

TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM DRAINASE UNTUK MENANGGULANGI BANJIR DI PULAU UNTUNG JAWA KECAMATAN KEPULAUAN SERIBU SELATAN DKI JAKARTA

Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan program Sarjana Strata 1 (S-1)



DOSEN PEMBIMBING :

Acep Hidayat,ST,MT

DISUSUN OLEH :

Nama : Yuda Dwi Yulian



NIM : 41117320045

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

2021

	LEMBAR PENGESAHAN SIDANG PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCU BUANA	
---	--	---

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

**Judul Tugas Akhir : ANALISIS SISTEM DRAINASE UNTUK
MENANGGULANGI BANJIR DI PULAU
UNTUNG JAWA KECAMATAN
KEPULAUAN SERIBU SELATAN DKI
JAKARTA**

Disusun oleh:

Nama : Yuda Dwi Yulian

NIM : 41117320045

Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil

Telah diajukan dan dinyatakan layak diujikan pada sidang sarjana:

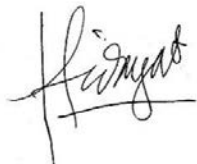
Tanggal: 22 Januari 2022

Mengetahui,

Mengetahui,

**Pembimbing Tugas Akhir
Sipil**

Sekretaris Program Studi Teknik



Acep Hidayat, ST, MT



Novika Candra Fertilia, ST., MT

LEMBAR PERNYATAAN
SIDANG SARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yuda Dwi Yulian
Nomor Induk Mahasiswa : 41117320045
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik : Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat dipertanggung jawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 22 Januari 2022

Yang memberikan pernyataan

UNIVERSI
MERCU BUANA


Yuda Dwi Yulian

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul: Analisis Sistem Drainase di Pulau Untung Jawa Kepulauan Seribu DKI Jakarta, untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Dalam penelitian tugas akhir ini peneliti mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, maka dari itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu melimpahkan dukungan doa, dukungan moril maupun materil, dan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bpk. Acep Hidayat S.T., M.T., selaku ketua program studi Teknik Sipil dan dosen pembimbing peneliti yang selalu mengarahkan dan membimbing dalam penelitian tugas akhir ini.
3. Dosen penguji yang senantiasa memberikan kritik dan saran yang membangun pada penulis dalam penyempurnaan Tugas Akhir
4. Seluruh jajaran dosen pengajar, karyawan pengurus administrasi perkuliahan dan teman-teman Teknik Sipil Universitas Mercu Buana Kampus D yang selalu memberi semangat dan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Kami berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan wawasan baru bagi Pembaca pada umumnya, serta bagi Penulis pada khususnya. Sebagaimana lazimnya manusia yang tidak pernah luput dari kekurangan dan kesalahan, maka Penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dari segi materi maupun dari segi redaksi dalam mencapai kesempurnaan. Untuk itu Penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah dan berharap ridho-Nya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Jakarta, 15 Januari 2022



Yuda Dwi Yulian



DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan	iii
Abstrak	iv
Abstract	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Lampiran.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Identifikasi Masalah	I-2
1.3 Perumusan Masalah.....	I-2
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-3
1.6 Pembatasan dan Ruang Lingkup Masalah.....	I-3
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Sistem Drainase	II-1
2.2 Kajian Hidrologi.....	II-2
2.2.1 Siklus Hidrologi.....	II-2
2.2.2 Metode Hujan Wilayah.....	II-4
2.2.3 Cara Memilih Metode.....	II-9
2.3 Banjir Rencana	II-10

2.3.1	Analisis Frekuensi	II-10
2.3.2	Pemilihan Jenis Distribusi	II-24
2.3.3	Uji Kecocokan	II-25
2.3.4	Analisis Intensitas Hujan	II-29
2.3.5	Waktu Koefisien (tc)	II-30
2.3.6	Debit Rencana.....	II-32
2.3.7	Debit Limbah Air Rumah Tangga	II-37
2.4	Pengendalian Banjir dan Metodenya	II-38
2.5	Perencanaan Saluran	II-39
2.5.1	Bentuk Penampang Saluran.....	II-40
2.5.2	Kecepatan Rencana.....	II-43
2.5.3	Kemiringan Saluran.....	II-45
2.5.4	Tinggi Jagaan.....	II-45
2.6	Pengalihan Kelebihan Debit Air.....	II-46
2.6.1	Sumur Resapan	II-46
2.7	Studi Terdahulu	II-50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		III-1
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	III-1
3.2	Metode Penelitian	III-2
3.2.1	Pengumpulan Data.....	III-2
3.2.2	Pengolahan Data	III-3
3.2.3	Analisis Data	III-3
3.2.4	Bagan Alir Penelitian	III-4
3.3	Instrument Penelitian.....	III-5
BAB IV HASIL DAN ANALISIS		IV-1

4.1	Analisis Hidrologi.....	IV-1
4.1.1	Analisis Curah Hujan Wilayah.....	IV-1
4.2	Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana.....	IV-2
4.2.1	Distribusi Normal.....	IV-2
4.2.2	Distribusi Log Normal.....	IV-4
4.2.3	Distribusi Log Person III.....	IV-5
4.2.4	Distribusi Gumbel.....	IV-8
4.2.5	Pemilihan Jenis Distribusi.....	IV-9
4.3	Uji Kecocokan Data.....	IV-13
4.3.1	Uji Chi Kuadrat.....	IV-13
4.3.2	Uji Smirnov Kolmogorov.....	IV-16
4.4	Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	IV-18
4.4.1	Koefisien Aliran.....	IV-18
4.4.2	Perhitungan Waktu Konsentrasi Saluran.....	IV-19
4.4.3	Perhitungan Intensitas Curah Hujan.....	IV-21
4.4.4	Pembagian Daerah Tangkapan (Catchmen Area).....	IV-23
4.4.5	Perhitungan Debit Aliran Air Hujan Saluran.....	IV-25
4.4.6	Perhitungan Debit Air Kotor.....	IV-26
4.4.7	Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	IV-27
4.5	Perhitungan Dimensi Saluran Drainase.....	IV-29
4.5.1	Perhitungan Dimensi Saluran Drainase Eksisting.....	IV-29
4.6	Perencanaan Sumur Resapan.....	IV-31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		IV-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran.....	V-2



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Statistik yang Penting	II-12
Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	II-14
Tabel 2.3 Nilai K untuk Distribusi Log Person III	II-19
Tabel 2.4 Reduced Mean (Y_n)	II-23
Tabel 2.5 Reduced Standard Deviation (S_n)	II-23
Tabel 2.6 Reduced Variate (Y_{Tr})	II-24
Tabel 2.7 Parameter Statistik	II-24
Tabel 2.8 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat (Uji Satu Sisi)	II-26
Tabel 2.9 Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov-Kolmogorov	II-29
Tabel 2.10 Rumus-rumus Waktu Konsentrasi.....	II-31
Tabel 2.11 Standar Koefisien Limpasan (C)	II-35
Tabel 2.12 Koefisien Aliran (C) untuk Metode Rasional (Hassing, 1995)	II-36
Tabel 2.13 Debit Air Kotor yang Dikeluarkan Rata-rata Per Orang	II-37
Tabel 2.14 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning, n	II-44
Tabel 2.15 Penelitian Sejenis Terdahulu	II-51
Tabel 4.1 Data Curah Hujan Maksimum Harian/Bulan (mm/hari)	IV-1
Tabel 4.2 Data Curah Hujan Maksimum Harian/Tahun (mm/hari).....	IV-2
Tabel 4.3 Perhitungan Distribusi Normal	IV-3
Tabel 4.4 Curah Hujan Periode Ulang T Tahun Distribusi Normal	IV-4
Tabel 4.5 Perhitungan Distribusi Log Normal.....	IV-4
Tabel 4.6 Curah Hujan Periode Ulang T Tahun Distribusi Log Normal.....	IV-5
Tabel 4.7 Perhitungan Distribusi Log Person III.....	IV-6
Tabel 4.8 Nilai K (Interpolasi) Variabel Standar.....	IV-7
Tabel 4.9 Perhitungan X_T	IV-8

Tabel 4.10 Perhitungan Distribusi Gumbel	IV-8
Tabel 4.11 Parameter Pemilihan Distribusi	IV-13
Tabel 4.12 Pengurutan Data Curah Hujan Maksimum Harian/Tahun (mm/hari)	IV-14
Tabel 4.13 Uji Chi Kuadrat.....	IV-16
Tabel 4.14 Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov Distribusi Log Person III.....	IV-18
Tabel 4.15 Waktu Konsentrasi Saluran (tc).....	IV-21
Tabel 4.16 Intensitas Curah Hujan (I)	IV-23
Tabel 4.17 Luas Daerah Tangkapan Drainase	IV-24
Tabel 4.18 Debit Aliran Air Hujan Saluran.....	IV-25
Tabel 4.19 Debit Air Kotor.....	IV-27
Tabel 4.20 Debit Banjir Rencana.....	IV-28
Tabel 4.21 Perhitungan Dimensi Saluran Drainase Eksisting	IV-30
Tabel 4.22 Saluran Dengan Kategori Tidak Aman ($Q_{sal} < Q_{rencana}$).....	IV-32
Tabel 4.23 Debit Hujan Jatuh Ke Permukaan Atap.....	IV-33
Tabel 4.24 Q Resapan Air Hujan Dalam Sumur Resapan.....	IV-36
Tabel 4.25 Debit Tertampung Sumur Resapan.....	IV-37
Tabel 4.26 Jumlah Kebutuhan Sumur Resapan	IV-39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi dan Komponennya.....	II-3
Gambar 2.2 Skema Siklus Hidrologi	II-3
Gambar 2.3 Contoh Stasiun Hujan di Suatu DAS	II-7
Gambar 2.4 Hujan Wilayah Metode Isohyet	II-8
Gambar 2.5 Pengaruh Perubahan Simbangan Baku dan Koefisien <i>Skewness</i> pada <i>Probability Density Function (PDF)</i>	II-12
Gambar 2.6 Kurva Distribusi Frekuensi Normal.....	II-13
Gambar 2.7 Hubungan Curah Hujan Dengan Aliran Permukaan Untuk Durasi Hujan yang Berbeda	II-34
Gambar 2.8 Pengendalian Banjir Metode Struktur dan Non Struktur	II-39
Gambar 2.9 Penampang Persegi Panjang	II-40
Gambar 2.10 Penampang Melintang Saluran Berbentuk Trapesium	II-42
Gambar 2.11 Kemiringan Saluran	II-45
Gambar 2.12 Tinggi Jagaan	II-46
Gambar 2.13 Konstruksi Sumur Resapan.....	II-47
Gambar 2.14 Faktor Geometrik Sumur Resapan.....	II-49
Gambar 2.15 Koefisien Permeabilitas Tanah	II-49
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	III-1
Gambar 3.2 Peta Zonasi Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan	III-2
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	III-4
Gambar 4.1 Kriteria Kata Ulang Berdasarkan Tipologi Kota	IV-22
Gambar 4.2 Daerah Tangkapan (Catchmen Area).....	IV-24
Gambar 4.3 Potongan Saluran Drainase	IV-30
Gambar 4.4 Faktor Geometrik Sumur Resapan.....	IV-34

Gambar 4.5 Detail Bak Resapan – Potongan Melintang	IV-35
Gambar 4.6 Potongan Melintang – Pekerjaan Galian.....	IV-35
Gambar 4.7 Tampak Atas Bak Resapan	IV-35
Gambar 4.8 Koefisien Permeabilitas Tanah	IV-36



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss (Analisis Frekuensi Curah Hujan)....	LAMPIRAN-1
Distribusi Log Person Type III Nilai G untuk CS Positif dan Negatif	LAMPIRAN-2
Reduced Mean (Y_n).....	LAMPIRAN-4
Reduced Standard Deviation (S_n).....	LAMPIRAN-5
Reduced Variate (Y_{Tr}).....	LAMPIRAN-6



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia semakin tahun semakin meningkat dan memerlukan banyak lahan untuk dijadikan hunian, salah satunya di daerah Kepulauan Seribu. Sempitnya lahan dan banyaknya pembangunan hunian dan fasilitas pendukungnya menjadikan banyak tata guna lahan yang tidak seharusnya. Dampak dari banyaknya kegiatan manusia dan kurangnya perhatian terhadap lingkungan di daerah Kepulauan Seribu menimbulkan permasalahan yaitu adanya genangan saat terjadi hujan. Pada saat curah hujan yang cukup tinggi tidak jarang air akan tergenang di jalan-jalan, hal tersebut bisa disebabkan akibat dari banyaknya drainase yang tersumbat atau belum terkoneksinya drainase yang ada di pulau tersebut. Genangan air yang terjadi juga bisa disebabkan kurang berfungsinya sistem drainase ataupun saluran yang kurang memadai dalam menampung debit air. Apabila tidak dilakukan tindakan untuk mengatasi permasalahan ini maka dapat mengganggu aktifitas masyarakat maupun wisatawan yang sedang berkunjung ke pulau tersebut.

Perencanaan dan pemeliharaan saluran drainase sangat diperlukan untuk menjaga aliran air dan meminimalisir terjadinya genangan. Menurut Suripin (2004;7), drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu Kawasan atau lahan, sehingga lahan tersebut dapat difungsikan secara optimal.

Maka dalam hal ini perlu dilakukan Analisis Sistem Drainase Untuk Menanggulangi Banjir Di Pulau Untung Jawa Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan DKI Jakarta, yang

berdasarkan peta zonasi Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan merupakan zona perumahan di wilayah pulau dan tidak jarang jalan-jalan di Pulau Untung Jawa tersebut tergenang air pada saat curah hujan tinggi.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Genangan sering terjadi pada saat musim hujan Di Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta.
2. Aliran air pada saluran yang tidak lancar.
3. Masih ada daerah yang belum memiliki jaringan saluran di Pulau Untung Jawa, Kepulauan Seribu.
4. Terdapat beberapa rumah penduduk yang maju hingga ke jalan, sehingga menutupi saluran yang ada, dan menyebabkan sulitnya membersihkan sampah pada saluran.

1.3 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi saluran drainase eksisting di Pulau Untung Jawa, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, DKI Jakarta?
2. Berapa kapasitas debit banjir pada drainase eksisting di Pulau Untung Jawa, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, DKI Jakarta?
3. Apakah perlu perencanaan sistem drainase yang baru beserta bangunan pelengkapanya di Pulau Untung Jawa, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, DKI Jakarta?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi saluran drainase eksisting di Pulau Untung Jawa, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, DKI Jakarta.
2. Mengetahui besarnya kapasitas debit banjir di Pulau Untung Jawa, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, DKI Jakarta.
3. Mengetahui perlu atau tidaknya perencanaan sistem drainase yang baru beserta bangunan pelengkapanya di Pulau Untung Jawa, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, DKI Jakarta.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk kalangan akademisi
Menerapkan dasar – dasar teori tentang Sistem Drainase pada kasus banjir.
2. Untuk Pemerintah
Sebagai referensi dan masukan terkait pengendalian banjir yang terjadi di Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan khususnya Pulau Untung Jawa.

1.6 Pembatasan dan Ruang Lingkup Masalah

Karena luasnya ruang lingkup penelitian dan agar dapat terfokuskan pada permasalahan yang ada, penulis membatasi pada Pulau di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu yang sering terkena banjir yaitu :

1. Lokasi penelitian dilakukan di Pulau Untung Jawa, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta.
2. Menghitung sistem drainase eksisting dan debit banjir.

3. Hanya menghitung debit air dari air hujan dan air limbah rumah tangga.
4. Hanya menghitung dimensi drainase pada sistem drainase tersebut.
5. Tidak menghitung konstruksi sistem drainase.
6. Tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) sistem drainase tersebut.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Latar belakang mengulas yang melatar belakangi mengapa penelitian dilakukan, permasalahan, tujuan dan manfaat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisikan teori, peraturan, dan batasan-batasan yang menimbulkan gagasan dan mendasari penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan lokasi dan waktu penelitian dilakukan, pengumpulan data, mengolah dan menganalisa data dan bagan alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Berisikan pembahasan dan hasil dari penelitian.

BAB V PENUTUP

Berisi simpulan pokok dari keseluruhan penelitian dan saran yang biberikan guna penelitian atau pengembangan lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris *drainage* mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalirkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas (Suripin, 2004:7)

Menurut Halim Hasmar (2011:3) drainase dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Menurut Sejarah Terbentuknya
 - a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*), terbentuk secara alami tidak ada unsur campur tangan manusia.
 - b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*), dibentuk berdasarkan analisis ilmu drainase, untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam lapisan tanah dan dimensi saluran.
2. Menurut Letak Saluran
 - a. Drainase Muka Tanah (*Surface Drainage*)
 - b. Drainase Bawah Tanah (*Subface Drainage*)
3. Menurut Fungsi Drainase

- a. *Single Purpose*, adalah saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja.
- b. *Multy Purpose*, adalah saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksi

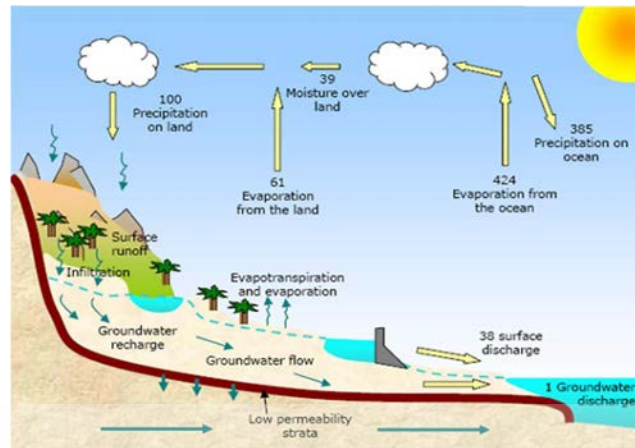
- a. Saluran Terbuka, yaitu saluran yang terletak di area yang cukup luas. Juga untuk saluran air non hujan yang tidak mengganggu kesehatan lingkungan.
- b. Saluran Tertutup, yaitu saluran untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Juga untuk saluran dalam kota.

2.2 Kajian Hidrologi

2.2.1 Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang seluk-beluk air, kejadian dan distribusinya, sifat-sifat fisik dan sifat kimianya, serta tanggapannya terhadap perilaku manusia. Sedangkan Siklus Hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. (Bambang Triatmodjo, 2015)

Siklus Hidrologi dan Komponen-komponennya disajikan pada Gambar 2.1. dan Skema Siklus Hidrologi pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi dan Komponennya

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2015)



Gambar 2.2 Skema Siklus Hidrologi

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2015)

2.2.2 Metode Hujan Wilayah

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Di daerah tropis, termasuk Indonesia, yang memberikan sumbangan paling besar adalah hujan, sehingga seringkali hujanlah yang dianggap sebagai presipitasi. (Bambang Triatmodjo, 2015)

Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan.

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan beberapa metode meliputi :

- Metode Rerata Aritmatik (aljabar).
- Metode Poligon Thiessen.
- Metode Isohyet.

Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik di mana stasiun hujan berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama.

1. Metode Rerata Aljabar.

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun yang digunakan dalam

hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan.

Metode rerata aljabar memberikan hasil yang baik apabila :

- a) Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- b) Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

Hujan rerata pada seluruh DAS diberikan pada persamaan :

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

\bar{P} = Hujan rerata kawasan

P_1, P_2, P_3, P_n = hujan pada stasiun 1,2,3 dan.n

n = Jumlah stasiun.

2. Metode Thiessen.

Metode ini memperhitungkan bobot masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut.

Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun.

Pembentukan Poligon Thiessen adalah sebagai berikut :

- a. Stasiun pencatat hujan digambarkan pada peta Daerah aliran Sungai (DAS) yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di Luar DAS yang berdekatan.
- b. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis tegak lurus (garis terputus) sehingga membentuk segi tiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- c. Dibuat garis berat pada sisi segitiga seperti yang ditunjukkan pada garis penuh.
- d. Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.
- e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f. Jumlah dari hitungan pada butir e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam persamaan yaitu :

$$\bar{P} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + A_3P_3 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.2)$$

Dimana :

\bar{P} = hujan rerata kawasan

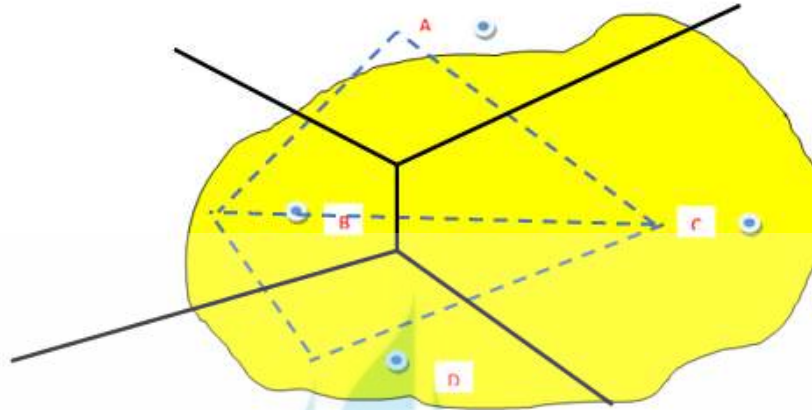
P_1, P_2, P_3, P_n = hujan pada stasiun 1, 2, 3 dan n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3 dan n.

Metode poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rerata kawasan.

Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun tertentu. Apabila terdapat

perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru.



Gambar 2.3 Contoh Stasiun Hujan di Suatu DAS

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2015)

3. Metode Isohyet.

Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rerata di suatu daerah, tetapi cara ini membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibandingkan dengan metode sebelumnya (Rerata Aljabar dan Thiessen).

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohyet adalah rerata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohyet tersebut.

Pembuatan garis Isohyet dilakukan dengan prosedur ini.

- a. Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan digambarkan pada peta daerah yang ditinjau.
- b. Dari nilai kedalaman hujan di stasiun yang berdampingan dibuat interpolasi dengan pertambahan nilai yang ditetapkan.

- c. Dibuat Kurva yang menghubungkan titik Interpolasi yang mempunyai kedalaman hujan yang sama. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis Isohyet dan Intervalnya.
- d. Diukur luas daerah (menggunakan program Autocad) yang berurutan dan kemudian dikalikan dengan nilai rerata dari nilai kedua garis isohyet.
- e. Jumlah dari hitungan pada butir d untuk seluruh garis Isohyet dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan kedalaman hujan rerata tersebut.

Rumus Kedalaman hujan Rerata :

$$\bar{P} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + A_3 \frac{I_3 + I_4}{2} + A_4 \frac{I_4 + I_5}{2} + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.3)$$

atau

$$P = \frac{\sum [A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right)]}{\sum A} \dots\dots\dots(2.4)$$



Gambar 2.4 Hujan Wilayah Metode Isohyet

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2015)

2.2.3 Cara Memilih Metode

Lepas dari kelebihan dan kelemahan ketiga metode yang tersebut diatas, pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan tiga faktor berikut:

- 1) Jaring-jaring pos penakar hujan dalam DAS
- 2) Luas DAS
- 3) Topografi DAS

1. Jaring-jaring pos penakar hujan

Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode isohyet, Thiessen atau rata-rata aljabar dapat dipakai
Jumlah pos penakar hujan terbatas	Metode rata-rata aljabar atau Thiessen
Pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

2. Luas DAS

DAS besar (>5000 km ²)	Metode isohyet
DAS sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode Thiessen
DAS kecil (<500 km ²)	Metode rata-rata aljabar

3. Topografi DAS

Pegunungan	Metode rata-rata aljabar
Daratan	Metode Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Metode isohyet

2.3 Banjir Rencana

Menurut Triatmojo, 2008 dalam Perhitungan Banjir Rencana dilakukan tahapan perhitungan meliputi :

1. Analisis Frekuensi, yang bertujuan mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan probabilitas.
2. Uji Kecocokan.
3. Debit Banjir Rencana.

2.3.1 Analisis Frekuensi

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (ekstrim), seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang luar biasa ekstrim kejadiannya sangat langka.

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (independent) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik.

Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, kata-ulang (return period) adalah waktu hipotetik di mana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kata ulang tersebut. Misalnya, hujan dengan kata-ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi

100 kali kejadian hujan 10 tahunan. Ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10-tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali.

Analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan di masa lalu.

Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi.

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah:

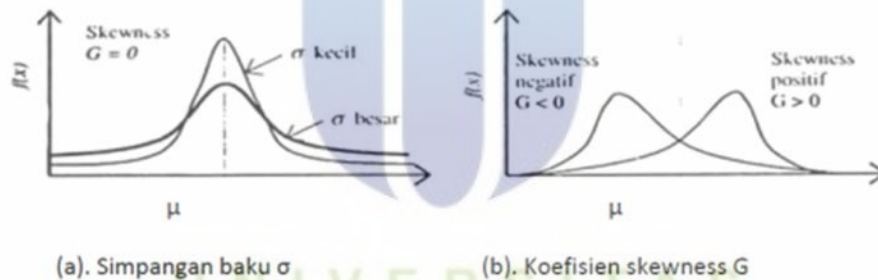
- 1) Distribusi Normal,
- 2) Distribusi Log Normal,
- 3) Distribusi Log-Person III, dan
- 4) Distribusi Gumbel.

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien skewness (kecondongan atau kemiringan).

Tabel 2.1. Parameter statistik yang penting

Parameter	Sampel	Populasi
Rata-rata	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$
Simpangan baku	$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\sigma = \{E[(x - \mu)^2]\}^{\frac{1}{2}}$
Koefisien variasi	$CV = \frac{s}{\bar{x}}$	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$
Koefisien skewness	$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	$\gamma = \frac{E[(x - \mu)^3]}{\sigma^3}$

(Sumber : Rekayasa Hidrologi – Edisi Revisi, 2018)



Gambar 2.5 Pengaruh perubahan simpangan baku σ dan koefisien skewness G pada Probability Density Function (PDF)

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2015)

2.3.1.1 Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (PDF = probability density function) yang paling dikenal adalah bentuk bell dan dikenal sebagai distribusi normal. PDF distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] - \infty \leq x \leq \infty \dots\dots\dots(2.5)$$

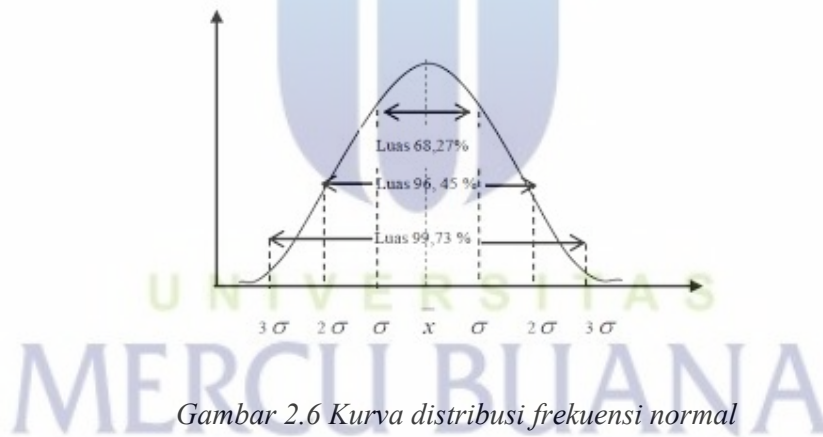
$P(X)$ = fungsi densitas peluang normal (ordinat kurva normal)

X = variable acak kontinu

μ = rata-rata nilai X

σ = simpangan baku dari nilai X

Analisis kurva normal cukup menggunakan parameter statistik μ dan σ . Bentuk kurvanya simetris terhadap $X = \mu$, dan grafiknya selalu diatas sumbu datar X , serta mendekati (berasimtot) sumbu datar X dan dimulai dari $X = \mu + 3\sigma$ dan $X = \mu - 3\sigma$. Nilai mean = median = modus. Nilai X mempunyai batas $-\infty < X < +\infty$.



Gambar 2.6 Kurva distribusi frekuensi normal

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2015)

Kira-kira 68,27%, terletak di daerah satu deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya, yaitu antara $(\mu - \sigma)$ dan $(\mu + \sigma)$.

Kira-kira 95,45%, terletak di daerah dua deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya, yaitu antara $(\mu - 2\sigma)$ dan $(\mu + 2\sigma)$.

Kira-kira 99,73%, terletak di daerah tiga deviasi standar sekitar nilai rata-ratanya, yaitu antara $(\mu - 3\sigma)$ dan $(\mu + 3\sigma)$.

Sedangkan, nilai 50%-nya terletak di daerah antara $(\mu - 0,6745\sigma)$ dan $(\mu + 0,6745\sigma)$.

Luas kurva normal selalu sama dengan satu unit persegi, sehingga

$$P(-\infty < X < \infty) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dx \dots\dots\dots (2.6)$$

Peluang nilai X antara $X = x_1$ dan $X = x_2$, adalah

$$P(x_1 < X < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dx \dots\dots\dots (2.7)$$

Apabila nilai X adalah standar, nilai rata-rata $\mu = 0$, dan deviasi standar (simpangan baku) $\sigma = 1$, maka persamaan (2.7) dapat dituliskan sebagai:

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}t^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$t = \frac{X - \mu}{\sigma} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dalam pemakaian praktis, umumnya rumus-rumus tersebut tidak digunakan secara langsung karena telah dibuat tabel untuk keperluan perhitungan, sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Nilai Variabel Reduksi Gauss

No.	Perode Ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33

4	1,05	0,9	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,15	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,050	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

(Sumber : Rekayasa Hidrologi – Edisi Revisi, 2018)

$$X_T = \mu + K_T \sigma \dots\dots\dots(2.10)$$

Yang dapat didekati dengan

$$X_T = \bar{X} + K_T S \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{X}}{S} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.13)$$

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan,

\bar{X} = nilai rata-rata hitung variat,

S = deviasi standar nilai variat,

K_T = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai faktor frekuensi K_T umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2, yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (Variable reduced Gauss).

2.3.1.2 Distribusi Log Normal

Jika variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. (PDF = probability density function) untuk distribusi Log Normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan bakunya, sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{X\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(Y - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2} \right] \quad X > 0 \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Y = \text{Log } X$$

dimana

$P(X)$ = peluang log normal

X = nilai variat pengamatan

σ_Y = deviasi standar nilai variat Y, dan

μ_Y = nilai rata-rata populasi Y.