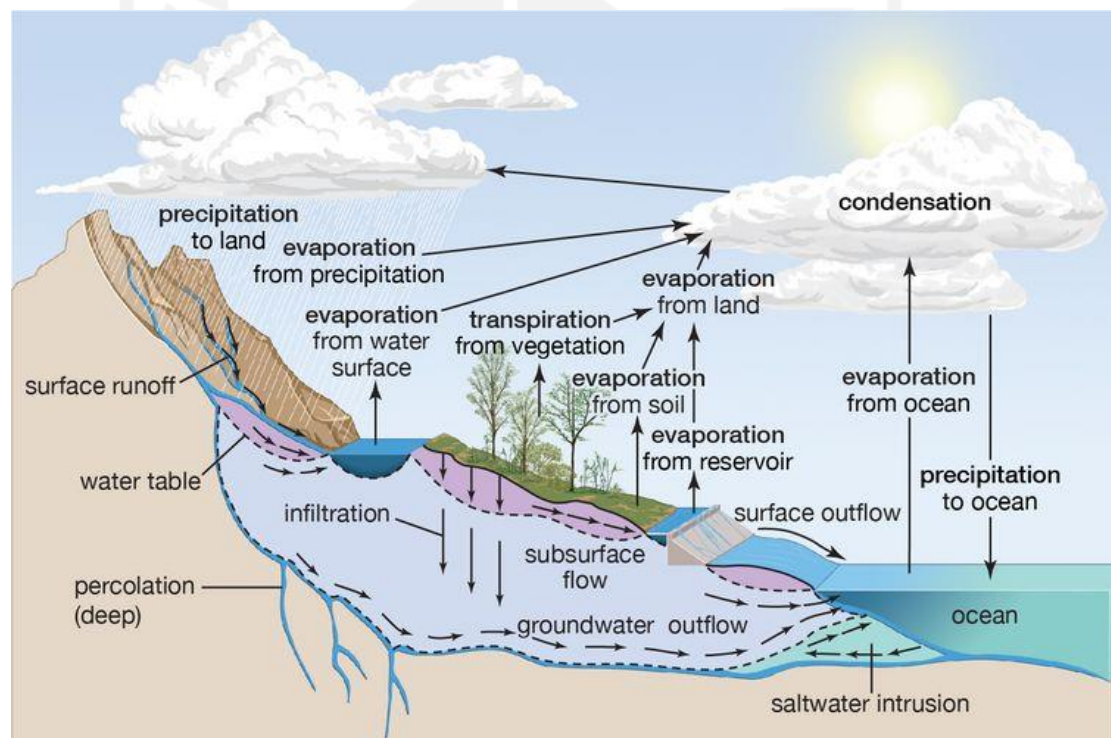
3.2 Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari pergerakan air baik di atas maupun di bawah permukaan bumi serta perubahan dalam bentuk cair, padat karena proses pembekuan, dan gas karena proses penguapan di dalam atmosfer bumi. Secara khusus di dalam buku Hidrologi Terapan menjelaskan 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 dari 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 air seperti saluran drainase, tanggul penahan banjir, 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 siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

(Sumber: www.kompas.com.)

Dari gambar tersebut menunjukkan siklus hidrologi yang terjadi di bumi. 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 karena terdesak oleh angin dan

saling bertabrakan kemudian terjadi hujan. Air hujan tersebut turun ke permukaan tanah dan sebagian mengalir di permukaan tanah (*surface runoff*) melewati sungai dan sebagian terserap ke dalam tanah (infiltrasi). Air yang mengalir melewati permukaan tanah akan berkumpul di sungai dan waduk kemudian kembali ke laut dan sebagian menguap kembali akibat panas matahari. Sedangkan air yang terserap ke dalam tanah lebih lama mengalir di dalam tanah dan sebagian merembes masuk ke sungai atau ke pantai dan masuk ke laut kembali sebagian air yang merembes menjadi sumber penghidupan tumbuhan dan akan terangkat kembali melalui akar tumbuhan yang kemudian air tersebut akan menguap kembali melalui stomata yang ada pada daun (transpirasi). Proses ini terjadi berulang secara siklus sehingga disebut sebagai siklus hidrologi.

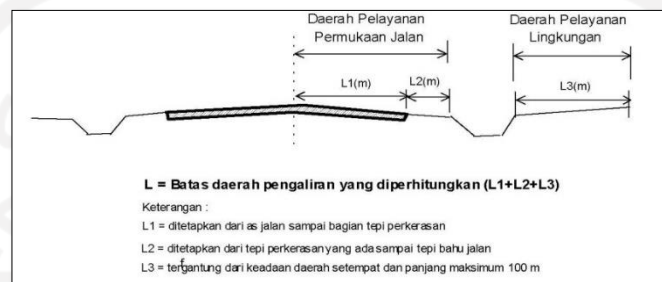
3.2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung gunung atau pegunungan yang 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 : 500.000 – 1 : 25.000 yang dapat diperoleh dari Direktorat Geologi, Dinas Topografi Angkatan Darat atau instansi lain yang berkaitan. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah dari limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dengan 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 lainnya yang digunakan untuk menentukan daerah pengaliran seringkali tidak tersedia sehingga untuk menentukan batas DAS sulit dilakukan.

3.2.3 Daerah Tangkapan Air (*Catchment Area*)

Daerah tangkapan air adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis yang dapat berupa punggung-punggung bukit atau gunung dan batas di laut sampai dengan

daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Daerah tangkapan air dapat diketahui dengan menggunakan peta topografi yang menunjukkan kontur atau elevasi dari permukaan daerah yang ditinjau. 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 berikut.



Gambar 3.2 Daerah Aliran Saluran Samping

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

3.2.4 Curah Hujan Wilayah

Curah hujan merupakan kedalaman air hujan harian yang tercatat melalui penakar hujan. Curah hujan ini 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 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 terdapat 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 yang ada. Namun demikian curah hujan wilayah juga dapat diperoleh dari satu stasiun hujan yang terdekat yang mewakili kondisi iklim pada wilayah DAS tersebut.

3.2.5 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	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 – 5 Th

(Sumber: Peraturan Menteri PU no 12, 2014)

Curah hujan rencana ini kemudian digunakan untuk mencari nilai hujan kala ulang. Dalam perhitungan ada beberapa metode distribusi yang digunakan yaitu Distribusi Normal, Distribusi Gumbel Tipe I, Distribusi Log Normal, dan Distribusi Log Pearson III. Distribusi yang dipakai didasarkan pada kedekatannya dengan sebaran data empiris. Analisis frekuensi dilakukan secara sistematis sebagai berikut.

1. Tendensi sentral

Nilai rata rata yaitu nilai yang dianggap representatif dan sentral untuk pengukuran sebuah distribusi. Nilai rata rata adalah hasil dari penjumlahan data pengukuran yang dibagi dengan jumlah pengukuran. Jika nilai rata rata ditulis sebagai \bar{X} (dibaca X bar) dan data pengukuran sebagai x_1, x_2, \dots, x_n serta jumlah data sebagai n maka ditulis persamaannya sebagai berikut (Soewarno, 1995).

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

Keterangan:

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

x_1, x_2, \dots, x_n = nilai data 1, 2, ..., n

n = jumlah data

2. Dispersi

Kenyataan data yang ada memungkinkan suatu variat dari suatu variabel memiliki nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata ratanya. Besarnya derajat dari sebaran variat di sekitar nilai rata rata suatu data sembarang variabel hidrologi disebut sebagai variasi atau dispersi. Besaran dispersi yang digunakan pada umumnya adalah deviasi standar dan varian yang dihitung dari kuadrat nilai deviasi standar. Untuk menghitung deviasi standar dan varian dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

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

Keterangan:

S = deviasi standar

x_i = nilai variat

\bar{X} = nilai rata rata variat

n = jumlah data

S^2 = varian

3. Koefisien variasi

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata rata hitung dari suatu sebaran. Koefisien variasi dihitung dengan persamaan sebagai berikut (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*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Koefisien kemencengan dihitung dengan persamaan berikut (Soewarno, 1995).

$$C_s = \frac{a}{s^3} \quad (3.5)$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.6)$$

Keterangan:

C_s = koefisien kemencengan curah hujan

S = deviasi standar dari sampel

\bar{X} = nilai rata rata dari data sampel curah hujan

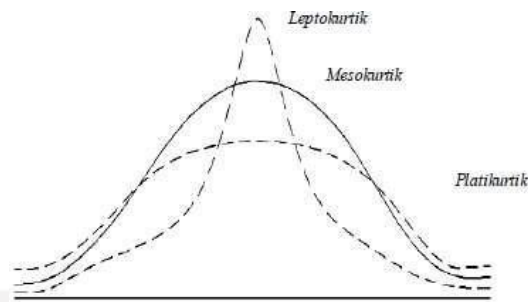
X_i = curah hujan ke i

n = jumlah data curah hujan

a = parameter kemencengan

5. Koefisien kurtosis

Koefisien kurtosis adalah nilai keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang dibandingkan dengan distribusi normal. Terdapat 3 distribusi koefisien kurtosis yaitu *mesokurtik* atau distribusi normal (koefisien kurtosis = 3), *leptokurtik* (koefisien kurtosis > 3), dan *platikurtik* (koefisien kurtosis < 3). Persamaan koefisien kurtosis dapat dilihat pada Persamaan 3.10 di halaman berikutnya.



Gambar 3.3 Koefisien Kurtosis

(Sumber: Soewarno, 1995)

Persamaan kurtosis dapat ditulis sebagai berikut.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (3.7)$$

Keterangan:

\bar{X} = nilai rata rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari curah hujan ke-i

n = jumlah data curah hujan

S = deviasi standar

3.2.6 Analisis Distribusi Frekuensi

Dari hasil perhitungan curah hujan rencana dapat dilakukan analisis distribusi frekuensi untuk mendapatkan intensitas hujan yang akan digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Beberapa metode analisis distribusi frekuensi yang biasanya digunakan dalam perhitungan hidrologi adalah sebagai berikut ini.

1. Distribusi Normal

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

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

Keterangan:

X_T = perkiraan nilai kedalaman hujan yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahun

\bar{X} = nilai rata rata hitung variat

K_T = faktor frekuensi (disajikan dalam Lampiran 2)

S = standar deviasi

2. Distribusi Log Normal

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

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

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

Keterangan:

Y_T = perkiraan nilai kedalaman hujan yang diharapkan terjadi pada periode ulang T-tahun

\bar{Y} = nilai rata rata hitung variat

K_T = faktor frekuensi (disajikan dalam Lampiran 2)

S = standar deviasi

3. Distribusi Gumbel

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

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_x}{S_n} (Y_T - Y_n) \quad (3.11)$$

Keterangan:

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 merupakan fungsi periode ulang (pada Lampiran 3)

Y_n = nilai yang tergantung pada n (pada Lampiran 4)

S_n = standar deviasi merupakan fungsi dari n (pada Lampiran 4)

4. Distribusi Log-Pearson Tipe III

Langkah pengaplikasian distribusi Log-Pearson Tipe III sebagai berikut.

- a. Menentukan nilai logaritma dari seluruh variat X

$$Y_i = \text{Log } X_i \quad (3.12)$$

- b. Menghitung nilai rata ratanya

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (3.13)$$

Keterangan:

\bar{Y} = nilai rata rata logaritma X_i

n = jumlah data

Y_i = nilai curah hujan tiap tahun (R24 maksimum)

- c. Menghitung deviasi standar (S_d)

$$S_{dy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (3.14)$$

Keterangan:

S_{dy} = standar deviasi

\bar{Y} = nilai rata rata logaritma X

n = jumlah data

Y_i = nilai curah hujan tiap tahun (R24 maksimum)

- d. Menghitung koefisien *skewness* (C_s)

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)S^3} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^3 \quad (3.15)$$

Keterangan:

C_s = koefisien skewness

- \bar{Y} = nilai rata rata logaritma X
 n = jumlah data
 Y_i = nilai curah hujan tiap tahun (R24 maksimum)

e. Menghitung hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$$Y_T = \bar{Y} + K.S_{dy} \quad (3.16)$$

Keterangan:

- Y_T = curah hujan rencana periode kala ulang T tahun
 K = harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s (disajikan dalam Lampiran 1)

3.2.7 Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Uji kecocokan distribusi hujan dilakukan untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Metode yang sering digunakan dalam uji kecocokan adalah uji Chi-Kuadrat.

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang akan dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Analisis dapat diterima jika nilai chi-kuadrat terhitung < chi-kuadrat kritis (disajikan dalam lampiran 5).

$$G = 1 + 3,3 \log n \quad (3.17)$$

$$DK = G - (P + 1) \quad (3.18)$$

$$E_i = \frac{n}{G} \quad (3.19)$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3.20)$$

Keterangan:

- χ^2 = parameter chi-kuadrat terhitung,
 G = jumlah kelas,
 E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok I,

- O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok I,
 DK = derajat kebebasan, dan
 P = untuk distribusi normal dan binomial = 2,
 untuk distribusi gumbel dan poisson = 1.

3.2.8 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan (I) adalah 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 dipakai untuk merencanakan debit banjir yang terjadi pada suatu kawasan. Untuk menghitung intensitas hujan diperlukan data hujan jangka pendek, misal 5, 10, 30 menit yang diperoleh dari pos penakar hujan. Apabila data yang didapat hanya data hujan harian (waktu sembarang) maka untuk menghitungnya menggunakan persamaan Mononobe sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \chi \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.21)$$

Keterangan:

- I = intensitas hujan (mm/jam)
 t = durasi lamanya hujan (jam)
 R_{24} = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

3.2.9 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 3.22 atau dapat juga menggunakan rumus *Kirpich* pada Persamaan 3.23 (Wesli, 2008). Penggunaan persamaan *Kirpich* didasarkan pada luas daerah

tangkapan air kurang dari 80 ha (Triatmodjo, 2008). Waktu konsentrasi (t_c) adalah penjumlahan t_0 dan t_d pada persamaan berikut.

$$t_0 = \left[\frac{2}{3} \times 3,28 \times L_0 \times \frac{nd}{\sqrt{s}} \right]^{0,167} \quad (3.22)$$

atau

$$t_0 = \left[0,0195 \times \frac{L_0}{\sqrt{s}} \right]^{0,77} \quad (3.23)$$

$$t_d = \frac{L}{60 \times V} \quad (3.24)$$

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 untuk mengalir dari titik awal masuk sampai ke tempat keluaran saluran (menit)
- nd = koefisien hambatan (Tabel 3.2)
- s = kemiringan daerah pengaliran
- L_0 = 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 3.2 Koefisien Hambatan

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

(Sumber: SNI 03-3424-1994)

3.2.10 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 saluran dengan jumlah curah hujan yang turun pada suatu DAS. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi oleh kemiringan lahan, kondisi permukaan tanah, dan 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 sebagai berikut.

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{C_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.25)$$

Keterangan :

C_1, C_2, \dots, C_n = Koefisien pengaliran yang sesuai jenis tata guna lahan

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pengaliran sesuai jenis tata guna lahan

Nilai koefisien limpasan (C) untuk berbagai jenis permukaan atau tata guna lahan dapat dilihat pada Tabel 3.3 seperti berikut.

Tabel 3.3 Koefisien Limpasan

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
Bahu jalan :	
1. Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
2. Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
3. Batuan masif keras	0,70 - 0,85
4. Batuan masif lunak	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

Lanjutan Tabel 3.3 Koefisien Limpasan

Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
Taman dan 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)

3.2.11 Debit Banjir Rencana

Salah satu metode yang digunakan untuk 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 persamaannya sebagai berikut.

$$Q = i \times A \quad (3.26)$$

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 (Soewarno, 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 sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{3,6} CiA \quad (3.27)$$

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 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 besar keliling basah penampang tersebut. Pada bentuk dan luasan penampang tertentu, penampang yang memiliki keliling basah terkecil lah yang akan memberikan aliran maksimum. Dalam hal ini analisis hidraulika dilakukan untuk menentukan bentuk dan dimensi dari saluran drainase sehingga kapasitasnya dapat memenuhi beban limpasan air yang terbuang ke saluran tersebut secara efektif sehingga kawasan tersebut dapat terhindar 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 ekonomisnya yaitu dapat mengalirkan beban limpasan dengan luas penampang yang secukupnya. Penentuan kapasitas saluran drainase dapat dihitung menggunakan persamaan *Manning* sebagai berikut.

$$Q = V \times A \quad (3.28)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (3.29)$$

$$S = \frac{\Delta h}{L} \quad (3.30)$$

Dengan:

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

A = 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 jenis dinding yang digunakan yang dapat dilihat pada Tabel 3.4 seperti berikut.

Tabel 3.4 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 diledakkan, ada tumbuh tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
	Saluran Alam:				
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
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

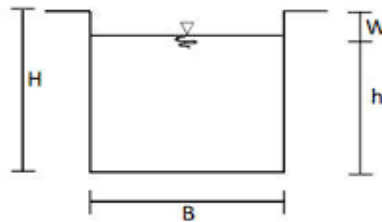
Lanjutan Tabel 3.5 Nilai Koefisien *Manning*

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
12	Seperti no. 10, berbatu dan ada tumbuh tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no. 11, sebagian berbatu	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	0,015
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* nilainya berbeda setiap bentuk penampang. Adapun nilai R berdasarkan bentuk penampang persegi, trapesium, dan lingkaran dapat dilihat pada Gambar 3.4, Gambar 3.5, dan Gambar 3.6 di halaman selanjutnya.

1. Penampang persegi



Gambar 3.4 Saluran Persegi

- a. Luas penampang basah (A)

$$A = B \times h \quad (3.31)$$

- b. Keliling basah (P)

$$P = 2h + B \quad (3.32)$$

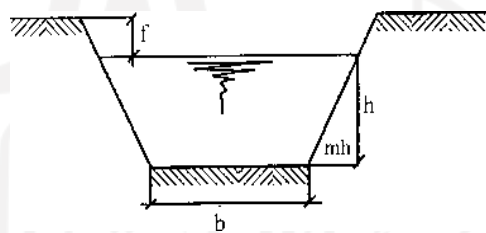
- c. Jari jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{B \times h}{B + 2h} \quad (3.33)$$

- d. Tinggi jagaan freeboard (w)

$$w = 5\% - 30\% \quad (3.34)$$

2. Penampang trapesium



Gambar 3.5 Saluran Trapesium

- a. Luas penampang basah (A)

$$A = b \cdot h + mh^2 \quad (3.35)$$

- b. Keliling basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{m^2 + 1} \quad (3.36)$$

- c. Jari jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(B + mh)}{B + 2h\sqrt{m^2 + 1}} \quad (3.37)$$

Dengan:

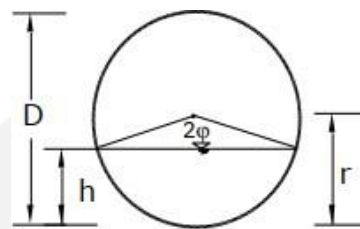
m = kemiringan dinding

kemiringan dinding yang paling efektif pada penampang trapesium (setengah heksagonal) memiliki nilai $m = \frac{1}{\sqrt{3}}$ atau $\theta = 60^\circ$

d. Tinggi jagaan (f)

$$f = \sqrt{0,5h} \quad (3.38)$$

3. Penampang lingkaran



Gambar 3.6 Penampang Lingkaran

a. Luas penampang basah (A)

$$A = r^2 \left(\varphi - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \right) \quad (3.39)$$

b. Keliling basah (P)

$$P = 2 \varphi r \quad (3.40)$$

c. Tinggi (h)

$$h = r (1 - \cos \varphi) \quad (3.41)$$

d. Jari jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{r^2 \left(\varphi - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \right)}{2\varphi r} \quad (3.42)$$

(Kustamar, 2019)

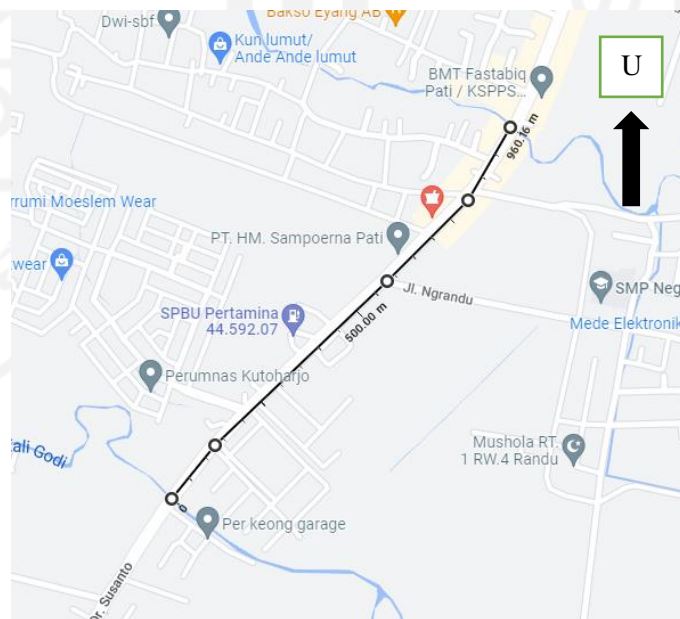
BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Terdapat dua jenis penelitian secara garis besar yang umum dilakukan para akademisi yaitu penelitian kuantitatif dan penelitian kualitatif. Pada penelitian yang dilakukan termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif deskriptif, 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 Raya Pati-Tayu Kecamatan Pati. Jalan ini merupakan jalan lokal yang memiliki dimensi badan jalan total yaitu 6 m. Saluran drainase yang ditinjau yaitu sepanjang jalan tersebut sepanjang 960 m yang terdapat pada kiri dan kanan jalan ditunjukkan garis dengan hitam pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Jalan Raya Pati-Tayu Kecamatan Pati

(Sumber: Google Maps)

4.3 Pengumpulan Data

Terdapat dua macam data yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapat secara langsung melalui wawancara, pengamatan, survei langsung di lapangan dan pengumpulan informasi yang berkenaan dengan drainase kepada instansi terkait. Sedangkan data sekunder adalah data yang didapat dari pihak kedua 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

Dimensi drainase eksisting yang didapat melalui pengukuran di lapangan menggunakan meteran atau alat pengukur lainnya.

2. Data sekunder

- a. Data hidrologi berupa data curah hujan harian selama 15 tahun (2007–2021) yang didapat dari stasiun BMKG Pati. Data ini nantinya akan digunakan untuk menghitung debit rancangan dengan kala ulang tahun 2, dan 5 tahun.
- b. Data tata guna lahan, data ini digunakan untuk menentukan koefisien limpasan atau *runoff* pada area tangkapan hujan yang masing masing tata lahan memiliki koefisien *runoff* yang berbeda sehingga untuk menentukan koefisien tersebut perlu diketahui tata guna lahan pada kawasan yang sedang diteliti.
- c. Data topografi, data ini digunakan untuk mengetahui elevasi permukaan tanah pada lokasi saluran drainase dan menentukan area tangkapan hujan yang didasarkan pada elevasi tertinggi yang mengitari suatu kawasan.
- d. Data sistem drainase, data sistem drainase yang ada perlu dipelajari dan diinvestigasi sebagai bahan pertimbangan dalam penelitian ini.

4.4 Analisis Data

4.4.1 Analisis Frekuensi Hujan

Analisis frekuensi hujan terhadap dua curah hujan harian yang diperoleh dari BMKG Kabupaten Pati. Analisis dilakukan untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Metode yang sering digunakan dalam uji kecocokan adalah uji Chi-Kuadrat.

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang akan dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Analisis dapat diterima jika nilai chi-kuadrat terhitung $<$ chi-kuadrat kritis. Selanjutnya menghitung nilai hujan rancangan dengan kala ulang 2, dan 5 tahun menggunakan jenis distribusi terpilih.

4.4.2 Luas Daerah Tangkapan Air (*Catchment Area*)

Luas daerah tangkapan air (DTA) adalah daerah yang dibatasi oleh daerah – daerah yang tinggi seperti bukit ataupun pegunungan. Daerah tangkapan air dapat diketahui dengan menggunakan peta topografi yang menunjukkan kontur atau elevasi dari permukaan daerah yang ditinjau. Adapun cara menghitung luas daerah tangkapan air adalah sebagai berikut.

1. Tentukan titik hilir terendah daerah tangkapan air pada batas peta topografi.
2. Bayangkan garis aliran air permukaan yang mengarah ke bawah bukit tegak lurus dengan kontur topografi.
3. Tandai lokasi titik tertinggi pada peta topografi daerah tangkapan air.
4. Tandai titik di sepanjang kontur yang membagi aliran menuju atau menjauh dari daerah tangkapan.
5. Hubungkan titik - titik yang sudah ditentukan di peta.

4.4.3 Koefisien Limpasan (C)

Pada sebuah daerah tangkapan air memiliki berbagai tata guna lahan yang berbeda sehingga memiliki koefisien limpasan (C) yang berbeda juga. Dalam menghitung nilai koefisien limpasan maka daerah tangkapan air perlu diklasifikasikan menurut fungsi tata guna lahannya. Selanjutnya menghitung koefisien limpasan kawasan dengan menjumlahkan semua hasil perkalian koefisien

(C) dan luas daerah masing masing tata guna lahan (A) kemudian dibagi dengan luas daerah tangkapan air total.

4.4.4 Kemiringan Kawasan (*Slope*)

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

4.4.5 Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan (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 (T_c) yaitu waktu yang dibutuhkan air dari titik terjauh sampai titik keluar saluran. Selanjutnya dapat dihitung intensitas hujan dengan kala ulang 2, dan 5 tahun dengan menggunakan persamaan mononobe. Debit banjir rancangan kemudian dihitung dengan mengalikan ketiga komponen tersebut.

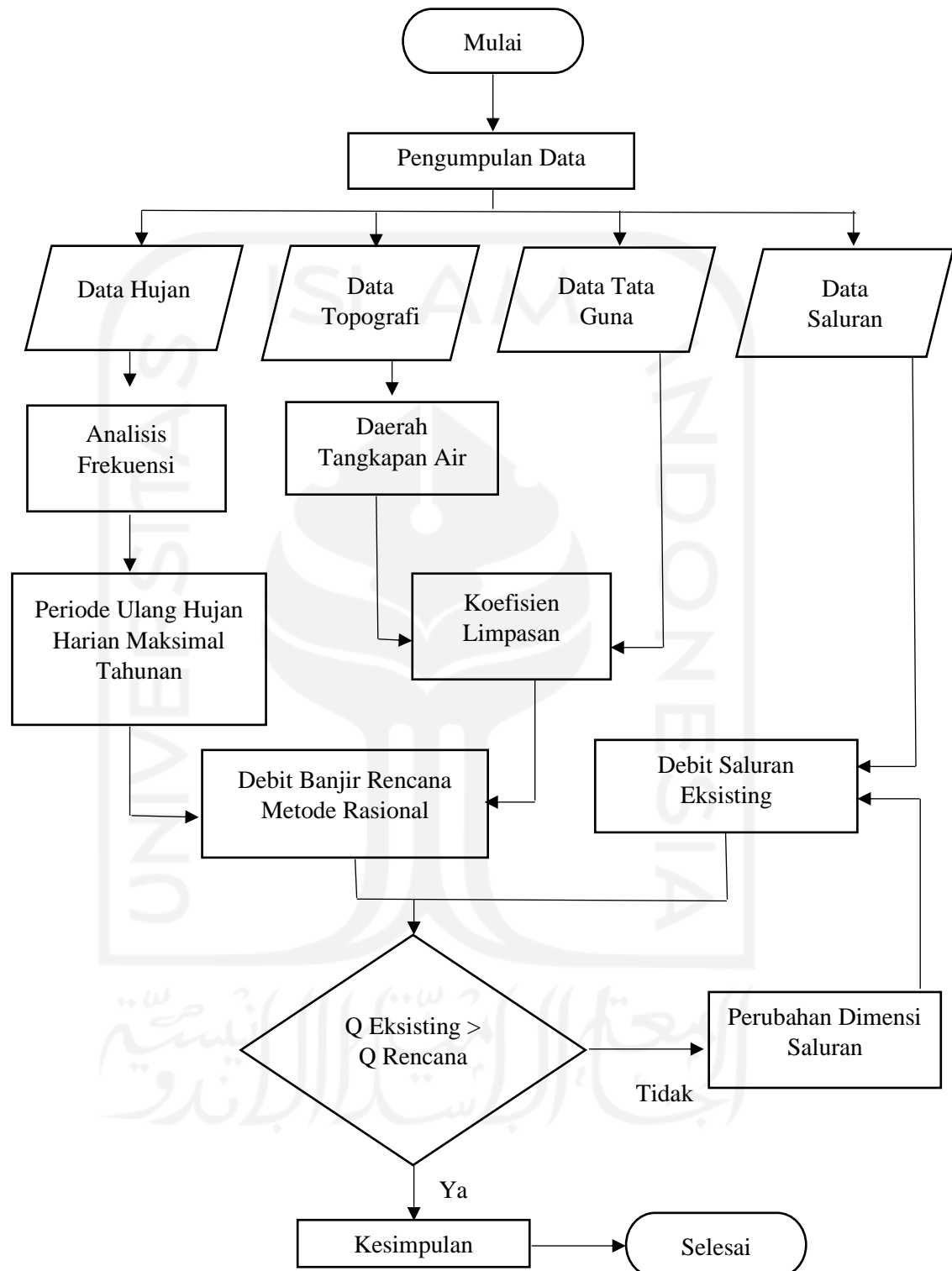
4.4.6 Evaluasi Saluran Drainase

Evaluasi saluran drainase dilakukan dengan cara membandingkan debit banjir rancangan (Q_{banjir}) dan kapasitas tampung saluran drainase ($Q_{\text{eksisting}}$) yang dihitung menggunakan persamaan *mannig*. Setelah dibandingkan apabila debit banjir lebih kecil dari pada kapasitas drainase ($Q_{\text{banjir}} < Q_{\text{eksisting}}$), maka saluran drainase memenuhi dan aman berfungsi secara normal. Sedangkan jika debit banjir lebih besar daripada kapasitas drainase ($Q_{\text{banjir}} > Q_{\text{eksisting}}$), 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 drainase yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 di halaman berikutnya.





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 (2007-2021) yang diperoleh dari stasiun BMKG Kabupaten Pati. Keterbatasan stasiun hujan serta wilayah penelitian yang kecil dan cenderung memiliki topografi yang datar menjadi alasan hanya menggunakan satu stasiun hujan yaitu stasiun BMKG Kabupaten Pati. Stasiun tersebut cukup dekat dengan lokasi penelitian sehingga dianggap mewakili keseluruhan iklim pada wilayah penelitian.

Data hujan harian selama 15 tahun (2007-2021) 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 2007-2021

No	Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)	Tanggal
1	2007	78,4	6 November
2	2008	96,1	19 Februari
3	2009	104,5	25 Desember
4	2010	168,6	11 Desember
5	2011	89	2 Januari
6	2012	96	4 Februari
7	2013	135	23 Februari
8	2014	120,5	23 Januari
9	2015	119,4	13 Februari
10	2016	74	10 September
11	2017	99,5	28 Oktober
12	2018	138,5	17 Februari
13	2019	92,7	8 Februari
14	2020	105,6	26 Januari
15	2021	155	24 Februari

Dari data hujan selama 15 tahun tersebut didapat rata-rata curah hujan maksimum tahunan sebesar 111,5 mm dengan curah hujan maksimum terendah yaitu pada tahun 2016 sebesar 74 mm dan tertinggi yaitu pada tahun 2010 yaitu sebesar 168,6 mm sehingga dapat disimpulkan bahwa daerah Kabupaten Pati 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 digunakan yaitu distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, Gumbel.

Uji chi-kuadrat dilakukan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang akan dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Analisis dapat diterima jika nilai chi-kuadrat terhitung < chi-kuadrat kritis.

1. Distribusi Normal

Berikut merupakan perhitungan distribusi frekuensi untuk Distribusi Normal. Dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

No	Tahun	X	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$	$(X_i - X)^3$	$(X_i - X)^4$
1	2007	78,40	-33,12	1096,93	-36330,47	1203265,08
2	2008	96,10	-15,42	237,78	-3666,51	56537,62
3	2009	104,50	-7,02	49,28	-345,95	2428,56
4	2010	168,60	57,08	3258,13	185973,85	10615387,64
5	2011	89,00	-22,52	507,15	-11421,03	257201,53
6	2012	96,00	-15,52	240,87	-3738,31	58018,55
7	2013	135,00	23,48	551,31	12944,77	303943,16
8	2014	120,50	8,98	80,64	724,15	6502,87
9	2015	119,40	7,88	62,09	489,30	3855,71
10	2016	74,00	-37,52	1407,75	-52818,80	1981761,19

Lanjutan Tabel 5.2 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

No	Tahun	X	X _i -X	(X _i -X) ²	(X _i -X) ³	(X _i -X) ⁴
11	2017	99,50	-12,02	144,48	-1736,65	20874,59
12	2018	138,50	26,98	727,92	19639,29	529868,11
13	2019	92,70	-18,82	354,19	-6665,90	125452,26
14	2020	105,60	-5,92	35,05	-207,47	1228,25
15	2021	155,00	43,48	1890,51	82199,39	3574029,57
Jumlah		1672,80	0,000	10644,084	185039,674	18740354,676
Rata-rata (X)		111,52				

Nilai S, C_v, C_s, C_k:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10644,084}{14}} = 27,573$$

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{x}} = \frac{27,573}{111,52} = 0,247$$

$$C_s = \frac{a}{S^3} = \frac{15250,5}{27,573^3} = 0,727$$

$$C_k = 3,340$$

K = faktor frekuensi (nilai variabel reduksi gauss) disajikan dalam lampiran.

Berikut contoh perhitungan analisis curah hujan rencana dengan distribusi

Normal menggunakan persamaan 3.8

Untuk periode ulang (T) 2 tahun.

$$X_2 = 111,52 + (0 \times 27,573) = 111,52 \text{ mm}$$

Tabel 5.3 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

Kala Ulang	X (mm)	K	S	X _T (mm)
2	111,52	0	27,5734	111,52
5	111,52	0,8414	27,5734	134,72

2. Distribusi Log Normal

Tabel 5.4 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

No	Tahun	Log X	Log (X _i -X)	Log (X _i -X) ²	Log (X _i -X) ³	Log (X _i -X) ⁴
1	2007	1,8943	-0,1412	0,0199	-0,0028	0,0004
2	2008	1,9827	-0,0528	0,0028	-0,0001	0,0000

Lanjutan Tabel 5.4 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

No	Tahun	Log X	Log (Xi-X)	Log (Xi-X) ²	Log (Xi-X) ³	Log (Xi-X) ⁴
3	2009	2,0191	-0,0164	0,0003	0,0000	0,0000
4	2010	2,2269	0,1914	0,0366	0,0070	0,0013
5	2011	1,9494	-0,0861	0,0074	-0,0006	0,0001
6	2012	1,9823	-0,0532	0,0028	-0,0002	0,0000
7	2013	2,1303	0,0948	0,0090	0,0009	0,0001
8	2014	2,0810	0,0455	0,0021	0,0001	0,0000
9	2015	2,0770	0,0415	0,0017	0,0001	0,0000
10	2016	1,8692	-0,1663	0,0276	-0,0046	0,0008
11	2017	1,9978	-0,0377	0,0014	-0,0001	0,0000
12	2018	2,1414	0,1059	0,0112	0,0012	0,0001
13	2019	1,9671	-0,0684	0,0047	-0,0003	0,0000
14	2020	2,0237	-0,0118	0,0001	0,0000	0,0000
15	2021	2,1903	0,1548	0,0240	0,0037	0,0006
Jumlah		30,5326	0,0000	0,1517	0,0042	0,0034
Rata-rata (X)		2,0355				

Nilai S, C_v, C_s, C_k:

$$S = \sqrt{\frac{\sum \log(x-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,1517}{14}} = 0,1041$$

$$C_v = 0,0511$$

$$C_s = 0,3066$$

$$C_k = 2,9701$$

K_T = faktor frekuensi (nilai variabel reduksi gauss) disajikan dalam lampiran.

Berikut contoh perhitungan analisis curah hujan rencana dengan distribusi

Log Normal menggunakan persamaan 3.9

Untuk periode ulang (T) 2 tahun.

$$X_2 = 10^{\log 2,0355 + (0 \times 0,1041)} = 108,519 \text{ mm}$$

Tabel 5.5 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

Kala Ulang	Log X	K _T	S	(Log x + K _T s)	X _T (mm)
2	2,036	0,000	0,104	2,036	108,519
5	2,036	0,840	0,104	2,123	132,725

3. Distribusi Log Pearson III

Tabel 5.6 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson tipe III

No	Tahun	Y = Log X	Log (Xi-X)	Log (Xi-X) ²	Log (Xi-X) ³	Log (Xi-X) ⁴
1	2007	1,8943	-0,1412	0,0199	-0,0028	0,0004
2	2008	1,9827	-0,0528	0,0028	-0,0001	0,0000
3	2009	2,0191	-0,0164	0,0003	0,0000	0,0000
4	2010	2,2269	0,1914	0,0366	0,0070	0,0013
5	2011	1,9494	-0,0861	0,0074	-0,0006	0,0001
6	2012	1,9823	-0,0532	0,0028	-0,0002	0,0000
7	2013	2,1303	0,0948	0,0090	0,0009	0,0001
8	2014	2,0810	0,0455	0,0021	0,0001	0,0000
9	2015	2,0770	0,0415	0,0017	0,0001	0,0000
10	2016	1,8692	-0,1663	0,0276	-0,0046	0,0008
11	2017	1,9978	-0,0377	0,0014	-0,0001	0,0000
12	2018	2,1414	0,1059	0,0112	0,0012	0,0001
13	2019	1,9671	-0,0684	0,0047	-0,0003	0,0000
14	2020	2,0237	-0,0118	0,0001	0,0000	0,0000
15	2021	2,1903	0,1548	0,0240	0,0037	0,0006
Jumlah		30,5326	0,0000	0,1517	0,0042	0,0034
Rata-rata (X)		2,0355				

Nilai S, C_v, C_s, C_k:

$$S = \sqrt{\frac{\sum \log(x-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,1517}{14}} = 0,1041$$

$$C_v = 0,0511$$

$$C_s = 0,3066$$

$$C_k = 2,9701$$

K = faktor frekuensi (fungsi probabilitas dan nilai C_s) disajikan dalam lampiran 1.

Berikut contoh perhitungan analisis curah hujan rencana dengan distribusi Log Pearson III menggunakan persamaan 3.11

Untuk periode ulang (T) 2 tahun.

$$X_2 = 10^{\log 2,0355 + (0,0511 \times 0,1041)} = 109,855 \text{ mm}$$

Tabel 5.7 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Log Pearson III

T (tahun)	Log X	K _T	S	K _t x s	X _T (mm)
2	2,03551	0,0511	0,10410	2,04082	109,855
5	2,03551	0,8235	0,10410	2,12123	132,200

4. Distribusi Gumbel

Tabel 5.8 Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

No	Tahun	X	X _i -X	(X _i -X) ²	(X _i -X) ³	(X _i -X) ⁴
1	2007	78,40	-33,12	1096,93	-36330,47	1203265,08
2	2008	96,10	-15,42	237,78	-3666,51	56537,62
3	2009	104,50	-7,02	49,28	-345,95	2428,56
4	2010	168,60	57,08	3258,13	185973,85	10615387,64
5	2011	89,00	-22,52	507,15	-11421,03	257201,53
6	2012	96,00	-15,52	240,87	-3738,31	58018,55
7	2013	135,00	23,48	551,31	12944,77	303943,16
8	2014	120,50	8,98	80,64	724,15	6502,87
9	2015	119,40	7,88	62,09	489,30	3855,71
10	2016	74,00	-37,52	1407,75	-52818,80	1981761,19
11	2017	99,50	-12,02	144,48	-1736,65	20874,59
12	2018	138,50	26,98	727,92	19639,29	529868,11
13	2019	92,70	-18,82	354,19	-6665,90	125452,26
14	2020	105,60	-5,92	35,05	-207,47	1228,25
15	2021	155,00	43,48	1890,51	82199,39	3574029,57
Jumlah		1672,80	0,0000	10644,0840	185039,6738	18740354,6764
Rata-rata (X)		111,52				

Nilai S, C_v, C_s, C_k:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10644,084}{14}} = 27,5734$$

$$C_v = 0,2473$$

$$C_s = 0,7275$$

$$C_k = 3,340$$

Dari lampiran 4 untuk n = 15 didapatkan nilai Y_n dan S_n seperti dibawah.

$$Y_n = 0,512$$

$$S_n = 1,02$$

Dari lampiran 3 berdasarkan periode ulang T didapat nilai Y_t.

Berikut contoh perhitungan analisis curah hujan rencana dengan distribusi Gumbel menggunakan persamaan 3.11

Untuk periode ulang (T) 2 tahun.

$$X_2 = 111,52 + (-0,1424 \times 27,5734) = 107,59 \text{ mm}$$

Tabel 5.9 Hasil Analisis Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

Kala Ulang	P(x)	X	S	Yt	Yn	Sn	K	X _T (mm)
2	0,5	111,52	27,5734	0,3668	0,512	1,02	-0,14235	107,59
5	0,8	111,52	27,5734	1,5004	0,512	1,02	0,96902	138,24

Berikut ini merupakan rekapitulasi analisis curah hujan maksimum dari berbagai jenis distribusi.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana Maksimum (mm)

No	Periode Ulang	Jenis Distribusi			
		Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
1	2	111,52	108,519	109,855	107,59
2	5	134,72	132,725	132,200	138,24

5.3 Uji Kecocokan Distribusi Hujan

Uji distribusi probabilitas digunakan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Dalam hal ini digunakan metode Chi-Kuadrat.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan uji distribusi hujan metode Chi-Kuadrat.

1. Data hujan dari terbesar ke terkecil

Tabel 5.11 Pengurutan Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil

No	X _i (mm)
1	168,60
2	155,00
3	138,50
4	135,00
5	120,50
6	119,40
7	105,60

Lanjutan Tabel 5.11 Pengurutan Data Hujan dari Terbesar ke Terkecil

No	Xi (mm)
8	104,50
9	99,50
10	96,10
11	96,00
12	92,70
13	89,00
14	78,40
15	74,00

2. Menghitung jumlah kelas

$$\text{Jumlah data (n)} = 15$$

$$\begin{aligned} \text{Kelas distribusi (K)} &= 1 + 3,3 \log n \\ &= 1 + 3,3 \log 15 \\ &= 4,9 \approx 5 \text{ kelas} \end{aligned}$$

3. Menghitung derajat kebebasan (DK) dan χ^2_{cr}

$$\text{Parameter (P)} = 2$$

$$\text{Derajat kebebasan (DK)} = K - (P+1) = 5 - (2+1) = 2$$

Nilai χ^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 15, $\alpha = 5\%$ dan DK = 2 adalah 5,991

4. Menghitung kelas distribusi

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

a. Persentase 20%

$$P_{(x)} = 20\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ tahun}$$

b. Persentase 40%

$$P_{(x)} = 40\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,4} = 2,5 \text{ tahun}$$

c. Persentase 60%

$$P_{(x)} = 60\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,6} = 1,67 \text{ tahun}$$

d. Persentase 80%

$$P_{(x)} = 80\% \text{ diperoleh } T = \frac{1}{P_{(x)}} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ tahun}$$

5. Menghitung interval kelas

Perhitungan interval kelas pada uji Chi-Kuadrat dapat dilihat pada Tabel 5.12 sampai 5.15 berikut.

Tabel 5.12 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Normal

Kelas (Px)	X	Kt	S	Xt
5	111,52	0,84	27,57	134,68
2,5	111,52	0,25	27,57	118,41
1,67	111,52	-0,25	27,57	104,63
1,25	111,52	-0,84	27,57	88,36

Tabel 5.13 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Log Normal

Kelas (Px)	Log X	Kt	S	(Log x + Kts)	Xt
5	2,04	0,84	0,1041	2,1230	132,7245
2,5	2,04	0,25	0,1041	2,0615	115,2208
1,67	2,04	-0,25	0,1041	2,0095	102,2068
1,25	2,04	-0,84	0,1041	1,9481	88,72773

Tabel 5.14 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III

Kelas (Px)	Log X	Kt	S	(Log x + Kts)	Xt
5	2,0355	0,8235	0,1041	2,1164	132,725
2,5	2,0355	0,3609	0,1041	2,0731	118,324
1,67	2,0355	0,1176	0,1041	2,0477	111,621
1,25	2,0355	-0,0550	0,1041	2,0298	107,097

Tabel 5.15 Analisis Uji Distribusi Probabilitas Chi-Kuadrat Distribusi Gumbel

Kelas (Px)	X	S	Yn	Sn	Yt	K	Xt
5	111,52	27,573	0,512	1,02	1,5004	0,9690	138,239
2,5	111,52	27,573	0,512	1,02	0,7214	0,2053	117,180
1,67	111,52	27,573	0,512	1,02	0,2922	-0,2155	105,578
1,25	111,52	27,573	0,512	1,02	-0,0123	-0,5140	97,347

6. Perhitungan nilai χ^2

Perhitungan nilai χ^2 untuk masing-masing distribusi dapat dilihat pada tabel 5.16 sampai 5.19 berikut.

Tabel 5.16 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Normal

Kelas	Interval		Ei	Oi	Oi-Ei	χ^2	
1		>	134,682	3	4	1	0,33
2	118,4133	-	134,682	3	2	-1	0,33
3	104,6267	-	118,413	3	1	-2	1,33
4	88,3584	-	104,627	3	6	3	3
5		<	88,358	3	2	-1	0,33
Jumlah				15	15		5,33

Tabel 5.17 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Normal

Kelas	Interval		Ei	Oi	Oi-Ei	χ^2	
1		>	132,725	3	4	1	0,33
2	115,2208	-	132,725	3	2	-1	0,33
3	102,2068	-	115,221	3	2	-1	0,33
4	88,7277	-	102,207	3	5	2	1,33
5		<	88,728	3	2	-1	0,33
Jumlah				15	15		2,67

Tabel 5.18 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Log Pearson III

Kelas	Interval		Ei	Oi	Oi-Ei	χ^2	
1		>	132,200	3	4	1	0,33
2	118,3241	-	132,200	3	2	-1	0,33
3	111,6213	-	118,324	3	0	-3	3
4	107,0972	-	111,621	3	0	-3	3
5		<	107,097	3	9	6	12
Jumlah				15	15		18,67

Tabel 5.19 Perhitungan Nilai χ^2 untuk Distribusi Gumbel

Kelas	Interval		Ei	Oi	Oi-Ei	χ^2	
1		>	138,239	3	3	0	0
2	117,180	-	138,239	3	3	0	0
3	105,578	-	117,180	3	1	-2	1,33
4	97,347	-	105,578	3	2	-1	0,33
5		<	97,347	3	6	3	3
Jumlah				15	15		4,67

7. Rekapitulasi uji probabilitas Chi-kuadrat

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan uji probabilitas Chi-Kuadrat dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Rekapitulasi uji probabilitas Chi-kuadrat

Rekapitulasi	χ^2	χ^2_{cr}	Ket
Normal	5,333	5,991	OK
Log Normal	2,667	5,991	OK
Log Pearson III	18,667	5,991	NOT OK
Gumbel	4,667	5,991	OK

Berdasarkan Tabel 5.20 terdapat tiga distribusi probabilitas yang memiliki $\chi^2 < \chi^2_{cr}$, ketiga distribusi tersebut dapat diterima, namun yang paling baik untuk menganalisis seri data hujan adalah Distribusi Log Normal karena memiliki nilai χ^2 paling kecil.

5.4 Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal yaitu distribusi probabilitas kontinu dari variabel acak yang logaritmanya terdistribusi normal. Perhitungan hujan rancangan menggunakan distribusi Log Normal pada data hujan yang didapat dari stasiun BMKG Kabupaten Pati dilakukan dengan periode kala ulang 2 dan 5 tahun. Perhitungan distribusi Log Normal dapat dilihat pada Tabel 5.21 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.21 Perhitungan Parameter Statis dengan Distribusi Log Normal

No	Tahun	X	(\bar{X})	$y = \log x$	$\text{Log } (y-\bar{y})$	$\text{Log } (y-\bar{y})^2$	$\text{Log } (y-\bar{y})^3$	$\text{Log } (y-\bar{y})^4$
1	2007	78,4	111,5	1,89432	-0,14119	0,01993	-0,00281	0,00040
2	2008	96,1		1,98272	-0,05278	0,00279	-0,00015	0,00001
3	2009	104,5		2,01912	-0,01639	0,00027	0,00000	0,00000
4	2010	168,6		2,22686	0,19135	0,03662	0,00701	0,00134
5	2011	89		1,94939	-0,08612	0,00742	-0,00064	0,00005
6	2012	96		1,98227	-0,05323	0,00283	-0,00015	0,00001
7	2013	135		2,13033	0,09483	0,00899	0,00085	0,00008

Lanjutan Tabel 5.21 Perhitungan Parameter Statis dengan Distribusi Log Normal

No	Tahun	X	(\bar{X})	$y = \log x$	$\text{Log } (y-\bar{y})$	$\text{Log } (y-\bar{y})^2$	$\text{Log } (y-\bar{y})^3$	$\text{Log } (y-\bar{y})^4$
8	2014	120,5		2,08099	0,04548	0,00207	0,00009	0,00000
9	2015	119,4		2,07700	0,04150	0,00172	0,00007	0,00000
10	2016	74		1,86923	-0,16627	0,02765	-0,00460	0,00076
11	2017	99,5		1,99782	-0,03768	0,00142	-0,00005	0,00000
12	2018	138,5		2,14145	0,10594	0,01122	0,00119	0,00013
13	2019	92,7		1,96708	-0,06843	0,00468	-0,00032	0,00002
14	2020	105,6		2,02366	-0,01184	0,00014	0,00000	0,00000
15	2021	155		2,19033	0,15483	0,02397	0,00371	0,00057
Jumlah				30,53258	1,5543E-15	0,15172	0,00420	0,00339

Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik menggunakan rumus yang sama dengan perhitungan distribusi normal, maka diperoleh nilai sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata (\bar{y}) = 2,0356
2. Standar deviasi (S) = 0,1041
3. Koefisien Kemencengan (C_s) = 0,3066

5.5 Perhitungan Hujan Rancangan

Perhitungan hujan rancangan menggunakan distribusi Log Normal pada data hujan yang didapat dari stasiun BMKG Kabupaten Pati. Karena Kecamatan Pati memiliki jumlah penduduk pada tahun 2021 sebanyak 133.200 jiwa, Pati termasuk ke dalam kota sedang sehingga berdasarkan tipologi kota menggunakan periode kala ulang 2 dan 5 tahun. Perhitungan hujan rancangan menggunakan Persamaan 3.9 sebagai berikut.

$$Y_T = \bar{y} + K_T \cdot S$$

Nilai K_T didapat dari Tabel nilai variabel reduksi Gauss yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Sehingga didapat nilai K_T untuk kala ulang 2 tahun adalah 0 dan nilai K_T untuk kala ulang 5 tahun adalah 0,84. Sehingga perhitungan hujan rancangan untuk periode kala ulang 2 dan 5 tahun sebagai berikut.

1. Hujan rencana kala ulang (Y_T) 2 tahun

$$\bar{y} = 2,0356$$

$$S = 0,104$$

$$C_s = 0,3066$$

$$K_{2 \text{ tahun}} = 0$$

$$\begin{aligned} Y_{2 \text{ tahun}} &= \bar{y} + (K_T \times S) \\ &= 2,03551 + (0 \times 0,104) \\ &= 2,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{2 \text{ tahun}} &= 10^{2,036} \\ &= 108,519 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Hujan rencana kala ulang (Y_T) 5 tahun

$$\bar{y} = 2,0356$$

$$S = 0,104$$

$$C_s = 0,3066$$

$$K_{5 \text{ tahun}} = 0,84$$

$$\begin{aligned} Y_{5 \text{ tahun}} &= \bar{y} + (K_T \times S) \\ &= 2,03551 + (0,84 \times 0,104) \\ &= 2,123 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{5 \text{ tahun}} &= 10^{2,123} \\ &= 132,725 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan hujan rancangan untuk periode kala ulang 2 dan 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.22 sebagai berikut.

Tabel 5.22 Hujan Rancangan Kala Ulang

Tahun	\bar{y}	K	S	Y_n	X_T (mm)
2	2,036	0	0,104	2,036	108,519
5	2,036	0,840	0,104	2,123	132,725

5.6 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 Raya Pati-Tayu, Kecamatan Pati, Kabupaten Pati dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 di halaman selanjutnya.

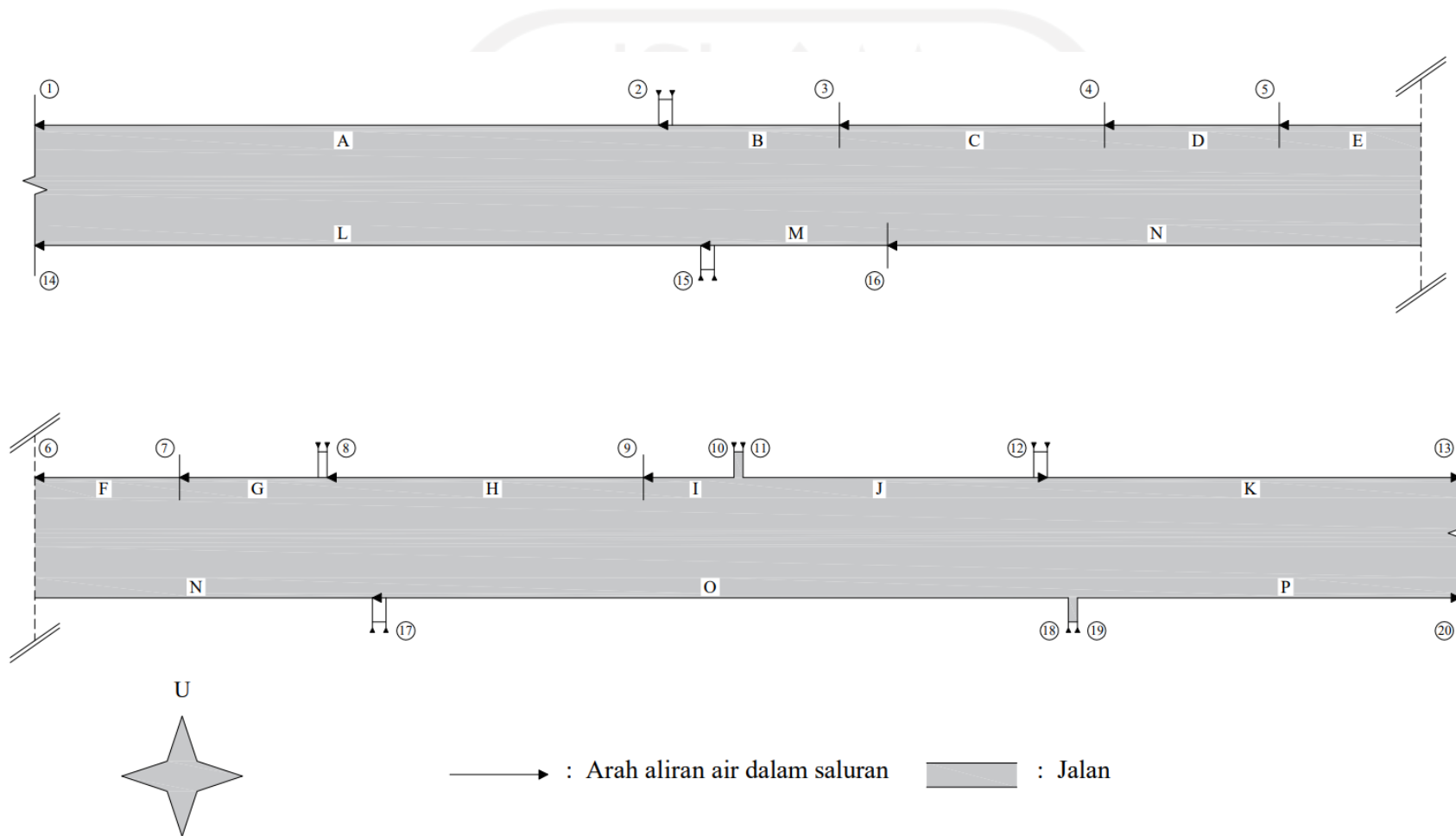
Pada Gambar 5.2 Daerah tangkapan air pada masing masing drainase tersebut memiliki tata lahan yang beragam sehingga koefisien limpasan permukaan yang digunakan adalah koefisien komposit atau koefisien gabungan dari beberapa tata guna lahan. Pada penelitian ini tata guna lahan dibagi menjadi 3 bagian yaitu warna merah menunjukkan daerah pemukiman, warna hijau menunjukkan daerah kebun atau taman, warna ungu menunjukkan jalan.

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 (T_c). Berikut pengelompokan drainase dapat dilihat pada Tabel 5.23 pada halaman 51.



- Pemukiman
- Taman/Kebun
- Jalan Aspal

Gambar 5.1 Kondisi Wilayah Saluran Drainase pada Jalan Raya Pati-Tayu



Gambar 5.2 Skema Layanan Saluran Drainase pada Jalan Raya Pati-Tayu

Tabel 5.23 Pengelompokan Saluran Drainase

Kelompok	Saluran	Titik		Kelompok	Saluran	Titik	
		Dari	Ke			Dari	Ke
1	A	2	1	2	J	11	12
	B	3	2		K	12	13
	C	4	3	3	L	15	14
	D	5	4		M	16	15
	E	6	5		N	17	16
	F	7	6	4	O	18	17
	G	8	7		P	19	20
	H	9	8				
	I	10	9				

Luas daerah tangkapan air serta tata guna lahan menggunakan aplikasi *Global Mapper* pada Saluran (J) dapat dilihat pada Gambar 5.3 sebagai berikut dan Tabel 5.24 pada halaman 52.



■ Pemukiman
 ■ Taman/Kebun
 ■ Jalan Aspal

Gambar 5.3 Daerah Tangkapan Air Saluran (J)

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

SALURAN (J)			
Tata Guna Lahan	C	A(ha)	C x A
Pemukiman	0,6	0,6977	0,4186
Taman/Kebun	0,2	0,1595	0,0319
Jalan Aspal	0,7	0,0959	0,0671
Jumlah		0,9531	0,5176
C Komposit		0,5431	

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

$$\begin{aligned}
 C_{\text{Komposit}} &= \frac{(C_1 \times A_1) + (C_2 \times A_2) + (C_3 \times A_3)}{A_{\text{Total}}} \\
 &= \frac{(0,6 \times 0,6977) + (0,2 \times 0,1595) + (0,7 \times 0,0959)}{0,0095} \\
 &= 0,5431
 \end{aligned}$$

Untuk keseluruhan perhitungan koefisien limpasan komposit pada setiap DTA masing masing drainase dapat dilihat pada Tabel 5.25 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.25 Luas DTA dan Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan

Klp	Saluran	Tata Guna Lahan	C	Luas (Ha)	(Ax C)	A total	C Komposit
1	A	Pemukiman	0,6	5,1085	3,0651	9,2793	0,4480
		Taman/Kebun	0,2	3,6555	0,7311		
		Jalan Aspal	0,7	0,5152	0,3607		
	B	Pemukiman	0,6	3,8405	2,3043	7,3330	0,4349
		Taman/Kebun	0,2	3,1195	0,6239		
		Jalan Aspal	0,7	0,3730	0,2611		
	C	Pemukiman	0,6	2,8150	1,6890	6,1383	0,4145
		Taman/Kebun	0,2	3,0739	0,6148		
		Jalan Aspal	0,7	0,2494	0,1746		
	D	Pemukiman	0,6	2,6743	1,6046	5,2132	0,4288
		Taman/Kebun	0,2	2,2933	0,4587		
		Jalan Aspal	0,7	0,2456	0,1719		

Lanjutan Tabel 5.25 Luas DTA dan Hasil Perhitungan Koefisien Limpasan

Klp	Saluran	Tata Guna Lahan	C	Luas (Ha)	(AxC)	A total	C Komposit
1	E	Pemukiman	0,6	2,3692	1,4215	4,3421	0,4411
		Taman/Kebun	0,2	1,7743	0,3549		
		Jalan Aspal	0,7	0,1986	0,1390		
	F	Pemukiman	0,6	1,7932	1,0759	3,1109	0,4594
		Taman/Kebun	0,2	1,1383	0,2277		
		Jalan Aspal	0,7	0,1794	0,1256		
	G	Pemukiman	0,6	1,3269	0,7961	2,1869	0,4770
		Taman/Kebun	0,2	0,7101	0,1420		
		Jalan Aspal	0,7	0,1500	0,1050		
	H	Pemukiman	0,6	1,0374	0,6224	1,7591	0,4729
		Taman/Kebun	0,2	0,5916	0,1183		
		Jalan Aspal	0,7	0,1301	0,0911		
I	Pemukiman	0,6	0,3215	0,1929	0,4224	0,5699	
	Taman/Kebun	0,2	0,0456	0,0091			
	Jalan Aspal	0,7	0,0553	0,0387			
2	J	Pemukiman	0,6	0,6977	0,4186	0,9531	0,5431
		Taman/Kebun	0,2	0,1595	0,0319		
		Jalan Aspal	0,7	0,0959	0,0671		
	K	Pemukiman	0,6	2,4181	1,4509	3,2419	0,5317
		Taman/Kebun	0,2	0,6079	0,1216		
		Jalan Aspal	0,7	0,2159	0,1511		
3	L	Pemukiman	0,6	2,6554	1,5932	11,9076	0,3031
		Taman/Kebun	0,2	8,7057	1,7411		
		Jalan Aspal	0,7	0,5465	0,3826		
	M	Pemukiman	0,6	2,0523	1,2314	9,3701	0,3064
		Taman/Kebun	0,2	6,9650	1,3930		
		Jalan Aspal	0,7	0,3529	0,2470		
	N	Pemukiman	0,6	1,5543	0,9326	8,5240	0,2903
		Taman/Kebun	0,2	6,6730	1,3346		
		Jalan Aspal	0,7	0,2967	0,2077		
	O	Pemukiman	0,6	0,2272	0,1363	3,7208	0,2452
		Taman/Kebun	0,2	3,3390	0,6678		
		Jalan Aspal	0,7	0,1546	0,1082		
4	P	Pemukiman	0,6	0,1661	0,0997	0,8736	0,3239
		Taman/Kebun	0,2	0,6240	0,1248		
		Jalan Aspal	0,7	0,0835	0,0585		

Dari perhitungan koefisien limpasan air tersebut didapat rata rata koefisien limpasan sebesar 0,4181 yang berarti bahwa hampir setengah air hujan yang turun ke tanah menjadi air limpasan yang masuk kedalam sistem saluran drainase.

5.7 Dimensi dan Kemiringan Saluran (*Slope*)

Berdasarkan hasil survei pada lokasi penelitian serta pengolahan data elevasi melalui aplikasi *Global Mapper* dihasilkan dimensi, kemiringan, dan panjang saluran. Kemiringan saluran diperoleh dari pembagian antara panjang saluran dengan beda tinggi elevasi titik awal dan titik akhir. Nilai kemiringan serta rekapitulasi dimensi saluran drainase dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5.26 Kemiringan Saluran Drainase

Klp	Saluran	Titik		Elevasi (mdpl)		Beda Elevasi (m)	Panjang Ld (m)	So
		Dari	Ke	Awal	Akhir			
1	A	2	1	11,131	12,291	1,16	207,21	0,0056
	B	3	2	12,291	12,512	0,22	60,92	0,0036
	C	4	3	12,512	12,9	0,39	88,723	0,0044
	D	5	4	12,9	13,212	0,31	58,882	0,0053
	E	6	5	13,212	13,638	0,43	47,476	0,0090
	F	7	6	13,638	14,241	0,60	48,472	0,0124
	G	8	7	14,241	14,846	0,61	49,665	0,0122
	H	9	8	14,846	15,146	0,30	105,53	0,0028
	I	10	9	15,146	15,676	0,53	30,436	0,0174
2	J	11	12	15,676	14,547	1,13	104,72	0,0108
	K	12	13	14,547	13,676	0,87	137,35	0,0063
3	L	15	14	11,098	11,508	0,41	221,28	0,0019
	M	16	15	11,508	11,698	0,19	62,479	0,0030
	N	17	16	11,698	12,587	0,89	289,84	0,0031
	O	18	17	12,587	13,463	0,88	234,28	0,0037
4	P	19	20	13,463	13,103	0,36	132,57	0,0027

Tabel 5.27 Dimensi Saluran Drainase

Klp	Saluran	Titik		Bentuk	Dimensi (cm)	
		Dari	Ke		B	H
1	A	2	1	Segi Empat	160	120
	B	3	2	Segi Empat	140	120
	C	4	3	Segi Empat	90	80
	D	5	4	Segi Empat	100	90
	E	6	5	Segi Empat	95	90
	F	7	6	Segi Empat	90	80
	G	8	7	Segi Empat	90	75
	H	9	8	Segi Empat	80	90
	I	10	9	Segi Empat	60	80
2	J	11	12	Segi Empat	80	90
	K	12	13	Segi Empat	85	90
3	L	15	14	Segi Empat	90	80
	M	16	15	Segi Empat	90	85
	N	17	16	Segi Empat	90	95
	O	18	17	Segi Empat	80	95
4	P	19	20	Segi Empat	80	90

Data dari Tabel 5.26 dan Tabel 5.27 diolah untuk menentukan kecepatan aliran pada drainase tersebut. Nilai kecepatan aliran dihitung menggunakan persamaan *Manning* yang ditunjukkan pada Persamaan 3.29. berikut adalah perhitungan kecepatan aliran pada Saluran J.

$$B = 0,8 \text{ m}$$

$$H = 0,9 \text{ m}$$

$$S_o = 0,0108$$

$$n = 0,016 \text{ (Saluran beton kondisi baik)}$$

$$A_s = (B \times H)$$

$$= (0,8 \times 0,9)$$

$$= 0,72 \text{ m}^2$$

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

$$= 0,8 + (2 \times 0,9)$$

$$= 2,6 \text{ m}$$

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

$$= \frac{0,72}{2,6}$$

$$= 0,277 \text{ m}$$

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

$$= \frac{1}{0,016} \times 0,277^{\frac{2}{3}} \times 0,0108^{\frac{1}{2}}$$

$$= 2,757 \text{ m/detik}$$

Perhitungan kecepatan pada Saluran J tersebut diterapkan juga untuk perhitungan kecepatan aliran pada saluran yang lain. Hasil rekapitulasi perhitungan kecepatan aliran dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.28 Kecepatan Aliran

Klp	Saluran	n	As (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/detik)
1	A	0,016	1,92	4	0,480	2,867
	B	0,016	1,68	3,8	0,442	2,185
	C	0,016	0,72	2,5	0,288	1,802
	D	0,016	0,90	2,8	0,321	2,135
	E	0,016	0,86	2,75	0,311	2,717
	F	0,016	0,72	2,5	0,288	3,040
	G	0,016	0,68	2,4	0,281	2,961
	H	0,016	0,72	2,6	0,277	1,416
	I	0,016	0,48	2,2	0,218	2,989
2	J	0,016	0,72	2,6	0,277	2,757
	K	0,016	0,77	2,65	0,289	2,174
3	L	0,016	0,72	2,5	0,288	1,173
	M	0,016	0,77	2,6	0,294	1,525
	N	0,016	0,86	2,8	0,305	1,570
	O	0,016	0,76	2,7	0,281	1,641
4	P	0,016	0,72	2,6	0,277	1,384

5.8 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 3.22 sedangkan untuk menentukan t_d menggunakan Persamaan 3.24. Perhitungan waktu konsentrasi pada saluran (J) dan saluran (K) seperti berikut.

1. Saluran J

$$L_0 = 125,55 \text{ m}$$

$$L_d = 104,72 \text{ m}$$

$$S_0 = 0,0108$$

$$V = 2,757 \text{ m/det}$$

$$\begin{aligned} t_0 (J) &= 0,0195 \left(\frac{L_0}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \\ &= 0,0195 \left(\frac{125,55}{\sqrt{0,0108}} \right)^{0,77} \\ &= 1,869 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$= 0,0311 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} t_d (J) &= \frac{L_d}{3600 \times V} \\ &= \frac{104,72}{3600 \times 2,757} \\ &= 0,0106 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_c (J) &= t_0 + t_d \\ &= 0,0311 + 0,0106 \\ &= 0,0417 \text{ jam} \end{aligned}$$

2. Saluran K

$$L_0 = 172,33 \text{ m}$$

$$L_d = 137,35 \text{ m}$$

$$S_0 = 0,0063$$

$$V = 2,174 \text{ m/det}$$

$$\begin{aligned}
 t_0 (K) &= 0,0195 \left(\frac{L_0}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \\
 &= 0,0195 \left(\frac{172,33}{\sqrt{0,0063}} \right)^{0,77} \\
 &= 2,0598 \text{ menit} \\
 &= 0,0343 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_d (K) &= \frac{L_d}{3600 \times V} \\
 &= \frac{137,35}{3600 \times 2,174} \\
 &= 0,0175 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 t_{c (K)1} &= t_c (J) + t_d (K) \\
 &= 0,0417 + 0,0175 \\
 &= 0,0593 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{c (K)2} &= t_0 (K) + t_d (K) \\
 &= 0,0343 + 0,0175 \\
 &= 0,0519 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dari perbandingan dua nilai t_c tersebut maka diambil nilai t_c maksimum yaitu sebesar 0,0593 jam. Untuk keseluruhan perhitungan waktu konsentrasi pada setiap saluran drainase dapat dilihat pada Tabel 5.29 sebagai berikut.

Tabel 5.29 Waktu Konsentrasi

Klp	Saluran	n	As (m ²)	Ld (m)	Lo (m)	v (m/s)	T ₀ (jam)	T _d (jam)	T _c (jam)
1	A	0,016	1,920	207,21	142,22	2,867	0,0336	0,0201	0,1184
	B	0,016	1,680	60,92	136,74	2,185	0,0346	0,0077	0,0984
	C	0,016	0,720	88,72	172,54	1,802	0,0354	0,0137	0,0906
	D	0,016	0,900	58,88	196,52	2,135	0,0356	0,0077	0,0784
	E	0,016	0,855	47,48	216,49	2,717	0,0346	0,0049	0,0708
	F	0,016	0,720	48,47	235,57	3,040	0,0342	0,0044	0,0659
	G	0,016	0,675	49,67	113,58	2,961	0,0303	0,0047	0,0615
	H	0,016	0,720	105,53	156,67	1,416	0,0361	0,0207	0,0546
	I	0,016	0,480	30,44	156,58	2,989	0,0311	0,0028	0,0339

Lanjutan Tabel 5.29 Waktu Konsentrasi

Klp	Saluran	n	As (m ²)	Ld (m)	L _o (m)	v (m/s)	T ₀ (jam)	T _d (jam)	T _c (jam)
2	J	0,016	0,720	104,72	125,55	2,757	0,0311	0,0106	0,0417
	K	0,016	0,765	137,35	172,33	2,174	0,0343	0,0175	0,0593
3	L	0,016	0,720	221,28	155,09	1,173	0,0374	0,0524	0,2090
	M	0,016	0,765	62,48	122,13	1,525	0,0345	0,0114	0,1466
	N	0,016	0,855	289,84	186,99	1,570	0,0370	0,0513	0,1318
	O	0,016	0,760	234,28	222,19	1,641	0,0374	0,0396	0,0771
4	P	0,016	0,720	132,57	120,34	1,384	0,0347	0,0266	0,0613

5.9 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 3.21 sebagai berikut.

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

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

1. Saluran J

$$R_{24} = 108,519 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,0417 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} I_{(J)} &= \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{108,519}{24} \times \left(\frac{24}{0,0417}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 312,854 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

2. Saluran K

$$R_{24} = 108,519 \text{ mm}$$

$$t_c = 0,0593 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} I_{(A)} &= \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{108,519}{24} \times \left(\frac{24}{0,0593}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 247,538 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut Intensitas hujan dengan kala ulang 2 tahun pada saluran (J) dan saluran (K) berturut-turut sebesar 312,854 mm/jam dan 247,538 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 5.30 berikut.

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan

Kelompok	Saluran	Intensitas Hujan (mm/jam)	
		2 tahun	5 tahun
1	A	155,998	190,794
	B	176,564	215,947
	C	186,488	228,085
	D	205,314	251,111
	E	219,876	268,921
	F	230,541	281,964
	G	241,481	295,345
	H	261,447	319,764
	I	359,311	439,457
2	J	312,854	382,638
	K	247,538	302,752
3	L	106,809	130,633
	M	135,345	165,535
	N	145,244	177,642
	O	207,719	254,052
4	P	241,943	295,910

5.10 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung dengan metode rasional seperti pada Persamaan 3.27. Berikut perhitungan debit banjir rencana Saluran (J) dan Saluran (K) pada kala ulang 2 tahun.

1. Saluran J

$$A = 0,01 \text{ km}^2$$

$$C = 0,543$$

$$I_{(J)} = 312,854 \text{ mm/jam}$$

$$Q_{(J)} = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

$$= \frac{1}{3,6} \times 0,543 \times 312,854 \times 0,01$$

$$= 0,450 \text{ m}^3/\text{det}$$

2. Saluran K

$$A = A_{(J)} + A_{(K)}$$

$$= 0,01 + 0,023$$

$$= 0,032 \text{ km}^2$$

$$C = \frac{(C_{(J)} \times A_{(J)}) + (C_{(K)} \times A_{(K)})}{A_{tot}}$$

$$= \frac{(0,543 \times 0,01) + (0,532 \times 0,023)}{0,032}$$

$$= 0,532$$

$$I_{(K)} = 247,538 \text{ mm/jam}$$

$$Q_{(K)} = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

$$= \frac{1}{3,6} \times 0,532 \times 247,538 \times 0,032$$

$$= 1,185 \text{ m}^3/\text{det}$$

Hasil perhitungan debit rencana pada saluran (J) dan saluran (K) pada kala ulang 2 tahun berturut-turut sebesar 0,450 m³/det dan 1,185 m³/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 5.31 berikut.

Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Kelompok	Saluran	Q Banjir (m ³ /detik)	
		2 tahun	5 tahun
1	A	1,801	2,203
	B	1,564	1,913
	C	1,409	1,723
	D	1,275	1,559
	E	1,170	1,431
	F	0,915	1,119
	G	0,700	0,856
	H	0,604	0,739
	I	0,240	0,294

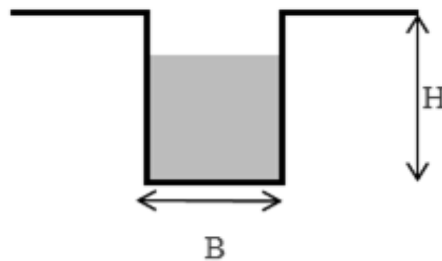
Lanjutan Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Kelompok	Saluran	Q Banjir (m ³ /detik)	
		2 tahun	5 tahun
2	J	0,450	0,550
	K	1,185	1,449
3	L	1,071	1,309
	M	1,080	1,320
	N	0,999	1,221
	O	0,526	0,644
4	P	0,190	0,233

5.11 Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Saluran drainase eksisting yang terdapat pada sepanjang Jalan Raya Pati-Tayu 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 3.28. Berikut perhitungan kapasitas saluran drainase pada Saluran (J) dan Saluran (K).

1. Saluran J



Gambar 5.4 Ilustrasi Penampang Saluran J

$$\begin{aligned}
 B &= 0,8 \text{ m} \\
 H &= 0,9 \text{ m} \\
 A_{(J)} &= 0,720 \text{ m}^2 \\
 V_{(J)} &= 2,757 \text{ m/det} \\
 Q_{(J)} &= A \times V \\
 &= 0,720 \times 2,757 \\
 &= 1,985 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

2. Saluran K

$$\begin{aligned}
 B &= 0,85 \text{ m} \\
 H &= 0,9 \text{ m} \\
 A_{(K)} &= 0,765 \text{ m}^2 \\
 V_{(K)} &= 2,174 \text{ m/det} \\
 Q_{(K)} &= A \times V \\
 &= 0,765 \times 2,174 \\
 &= 1,663 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas pada saluran drainase eksisting yang lain dilakukan dengan cara yang sama dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut.

Tabel 5.32 Hasil Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Kelompok	Saluran	A (m ²)	V (m/det)	Q eksisting (m ³ /detik)
1	A	1,920	2,867	5,504
	B	1,680	2,185	3,670
	C	0,720	1,802	1,298
	D	0,900	2,135	1,921
	E	0,855	2,717	2,323
	F	0,720	3,040	2,189
	G	0,675	2,961	1,999
	H	0,720	1,416	1,019
	I	0,480	2,989	1,435
2	J	0,720	2,757	1,985
	K	0,765	2,174	1,663
3	L	0,720	1,173	0,845
	M	0,765	1,525	1,166
	N	0,855	1,570	1,342
	O	0,760	1,641	1,248
4	P	0,720	1,384	0,996

Hasil perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting tersebut kemudian dibandingkan dengan debit banjir rencana yang terdapat pada Tabel 5.31 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 5.33 sebagai berikut.

Tabel 5.33 Perbandingan Kapasitas Drainase dan Debit Banjir Rencana

Klp	Saluran	Q banjir (m ³ /detik)		Q Eksisting (m ³ /detik)	Keterangan	
		2 Tahun	5 Tahun		2 Tahun	5 Tahun
1	A	1,801	2,203	5,504	Aman	Aman
	B	1,564	1,913	3,670	Aman	Aman
	C	1,409	1,723	1,298	Melimpas	Melimpas
	D	1,275	1,559	1,921	Aman	Aman
	E	1,170	1,431	2,323	Aman	Aman
	F	0,915	1,119	2,189	Aman	Aman
	G	0,700	0,856	1,999	Aman	Aman
	H	0,604	0,739	1,019	Aman	Aman
	I	0,240	0,294	1,435	Aman	Aman
2	J	0,450	0,550	1,985	Aman	Aman
	K	1,185	1,449	1,663	Aman	Aman
3	L	1,071	1,309	0,845	Melimpas	Melimpas
	M	1,080	1,320	1,166	Aman	Melimpas
	N	0,999	1,221	1,342	Aman	Aman
	O	0,526	0,644	1,248	Aman	Aman
4	P	0,190	0,233	0,996	Aman	Aman

Dari hasil perbandingan pada Tabel 5.34 tersebut maka dapat disimpulkan pada kala ulang 2 tahun terdapat 2 saluran drainase yang memungkinkan terjadi genangan yaitu Saluran C dan L sedangkan pada kala ulang 5 tahun terdapat 3 saluran drainase yaitu Saluran C, L, dan M.

5.12 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 2 saluran drainase yang tidak memenuhi debit limpasan yaitu Saluran C dan L. Berdasarkan tipologi Kabupaten Pati yang termasuk ke dalam kota sedang 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 5.34 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

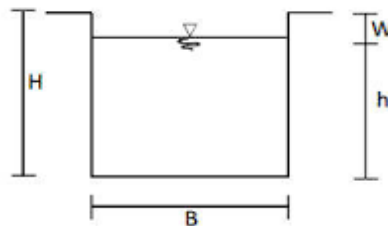
Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (ha)			
	<10	10 - 100	101 - 500	>500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th	10 – 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 – 5 Th

(Sumber: Peraturan Menteri PU no 12, 2014)

Menurut Peraturan Menteri PU no 12 tahun 2014 menjelaskan klasifikasi kota berdasarkan jumlah penduduknya adalah sebagai berikut.

1. Kota Metropolitan adalah kota yang mempunyai penduduk lebih dari 1.000.000 jiwa
2. Kota Besar adalah kota yang mempunyai penduduk antara 500.000 jiwa – 1.000.000 jiwa
3. Kota Sedang adalah kota yang mempunyai penduduk antara 100.000 jiwa – 500.000 jiwa
4. Kota Kecil adalah kota yang mempunyai penduduk antara 20.000 jiwa – 100.000 jiwa

Berikut perhitungan desain ulang saluran drainase menggunakan penampang segi empat.



Gambar 5.5 Ilustrasi Penampang Segi Empat

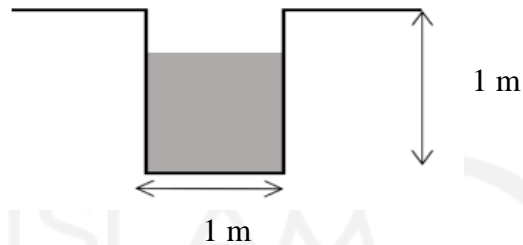
Dengan bahan dasar berupa beton *precast* sehingga harga koefisien *manning* $n = 0.013$ dan diasumsikan lebar $B = 1,5h$ dengan pertimbangan bahwa besar debit rencana yang terjadi berkisar $0,5 \text{ m}^3/\text{det} - 2 \text{ m}^3/\text{det}$ sehingga perhitungan desain Saluran (C) dan Saluran (L) sebagai berikut.

1. Saluran C

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{banjir}} &= 1,409 \text{ m}^3/\text{det} \\
 B &= 1,5h \\
 \text{Luas Tampang (As)} &= (B \times h) \\
 &= 1,5h^2 \\
 \text{Keliling Basah (P)} &= (B + 2h) \\
 &= 3,5h \\
 \text{Radius Hidrolik (R)} &= \frac{As}{P} \\
 &= \frac{1,5}{3,5} h \\
 V &= \frac{1}{n} \times R^2 \times S^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{1,5}{3,5} h\right)^2 \times 0,0044^{\frac{1}{2}} \\
 &= 2,892h^{\frac{2}{3}} \text{ m}^3/\text{det} \\
 Q_{\text{banjir}} &= Q_{\text{saluran}} \\
 Q_{\text{banjir}} &= As \times V \\
 1,409 \text{ m}^3/\text{det} &= 1,5h^2 \times 2,892h^{\frac{2}{3}} \\
 1,409 \text{ m}^3/\text{det} &= 4,337h^{\frac{8}{3}} \\
 h^{\frac{8}{3}} &= 0,325 \\
 h &= 0,656 \text{ m} \\
 w &= 30\% \times 0,656 \\
 &= 0,197 \text{ m} \\
 H &= h + w \\
 &= 0,656 + 0,197 \\
 &= 0,853 \text{ m} \approx 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$B = 1,5 \times 0,656 \text{ m}$$

$$= 0,984 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$



Gambar 5.6 Dimensi Saluran (C)

2. Saluran L

$$Q_{\text{banjir}} = 1,071 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$B = 1,5h$$

$$\text{Luas Tampang (As)} = (B \times h)$$

$$= 1,5h^2$$

$$\text{Keliling Basah (P)} = (B + 2h)$$

$$= 3,5h$$

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

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

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

$$= \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{1,5}{3,5} h\right)^{\frac{2}{3}} \times 0,0019^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,882h^{\frac{2}{3}} \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_{\text{banjir}} = Q_{\text{saluran}}$$

$$Q_{\text{banjir}} = As \times V$$

$$1,071 \text{ m}^3/\text{det} = 1,5h^2 \times 1,882h^{\frac{2}{3}}$$

$$1,071 \text{ m}^3/\text{det} = 2,823h^{\frac{8}{3}}$$

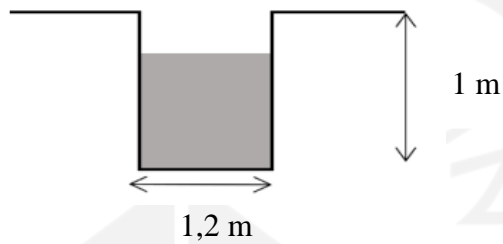
$$h^{\frac{8}{3}} = 0,379$$

$$h = 0,695 \text{ m}$$

$$w = 30\% \times 0,695$$

$$= 0,209 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H &= h + w \\
 &= 0,695 + 0,209 \\
 &= 0,904 \text{ m} \approx 1 \text{ m} \\
 B &= 1,5 \times 0,695 \text{ m} \\
 &= 1,043 \text{ m} \approx 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.7 Dimensi Saluran (L)

Dari perhitungan di atas diperoleh dimensi lebar dan tinggi pada saluran (C) yaitu $B = 1 \text{ m}$ dan $H = 1 \text{ m}$ dan dimensi saluran (L) yaitu $B = 1,2 \text{ m}$ dan $H = 1 \text{ m}$. Perhitungan desain ulang pada saluran drainase yang lain dilakukan dengan cara yang sama dengan bentuk segi empat. Dimensi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut.

Tabel 5.35 Hasil Perhitungan Ulang Penampang Saluran Drainase

Saluran	Q banjir (m^3/detik)	B (m)	H (m)
C	1,409	1	1
L	1,071	1,2	1

5.13 Pembahasan

Evaluasi kapasitas saluran drainase dilakukan dengan membandingkan debit banjir rencana (Q_{banjir}) dan kapasitas drainase eksisting ($Q_{\text{eksisting}}$). Jika nilai $Q_{\text{eksisting}}$ yang didapat lebih kecil dari debit banjir rancangan yang terjadi maka saluran drainase tersebut tidak cukup untuk menampung limpasan yang terjadi sehingga perlu dilakukan evaluasi dapat dilihat pada Tabel 5.36 pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.36 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase

Kel	Saluran	Q Banjir (m ³ /det)		Q Eksisting (m ³ /det)	Keterangan	
		2 Tahun	5 Tahun		2 Tahun	5 Tahun
1	A	1,801	2,203	5,504	Aman	Aman
	B	1,564	1,913	3,670	Aman	Aman
	C	1,409	1,723	1,298	Melimpas	Melimpas
	D	1,275	1,559	1,921	Aman	Aman
	E	1,170	1,431	2,323	Aman	Aman
	F	0,915	1,119	2,189	Aman	Aman
	G	0,700	0,856	1,999	Aman	Aman
	H	0,604	0,739	1,019	Aman	Aman
	I	0,240	0,294	1,435	Aman	Aman
2	J	0,450	0,550	1,985	Aman	Aman
	K	1,185	1,449	1,663	Aman	Aman
3	L	1,071	1,309	0,845	Melimpas	Melimpas
	M	1,080	1,320	1,166	Aman	Melimpas
	N	0,999	1,221	1,342	Aman	Aman
	O	0,526	0,644	1,248	Aman	Aman
4	P	0,190	0,233	0,996	Aman	Aman

Dari perbandingan antara debit banjir rancangan (Q_{banjir}) dan kapasitas drainase eksisting ($Q_{\text{eksisting}}$) diperoleh kesimpulan bahwa pada kala ulang 2 tahun terdapat 2 saluran drainase yang memungkinkan terjadi genangan, yaitu saluran C dan L. Pada kala ulang 5 tahun terdapat 3 saluran drainase yaitu saluran C, L, dan M. 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 5.37 sebagai berikut.

Tabel 5.37 Perubahan Dimensi Saluran Drainase

Saluran	Q banjir (m ³ /detik)	B (m)	H (m)
C	1,409	1	1
L	1,071	1,2	1

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 Kecamatan Pati yang termasuk ke dalam kota sedang 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 Raya Pati-Tayu, Kecamatan Pati, Kabupaten Pati dapat disimpulkan bahwa.

1. Terdapat 2 saluran dari 16 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 C dan L.
2. Hasil perhitungan dan analisis menunjukkan 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

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

- Adi, M.F. 2022. *Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Pada Jalan Merpati, Kecamatan Tegal Selatan, Kotamadya Tegal*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Data Online Pusat Database-BMKG (<https://www.dataonline.bmkg.go.id>. Diakses 27 September 2022)
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Dasar-Dasar Perencanaan Drainase Jalan (Road Design Engineer-07)*. DPU. Jakarta.
- Dewan Standarisasi Nasional. 1994. *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994)*. DSN. Jakarta.
- 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.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. *Permen PU no 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Kompas.com (<https://www.kompas.com/skola/read/2020/04/15/060000669/tahapan-siklus-hidrologi>. Diakses 25 September 2022)
- 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.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.



LAMPIRAN

الجامعة الإسلامية
الابستد الاندو

Lampiran 1 Tabel Nilai 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

Lampiran 2 Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss

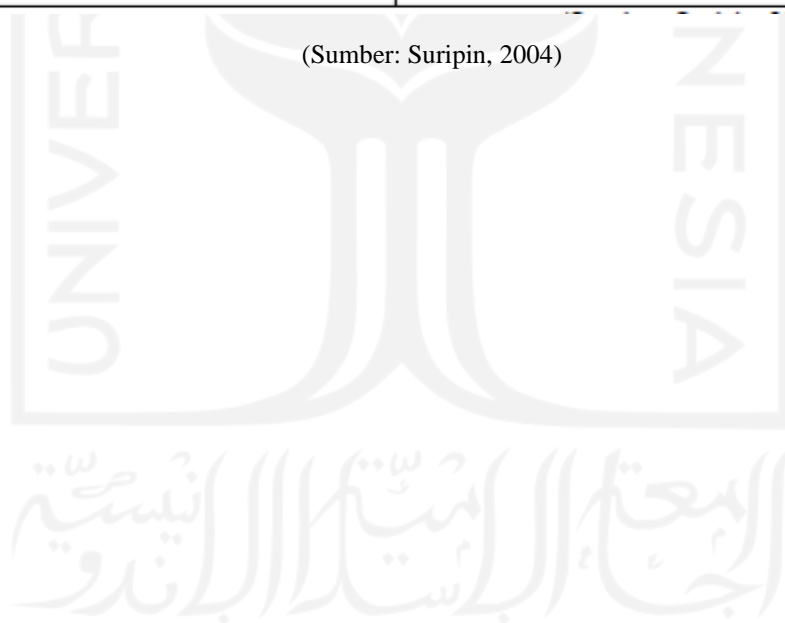
No	Periode ulang (T tahun)	K
1	1,001	-3,05
2	1,005	-2,58
3	1,010	-2,33
4	1,050	-1,64
5	1,110	-1,28
6	1,250	-0,84
7	1,330	-0,67
8	1,430	-0,52
9	1,670	-0,25
10	2,000	0
11	2,500	0,25
12	3,330	0,52
13	4,000	0,67
14	5,000	0,84
15	10,000	1,28
16	20,000	1,64
17	50,000	2,05
18	100,000	2,33
19	20,000	2,58
20	500,000	2,88
21	1000,000	3,09

(Sumber: Suripin, 2004)

Lampiran 3 Tabel *Reduced Variate* (Y_t)

Periode ulang	<i>Reduced variate</i>
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)



Lampiran 4 Tabel Hubungan N (besar sampel) dengan Y_n dan S_n

Tabel *Reduced Mean*, Y_n

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,49	0,499	0,503	0,507	0,510	0,512	0,515	0,518	0,520	0,522
20	0,52	0,525	0,526	0,528	0,529	0,530	0,532	0,533	0,534	0,535
30	0,53	0,537	0,538	0,538	0,839	0,540	0,541	0,541	0,542	0,543
40	0,54	0,544	0,544	0,545	0,545	0,546	0,546	0,547	0,547	0,548
50	0,54	0,548	0,549	0,549	0,550	0,550	0,550	0,551	0,551	0,551
60	0,55	0,552	0,552	0,553	0,553	0,553	0,553	0,554	0,554	0,554
70	0,55	0,555	0,555	0,555	0,555	0,555	0,556	0,556	0,556	0,556
80	0,55	0,557	0,557	0,557	0,557	0,557	0,558	0,558	0,558	0,558
90	0,55	0,558	0,558	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559	0,559
100	0,56	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,561	0,561

Tabel *Reduced Mean*, S_n

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,94	0,967	0,983	0,997	1,009	1,020	1,031	1,041	1,049	1,056
20	1,06	1,069	1,075	1,081	1,086	1,091	1,096	1,100	1,104	1,108
30	1,11	1,115	1,119	1,122	1,125	1,128	1,131	1,133	1,136	1,138
40	1,14	1,143	1,145	1,148	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159
50	1,16	1,162	1,163	1,165	1,166	1,168	1,169	1,170	1,172	1,173
60	1,17	1,175	1,177	1,178	1,179	1,180	1,181	1,182	1,183	1,184
70	1,18	1,186	1,187	1,188	1,189	1,189	1,190	1,191	1,192	1,193
80	1,19	1,194	1,195	1,195	1,196	1,197	1,198	1,198	1,199	1,200
90	1,20	1,201	1,202	1,202	1,203	1,203	1,204	1,204	1,205	1,206
100	1,20	1,206	1,207	1,207	1,208	1,208	1,208	1,209	1,209	1,209

(Sumber: Suripin, 2004)

Lampiran 5 Tabel Nilai Chi Kuadrat Kritik

DK	Distribusi χ^2											
	0.99	0.95	0.9	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
1	0.000	0.004	0.016	0.064	0.148	0.455	1.074	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	0.020	0.103	0.211	0.446	0.713	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	9.210	13.815
3	0.115	0.352	0.584	1.005	1.424	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	0.297	0.711	1.064	1.649	2.195	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	0.554	1.145	1.610	2.343	3.000	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	15.086	20.517
6	0.872	1.635	2.204	3.070	3.828	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	16.812	22.457
7	1.239	2.167	2.833	3.822	4.671	6.346	8.383	9.803	12.017	14.067	18.475	24.322
8	1.646	2.733	3.890	4.594	5.527	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	20.090	26.425
9	2.088	3.325	4.168	5.380	6.393	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	21.666	27.877
10	2.558	3.940	6.179	6.179	7.267	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	3.053	4.575	5.578	6.989	8.148	10.341	12.899	14.631	17.275	19.675	24.725	31.264
12	3.571	5.226	6.304	7.807	9.034	11.340	14.011	15.812	18.549	21.026	26.217	32.909
13	4.107	5.892	7.042	8.634	9.926	12.340	15.119	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	4.660	6.571	7.790	9.467	10.821	13.339	16.222	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	5.229	7.261	8.547	10.307	11.721	14.339	17.322	19.311	22.307	24.996	30.578	37.697
16	5.812	7.962	9.312	11.152	12.624	15.338	18.418	20.465	23.542	26.296	32.000	39.252
17	6.408	8.672	10.085	12.002	13.531	16.338	19.511	21.615	24.769	27.587	33.409	40.790
18	7.015	9.390	10.865	12.857	14.440	17.338	20.601	22.760	25.989	28.869	34.805	42.312
19	7.633	10.117	11.651	13.716	15.352	18.338	21.689	23.900	27.204	30.144	36.191	43.820
20	8.260	10.851	12.443	14.578	16.266	19.377	22.775	25.038	28.412	31.410	37.566	45.315
21	8.897	11.501	13.240	15.445	17.182	20.377	23.858	26.171	29.615	32.671	38.932	46.797
22	9.542	12.338	14.041	16.314	18.101	21.337	24.939	27.301	30.813	33.924	40.289	48.268
23	10.196	13.091	14.848	17.187	19.021	22.337	26.018	28.429	32.007	35.172	41.638	49.728
24	10.856	13.848	15.659	18.062	19.943	23.337	27.096	29.553	33.196	36.415	42.980	51.179
25	11.524	14.611	16.473	18.940	20.867	24.337	28.172	30.675	34.382	37.652	44.314	52.620
26	12.198	15.379	17.292	19.820	21.792	25.336	29.246	31.795	35.563	38.886	45.642	54.052
27	12.879	16.151	18.114	20.703	22.719	26.336	30.319	32.912	36.741	40.113	46.963	55.476
28	13.565	16.928	18.939	21.588	23.647	27.336	31.391	34.027	37.916	41.337	48.278	56.893
29	14.256	17.708	19.768	22.475	24.577	28.336	32.461	35.139	39.087	42.557	49.588	58.302
30	14.953	18.493	20.599	23.364	25.508	29.336	33.530	36.250	40.258	43.773	50.892	59.703

(Sumber: Triatmojo, 2008)

Lampiran 6 Data Curah Hujan Harian Tahun 2007-2021 (mm)

2007	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	0	5,1	0,4	0,6	0	0	0	0	0	0	10	0
2	25,2	1,5	0	1	1	0	0	0	0	0	69	0,3
3	0	14,4	5,8	1	0	0	0	0	0	0	0,8	0
4	0	61,3	1	1,6	0	0,8	0	0	0	0	10	76
5	0	0	0	0,5	0	1,3	0	0	0	0	30	0
6	0	0	10,6	22,3	0	0	0	0	0	0	78,4	5,4
7	5	0	5,6	39,7	0	0	0	0	0	0	11,2	0
8	0	20,5	61	12,4	0	0,6	0	0	1	12,1	5	0
9	0	0	28,6	7	0	0,4	0	0	0	21,4	5,7	0
10	0	6	14,2	0,2	0	0	0	0	0	0	19,3	0
11	6,4	7,4	0	0,8	0	0	0	0	0	0	14,6	0
12	0	0,1	0	0,3	0	0	0	0	0	7,7	19,9	35
13	0	0	0	1,3	0	0	0,2	2,8	0	0	1,7	1
14	0	0	0	12,5	0	0	0	0	0	0	0	1,5
15	0	15,7	29,2	9,5	3,9	0	0	0	0	11,7	27,4	0
16	0	1	0,4	1,2	2,3	0	0	0	0	10	0	2,7
17	6	0,8	0	0	5,3	0	0	0	0	0	0	4
18	0	0,8	0,4	0	25,8	0	0	0	0	0	0	5,8
19	0	1,2	42,5	5	11,6	6,3	0	0	0	0	0	53
20	0	15,6	3	0,3	1,5	0,4	0	0	0	0,3	0	24
21	0	16,2	1	3,8	0	3,7	0	14,5	0	45	0	0,4
22	0	0	3,6	0	0	0	0	5,6	0	0	5	1,5
23	0	3,4	0	10,2	0	0	0	0	0	0	0	5,6
24	76	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	9,5
25	0,9	0	0	16,8	0	0	0	0	0	1,6	4,2	0
26	0	54,4	0	0	0	0	0	0	0	20	0	29,1
27	0	1,1	0	3,5	0	0	0	0	0	0	6,7	0
28	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
29	0,4		0,2	0	0	11,3	0	0	0	0	0	0
30	41,2		0	0	0	0,5	0	0	0	0,6	5,5	35
31	3,4		0		0		0	0		6		11,6

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	76	61,3	61	39,7	25,8	11,3	0,2	14,5	1	45	78,4	76
-----	----	------	----	------	------	------	-----	------	---	----	------	----

2008	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	19	14,5	1,2	2	0	1,7	0	0	4,6	0	0	0
2	67,7	1,6	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0,8	0
3	13,6	38,9	2,8	2,4	0,4	0	0	0	0	0	73	0
4	59,1	18	0	5	21	1,2	0	0	0	0	0,1	1,3
5	10	1	1,6	0	0,4	0	0	0	15	16,7	79	0,4
6	0,5	20,5	30,4	14,3	0	0	0	0	0	0	0	0
7	9	59,6	0	0	2,7	0	0	0	0	31,8	0	1,4
8	30,2	67,5	4,2	0	3	0	0	0	0	1	0	2,7
9	0	47,2	0	0	0	0	0	0	0	35,9	8,5	0
10	0	1,5	5,8	0	0	0	0	0	0	8,4	13	46
11	0	11	2	1,8	0	0	0	0	3,3	0	3,9	22,8
12	0	0	10,3	0	0	0	0	0	0	0	5	15,6
13	0	35,3	1	0	0	68,2	0	0	0	33,8	50,2	2,7
14	0	64,7	46,4	0	2,9	0	0	0,6	0	0,4	1,6	0
15	1,2	63	0,1	1,2	0	0	0	0	0	0	0	6,7
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3,8
17	0,2	76,4	0,6	0	0	0	0	0	0	33,6	43	3,4
18	45,2	55	15	0	0	0	0	0	0	6,8	0	29,9
19	10,6	96,1	0	3,6	0	0	0	0	0	10,8	26,5	9,6
20	30,2	2	34,7	3,7	0	0	0	23,6	0	8,8	5,2	0,7
21	6	16,1	0	2	2,9	0	0	0	0	0	0,2	6,6
22	3,7	41	16,9	1,5	0	0	0	0	0	0	61,5	0
23	0	12,6	0	1,4	0	0	0	0	0	1	0,7	5
24	42,5	46	35	0	0	0	0	0	0	1,4	43	2
25	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	71	0	9,8	0,4	0	0	1,3	0	57,9	0	0,5
27	0	2,4	19	1,5	0	0	0	0	8,2	7,5	0	61
28	0	42	3,6	3,4	0	0	0	0	25,6	0,5	0	14,4
29	4,7	0,1	0,4	1,3	0	0	0	19	0	18	0	60
30	14,8		0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	6,2
31	12,7		9,6		0		0	25		0,5		6,8

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	67,7	96,1	46,4	14,3	21	68,2	0	25	25,6	57,9	79	61
-----	------	------	------	------	----	------	---	----	------	------	----	----

2009	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	9,3	12,9	11,2	0	69,9	0	0	0	0	0	0,4	0
2	11,4	9	0	0	36,2	0	0	0	0	0	0	0
3	1,4	19,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
4	0	29,9	2	0	0	4,6	7,5	0	0	0,6	0	0,3
5	31	0,3	12,8	6,4	41,6	1,5	9,9	0	21,6	0	0	9,6
6	6,8	20	31,8	0	16,6	0	0	0	0	53,5	0	0
7	0,2	33,4	0	10	0	0	0	0	0	0	1,6	2,5
8	0,8	75,4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	18,3	55,3	4	0	0	50,4	0	0	0	0	3,5	1
10	0,5	15,3	1,3	3,5	0	6,3	0	0	0	0	0	1,2
11	3,1	0,2	0	0	52	0,4	0	0	0	0	1,6	0
12	54	7,1	0	10	12,4	0	0	0	0	0	0	0
13	58,6	0,2	5,2	1,7	9,5	0	0	1,6	0	0	0	0
14	92,8	2,2	0	0	0	11	0	1,9	1,6	0	47,7	0
15	33,8	3,6	0	23,4	1,8	0	0	0	0	0	40,9	0
16	7,7	1,5	0	2,6	2,6	1,4	0	0	0	0	15,2	27,6
17	0,6	0,8	0	0	1	9,7	0	9,3	32,4	0	4,8	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0
19	11,6	0	0	0	3,7	0	0	0	2,4	0	0	0
20	2	0	0	4,2	0	0	0	0	0	0	9,7	0
21	30,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,3
22	0	15,5	0	62,7	0	0	0	0	0	0	1,4	9,5
23	0	0	26,3	0	2	0	5,8	0	0	28	2	3,5
24	0	0,5	0	0	27,8	0	34,8	0	0	4,5	0	0
25	76,4	0	0	0	28,7	0	0	0	0	16,5	0	104,5
26	6,7	19,2	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	13
27	8,6	8,7	0	0	2	0	0	0	0	0,2	1	0,5
28	4	17	12,4	2,6	17,2	0	0	0	0	0	6,1	37,1
29	0,2		0	38,9	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0,3		0	4,6	0	0	0	0	0	0	0	41
31	12,7		0		1,1		0	0		0		0

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	92,8	75,4	31,8	62,7	69,9	50,4	34,8	9,3	32,4	53,5	47,7	104,5
-----	------	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------	-------

2010	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	0	0	0	0	0	32,9	0	0	0	30,6	1,7	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13,5
3	0	0,5	0	1	0	0,3	0	0	33	0	2	1,4
4	17	0	0	0	1	0	0,2	3	0	0,6	5,8	5,8
5	1,2	23,1	5,8	2,8	3,3	0	93,9	8,1	0	0	1,2	2,6
6	28,9	0,1	0	0	0	21,9	0	17,2	0	2,3	0	1,5
7	5	26	106	0	0	25	0	0	14,8	4,1	40	1
8	0	0	0	5	0	1	0	14	0	2	23	0
9	9	1,1	0	10,6	0	62,8	0	0	2,1	2,4	6,6	4,4
10	2	0	3,5	1,3	0,5	0	0	0	12,1	0	20,6	7,1
11	0,7	29,4	3	0	0	0	0	0	1	0	0,2	168,6
12	89	6,5	0	2,8	1,2	0	34	0	0	0	0	2,7
13	2	49,6	82	0	0	0,2	2	0	20	0	0,2	2
14	35,6	2	0	0	2,5	13,3	0,2	10	8,6	0	4,2	0
15	6,4	0	0,5	0	47,1	1,2	0	0	0	0	0	47,4
16	0,3	5,9	0	77	0,3	0	0	26	0	0	1,4	1,8
17	31	0	0	0	107,6	64,3	2,3	5,8	25,3	46,7	0,2	0
18	20,4	0,3	6	6,6	0	0	1	0	11	44,1	0	1,6
19	6,5	0	14,8	0	0,5	0	0	19,2	4,8	0	0	24
20	2,3	64,6	0,5	0	33,2	0	0	0,5	3,8	0	6,2	0,8
21	0	2,4	0,4	0	0	0	0	0,5	15,8	7,6	18,2	6,9
22	0	5,5	36,4	7,4	0	0	0	8	0	31	0,4	0,5
23	2,4	0	0	3,2	38,9	0	0	8	0	1,1	0	5,6
24	0	3,3	56	5,7	0	0	0	0	0,2	20	0	2,6
25	5,4	9	82,2	0,4	0	1,1	5,9	5	4,4	1	6,8	0
26	0	0	4,7	0	0	8,7	0	0	9,4	0,3	0	0
27	64,8	0	0	6,8	0	40	6,3	0	3,2	19,4	0	3
28	3,5	0	0	32,5	1,8	0,1	0	9,3	0	1	8,2	14,1
29	67,8		1	0	0	0	11,7	0	0	0,1	1,2	24,4
30	2,3		12,2	50,5	0	0,1	0	0	0	22,8	1	0,7
31	9,4		14,5		9		157,5	0		0		4

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	89	64,6	106	77	107,6	64,3	157,5	26	33	46,7	40	168,6
-----	----	------	-----	----	-------	------	-------	----	----	------	----	-------

2011	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2,8	31,3	18,8	17	29,4	3,5	11,5	0	0	0	1,6	3,6
2	89	12,8	3	14,2	7,4	0	0	0	0	0	0	0
3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
4	37	3,4	0,6	1,5	0	0	0	0	0	0	37,5	5
5	11,8	58	0,6	1,4	0,9	0	0	0	0	0	1,8	0
6	9,1	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	6,4
7	0,5	8,2	1,5	4,8	6	0	0	0	0	0	48,5	5
8	0,3	7,7	26,6	3,7	3,7	0	0	0	0	0	0	0
9	8,2	1,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
10	14	0	0	23,5	12,2	0	0	0	0	0	84,6	3,7
11	32,4	0	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0	1
12	65,5	0	0	1,5	14,6	0	0	0	0	0	7,8	0,1
13	17,6	13,8	1,2	0	0	0	0	0	0	0	7,5	0
14	6,6	2,5	1,2	0	0	0	12	0	56,4	0	29	0
15	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	4,2	0	0,5	0
16	4	11	0	0	0	0	0	0	27	0	3,3	1
17	3	2,4	2,1	0	0,5	0	0	0	0	0	43,7	0
18	19,4	0	0,3	0,9	26,6	0	0	0	0	4	35	8,5
19	6,8	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0,6	2,8
20	1,9	0	1	0	19	0	0	0	0	12,2	0	2,9
21	17,7	5	1	2,5	0	0	0,4	0	0	13,5	1,8	17,4
22	4	10,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	4,2	2
23	2,6	1,5	0	53,5	0	0	9,7	0	0	2,6	0	0
24	0	11	3,8	0	6,5	0	0	0	0	0	0	5,4
25	0	1,5	2	6	12	0	0	0	0	0,4	5,7	0
26	16	1,5	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	18
27	0	6,6	2,2	0	0	0	0	0	0	0,2	0	11,5
28	0	3,6	3,6	6	0	0	0	0	0	27,6	2,8	4
29	0,2	0	0	0	0	1,8	2,2	0	0	0	55,9	1,8
30	1		12	55,6	0	69,4	0	0	0	3,8	0,1	8,5
31	2,2		19,3		0		0	0		64,3		5

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	89	58	26,6	55,6	29,4	69,4	12	0	56,4	64,3	84,6	24
-----	----	----	------	------	------	------	----	---	------	------	------	----

2012	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	16,4	11,9	2	4,3	5,6	0	0	0	0	0	0	15
2	15,7	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
3	11,5	4,3	0	5,3	14,1	9	0	0	0	0	65	0
4	0	96	0	9,7	0	0	0	0	0	0	7	3
5	0,8	0	28	0	0,5	0	0	0	0	4	24	5
6	36	3,4	3,2	0	7	68	0	0	0	33	1	18
7	5,5	0	0	0	0	32	0	0	0	4	4	0
8	48,6	0	12	0	11,8	0	0	0	0	27	19	0
9	2,8	0	2	0,5	0	0,1	0	0	2	0	1	0
10	12,6	10,2	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	17,6	0,5	0,6	2	0	0	0	0	0	0	3	7
12	29,8	9,7	0,2	6,7	0	5	0	0	0	29	5	1
13	8,8	3	7,5	0	0	38	0	0	0	1	10	3
14	33,8	17	26,9	0	3,4	0,4	0	0	0	0	0	3
15	0	35,4	0,1	0	1,2	0	0	0	0	0	8	0
16	0,6	23,8	7,9	0	0	0	0,8	0	0	6	12	0
17	9,8	0	5,4	0	0	4,7	0	0	0	2	0	0
18	0	0,8	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	10
19	0	0	2	0	0	0	0	0	0	44	5	2
20	0	15,5	21	1	0	1	0	0	0	0	30	0
21	3	0	0	19,7	0	39,2	0,5	0	0	26	1	1
22	18,4	47,2	0	0	0	0,4	0	0	0	0	4	17
23	3,2	2,4	0	0	0	0	0	0	27	0	12	20
24	5,4	0	0	0	24	2,9	0	0	0	0	1	0
25	7,8	2,3	56,9	0	0	0	0	0	0	0	34	35
26	47,4	1,2	0	36,2	0	66,9	0	0	0	6	4	0
27	28,5	10,5	69,4	5	0	1,2	0	0	0	77	0	1
28	3,7	9,9	0	0	0	8,6	0	0	0	0	0	38
29	0	10,5	0	3	0	0,4	0	0	0	0	0	17
30	22,3		0	0	0	0	0	0	0	0	7	5
31	16,4	11,9	2	4,3	5,6	0	0	0	0	0	0	15

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	48,6	96	69,4	36,2	24	68	0,8	0	27	77	65	50
-----	------	----	------	------	----	----	-----	---	----	----	----	----

2013	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2	23	23	26,6	0	27	0	0	0			
2	1	0	8	1,4	38	6	0	0	0			6,4
3	1	0	0	0	0	29	4	0	0		50,2	1
4	3	0	0	1,7	0	9	1	0	0			59,5
5	81	26	0	0,2	8	0	0	0	0			8
6	5	2	0	51,8	0	0	0	0	0		0	10,6
7	2	11	0	0	0	8	0	0	0		7,4	
8	22	0	0	3,6	0	49	0	0	0		1,3	0,8
9	24	0	1	0	1	4	4	0	0		8	0,3
10	0	0	0	14,5	6	9	1	0	0			7,8
11	6	34	0	0	0	0	1	0	0		0,6	0
12	2	0	0	37,5	0	1	14	0	0		29	1,8
13	49	0	2	0	0	0	2	0	0		2,3	12,2
14	30	1	1	0,5	2	1	4	0	0		10,2	9,6
15	45	2	11	2	0	0	30	0	0			1,8
16	102	1	7	0	0	39	0	0	0		22,8	0
17	0	1	0	0	29	43	0	0	0		1	4,1
18	0	0	0	38	42	0	0	44	0		18	42,9
19	9	35	0	13,2	0	4	0	0	0			0,4
20	20	4	0	8,4	0	0	0	0	0		5	5
21	0	10	0	6,8	1	30	0	0	0		3	2
22	3	13	0	5,2	0	1	43	0	0		0	7,2
23	12	135	0	0	0	0	0	0	0			4,8
24	6	32	15	0	0	0	0	0	0	7,4	0	3,1
25	29	0	0	0	0	0	3	0	0	0	20,5	0,2
26	4	0	75	23,7	0	0	2	0	0			0
27	0	23	1	0	0	3	0	0	0	20,5	0	0
28	0	22	0	6,8	9	0	0	5	0	0		
29	11		0	0	0	0	0	0	0	0,5		
30	0		0	9,2	0	3	0	0	0	0		0,5
31	0		1		6		0	23	0			20,9

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	102	135	75	51,8	42	49	43	44	0	20,5	50,2	59,5
-----	-----	-----	----	------	----	----	----	----	---	------	------	------



2014	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	3,6	12,2		0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15,2	53,5	0	0	24,5	0	0	0	0	2,8		0
3	1,3	46,2	0,1	0	0	0	0,2	3	0	0	0	10,3
4	62,2	87,7	0	6	0	0	0,5	0	0		0	2
5	8,8	5,2	8,8	4,5	8,8	0	8,8	0		0	27,4	18
6	18,7	8	0,2	18	0,2	22,5	0	0	0	2		38,4
7	49	0,7	22,4	0	0	0	23	0	1,5		0	0
8	12	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	1	0,1
9	25	7	0,3	3,6	0	0	0	0	0	0	14,8	0,3
10	0	16,1	20,3	0	37	0	0	0		0	25	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1,2	0,5
12	14,2	0	5,8	0	0	0,2	0	26,5	0	0	1	6
13	9,6	0	0	0,6	0	0	46	1,3	0	0		1,9
14	1,9		11,4	0	14,8	12,5	4,5	0			0	21,4
15	29	1,6	0	3,8	0	0	0	0	0	0	34,7	5,2
16	0,4	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	28,4	0,2	0	10,8	0,1	4,6	0	0	0			20
18	103,5	21	1	1,7	0,1	0,6	0	0			0	2
19	86,3	12	16,4	0	0	0	0	0		0	3,4	15
20	17,2	0	2,5	0	0	0	9,8	0			0	4,3
21	43,3	0	6,2	0	0	0	0	0	0		29	4,4
22	28,5	0	6	0	29	0	10	7,4	0	0		0,8
23	120,5	8	13	0	18,2	0	4	1,6	0	6,4		0
24	31,2	7,4	0	0	0	0	0,4	0	0	2,5	11	57
25	92,8	0,2	33,4	0	0	0	0	13	0	0	5,5	0
26	0,5	0	0	0	0	0	0,3	0		7	11,9	0
27	40,7	0	0	0,8	0	10,5	0	0	0	0	0,4	0,2
28	90	0	0	0	1,6	0	0	0,3	0	0		13
29	22,6		10	8,4	0	0	0	4	0	1,6		0
30	15,7		16,5	0	0	19,2	0	0	0		6,9	4,1
31	19,8		0		0		32	0		0		27

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	120,5	87,7	33,4	18	37	22,5	46	26,5	1,5	7	34,7	57
-----	-------	------	------	----	----	------	----	------	-----	---	------	----

2015	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	1,1	4,2	0	49,5	35,8	0	0	0	0	0	0	0,4
2	39,5	6,7	0	44	23,9	0	0	0	0			0
3	42,9	0	36,8	7	1	0	0	0	0	0	27	0
4	0,7		10,8	15	10,4	0,2	0	0	0	0	3,4	0
5	2,5	14,6	25,6		38,5	0	0	11,9	0	0	0	4,4
6	1,5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
7	0	0,7		0	15,3	0	0	0	0	0	0,2	0
8	0		7,5				0	0	0	0	32,5	0
9			1,4		0	0	0	0	0	0	0,9	2,5
10	0	0	3,5			23	0	0	0	0	0	53
11	8,5	0	0	2,3	0	0		0		0	2	0,6
12	17	14,4	2	9	0	0		0	0	0	3,5	16
13	0	119,4	2,5	41,4	0	0	0	0	0		8,9	0
14	9	14,2	22,2	0		0	0	0	0	0	1,6	0
15	0,9		0	42,2		54	0	0		0	0	49
16	0	0	7,9	0,2	0	0	0	0	0	0	0	8,5
17	18,7	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	19,5	44,2
18		40,8	0,5	0,4	0	0	0	0	0	0	7	6,4
19	0	3,5	14	3	0	0	0	0	0	0	0	9
20	33	43	6	2,8	0	0	0	0	0	0	6	0,4
21	3,4	0	18,5	0	0	0	0	0	0	0	12	12,5
22		0	0		0	0	0	0	0	0	0	11,7
23		0	0	0,4		0	0	0	0	0	0	1
24	1,4	0		14,4	0	0	0	0	0	0	0	5
25	12,5	0	4,3	40,9	0		0	0	0	0	0	0
26	0,8	0	0,6	0,4		0	1,7	0		0	3,3	
27	1,5	0,3		2,5	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2
28		0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0		0,3	0		0	0	0	0	0	0	0
30				31,6	0	0	0	0	0	0	3	1,5
31	0,2		0		0		0	0		0,5		0,5

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	42,9	119,4	36,8	49,5	38,5	54	1,7	11,9	0	0,5	32,5	53
-----	------	-------	------	------	------	----	-----	------	---	-----	------	----

2016	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1		8	35,3	4,4	0	0	0		0	6	0	2
2	0,8	0,5	4	0	0,5	4,1	0	0	21		0	5
3	2	0,1	0	0	0	0,4	66,5	0	20,5	3	0	
4	56	0	0	22	0	0	0	0	41,8	0	0	3
5	0	3,4	5,2	18,8	0	0	0	0	0	0,8	8,6	0
6	8	10,4		0	0	0	0	0	0	1,5	32,2	0
7	0,2	42	0	11,5	0	0	0	0	0	0	9,4	2
8	0	2,6	0	0	1	0	0	6	0	1	0	12
9	22,7	6,5	0	0	0	0	0	0	0	6,2	0	
10	0	33,8	0	3	0	0	0	0	74	19,8	27,4	3
11	3	3	3		0	0	21,6	0	0	9,8	0,5	8
12	0	23,2	0	0,8	1,4	0	0	0	0,1	0	5	5
13	0	0,8	0	3,2	14,5	0	0	55	0	0	0	1
14	0	0	0	44,2	0	0	0	0	2,5	1,5	7,5	5
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0		27,6	6
16	0	27	0	5,4	12,8	1,6	0	0	13,9	0	22	0
17	0	3,6	0	0	0	0	2,4	0	6,5	0	19,8	9
18	9,5	0	0	0	0,3	7	0	21,8	10,2		0	
19	12	2,2	0,8	10	0	15,8	1,4	0	0	10,6	15	4
20	1	0	0	0	33	0	24,8	0	33,5	0		1
21	0	10,2	0	15,5	2,4	2,1	0	0		0	12,1	
22	3,1	64	0	0		0	12	0	10	0	6,7	
23	52,5	70,1	0,2	12,5	0	60,5	0	0	17,3	0	0,3	
24	0,3	3,5	0	4,1	0	0,5	0	0	4	29,5	13,9	11
25	9,5	0,2	0	0	1,4	0	0	6,8	1,9	1	0,2	
26	0	7	12,1	0	2	4	0,3	0	0	0,2	1,6	4
27	6,5	2,2	0	0	0	0	0	0	59	0,1	1	4
28	27	0	15,6	1,5	1,2	1,5	0	0	34,3	0	0	
29	0,1	0	0	24,2	0	0	0	14,5	6	4,7	16,1	22
30	0		0	1,2	1,7	0		33,2	0	0	1,7	22
31	6		9,5		0,1		0	0		11,9		1

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	56	70,1	35,3	44,2	33	60,5	66,5	55	74	29,5	32,2	22
-----	----	------	------	------	----	------	------	----	----	------	------	----

2017	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	15	3	1,4	0	0,6	0	0	0	0	45,5	0	54,7
2	31	19	41,5	1,5	17	7	0	0	0	58,5	0	0
3	17	2	0	0	0	14	0,5	0	0	35,5	0	0
4	7	13	44	45,5	40	0	0	0	0	16,5	4	0
5	0	2	0	0	0,6	0	0	0	0	0	15	9,1
6	2		0	1,6	11,4	0	0	0	0	0	1	0
7	9	31	0,7	2,5	0	0	0	0	0	1,5	0	0
8		12	30,8	0	0	0	0	0	0	1,1	0	0
9	10	19	0	0,8	0	0	0	0	0	8	0	1
10	0	60	1,5	0	0	0	0	0	0	4,8	3,5	0
11	1	54	0	2,5	0	0	0	1,5	0,7	0	11,5	32,5
12		21	0	38	0	0	0	0	0	1,5	3,5	0,2
13	4	16	0,2	0	16	34	0	0	0	0	1,3	1
14		19	13,8	51,9	0	0	0	0	0	9,2	34,3	17
15	12	1	0,7	0	0,5	1,4	0	0	0	0	0	0
16	29,3	18	47	5,5	0	0	0	0	0	5	0	0
17	6		0	1,5	11	0	0	0	0	37,5	6	0,5
18	2		0	86	0	0	0	0	12,8	0	0	1,8
19	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	3,2
20			0	0	0	0	0	0	0	0	7,5	8,1
21	1		0	19,5	0		10,2	0	0	0	5,4	28,1
22	1		0	3	0	34,4	7,8	0	0	0	0	1,4
23	0	35	0	0	0	0	0	0	2,5	0	28,9	2
24		8,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0,5	0
25	1	4	0,6	0	0	0	0	0	0	0,7	3,9	0
26	28	67	0	0	0	0,3	0	0	0,5	0	4,3	25
27	0	0	8,8	0	28,6	0	0	0		0	12,5	0
28	1		0	0	0	1,5	6,6	0	0	99,5	10,2	10,5
29	45		11	0	0	0	0	0	0	0	31	2,5
30	4		0	3,4	0	0	0	0	21	0,5	9,5	0
31			1,4		0		0	0		0		1,5

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	45	67	47	86	40	34,4	10,2	1,5	21	99,5	34,3	54,7
-----	----	----	----	----	----	------	------	-----	----	------	------	------

2018	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	3,2	20	16,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5,6	56,5	0	2,5	0	0	0	0	3,3	0,2	2,3	0
3	0	4,5	4,5	43,5	0	0	0	0	0	0,4	0	32
4	10,1	32,9	0	0	0	0	0	0	0	0,3	9	105,7
5	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	14,5
6	0	63	0	8,5	0	0	0	0	0	0	17,5	1,6
7	0	1,4	0	1,5	0	0	0	0	0	0	1	0
8	23,4	4,1	0,1	0	2	0	0	0	0	0	16,3	18,3
9	0	36	0	1,5	0	13,6	0	0	0	0	2,6	3,8
10	0	66,5	72	0	0	0	0	0	0	0	37,5	14,6
11	14,8	3,6	25,5	0	0	0	0	0	0	0	3	0
12	0,5	17,1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	8,5	0		0	0	0	0	0	0	0	3	26
14	29,7	13,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	26,5
15	29,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10,5
16	3,6	85,9	0	0	0	0	0	0	0	42	0	1
17	0	138,5	0,2	0	0	0	0	0	0	2	3,3	0
18	5,7	39,7	4,5	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	3,9	0	0	0	0	0,5	0	0
20	1,2	0,5	0	41,5	0	2,5	0	0	0,2	0	0	0
21	4,8	75,6	0	1,6	0	0	0	0	0,6	0	0	0
22	5,9	0,4	18,5	6	0	0	0	0	0	0	0	0
23	31,1	9,7	0,2	4,5	4,7	0	0	0	1,6	0	0	0
24	0	0	0	14,5	10	0	0	0	0	10,2	0	6,6
25	2	29,2	1	0	0	50	0	0	0	25	0	1,2
26	2,5	2	33	0	0	7	0	0	0	0	0,6	12
27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	8,5
28	36,8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	5,6	0
29	3,8		0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
30	22,5		0	0	0	0	0	0	0	0	18	0
31	18,8		0		0		0	0		0		0

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	36,8	138,5	72	43,5	10	50	0,4	0	3,3	42	37,5	105,7
-----	------	-------	----	------	----	----	-----	---	-----	----	------	-------

2019	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	15,8	1,2	12	6,5	37	0	0	0	0	0	0	0
2	0,3	0,2	27,6	28,4	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	2,2	0	0	0	5	0	0	0,2	0
5	0	15,8	30,5	35,6	0	0	1,3	0	0	0	0	36,6
6	0	12,4	1,8	2	19,3	0	0	0	0	0	0	29
7	0	3,4	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5
8	28	92,7	0	43,5	5,5	0	0	0	0	0	0	0,6
9	20,3	2	0	47,7	1	0	0	0	0	0	0	12,8
10	0	0	0	0	17,2	0	0	0	0	0	0	34,5
11	1	0	0,3	1	0	0	0	0	0	0	0	1,2
12	1,4	1	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
13	29,8	1,7	0,8	2,6	4,4	0	0	0	0	0	0	0
14	0,4	0	0	6	0	0	0	0	0	0	23	0
15	0,2	7,5	2,1	7,3	0	0	0	0	0	0	0	16,5
16	1	62	5,7	6,6	17,4	0	0	0	1,5	0	0	46
17	2,4	31	3,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,2
18	24,4	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	27,5
19	3,5	0	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	21
20	31	4,8	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6
21	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0,2
22	18,5	0	34,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	57,4	2,5	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	9,4
24	8	18	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	4,5	0,5	35,5	0	0	0	0	0	0	0	1	0
26	14,4	0	0,9	5,5	0	0	0	0	0	0	0	26
27	52,5	0	0	0,4	0	0	0	0	11	0	0	3,5
28	49,5	0	7	0	0	0	0	0	0,2	0	0,4	86
29	4,9		2	9,9	0	0	0	0	48	0	0	0,8
30	1,4		21	4	0	0	0	0	0	0	24	16,4
31	0		0		0		0	0		0		2,5

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	57,4	92,7	35,5	47,7	37	0	1,3	5	48	0	24	86
-----	------	------	------	------	----	---	-----	---	----	---	----	----

2020	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	8,5	1,6	21,5	0	0	0	0	0	0	0	30,9	0
2	20,5	2	14,5			0	0	0	0	15,5	36,5	0
3	3,4	1	0	0,4	0	0	64,4	0	1,8	7	0	54,5
4	20,3	12	22,8	0	0	0	0	0	45	0	2,6	0
5	0,8	0,5	16,1	0,4	0	0	0	0	8,5	0	0	8
6	11,8	1,5	0	1,7	0	17	0	1	4	0	7,9	20,5
7	30,8	2	12	0	5,2	0	24	0	0	0	0	38,8
8	67,5	31,2	3,7	0,5	0	0	0	0	0	0	3	31,6
9	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,2	26,4
10	2,1	0	0	17,2	7,9	7	0	0	0	0	0,5	21,1
11	0	0	0	6,5	1	0	0	0	0	11	36,9	4,8
12	28,3	0	2,4	1,5	0	0	0	1,5	0	0	0	6,4
13	0	0	0	9,6	0	0	0	0	0	1	0	21,4
14	7,4	0	0	14	0	0	0	6,6	0	0	0	0,4
15	0,3	0	3,5	0	0	0	0	0		3,5	2,6	0
16	0	0,2	28,8	0	0	2,8	0	44,5		17	2,5	1
17	6,5	0	7	0	0	4	0	0			17,5	0,6
18	0	0	6	0	4	0	4,2	0		0	18,2	7,8
19	0	5,1	0	0	38,5	0	0	10,5		0	3	29,5
20	0	83,8	16,3	1,4	35	0	43	0		0	2,5	87
21	10,9	15,5	0	40,5	33,2		0	0		0,4	21,5	4
22	0	0	0	10,2	0	0	0	0		18,3	0	0
23	0	82,1	17	0	0	0	0	0		2,4	0	1,2
24	0	3,6	0	0	0	0	0	1,2		1,5	0	1,5
25	0,3	5	0	0	0	0	1,5	0		2	0,4	9,4
26	105,6	0	2,2	0	37,5	0	0			0	0	0,2
27	0	3,9	0	2,9		0	0	0		0	0	0
28	0	27,5	1	0	3,5	0	0	0	35	2,5	0,3	9,4
29	0	11,9	0	6,6	0	0	0	0	0	4,5	0,6	17,5
30	0,3		8,7	0	0	0	0	9,2	0	0	19,1	2,3
31	0		3		15		0	0		15		12

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	105,6	83,8	28,8	40,5	38,5	17	64,4	44,5	45	18,3	36,9	87
-----	-------	------	------	------	------	----	------	------	----	------	------	----

2021	BULAN											
TANGGAL	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	7,1	21,6	0,1	16	0,2	0	0	0	0	0	3,5	0
2	3,7	6	0		0	1	0	0	0,7	0	18	0
3		5,6	0	0	0	0	0	90	0	0	12,4	28
4	1,2	87,6	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0	0	80,6
5	1	56,3	1,1	0	0	0	0	0	0	0	32,5	5,5
6	0,3	135,8	0	1,8	0	0	0	0	0	0	0	5,1
7	0	58,8	3,4	43	0	0	0	0	0	0	23,5	2,8
8	0	24	8	12,9	0,2	9,4	0	0	89,1	0		1,1
9	23,4	33,2	8	12	1,2	0	0	0	13,8	8,5	0	0
10	0,4	19,1	25,9	0	0	34	0	0	0	0	13,6	0
11	2,4	4,6	0	0	0	45,4	0	0	0	0	71,2	0,3
12	0	6,9	0	8,8	22,5	1	0	0	6,3	0	0,6	0,3
13	4	20,7	0,5	14	0	0	0	0	0,2	0	15	0
14	4,8	0	6,5	0	0	0	0	19,6	0	0	68	0
15	0	8,2	0	0,2	0	1,5	0	2,8	8,8	0	0	0
16	0	21,2	20,4	0	0	0,6	0	0	0	0	30,3	8,1
17	0	7,5	0,6	0	1,8	0	0	0	14,6	25,2	0,4	4
18	12	0,1	0	10,5	47,2	0	0	0	0	28,4	9,1	
19	88,3	16,8	2	4,4	0	14	0	6	0	1,2	0	0
20	17,7	19,1	0	7,8	26,2	1,2	0	16,9	0	9	2	5,4
21		1,3	0,4	0	0	1	0	0	15	1,6	0	6,5
22	28,8	5	10,3	0	0	8,5	0	0	3,8	22	3,4	1,7
23	2,9	5,6	0	0	0	1,6	0	0	0,5	8,5	19,2	0
24	0	155	0,2	0	17,6	1	3,5	0	5,8	2,3	1,3	92,6
25	1,5	65,6	20,5	79,4	12,5	33,4	0	0	0	0	0,8	0
26	0	48,2	0,8	0		0	0	0	0,1	52,4	1,5	8
27	5,9	0,2	0	0	0	0	0	0	30,4	1,5	10	1,5
28	43,3	1,5	0,7	7	0	1,5	0	0	42,2	0,8	3,2	20
29	18		15,3	0	0	23,8	0	0		9,8	0	10,5
30	16,9		18,6	0	1,5	0	0	0	0	1,2	3,2	0
31	17,2		3,4		0		0	0,5		3		26,2

* 0 : Data Tidak Terukur

* (empty) : Tidak Ada Data

MAX	88,3	155	25,9	79,4	47,2	45,4	3,5	90	89,1	52,4	71,2	92,6
-----	------	-----	------	------	------	------	-----	----	------	------	------	------

Lampiran 7 Kondisi Jalan Raya Pati-Tayu

1	Kondisi Jl Raya Pati-Tayu pada saat tergenang	
2	https://www.murianews.com/2022/07/14/301743/banjir-rendam-sejumlah-titik-di-pati	<p>Selain di wilayah itu, beberapa wilayah di Kecamatan Pati Kota juga diterjang banjir. Di antaranya, Jalan Pemuda (Timur Alun-alun Pati), Desa Sidokerto, Alugoro Pati Kota hingga <u>Jalan Pati-Tayu KM 3</u> tepatnya di Desa Tambaharjo.</p> <p>"Alun-alun Pati aman, tapi Alun-alun ke timur (Jalan Pemuda) kena banjir juga," imbuh Arif, warga Pati lainnya.</p> <p>Desa Tunjungrejo, Kecamatan Margoyoso juga diterjang banjir. Desa yang mengalami banjir bandang pada akhir Juni ini, kembali mengalami banjir bandang pada Kamis dini hari.</p> <p>Hujan yang mengguyur Kabupaten Pati dan sekitarnya membuat tanggul darurat di Sungai Sat yang baru dibuat jebol. Ini membuat aliran sungai kembali menerjang rumah-rumah warga.</p>

Lampiran 8 Foto Survei dan Pengukuran Saluran Eksisting pada Jalan Raya Pati-Tayu

