



HIDROLOGI

**Okma Yendri, Efrinda Ari Ayuningtyas, Anugrah Yasin,
Gusti Rusmayadi, Hakim Duppa, Putu Doddy Heka Ardana,
Fathur Rahman Rustan, Fatmawaty Rachim**

HIDROLOGI

**Okma Yendri
Efrinda Ari Ayuningtyas
Anugrah Yasin
Gusti Rusmayadi
Hakim Duppa
Putu Doddy Heka Ardana
Fathur Rahman Rustan
Fatmawaty Rachim**



PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

HIDROLOGI

Penulis :

Okma Yendri
Efrinda Ari Ayuningtyas
Anugrah Yasin
Gusti Rusmayadi
Hakim Duppa
Putu Doddy Heka Ardana
Fathur Rahman Rustan
Fatmawaty Rachim

ISBN : 978-623-198-310-7

Editor : Ari Yanto, M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah
Padang Sumatera Barat
Website : www.globaleksekutifteknologi.co.id
Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, Mei 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Media Hidrologi ini.

Buku Ini Membahas Pengantar Hidrologi, Perolehan Rata-Rata Representative Parameter Hidrologi Suatu DAS, karakteristik statistic distribusi hujan, Cara Menghitung Besaran Hujan Ekstrim Dengan Probabilistik Tertentu, Cara Menghitung Beban Drainase Dan Infiltrasi, Banjir, Cara Menganalisa Kebutuhan Air, Cara Menganalisis Sistem Drainase Wilayah.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENGANTAR HIDROLOGI.....	1
1.1 Sejarah Hidrologi	1
1.2 Definisi Hidrologi	2
1.3 Siklus Hidrologi.....	3
1.4 Konsep Dasar Hidrologi	5
1.5 Perbedaan Secara Sederhana Antara Deterministik Stokostik Dan Probalistik	6
DAFTAR PUSTAKA.....	11
BAB 2 PEROLEHAN RATA-RATA REPRESENTATIF PARAMETER HIDROLOGI	
SUATU DAS	13
2.1 Daerah Aliran Sungai	13
2.2 Morfometri DAS.....	17
2.3 Parameter Hidrologi DAS.....	21
DAFTAR PUSTAKA.....	29
BAB 3 KARAKTERISTIK STATISTIK DISTRIBUSI HUJAN	31
3.1 Pendahuluan.....	31
3.2 Pengumpulan Data.....	33
3.3 Analisis Data Curah Hujan	33
3.4 Analisis Frekuensi Curah Hujan	35
3.5 Analisis Intensitas Hujan	36
3.6 Pemilihan Metode Intensitas Hujan	38
3.7 Analisis Data Curah Hujan	40
3.8 Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum	44
3.9 Analisis Intensitas Hujan	48
3.10 Pemilihan Metode Intensitas Hujan	50
3.11 Kesimpulan.....	52

DAFTAR PUSTAKA.....	53
BAB 4 CARA MENGHITUNG BESARAN HUJAN EKSTRIM DENGAN PROBABILISTIK TERTENTU	55
4.1 Pendahuluan.....	55
4.2 Analisis Iklim Ekstrims.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	67
BAB 5 CARA MENGHITUNG BEBAN DRAINASE DAN INFILTRASI	69
5.1 Beban Drainase Dan Infiltrasi.....	69
5.1.1 Pendahuluan	69
5.1.2 Tinjauan Pustaka	70
5.1.3 Sistem Saluran Drainase	75
5.1.4 Fungsi Drainase.....	76
5.1.5 Banjir	76
5.1.6 Bentuk-Bentuk Saluran Tertutup	78
5.1.7 Bangunan-Bangunan Sistem Drainase dan Pelengkapanya	82
5.1.8 Perencanaan Saluran Drainase	89
5.1.9 Menentukan Debit Rencana.....	90
5.1.10 Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	90
5.1.11 Perhitungan Proyeksi Penduduk Terhadap Limbah Air Buangan Rumah Tangga	91
5.1.12 Menentukan Kecepatan Pengaliran.....	92
5.1.13 Menentukan Dimensi Saluran Drainase	92
5.2 Analisis Hidrologi.....	93
5.2.1 Curah Hujan Rerata Maksimum Daerah	93
5.2.2 Analisa Curah Hujan Rancangan	94
5.2.3 Uji Kesesuaian Distribusi	95
5.2.4 Intensitas Hujan Rencana.....	98
5.2.5 Debit akibat Curah Hujan Rencana	99
5.2.6 Air Limbah.....	100
5.2.7 Debit Rencana Saluran	101
5.3 Analisis Hidrolika.....	102

5.3.1 Desain Saluran Drainase	102
5.3.2 Koefisien Stricler.....	104
5.3.3 Kecepatan Aliran	105
5.3.4 Tinggi Jagaan	105
5.3.5 Bangunan Pelengkap.....	106
5.4 Perhitungan Struktur	112
5.4.1 Kriteria.....	112
5.4.2 Struktur Saluran.....	113
5.4.3 Struktur Bangunan Gorong-gorong.....	114
5.4.4 Struktur Jembatan	115
DAFTAR PUSTAKA.....	117
BAB 6 BANJIR.....	119
6.1 Umum	119
6.1.1 Faktor Meteorologi.....	119
6.1.2 Faktor Daerah Aliran Sungai.....	120
6.2 Banjir	122
6.2.1 Metode Rasional.....	123
6.2.2 Metode Empiris	127
6.2.3 Metode Hidrograf.....	131
DAFTAR PUSTAKA.....	146
BAB 7 CARA MENGANALISA KEBUTUHAN AIR	149
7.1 Umum	149
7.2 Pengertian Kebutuhan Air	149
7.3 Analisis Kebutuhan Air	151
7.3.1 Kebutuhan Air Peruntukan Irigasi (KAI).....	151
7.3.2 Kebutuhan Air Domestik dan Non-Domestik.....	155
7.3.3 Kebutuhan Air Untuk Peternakan	158
7.3.4 Kebutuhan Air Untuk Peternakan	158
7.3.5 Kebutuhan Air untuk Pemeliharaan Sungai	159
DAFTAR PUSTAKA.....	160
BAB 8 CARA MENGANALISIS SISTEM DRAINASE	
WILAYAH	161
8.1 Latar Belakang.....	161

8.2 Drainase Pengaturan	162
8.3 Drainase Ramah Lingkungan.....	163
8.4 Drainase Ramah Lingkungan dan Perubahan Iklim.....	164
8.5 Fungsi Drainase	169
8.6 5 Jenis Drainase.....	169
8.7 Permasalahan yang kerap terjadi pada sistem drainase	172
8.8 Tips menangani permasalahan pada saluran drainase...	174
8.9 Alat berat untuk membuat saluran drainase.....	174
8.10 Analisis sistem drainase.....	175
8.11 Banjir.....	175
8.12 Analisis hidrologi	176
8.13 Analisis hidrolika	176
DAFTAR PUSTAKA.....	181
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Siklus Hidrologi.....	4
Gambar 1.2. Proses Deterministik	6
Gambar 1.3. Proses Stokastik	8
Gambar 1.3. Pengujian model stokastik debit air	9
Gambar 1.4. Proses Probabilistik.....	10
Gambar 2.1. Hubungan antara DAS dan volume total aliran.....	14
Gambar 2.2. Daerah Aliran Sungai.....	15
Gambar 2.3. Bentuk DAS membulat.....	16
Gambar 2.4. Bentuk DAS memanjang.....	16
Gambar 2.5. Bentuk DAS bulu burung.....	17
Gambar 2.6. Teknik Pengukuran Curah Hujan Wilayah dalam DAS.....	24
Gambar 3.1. Tahapan perencanaan	32
Gambar 3.2. Metode Polygon Thiessen.....	41
Gambar 3.3. Kurva <i>Intensity Duration Frequency</i> (IDF). ..	51
Gambar 4.1. Grafik fungsi distribusi normal (Tabel Z Distribusi Normal (rumushitung.com)).....	57
Gambar 4.2. Batas atas dan bawah ekstrim, dan curah hujan rata-rata bulanan di WPS Banjarbaru	60
Gambar 4.3. Data historis bulan Desember dengan batas ekstrim atas dan bawah di stasiun ..	62
Gambar 5.1. Gorong-gorong Pendek Terisi Penuh	107
Gambar 5.2. Gorong-gorong Terisi Penuh dan Panjang.....	108
Gambar 5.3. Gorong-gorong Tidak Terisi Penuh.....	109
Gambar 5.4. Terjun Tegak.....	111
Gambar 5.5. Gorong-gorong Pendek Terisi Penuh	114
Gambar 5.6. Gorong-gorong Tidak Terisi Penuh	115
Gambar 5.7. Pembebanan Jembatan Jalan Kelas 2 (dua)	116

Gambar 6.1. Hubungan Hujan dengan Aliran	
Permukaan untuk Durasi yang Berbeda	124
Gambar 6.2. Komponen Hidrograf	132
Gambar 6.3. Komponen Hidrograf Banjir	133
Gambar 6.4. Model Kotak Hitam.....	134
Gambar 6.5. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.....	138
Gambar 6.6. Hidrograf Satuan Sintetis GAMA I.....	142
Gambar 6.7. Sketsa Penetapan WF.....	144
Gambar 6.8. Sketsa Penetapan RUA	145
Gambar 8.1. Memperlihatkan Salah Satu Kolam Sumur	
Resapan	166
Gambar 8.2. Memperlihatkan salah satu tipe sumur	
resapan	168

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Indeks Bentuk DAS.....	19
Tabel 2.2. Kelas kerapatan drainase	21
Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur dan Laju Infiltrasi.....	26
Tabel 3.1. Data curah hujan harian maksimum.....	39
Tabel 3.2. Rekapitulasi hasil curah hujan koreksi.....	42
Tabel 3.3. Tes Homogenitas.....	43
Tabel 3.4. Curah hujan harian maksimum menurut Metode Gumbel.....	45
Tabel 3.5. Nilai K dengan Koefisien Kemencengan (G) = -0,3	45
Tabel 3.6. Curah hujan harian maksimum menurut Metode Log Pearson Tipe III	46
Tabel 3.7. Rekapitulasi curah hujan harian maksimum menurut Metode Iway Kedoya....	46
Tabel 3.8. Nilai peluang setiap metode.....	47
Tabel 3.9. Intensitas Hujan Van Breen.....	48
Tabel 3.10. Intensitas hujan Bell Tanimoto	49
Tabel 3.11. Intensitas hujan Hasper Der Weduwen	49
Tabel 3.12. Deviasi antara data yang terukur dengan perkiraan	50
Tabel 3.13. Intensitas Hujan (Metode Van Breen Persamaan Talbot)	51
Tabel 4.1. Batas atas dan bawah ekstrim, dan curah hujan rata-rata bulanan di WPS Banjarbaru ...	59
Tabel 4.2. Batas atas ekstrim, batas bawah ekstrim, dan rata-rata curah hujan curah hujan bulanan di stasiun Banjarbaru dengan nilai negatif diasumsikan nol.	61
Tabel 5.1. Bentuk dan fungsi saluran tertutup (Sewerage)	79

Tabel 5.2. Bentuk bentuk umum saluran terbuka dan fungsinya.....	80
Tabel 5.3. Syarat Pemilihan Metode Frekuensi	94
Tabel 5.4. Harga Kekasaran Strickler	104
Tabel 5.5. Kecepatan Aliran untuk Sal. Drainase	105
Tabel 5.6. Daftar Jagaan Air Saluran Drainase	106
Tabel 5.7. Koefisien Debit lewat Gorong-gorong	107
Tabel 6.1. Nilai C untuk Metode Rasional	128
Tabel 6.2. Prosentase β_2 Menurut Melchior	129
Tabel 6.3. Hidrograf Banjir DAS.....	139
Tabel 6.4. Hidrograf Satuan Metode SCS.....	141
Tabel 7.1. Koefisien tanaman Padi (Kc)	153
Tabel 7.2. Laju perkolasi	153
Tabel 7.3. Kebutuhan air domestik menurut klasifikasi kota.....	156
Tabel 7.4. Kebutuhan Pokok Air Minimal Sesuai Fungsi Bangunan	157
Tabel 7.5. Kebutuhan air untuk ternak.....	158
Tabel 8.1. Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan.....	179

BAB 1

PENGANTAR HIDROLOGI

Oleh Okma Yendri

1.1 Sejarah Hidrologi

Kata Hidrologi berasal dari dituliskan sebagai sejarah singkat Hidrologi dan digambarkan mengikuti kronologis sebagai berikut: tahun 1000 SM ditemukan asal air, oleh Hormer (dalam bukunya : Hiad) dan pada tahun 650 SM asal air juga dibahas oleh Thales. Homer yakin bahwa terdapat tampungan yang demikian besar yang dapat mencatu air di sungai, laut, mata air, sumur, dan lain-lain. Ada suatu hal yang menarik untuk dicatat bahwa saat itu Homer telah memahami tentang debit dan kecepatan air yang mengalir dalam saluran di Yunani. Kemudian hal yang sama juga dibahas oleh Aristoteles (tahun 483 SM) dan Plato (tahun 427 SM), namun hubungan antar komponen air masih belum dikemukakan secara jelas. Tahun 1608 M ditemukan Hidrologi praktis antara lain ditandai dengan pengukuran hujan selama 3 tahun dan pengukuran limpasan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Seine oleh Pierre Perrault. Hidrologi Praktis ini juga diamati oleh Edme Mariotte (tahun 1620 M) dan Edmund Haley (tahun 1656 M). Saat itu beliau menganggap bahwa air di mata air tidak sama dengan air sungai yang berasal dari hujan, alasannya air hujan tidak cukup banyak dan permukaan bumi sangat kedap. Pada jaman Nabi Isa, Marcus Vitruvius menemukan infiltrasi (tahun 1452 M). Dalam buku *Volume 8 of his treatise De Architectura Libri Decem (the engineer's chief handbook during the Middle Ages)*, Marcus Vitruvius sudah mulai memperhatikan adanya siklus hidrologi antara lain dengan memberikan hipotesis bahwa hujan dan salju yang jatuh di daerah pegunungan terinfiltrasi ke dalam permukaan bumi dan

akhirnya muncul di dataran rendah sebagai aliran dan mata air. Kemudian pada tahun 1509 M, Pallisy dan Leonardo Da Vinci mengembangkan lebih lanjut tentang siklus hidrologi. Akhirnya sejak saat inilah Hidrologi berkembang terus sampai sekarang. Siklus hidrologi adalah pergerakan air di bumi berupa cair, gas, dan padat baik proses di atmosfer, tanah dan badan-badan air yang tidak terputus melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara kontinu. (Mahmud Achmad, 2011).

Proses siklus hidrologi di bumi berlangsung terus menerus yang membuat air menjadi sumberdaya alam yang dapat terbarui, maka secara umum jumlah air di bumi dapat dikatakan sama walaupun manusia, binatang dan tumbuh-tumbuhan banyak menggunakan air untuk kebutuhan hidupnya. (Nugroho Hadisusanto, 2011).

1.2 Definisi Hidrologi

Menurut CD Soemarto (1995), Hidrologi adalah ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam kita ini, yang meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan bawah permukaan tanah. Menurut Sri Harto (1990), secara umum, hidrologi dimaksudkan sebagai ilmu yang menyangkut masalah air. Pada pertemuan *International Association of Scientific Hydrology* di Zurich (1938), Hidrologi dibagi menjadi 3 antara lain:

- a. *Potamology* berhubungan dengan sungai;
- b. *Cryology*, berhubungan dengan salju; dan
- c. *Limnology*, berhubungan dengan danau.

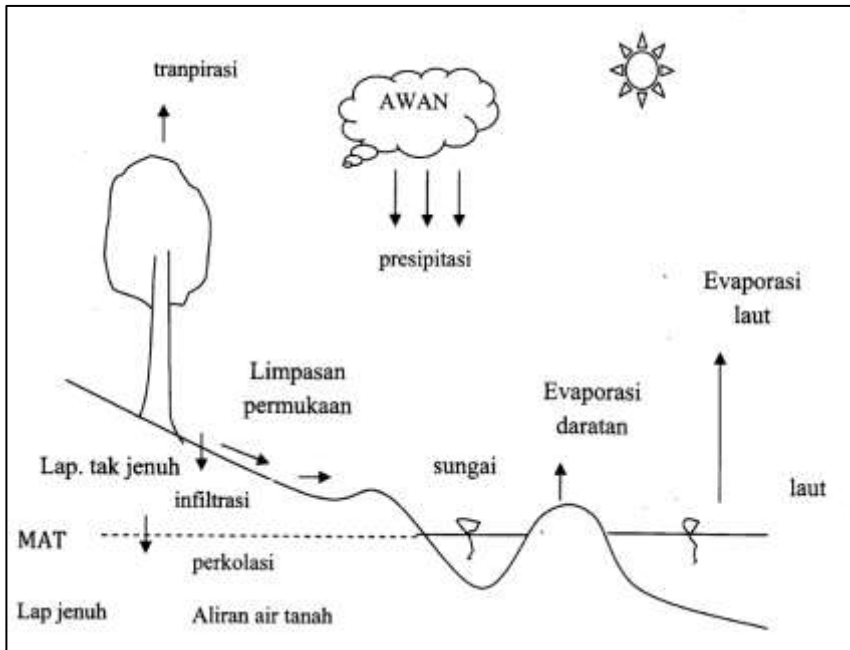
1.3 Siklus Hidrologi.

Air di bumi antarlain meliputi yang ada di atmosfer, di atas permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah. Jumlah air di bumi kurang lebih berjumlah $1400 \times 10^6 \text{ km}^3 = 1400 \times 10^4 \text{ m}^3$ yang terdiri dari

- 1) Air laut : 97%
- 2) Air tawar : 3% yang meliputi:
 - a. Salju, es, gletser 75%
 - b. Air tanah (jenuh) 24 %
 - c. Air danau 0,3 %
 - d. Butir-butir daerah tak jenuh 0,065%
 - e. Awan, kabut, embun, hujan 0,035%
 - f. Air sungai 0,030 %

Siklus hidrologi merupakan gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan bumi lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi yang lain, dan akhirnya mengalir ke laut. Hal-hal penting yang perlu diketahui berkaitan dengan siklus hidrologi :

- a. Dapat berupa siklus pendek, yaitu dari hujan, menuju laut/danau/sungai, kemudian menuju laut lagi;
- b. Terjadinya tidak ada keseragaman waktu;
- c. Intensitas dan frekuensi bergantung pada geografi dan iklim (hal ini berkaitan dengan letak matahari yang berubah sepanjang tahun); dan (4). Berbagai bagian siklus sangat kompleks.



Gambar 1.1. Siklus Hidrologi.
(Sumber : Montarchi, Lily. 2010)

Dari gambar 1.1.ada 4 proses dalam siklus hidrologi, yaitu

- Presipitasi;
- Evaporasi;
- Infiltrasi; dan
- Limpasan permukaan dan air tanah.

Arah aplikasi dalam pengembangan sumberdaya air antara lain:

- Berapa jumlah hujan dalam DAS?;
- Berapa lama musim kemarau dan berkaitan dengan berapa besar waduk yang harus disediakan?;
- Berapa jumlah kehilangan air ?; dan
- Apakah diperlukan waduk atau penyedotan air tanah ?

Sedangkan untuk perencanaan bendungan, diperlukan informasi:

- a. Berapa kapasitas bangunan pelimpah?;
- b. Berapa besar pipa penyalur air?;
- c. Apakah perlu penghutanan kembali?

Semua hal tersebut di atas bisa terjawab dalam Hidrologi.

1.4 Konsep Dasar Hidrologi

Dalam pengembangan sumberdaya air, estimasi volume air itu merupakan hal yang sangat penting karena merupakan dasar perencanaan dan pengoperasian sistem sumber daya air. Proyek sumber daya air sederhana meliputi:

- a. Suplesi air, untuk irigasi, industri, air minum, dan lain-lain;
- b. Pengendalian banjir;
- c. PLTA;
- d. Pengelolaan DAS;
- e. Penggelontoran;
- f. Tambak, dan lain-lain.

Untuk pengendalian banjir, diperlukan harga tertinggi dan untuk ini dilalukan analisa banjir rancangor , yang memerlukan disain parameter. Sedangkan untuk suplesi air dilalukan analisa debit andalan. Perencanaan bangunan keairan mempunyai kepentingan untuk

- a. Mengatur aliran sungai;
- b. Pembuatan waduk-waduk; dan
- c. Pembuatan saluran-saluran irigasi. Untuk keperluan tersebut diperlukan ilmu-ilmu yang menunjang antara lain Matematika, Ilmu Alam, Statistika, Meteorologi, Oceanografi, Geografi, Geologi, Geomorfologi, dan Hidrolika. Selain itu harus mempunyai pengalaman di bidang Kehutanan, Pertanian, Biologi, dan Botani.

1.5 Perbedaan Secara Sederhana Antara Deterministik Stokostik Dan Probalistik

Proses hidrologi merupakan gambaran fenomena hidrologi yang mengalami perubahan terus menerus, terutama terhadap waktu. Berkenaan dengan hal tersebut, ada 3 proses yang perlu diketahui yaitu Proses Deterministik, Proses Stokastik dan Proses Probabilistik.

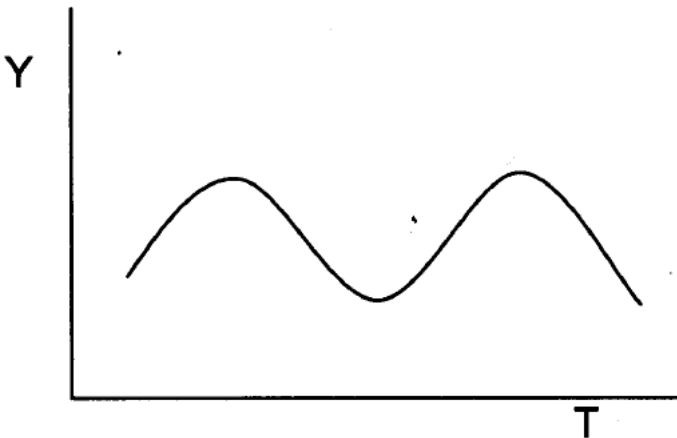
1. Proses Deterministik.

Proses deterministik mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- Tidak bergantung pada peluang;
- Tidak berubah karena waktu;
- Perubahan variabel mengikuti hukum kepastian; dan
- Memakai variabel (data dipakai untuk menentukan parameter).

Contoh : aliran air tanah. Secara matematik, proses deterministik digambarkan sebagai berikut:

- Merupakan fungsi matematik; dan
- Tidak ada error.



Gambar 1.2. Proses Deterministik

Model Deterministik adalah suatu model matematik yang hanya dapat menerima peubah yang bebas dari variasi acak (*random variation*). Model ini didasarkan pada struktur sebenarnya dari sistem dan kaidah fisika yang mengatur perilaku sistem tersebut. Berdasarkan variable dan parameter input atau output maka model deterministik dapat dikelompokkan dalam dua bentuk, yaitu lumped dan terdistribusi (*distributed*). Variabel atau parameter disebut lumped apabila besaran yang diwakilinya tidak mempunyai variabilitas ruang, misalnya masukan yang berupa hujan rata-rata DAS adalah masukan yang bersifat lumped. Sebaliknya, variabel dan parameter yang *distributed* mengandung variabilitas ruang dan waktu. Pengertian parameter adalah suatu besaran yang menandai suatu sistem hidrologi yang memiliki nilai tetap, tidak tergantung pada waktu. Variabel adalah besaran yang menandai suatu sistem yang dapat diukur dan memiliki nilai berbeda pada waktu berbeda (Budi Harsoyo, 2010).

2. Proses Stokastik

Dalam ilmu pengetahuan statistik, kata stokastik sinonim dengan acak, namun dalam hidrologi, kata itu dipakai secara khusus yang menunjuk pada suatu rangkaian waktu, di mana di dalamnya hanya sebagian saja yang bersifat acak (Ross, 2005). Hidrologi stokastik mampu mengisi kekosongan yang ada di antara metode metode deterministik, dan hidrologi probabilistic (Weilbull, 2005). Dalam hidrologi deterministik, variabilitas waktu dianggap terjelaskan seluruhnya oleh variabel-variabel lain dalam penerapan model yang tepat. Dalam hidrologi probabilistik, tidak diperhatikan urutan-urutan waktu, yang diperhatikan hanyalah probabilitas atau peluang disamai atau dilampauinya suatu kejadian. Sedangkan dalam hidrologi

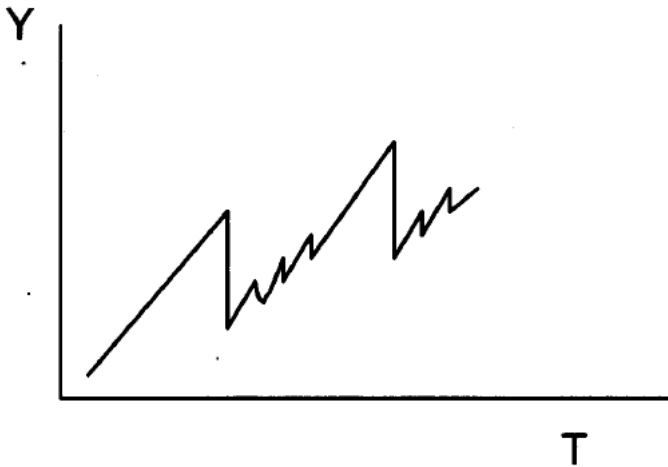
stokastik urutan-urutan waktu mutlak penting, penyajian stokastik mempertahankan sifat-sifat peluang yang berhubungan dengan urutan-urutan kejadiannya (Yeni Nuraeni, 2011).

Proses stokastik mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Bergantung pada waktu;
- b. Perubahan variabel merupakan faktor peluang;
- c. Memakai matematika, ada unsur random.

Contoh : kebanyakan proses hidrologi. Secara matematik, proses stokastik digambarkan sebagai berikut:

- a. Mempunyai irama, mempunyai kecenderungan (trend); dan
- b. Merupakan fungsi waktu



Gambar 1.3. Proses Stokastik

Model Stokastik adalah suatu model matematik yang dapat menerima sembarang perubahan, yaitu sebagai perubahan acak (random variable) yang mempunyai sebaran acak. Model

ini umumnya digunakan untuk menganalisa sifat fisik statistik output dari suatu sistem yang didasarkan pada urutan kejadian sebagai akibat perubahan waktu dan menghasilkan suatu set data dalam jangka panjang dengan sifat yang sama pula. Set data tersebut dapat dianalisa untuk memperoleh gambaran mengenai kemungkinan urutan kejadian yang akan terjadi di masa datang, misalnya frekuensi harapan dari debit air (Budi Harsoyo,2010).



Gambar 1.3. Pengujian model stokastik debit air
(Sumber:Yeni Nuraeni,2011)

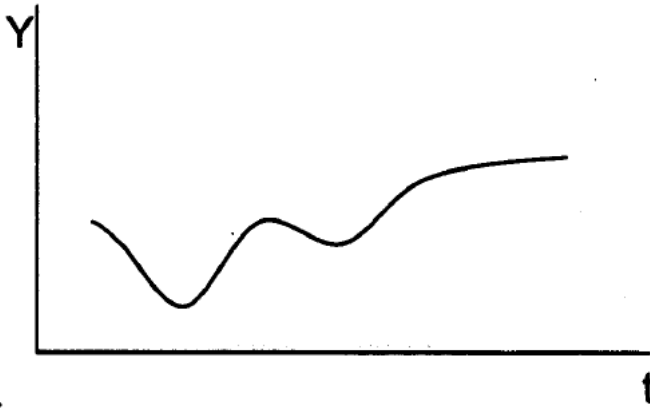
3. Proses Probabilistik

Proses probabilistik mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- Tidak bergantung pada waktu;
- Perubahan variabel merupakan faktor peluang; dan
- Mekanisme fisik bergantung pada data.

Contoh : lengkung durasi aliran, analisa frekuensi. Secara matematik proses probabilistik digambarkan sebagai berikut:

- Ada unsur random; dan
- Merupakan fungsi waktu.



Gambar 1.4. Proses Probabilistik

Berdasarkan gambaran di atas, proses hidrologi umumnya dikategorikan menjadi 2 bagian besar antara lain:

- a. Hidrologi Parametrik, merupakan pengembangan dan analisis hubungan antar parameter fisik dalam kejadian hidrologi. Kajian dan penelitian tersebut melibatkan model fisik, model analog, model digital, dan metode analisa fisik tradisional.
- b. Hidrologi Stokastik, merupakan manipulasi karakteristik statistik dari variabel-variabel hidrologi. Dalam penerapannya, yang penting adalah penataan urutan kejadian dan urutan non historik .

Dalam model ini konsep frekuensi dan probabilitastik memegang peranan penting seperti halnya dalam model stokastik, namun dalam model ini tidak memperhitungkan urutan kejadian. Misalnya kejadian diperlakukan sebagai time-independent dan memperkirakan kejadian yang paling ekstrim berdasarkan karakteristik dari populasi data yang tersedia (Budi Harsoyo,2010).

DAFTAR PUSTAKA

- Budi Harsoyo, 2010. Review Modeling Hidrologi Das Di Indonesia, <https://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JSTMC/article/view/2179/1817>
- Linsley, Ray K. JR; Max A. Kohler and Joseph L.H. Paulhus. (1989). Hidrologi Untuk Insinyur. Terjemahan Hermawan. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mahmud Achmad, 2011, HIDROLOGI TEKNIK, Program Hibah Penulisan Buku Ajar Tahun 2011, Universitas Hasanuddin, 2011.
- Montarchi, Lily. 2010. Hidrologi Teknik Dasar. CV Citra Malang
- Nugroho Hadisusanto, 2011, Aplikasi Hidrologi, Jogja Media Utama
- CD Soemarto. 1995. Hidrologi Teknik. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sri Harto, Br. 1995. Analisis Hidrologi. PAU Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Viessman, Warren JR; John W. Knapp; Gary L. Lewis and The Late Terence E. Harbaugh. 1977. Introduction To Hydrology, Harper & Row Publishers. New York.
- Wilson, E.M. 1993. Hidrologi Teknik. Terjemahan Asnawi. Penerbit Erlangga Jakarta.
- Yeni Nuraeni, 2011. Metode Memperkirakan Debit Air yang Masuk ke Waduk dengan Metode Stokastik Chain Markov (Contoh Kasus: Pengoperasian Waduk Air Saguling).
- Ross, S.M., 2005, *Stochastic Processes*, John Wiley and Sons. Inc Canada.
- Weibull, 2005, *A-Statistical Theory of The Strength of Material*. Ing. Vetenskaps Akad. Handl. 151, 15, Stockholm.

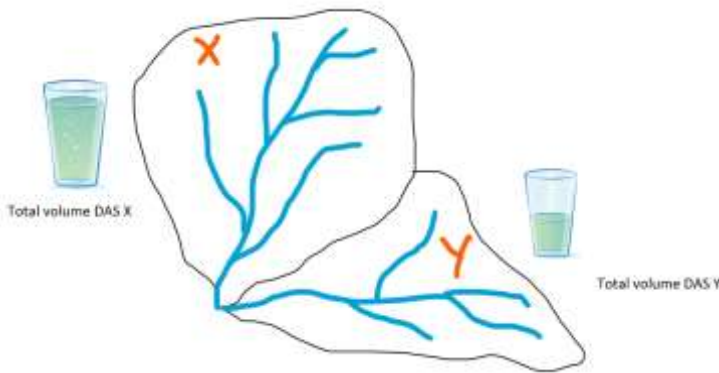
BAB 2

PEROLEHAN RATA-RATA REPRESENTATIF PARAMETER HIDROLOGI SUATU DAS

Oleh Efrinda Ari Ayuningtyas

2.1 Daerah Aliran Sungai

Menurut PP No 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS, definisi Daerah Aliran Sungai (DAS) 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 dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Daerah Aliran Sungai (DAS) ini dibatasi oleh punggung perbukitan dan pegunungan, sehingga membentuk semacam mangkok yang memiliki karakteristik berbeda dengan DAS di sebelahnya. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah di dalam sebuah DAS akan mengalami proses siklus hidrologi seperti diserap ke dalam tanah (infiltrasi) hingga dialirkan menuju sungai utama (*runoff*). Tentu saja proses-proses tersebut dipengaruhi oleh bentuk dan karakteristik DAS. Sebagai contoh, jika air hujan jatuh pada DAS X dan Y dengan luasan berbeda dimana DAS X lebih besar dan bentuk DAS-nya juga berbeda dengan DAS Y, maka total volume aliran permukaan yang dihasilkan oleh DAS X relatif lebih besar. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara volume air limpasan bersifat proporsional terhadap luasan daerah tangkapan hujannya.



Gambar 2.1. Hubungan antara DAS dan volume total aliran
(Sumber : The COMET Program dalam Salsabila, A. dan Irma, L.N., 2020, dengan modifikasi)

Konsep DAS tidak terlepas dari karakteristik fisik DAS itu sendiri mulai dari bagian-bagian DAS, bentuk, luasan, jenis pola aliran, hingga morfometri DAS karena berpengaruh terhadap debit dan volume aliran. Adapun bagian-bagian DAS meliputi hulu, tengah, dan hilir. Masing-masing bagian DAS tersebut ada fungsi yang berbeda-beda yaitu :

1. Hulu DAS

Pada bagian ini dicirikan oleh morfologi curam dan bergunung. Fungsi utama dari bagian hulu DAS adalah sebagai wilayah penyangga karena berperan menyimpan cadangan airtanah terbesar dibandingkan bagian DAS lainnya. Bagian hulu harus terus dalam keadaan sehat dan lestari agar tidak terdegradasi dengan tetap menjaga stabilitas tutupan lahan. Jika tidak dijaga, maka degradasi lahan berpotensi untuk terjadi yang diawali dengan tingkat erosi yang semakin memburuk.

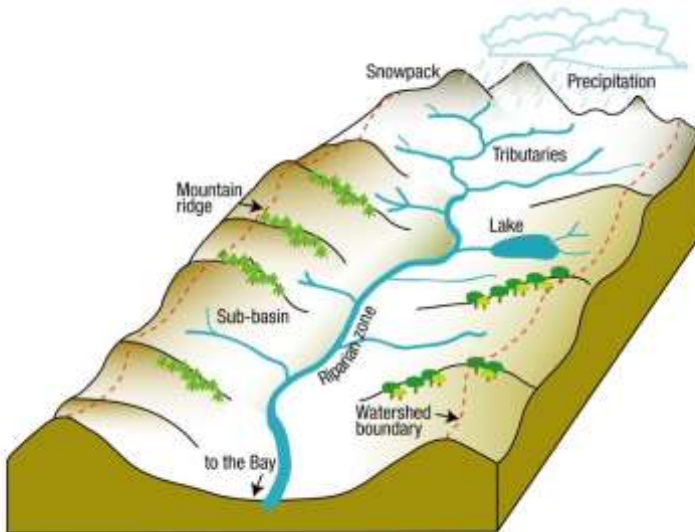
2. Tengah DAS

Pada bagian tengah DAS, perubahan penggunaan lahan mulai terjadi yaitu diindikasikan oleh munculnya

permukiman dan aktivitas sosial ekonomi dan budaya masyarakat sebagai penerima manfaat dari sumberdaya air dan tanah dalam DAS tersebut. Pemanfaatan air sungai mulai banyak ditemukan di bagian tengah DAS, sehingga perlu adanya pemantauan rutin untuk menjaga keseimbangan antara input dan output di wilayah ini. Wilayah ini sudah muncul permasalahan lingkungan seperti erosi dan sedimentasi.

3. Hilir DAS

Pada bagian hilir DAS tentu adalah bagian yang paling kompleks karena dicirikan dengan topografi datar, sehingga penggunaan lahan untuk aktivitas manusia sangat beragam dibandingkan bagian tengah dan hulu. Hal yang tidak bisa dipungkiri dari bagian ini adalah banyaknya permasalahan lingkungan khususnya berkaitan dengan banjir, penurunan kualitas air, dan pendangkalan sungai di bagian muara.

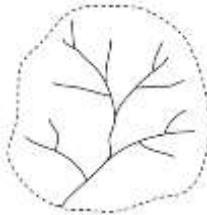


Gambar 2.2. Daerah Aliran Sungai

Permasalahan lingkungan yang muncul di sebuah DAS seperti banjir misalnya, secara alami adalah bentuk proses DAS menuju kesetimbangan. Hal ini dipengaruhi oleh bentuk DAS. Berikut adalah contoh perbedaan karakteristik banjir pada bentuk DAS yang berbeda-beda :

1. Bentuk DAS membulat/radial

Bentuk DAS yang membulat atau menyebar, jika terjadi hujan yang jatuh merata ke seluruh DAS, maka debit banjir cenderung bersifat besar dan akan memuncak di setiap pertemuan anak sungai.



Gambar 2.3. Bentuk DAS membulat

2. Bentuk DAS memanjang/paralel

Jika terjadi hujan merata di DAS dengan bentuk memanjang, maka sifatnya hampir sama dengan DAS bentuk membulat yaitu debit banjir akan besar, tetapi titik puncak banjir akan terjadi di muara sungai (bagian hilir).

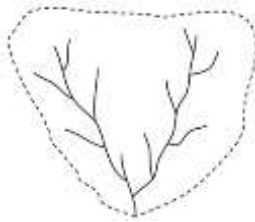


Gambar 2.4. Bentuk DAS memanjang

3. Bentuk DAS bulu burung

Bentuk DAS bulu burung memiliki perbedaan dengan dua bentuk DAS sebelumnya dimana debit banjir cenderung kecil karena time of peak concentration berbeda-beda di

semua percabangan sungai. Namun, jika terjadi banjir, maka waktu surutnya juga relatif lebih lama.



Gambar 2.5. Bentuk DAS bulu burung

Pentingnya memahami konsep DAS akan memudahkan bagi siapapun untuk dapat menelaah potensi sumberdaya lahan dan air serta potensi kerusakan lingkungan yang mungkin terjadi di dalam DAS tersebut. Kembali pada definisi DAS seperti menurut Linsley (1980) bahwa DAS adalah keseluruhan daerah yang dikontrol oleh sistem sungai, sehingga seluruh aliran dan material yang diangkutnya tersebut akan dikeluarkan melalui outlet tunggal. Untuk itu, perlu adanya pendekatan formulatif untuk menghitung dan memprediksi aliran dalam sebuah sistem DAS.

2.2 Morfometri DAS

Ciri utama sebuah DAS adalah adanya satu outlet atau keluaran tempat bermuaranya aliran air dari semua percabangan/orde sungai. Batas DAS adalah punggung atau igir atau lebih dikenal dengan punggung pegunungan yang dapat ditentukan dari peta topografi atau Rupa Bumi Indonesia (RBI) pada skala 1:25.000 dan 1: 50.000 yang di dalamnya memuat informasi garis kontur. Igir ini disebut sebagai pembatas topografi. Garis kontur menggambarkan topografi DAS, sehingga akan dapat terbaca arah aliran permukaan menuju outlet. Aliran permukaan (*overlandflow*) atau limpasan permukaan (*runoff*) akan mengalir dari hulu ke hilir yang ditandai dengan pola garis kontur rapat menuju pola garis kontur yang merenggang.

Asdak (2004) menjelaskan bahwa morfometri DAS adalah gambaran dan ukuran kuantitatif dari karakteristik fisik DAS yang berkaitan dengan aspek geomorfologi. Beberapa parameter yang termasuk dalam morfometri DAS adalah luas, bentuk, pola aliran, kerapatan aliran, dan gradien kemiringan sungai. Pentingnya menghitung morfometri DAS adalah untuk mengkombinasikannya dengan faktor eksternal yang dapat diubah oleh manusia seperti penggunaan lahan, panjang, dan kemiringan lereng yang kemudian dapat memberikan respon terhadap curah hujan yang jatuh dan masuk ke dalam sistem DAS melalui siklus hidrologi dan hidrogeologi (Noges, 2009). Karakteristik fisik dari morfometri DAS dikombinasikan dengan penggunaan lahan dapat juga menjadi bahan evaluasi kejadian banjir bandang dalam suatu DAS (Nugroho, 2009).

Penentuan luas DAS sangat penting peranannya untuk memprediksi potensi sumberdaya air dalam sebuah DAS atau sebagai acuan untuk analisis debit puncak yang dari suatu kejadian hujan. Semakin besar luas suatu DAS, maka tampungan air hujan juga akan semakin besar (Vienastra, 2018). Adapun perhitungan luas DAS yang bisa digunakan adalah (1) manual, (2) planimeter dan (3) *digitizer-computer*.

Salah satu metode perhitungan manual yang sering dan paling mudah adalah metode segiempat (*square method*). Metode ini dilakukan dengan cara membuat petak-petak/kotak-kotak berukuran 1x1 cm pada DAS yang akan dihitung luasnya. Jika batas tepi DAS mengisi separuh hingga kurang dari satu kotak penuh, maka dibulatkan menjadi 1 kotak penuh. Apabila ada kotak yang terisi setengah, maka bisa digabungkan dengan potongan-potongan hingga membentuk luasan setengah sampai penuh. Langkah ini diperlukan untuk menghindari ketidakseimbangan ketika mengambil strategi penghilangan kotak yang tidak penuh.

Metode lainnya adalah dengan planimeter yang secara teknis alat tersebut digerakkan pada sekeliling batas DAS dan nilai

luas DAS akan terbaca pada alat tersebut. Pada zaman sekarang, penggunaan kedua metode tersebut hanya sampai pada tahap pengenalan saja dan diterapkan pada pendidikan mata pelajaran Geografi tingkat SMA atau praktikum mata kuliah Hidrologi di bangku kuliah. Sedangkan untuk keperluan keilmiah, data luas DAS dapat diperoleh dengan mudah melalui digitasi menggunakan perangkat pemetaan seperti ArcGIS atau Quantum GIS. Hal ini mewajibkan pengguna untuk mempersiapkan data spasial berupa data vektor agar dapat dihitung luasan DAS yang dibutuhkan.

Bentuk DAS pada dasarnya sulit untuk dijelaskan secara kuantitatif. Namun, bentuk DAS masih dapat diamati dengan pendekatan nisbah kebulatan (*circularity ratio*).

Perhitungan nisbah kebulatan dapat dihitung menggunakan rumus Miller (1953) sebagai berikut :

$$Rc = \frac{4\pi A}{p^2} \dots\dots\dots (1)$$

- Keterangan :
- Rc = Nisbah Kebulatan
 - A = Luas DAS (km²)
 - p = Perimeter/ keliling DAS (km)

Berdasarkan hasil perhitungan nisbah kebulatan dan nisbah kepanjangan, maka dapat diperkirakan bentuk DAS dengan pertimbangan sebagai berikut :

Tabel 2.1. Indeks Bentuk DAS

NO.	INDEKS	NILAI
1.	Rc > 0,5	Bentuk Das membulat, debit puncak banjir dan masa surut relatif lama
2.	Rc < 0,5	Bentuk Das memanjang, debit puncak banjir dan masa surut relatif cepat

Sumber : Soewarno (1991)

Morfometri DAS lainnya adalah kemiringan sungai dan kemiringan DAS. Kemiringan sungai merupakan perbandingan antara beda tinggi dengan jarak horisontal. Menurut Seyhan (1977) terdapat dua pendekatan untuk menghitung besarnya kemiringan sungai, yaitu pendekatan hidrologi dan geomorfologi. Berikut adalah rumus Strahler yang digunakan untuk menentukan kemiringan sungai adalah:

$$S_u = \frac{(h_{85} - h_{10})}{0,75 L_b} \dots\dots\dots (2)$$

Su = kemiringan alur sungai (gradien sungai); h₁₀ = elevasi yang terletak pada jarak 0,1 Lb (km); h₁ = elevasi yang terletak pada jarak 0,85 Lb (km); Lb = panjang alur sungai utama (km)

Kemiringan rata-rata DAS menggambarkan angka kuantitatif dari keseluruhan kemiringan dalam satu DAS. Perhitungannya didasarkan pada kaidah *contour length method* oleh Horton (Seyhan, 1977). Rumus yang digunakan untuk menghitung kemiringan DAS adalah sebagai berikut:

$$S_o = \frac{M \cdot C_i}{A} \dots\dots\dots (3)$$

So = kemiringan DAS; M = total panjang garis kontur DAS (km)
Ci = kontur interval (km); A = luas DAS (km²)

Kemiringan DAS mempengaruhi total volume dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai outlet. Kemiringan DAS yang semakin besar akan menyebabkan sudut pertemuan antara air hujan dan permukaan tanah tidak lagi tegak lurus. Akibatnya, aliran permukaan (*overlandflow*) semakin besar dan berubah menjadi limpasan permukaan (*runoff*) karena laju infiltrasi menurun. Tentu saja aliran permukaan ini akan beriringan dengan proses erosi, transportasi, dan sedimentasi. Laju erosi

akan semakin besar pada gradien sungai dan kemiringan DAS yang besar.

Kerapatan aliran sungai adalah indeks yang menggambarkan banyak sedikitnya jumlah cabang sungai dalam sebuah DAS. Kerapatan sungai akan tampak bernilai kecil pada jenis tanah yang relatif tahan terhadap erosi atau kedap air seiring dengan relief yang relatif datar (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Kerapatan aliran sungai dikenal juga dengan istilah kerapatan drainase (*drainage density*). Rumus yang digunakan untuk menghitung kerapatan drainase adalah sebagai berikut :

Dd = Ln/A (4)

Dd = kerapatan drainase (m/km²); Ln = total panjang alur sungai (m); A = luas DAS (km²)

Kemudian indeksi kerapata drainase tersebut diklasifikan ke dalam beberapa kelas berikut :

Tabel 2.2. Kelas kerapatan drainase

NO	NILAI Dd	KELAS
1	<0,25 m/km ²	Rendah
2	0,25 – 10 m/km ²	Sedang
3	10 -25 m/km ²	Tinggi
4	>25 m/km ²	Sangat tinggi

2.3 Parameter Hidrologi DAS

Presipitasi atau curah hujan adalah faktor pengendali utama keberlangsungan sistem hidrologi dalam sebuah DAS karena dari curah hujan inilah elemen-elemen lainnya sangat terpengaruh seperti kelembaban tanah, infiltrasi, debit aliran, hingga cadangan airtanah. Keberlanjutan proses ekolobi, tataguna lahan dan geografi di dalam DAS ditentukan oleh siklus

hidrologinya, sehingga presipitasi dianggap sebagai faktor pendukung dan pembatas bagi pengelolaan DAS (Asdak, 2002).

Perhitungan presipitasi suatu wilayah DAS diperlukan data curah hujan harian, bulanan, atau tahunan dan umumnya dilakukan dengan dua cara yaitu metode aritmatik/rata-rata, poligon (*Thiessen Polygon*), dan metode isohyet.

1. Rata-rata aritmatik mengacu pada lokasi alat pengukur curah hujan yang harus tersebar merata dan jumlah alat penakar hujan yang memadai dan mewakili kondisi DAS, umumnya disesuaikan dengan perubahan topografi. Semakin banyak alat penakar hujan yang terpasang, maka akan semakin detail perhitungannya.

Stasiun penakar hujan	Curah hujan tahunan (mm)
Bojong	2125
Ngawi	1789
Salam	1547
Bandungan	2064

Curah hujan rerata tahunan di DAS Kajoran adalah :
 $(2125+1789+1547+2064)/4 = 1881,25 \text{ mm/tahun}$

Perlu dicatat bahwa alat penakar hujan tersebut harus masuk di dalam batas BAS yang diukur. Namun, apabila ada terdapat stasiun yang terpasang di luar batas DAS, masih dapat digunakan sepanjang tidak terlalu jauh dari DAS tersebut. Penggunaan rumus aritmatik ini akan lebih representatif pada DAS yang relatif seragam topografinya, sehingga variasi curah hujan tidak terlalu besar.

2. *Thiessen Polygon*

Metode ini mempertimbangkan bisektor tegak lurus melalui garis-garis yang menghubungkan antar penakar

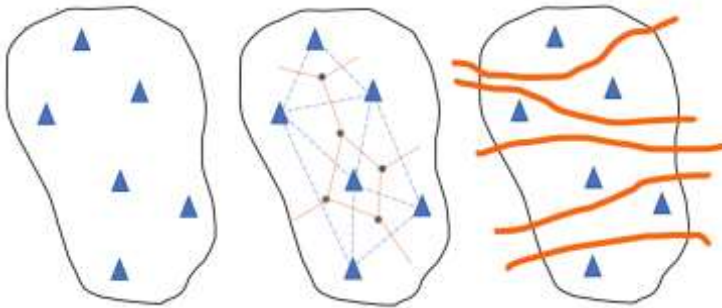
hujan terdekat dengan bertumpu pada titik gaya berat di tengah-tengah segitiga garis pertemuan. Hasil perkalian antara luas poligon dengan curah hujan tercatat pada stasiun kemudian dibagi dengan luas total poligon dalam satu DAS, maka diperoleh presipitasi reratanya.

Stasiun	CH (mm)	Luas poligon (km ²)	Volume hujan
A	275	32	8800
B	189	29	5481
C	154	45	6930
D	206	18	3708
Curah hujan rerata			$24919/124 = 3089,96$

Perlu dipahami bahwa teknik ini tidak cocok digunakan pada DAS yang bergunung atau DAS dengan intensitas hujan yang tinggi. Namun, metode ini lebih representatif apabila persebaran stasiun hujan tidak merata.

3. Metode isohyet

Metode isohyet merupakan metode yang paling akurat karena mempertimbangkan beberapa faktor seperti relief, sehingga paling relevan jika diterapkan pada daerah bergunung dan bertipe hujan orografis. Interval garis kontur relief dapat dijadikan pertimbangan untuk memperkirakan posisi garis isohyet. Setelah itu, kemudian dihitung rerata curah hujan untuk setiap fraksi isohyet. Dengan demikian, dapat ditentukan besar curah hujan dalam satu DAS.



a) Persebaran Titik stasiun hujan	b) Perhitungan Thiessen Polygon	c) Perhitungan isohyet
-----------------------------------	---------------------------------	------------------------

Gambar 2.6. Teknik Pengukuran Curah Hujan Wilayah dalam DAS

Salah satu upaya untuk mengidentifikasi kondisi kesehatan suatu DAS adalah melalui pengamatan kejadian banjir dari data debit puncak. Data tersebut diperoleh dari data TMA yang terbaca pada alat di pos duga air. Permasalahan muncul ketika tidak tersedia alat tersebut karena lokasi DAS yang terpencil atau morfologi yang heterogen dan sulit dijangkau. Untuk itu, perlu adanya pemodelan hidrologi untuk mengestimasi debit puncak banjir.

Parameter hidrologi lainnya yang perlu diukur adalah volume air larian/limpasan. Nilai ini diperlukan dalam upaya perencanaan bangunan pengendali banjir. Data ini sangat diperlukan untuk mengetahui daya guna dan daya rusak air dalam sebuah DAS untuk pengelolaan sumberdaya air. Jika data debit dalam suatu DAS tidak tersedia atau tidak terdapat pos duga air yang terpasang di badan sungai, maka perhitungan volume limpasan memerlukan sebuah pendekatan untuk mentransformasi data hujan menjadi data limpasan.

Dalam memperkirakan volume limpasan dari sebuah DAS dapat menggunakan metode dari *U.S. Soil Conservation Service* (U.S. SCS) atau lebih dikenal dengan metode SCN. Perbaruan dari metode ini dikenal dengan istilah *Natural Resources Conservation Service Curve Number (NRCS-CN)* (Ramadan, 2018). Keunggulan dari metode ini adalah mudah untuk dikaitkan dengan kondisi fisik DAS dengan data yang mudah untuk diperoleh, serta metode ini juga dapat dihubungkan dengan jenis tanah dan penggunaan lahan (Mishra, *et.al.*, 2013). Hal yang perlu diketahui dari metode ini adalah penggunaannya untuk luasan DAS yang kurang dari 13 km² (Asdak, 2002).

Runoff Curve number (CN) adalah parameter model hidrologi yang dikembangkan oleh SCS yang menggambarkan fungsi karakteristik DAS yang meliputi tanah, penutup dan penggunaan lahan, kelembaban tanah, dan tata kelola tanah (USDA-SCS, 1972). Nilai CN menggambarkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu (Asdak, 2002).

Prediksi dari potensi air larian atau limpasan langsung harian tersebut didasarkan pada parameter retensi, *S*, *initial abstractions*, *Ia* dan hujan harian, *R* (hujan harian). Parameter *Ia* adalah kondisi jenis tanah dan penutup lahan. Adapun parameter retensi dan *S* adalah variabel yang nilainya tergantung pada jenis tanah dan kelembaban tanah. Besarnya nilai *S* dapat ditentukan berdasarkan rumus berikut :

$$S = (25.400/N) - 254 \dots\dots\dots (5)$$

N = bilangan kurva limpasan (CN) yang bervariasi dari 0-100. Apabila *N* = 100, maka *S* = 0 dan *I* = *Q*. semakin maksimal nilai *N* (100), maka tanah semakin terbuka (tidak ada penutup lahan atau pengelolaan lahan), sehingga besar hujan yang jatuh adalah sama dengan volume limpasan yang terjadi.

Curah hujan suatu DAS sifatnya bervariasi secara spasial dan temporal. Sama halnya dengan penutup lahan dan jenis tanah. Melihat kondisi tersebut maka untuk perhitungan limpasan

langsung harus membagi DAS menjadi area yang lebih kecil (Ajward et al, 2000). Nilai CN dapat diperoleh dari peta satuan lahan yang digunakan sebagai unit analisis. Peta ini diperoleh dari *overlay* antara peta penggunaan lahan dan peta jenis tanah, sehingga nilai CN terdistribusi merata di seluruh bagian DAS. Untuk mendapatkan nilai CN komposit seluruh DAS, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$CN = \frac{CN_i A_i + Cn_{i+1} At_{i+1} + ... + CN_n At_n}{\sum_{i=1} At_i} \dots\dots\dots (6)$$

CNi : *curve number* dari satuan lahan *i* (*Ati*), *Ati* : luas area satuan lahan ke *i* *CNi*, *n* : jumlah dari sub-area

Pembagian kelas tanah berdasarkan aspek hidrologi dikenal dengan HSG atau *Hydrologic Soil Groups*. Pengelompokkan tersebut didasarkan pada tekstur dan laju infiltrasi tanah (lihat Tabel 2.3).

Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur dan Laju Infiltrasi

KELOMPOK TANAH	DESKRIPSI TANAH
A	tanah yang ditandai dengan limpasan langsung yang rendah karena infiltrasi yang tinggi. Beberapa tekstur tanah yang masuk kategori kelompok ini adalah pasir, pasir berlempung, lempung berpasir
B	tanah yang dicirikan dengan limpasan langsung lebih besar dari kelompok A karena infiltrasi tanah yang sedang contohnya tekstur lempung, debu, lempung berdebu,lempung berpasir sangat halus

KELOMPOK TANAH	DESKRIPSI TANAH
C	tanah dengan ciri limpasan langsung yang besar karena permeabilitas tanah yang sedang dengan ciri tekstur tanah yang lempung berliat, lempung liat berdebu, lempung liat berpasir
D	tanah dengan ditandai dengan ciri limpasan langsung paling besar karena kelompok tanah ini tingkat permeabilitas dan infiltrasi tanah yang kecil, contohnya adalah tekstur tanah liat berdebu, liat berpasir, liat

Sumber : SCS, 1985

Penentuan nilai CN harus mempertimbangkan kondisi kelembaban tanah awal atau (*antecedent moisture condition*) atau AMC. Tanah yang dalam kondisi jenuh akan lebih besar menghasilkan limpasan permukaan daripada tanah dalam kondisi kering atau pada musim kemarau. Berdasarkan konsep SCS, AMC dibagi menjadi 3 t yaitu AMC I (kering), II (normal), dan III (basah). Tabel 2.3 di atas menggambarkan kondisi AMC II atau normal. Untuk memperoleh nilai AMC I dan III menggunakan rumus berikut :

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan $CN(I)$ = nilai CN untuk kondisi AMC I, dan seterusnya.

Hasil perhitungan nilai CN dapat dimasukkan ke dalam rumus (6) dan (5), sehingga diperoleh nilai S atau parameter retensi. Nilai S yang terhitung digunakan untuk menentukan

initial abstraction dengan rumus yang dikembangkan oleh SCS berikut :

$$I_a = 0.2 S \dots\dots\dots (8)$$

Hubungan antara seluruh parameter terhitung tersebut adalah parameter penting dalam memprediksi limpasan langsung suatu DAS. Rumus berikut menggambarkan hubungan antara kedalaman limpasan langsung (Qd) dengan curah hujan yang jatuh salam sebuah DAS menurut SCS (1985) :

$$Qd = \frac{(Pd-Ia)^2}{Pd-Ia+S} \dots\dots\dots (9)$$

Qd = limpasan langsung; Pd = hujan harian; Ia = *initial abstraction*; dan S = *potential retention*

Limpasan langsung akan terjadi apabila nilai Pd lebih besar daripada Ia karena Ia menggambarkan semua air yang hilang sebelum terjadi limpasan meliputi intersepsi, genangan pada cekungan tanah, dan evapotranspirasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajward M.H dan Muzik I, 2000, A Spatially Varied Unit Hydrograph Model, *Journal of Environmental Hydrology* Vol 8 Mei 2000, UKM Selangor Malaysia
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Linsley. 1980. *Applied Hydrology*. New Delhi: Tata McGraw Hill Publication. Co
- Noges, T. 2009. *Relationship beetwen morphometry, geographic location and water quality parameters of European Lakes*. Hydrobiologia.
- Nugroho, S. 2009. *Respon morfometri dan penggunaan lahan DAS terhadap banjir bandang (Studi kasus bencana banjir bandang di Sungai Bohorok)*. Diambil kembali dari <http://sirrma.bppt.go.id>
- Miller, V. C. 1953. *A Quantitative Geomorphologic Study of Drainage Basin Characteristics in The Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee*. Columbia University, Department of Geology. Technical Report, No. 3, Contract N6 ONR 271-300
- Mishra, S. K., Gajbhiye, S., & Pandey, A. 2013. Estimation of design runoff curve numbers for Narmada Watersheds (India). *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 1(1), 69–79.
- Ramadan, A. N. A. 2018. Studi penentuan natural resources conservation service curve number di Daerah Aliran Sungai Brantas Hulu, *Master's Thesis*, Program Magister Teknik Sipil-Program Pascasarjana Unpar.
- Seyhan E. 1977. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Soewarno. 1991. *Hidrologi (Pengukuran dan pengolahan data aliran sungai hidrometri)*. Bandung: Nova

- Sosrodarsono, S dan K Takeda. 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Paranya Paramita.
- USDA-SCS. 1972. *Part 630 hydrology national engineering handbook chapter 10 estimation of direct runoff from storm rainfall*. National Engineering Handbook.
- USDA Soil Conservation Service, 1985, *National Engineering Handbook Section 4: Hydrology*, Washington, DC, U.S.A
- Vienastra, S. 2018. Geomorfologi dan Morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS) Tinalah di Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Technoscience*, 11(1), 21–28.

BAB 3

KARAKTERISTIK STATISTIK DISTRIBUSI HUJAN

Oleh Anugrah Yasin

3.1 Pendahuluan

Dalam melakukan perencanaan statistik sistem drainase, penentuan nilai intensitas hujan diperlukan untuk mendapatkan nilai debit banjir rencana pada wilayah perencanaan [Sudjawardi 1987]. Nilai intensitas hujan akan menentukan tingginya hujan per satuan waktu. Lamanya waktu hujan berlangsung akan berbanding terbalik dengan besarnya intensitas hujan. Semakin singkat lamanya hujan berlangsung, makin besar intensitas dan periode ulangnya (Soemarto CD 1987).

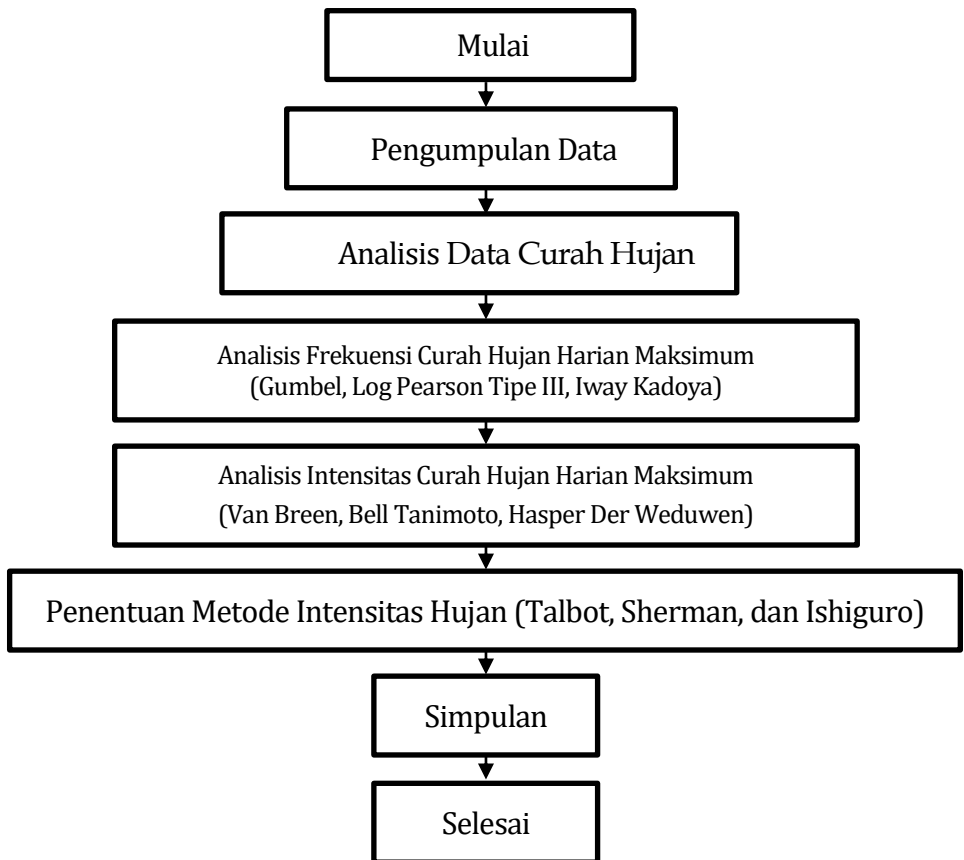
Data curah hujan harian maksimum dari stasiun pengamat hujan utama merupakan data dasar dalam penentuan nilai intensitas hujan. Stasiun pengamat hujan utama.

Metode penentuan nilai intensitas hujan dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu Van Breen, Bell Tanimoto dan Hasper der Weduwen. Metode terpilih didasarkan pada nilai deviasi yang terkecil. Penentuan nilai deviasi ditentukan dengan membandingkan nilai intensitas hujan metode Van Breen, Bell Tanimoto, Hasper der Weduwen tersebut dengan hasil perhitungan ketiga metode melalui pendekatan metode Talbot, Sherman dan Ishiguro (Juleha, Rismalinda M.T & Alfi Rahmi M.Eng 2016).

1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada lima stasiun pengamat hujan di sekitar wilayah Kecamatan X, yaitu Stasiun A,

Stasiun B, Stasiun C, Stasiun D dan Stasiun E. Dari ke lima stasiun dipilih stasiun utama untuk menentukan nilai intensitas hujan yaitu Stasiun B. Tahapan perencanaan dalam penentuan metode intensitas hujan dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1. Tahapan perencanaan Sumber : Hasil analisis (2019)

3.2 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan adalah data curah hujan harian maksimum yang diperoleh dari stasiun pengamat hujan di sekitar wilayah Kecamatan X. Data tersebut didapatkan dari Divisi Pengelolaan Air Kabupaten Z. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan dari tahun 2002 – 2020.

3.3 Analisis Data Curah Hujan

Dalam melakukan analisis data curah hujan dilakukan dengan beberapa tahap yaitu :

a. Penentuan Stasiun Utama dengan menggunakan Metode Polygon Thiessen. Metode tersebut menghasilkan proporsi luasan daerah dari pos hujan untuk membantu ketidakseragaman jarak. Langkah yang dilakukan meliputi [14]:

1. Plotkan titik - titik pos pengamat hujan yang ada di dalam dan luar wilayah perencanaan pada peta.
2. Buat sebuah garis lurus yang menghubungkan setiap titik yang berdekatan sehingga akan terbentuk polygon thiessen yang menutupi daerah perencanaan.
3. Daerah perencanaan dibagi dalam polygon-polygon. Curah hujan yang ada di setiap polygon diasumsikan diwakili oleh curah hujan dari pos pengamat dalam setiap polygon.

b. Tes konsistensi, dalam melakukan pengecekan kekonsistenan data dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda dengan prinsip bahwa data yang diperoleh dari populasi yang tidak sama akan menyebabkan penyimpangan pola/trend [4]. Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh perubahan trend data pada stasiun pengamat hujan akibat [13]:

1. Terjadinya perubahan fungsi tata guna lahan
2. Peralihan lokasi stasiun pengamat hujan

3. Terjadinya bencana alam yang mengakibatkan perubahan ekosistem dan iklim
4. Kesalahan pengamatan data curah hujan di lapangan

Apabila terdapat data yang tidak konsisten, maka perlu dilakukan koreksi data dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H_z = Fk \times H_o \dots\dots\dots (1)$$

$$Fk = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_o} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- H_z : Curah hujan yang diperkirakan
- Fk : Faktor koreksi
- H_o : Curah hujan hasil pengamatan
- $\tan \alpha$: Slope sebelum perubahan
- $\tan \alpha_o$: Slope setelah perubahan

c. Tes homogenitas dilakukan pada kurva homogenitas dengan melakukan plotting data curah hujan. Jika titik plot curah hujan menghasilkan koordinat H (N, TR) berada pada corong kurva bagian dalam, maka data dapat dikatakan homogen. Persamaan yang digunakan pada tes homogenitas sebagai berikut [4]:

$$T_R = \frac{R_{10}}{\bar{R}} \times T_{\bar{R}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- T_R : Periode ulang curah hujan (tahun)
- $T_{\bar{R}}$: Periode ulang curah hujan rata-rata (tahun)
- R_{10} : Curah hujan dengan PUH 10 Tahun (mm/hari)
- $\bar{R}$: Curah hujan rata-rata (mm/hari)

3.4 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi curah hujan harian maksimum menggunakan tiga metode meliputi:

1. Metode Gumbel

Penentuan curah hujan untuk PUH tertentu pada metode gumbel dihitung berdasarkan persamaan berikut [11]:

$$R_T = \bar{R} + S \left(\frac{Y_T - Y_n}{Y_n} \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$Y_T = -Ln \left(Ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right) \dots\dots\dots (5)$$

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

Y_T : *Reduced variate*

Y_n : *Reduced mean*

S : Standar deviasi data curah hujan

S_n : *Reduced standard deviation*

2. Metode Log Pearson III

Metode ini didasarkan pada perubahan data curah hujan kedalam bentuk logaritma. Langkah yang digunakan pada metode ini sebagai berikut [4]:

$$\mathbf{Log} R_T = \mathbf{Log} R + \mathbf{KS} \dots\dots\dots (7)$$

$$R_T = 10^{\mathbf{Log} R_T} \dots\dots\dots (8)$$

$\bar{R}$: Rata-rata data curah hujan (mm)

S : Simpangan Baku (Standar Deviasi)

K : Variable standar

R_T : Curah Hujan Harian Maksimum (mm/hari)

3. Metode Iway Kedoya

Metode ini dilakukan dengan melakukan pengurutan data curah hujan dari nilai terbesar ke nilai terkecil. Persamaan yang dapat digunakan dalam perhitungan metode ini yaitu [4]:

$$\mathbf{Log} R_T = \bar{X_0} + \left(\xi \frac{1}{c} \right) \dots\dots\dots (9)$$

$$R_T = 10^{\text{Log } R_T} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

RT : Curah Hujan Harian Maksimum (mm/hari)

$$\bar{X}\bar{O} : \frac{1}{n} \times \sum \text{Log } (Xi + b) \dots\dots\dots (11)$$

ξ: Variabel Kemungkinan

$$\frac{1}{c} : \left(\frac{2n}{n-1} (\bar{X}\bar{O}^2 - \bar{X}\bar{O}^2) \right) 0,5 \dots\dots\dots (12)$$

Kemudian dilakukan pemilihan metode terbaik dengan melihat nilai curah hujan harian maksimum yang paling besar, dan dengan menggunakan metode Uji Chi Kuadrat. Uji ini menggunakan parameter X^2 untuk pengambilan keputusan. Persamaan yang digunakan pada Uji Chi Kuadrat yaitu [11]:

$$X^2 h = \sum_i^g = 1 \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana:

$X^2 h$: Parameter Chi Kuadrat (Hitung)

G : Jumlah sub kelompok

O_i : Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i : Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok

3.5 Analisis Intensitas Hujan

Analisis intensitas hujan maksimum menggunakan tiga metode meliputi:

1. Metode Van Breen

Berdasarkan pengembangan kurva IDF (*Intensity Duration Frequency*) oleh Van Breen, pola intensitas hujan yang ada di Indonesia dapat didekati dengan persamaan [4]:

$$I_T \frac{54 R_T + 0,07 R_T^2}{tc + 0,3 R_T} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

I_T : Intensitas hujan pada PUH T tahun dengan $t_c \leq t_e$ (mm/jam)

R_T : Tinggi hujan pada PUH T (mm/hari)

Apabila $t_c \leq t_e$, t_c diganti dengan t_e

2. Metode Bell-Tanimoto

Persamaan yang dapat digunakan pada metode Bell Tanimoto sebagai berikut [9]:

$$R_T^t = (0,21 \ln T + 0,52) (0,54 t^{0,25} - 0,25) R_{10 \text{ menit}}^{60 \text{ menit}} \quad (15)$$

$$R_{10}^{60} = \frac{x_{10}}{xt} \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) \dots \dots \dots (16)$$

Dimana:

R : Curah hujan (mm)

T : Periode ulang (tahun)

t : Durasi Hujan (menit)

R1 : Besarnya curah hujan pada distribusi jam ke 1

R2 : Besarnya curah hujan pada distribusi jam ke 2

3. Metode Hasper Der Weduwen

Persamaan yang dapat digunakan pada metode Hasper Der Weduwen yaitu [4]:

$$a. \quad 1 < t < 24, \text{ maka } R = \sqrt{\frac{11300 t}{t + 3,12}} \times \left[\frac{xi}{100} \right] \dots \dots \dots (17)$$

$$b. \quad 0 < t < 1, \text{ maka } R = \sqrt{\frac{11300 t}{t + 3,12}} \times \left[\frac{Rt}{100} \right] \dots \dots \dots (18)$$

Nilai Rt diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Rt - Xi \left[\frac{1218 t + 54}{xi (1 - t + 1272 t)} \right] \dots \dots \dots (19)$$

Intensitas hujan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Hasper Weduwen sebagai berikut:

$$I = \frac{R}{t} \dots \dots \dots (20)$$

Dimana :

t : Durasi hujan (jam)

R, Rt : Curah hujan menurut Hasper Weduwen (mm)

Xi : Curah hujan harian maksimum yang terpilih (mm)

I : Intensitas hujan (mm/jam)

3.6 Pemilihan Metode Intensitas Hujan

Dalam melakukan penentuan metode analisis intensitas hujan yang paling tepat dilakukan dengan pendekatan melalui 3 (tiga) metode, yaitu [11]:

1. Rumus Talbot

Rumus ini diterapkan dengan menentukan nilai a dan b. Persamaan yang digunakan yaitu [11]:

$$I = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots (21)$$

$$a = \frac{\sum^{I^t} \sum^{I^2} - \sum (I^2 t) \sum^1}{N \sum^{I^2} - (\sum I)^2} \dots\dots\dots (22)$$

$$b = \frac{\sum^I \sum^{I^t} - N \sum (I^2 t)}{N \sum^{I^2} - (\sum I)^2} \dots\dots\dots (23)$$

Dimana:

I : Intensitas hujan (mm/jam)

t : durasi hujan (jam)

N : jumlah data

a dan b : konstanta yang tergantung pada durasi hujan

2. Rumus Sherman

Rumus ini cocok untuk digunakan pada durasi hujan lebih dari 2 jam. Persamaan yang digunakan yaitu [11]:

$$I = \frac{a}{t^n} \dots\dots\dots (24)$$

$$\log a = \frac{\sum \log_1 \sum (\log t)^2 - \sum (\log t \log I) \sum \log t}{N \sum (\log t)^2 - (\sum \log t)^2} \dots\dots\dots (25)$$

$$\log a = \frac{\sum \log_1 \sum \log t - N - \sum (\log t \log I)}{N \sum (\log t)^2 - (\sum \log t)^2} \dots\dots\dots (26)$$

I : Intensitas hujan (mm/jam)

t : durasi hujan (jam)

N : jumlah data

a dan b : konstanta yang tergantung pada durasi hujan

3. Rumus Ishiguro

Persamaan yang digunakan pada pendekatan rumus ishiguro sebagai berikut [11]:

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \dots\dots\dots (27)$$

$$a = \frac{\sum(I \sqrt{t} \sum I^2 - \sum(I^2 \sqrt{t}) \sum I}{N \sum I^2 - (\sum I)^2} \dots\dots\dots (28)$$

$$b = \frac{\sum(I \sqrt{t} \sum I - N \sum(I^2 \sqrt{t}))}{N \sum I^2 - (\sum I)^2} \dots\dots\dots (29)$$

Dimana:

I : Intensitas hujan (mm/jam)

t : durasi hujan (jam)

N : jumlah data

a dan b : konstanta yang tergantung pada durasi hujan

Kemudian dilakukan penggambaran kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF) untuk melihat hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan dalam satuan waktu (menit) [16]. Untuk menentukannya diperlukan data hujan jangka pendek seperti 5, 10, 30 menit dan jam-jaman untuk membentuk lengkung kurva IDF. Penggambaran kurva IDF ditentukan berdasarkan salah satu persamaan antara rumus Talbot, Sherman dan Ishiguro [3].

Hasil dan Pembahasan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum selama 18 tahun terakhir yang berasal dari lima stasiun pengamat hujan disekitar wilayah Kecamatan Z . Data curah hujan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1. Data curah hujan harian maksimum

Tahun	Stasiun Pengamat Hujan				
	A	B	C	D	E
2002	143	154	159	93	164
2003	182	107	159	104	165
2004	171	218	243	140	203
2005	152	98	119	93	93
2006	132	176	193	169	121
2007	124	133	136	73	134
2008	228	130	133	66	149
2009	188	116	176	148	217
2010	188	174	181	127	236

Tahun	<u>Stasiun Pengamat Hujan</u>				
	A	B	C	D	E
2011	162	94	190	120	216
2012	159	94	166	125	219
2013	163	301	143	52	138
2014	145	92	174	101	187
2015	130	152	147	130	205
2016	166	229	268	229	238
2017	105	131	120	51	81
2018	160	181	157	50	161
2019	134	184	183	51	187

Sumber: PJT Kabupaten X (2019)

3.7 Analisis Data Curah Hujan

Terdapat beberapa hal yang dilakukan pada analisis data curah hujan yaitu penentuan stasiun utama, tes konsistensi dan tes homogenitas

1. Penentuan Stasiun Utama

Penentuan stasiun utama dilakukan dengan Metode Polygon Thiessen. Berdasarkan Metode Polygon Thiessen, diperoleh stasiun utama yaitu Stasiun Plawad, stasiun tersebut dipilih karena memiliki proporsi luasan terbesar yaitu 46,99%, dan dianggap dapat mewakili curah hujan diwilayah perencanaan [11]. Stasiun lainnya yaitu Stasiun A, stasiun B, Stasiun C, dan E dianggap sebagai stasiun pembanding. Hasil dari metode polygon thiessen dapat dilihat pada **Gambar 3.2.**

- d. Titik - titik yang tergambar pada grafik akan membentuk simpangan pada sekitar garis trend. Pada grafik kurva massa ganda terdapat beberapa data yang tidak mengikuti trend dan terbagi menjadi tiga trend baru yaitu Tahun 2007 – 2009, Tahun 2012 – 2014 dan Tahun 2018 – 2019. Sehingga diperlukan koreksi.

Rekapitulasi curah hujan hasil koreksi dapat dilihat pada **Tabel 3.2.**

Tabel 3.2. Rekapitulasi hasil curah hujan koreksi

Tahun	Akumulasi rata-rata dari bawah		Tan α	Tan α_0	Faktor Koreksi	Hz
	Dasar	Utama				
2002	2711	2747	0,958	0,958	1,000	154
2003	2573	2594	0,958	0,958	1,000	106
2004	2423	2489	0,958	0,958	1,000	218
2005	2234	2279	0,958	0,958	1,000	98
2006	2121	2175	0,958	0,958	1,000	176
2007	1968	2000	0,958	1,009	0,950	126
2008	1852	1867	0,958	1,009	0,950	124
2009	1709	1739	0,958	1,009	0,950	110
2010	1528	1624	0,958	0,958	1,000	174
2011	1346	1451	0,958	0,958	1,000	94
2012	1175	1358	0,958	1,358	0,705	65
2013	1009	1265	0,958	1,358	0,705	213
2014	886	965	0,958	1,358	0,705	65
2015	735	874	0,958	0,958	1,000	152
2016	583	723	0,958	0,958	1,000	229
2017	358	495	0,958	0,958	1,000	131
2018	220	365	0,958	1,374	0,697	126
2019	139	185	0,958	1,374	0,697	129
Jumlah	25619	27169				2491
$\bar{R}$	1423	1509				138

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

3. Tes Homogenitas

Berikut merupakan data curah hujan yang akan digunakan pada perhitungan tes homogenitas periode 18 Tahun dapat dilihat pada **Tabel 3.3.**

Tabel 3.3. Tes Homogenitas

Tahun	Ri	$Ri - \bar{R}$	$(Ri - \bar{R})^2$
2016	229	90	8167
2004	218	80	6335
2013	213	74	5502
2006	176	38	1414
2010	174	36	1267
2002	154	16	244
2015	152	14	189
2017	131	-7	56
2019	129	-10	97
2018	126	-12	143
2007	126	-12	146
2008	124	-15	223
2009	110	-28	796
2003	106	-32	1052
2005	98	-40	1634
2011	94	-44	1973
2013	67	-72	5159
2014	65	-73	5364
Jumlah	2491		39744
Rata-Rata	138		
Standar Deviasi	48,36		

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan selama 18 tahun, sehingga $n = 18$. Pada perhitungan tes

homogenitas, diperlukan penentuan nilai Y_n dan S_n . Nilai Y_n yang digunakan adalah 0,520 didapat dari tabel *Reduced Mean*. Sedangkan nilai $S_n = 1,0493$ didapat dari tabel *Reduce Standar Deviation*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penentuan tes homogenitas yaitu:

1. Penentuan nilai tinggi hujan dengan menggunakan persamaan $R_T = 115 + 49,13 Y_T$, dengan nilai $Y_T = 2,86$
2. Penentuan nilai $1/\alpha$ dengan penggunaan data standar deviasi dan S_n , untuk menentukan nilai R_0 dan R_5 . Sehingga diperoleh nilai $R_0 = 113$ mm dan $R_5 = 344$ mm. Nilai tersebut kemudian diplot pada grafik *Gumble Probability Extreme* untuk mendapatkan nilai T_R (grafik). Hasil plot nilai T_R (grafik) = 3.

Penentuan nilai T_R untuk diplot di grafik homogenitas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3) dan didapatkan nilai $T_R = 5,6$. Sehingga didapatkan koordinat H (18 ; 5,6). Titik tersebut diplot pada Grafik Homogenitas dan diperoleh hasil bahwa data curah hujan yang akan digunakan pada perencanaan sistem drainase di Kecamatan Z bersifat Homogen.

3.8 Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum

Terdapat tiga metode yang dapat dilakukan dalam melakukan analisis frekuensi curah hujan harian maksimum, yaitu:

1. Metode Gumbel

Penentuan curah hujan harian maksimum berdasarkan Metode Gumbel menggunakan persamaan (4), (5), dan (6). Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4. Curah hujan harian maksimum menurut Metode Gumbel

PUH (tahun)	Y_T	Y_n	S_n	SD	R_T (mm)
2	0,367				130,331
5	1,500				182,559
10	2,250	0,5202	1,0493	48,35	217,139
25	3,199				260,831
50	3,902				293,244
100	4,600				325,417

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

2. Metode Log Pearson Tipe III

Tahapan penentuan nilai curah hujan harian maksimum berdasarkan metode ini yaitu:

- Mengubah data curah hujan kedalam bentuk logaritmis
- Menentukan nilai rata-rata (R), standar deviasi (S) dan nilai koefisien kemencengan (G). Penentuan nilai G ditentukan untuk memperoleh nilai K berdasarkan PUH yang digunakan dalam perencanaan. Nilai K yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 3.5**.

Tabel 3.5. Nilai K dengan Koefisien Kemencengan (G) = -0,3

No	T(PUH)	K
1	2	0,050
2	5	0,853
3	10	1,245
4	25	1,643
5	50	1,890
6	100	2,104

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

- Menghitung nilai curah hujan harian maksimum dengan menggunakan persamaan (7) dan (8). Sehingga

diperoleh rekapitulasi curah hujan harian maksimum Metode Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada **Tabel 3.6.**

Tabel 3.6. Curah hujan harian maksimum menurut Metode Log Pearson Tipe III

T(PUH)	K	log RT	Rt
2	0,050	2,120	131,681
5	0,853	2,247	176,694
10	1,245	2,310	203,968
25	1,643	2,373	235,970
50	1,890	2,412	258,307
100	2,104	2,446	279,363

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

3. Metode Iway Kadoya

Penentuan curah hujan harian maksimum berdasarkan Metode Iway Kadoya diperoleh dengan menggunakan persamaan (9), (10), (11) dan (12). Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. Rekapitulasi curah hujan harian maksimum menurut Metode Iway Kedoya

T(PUH)	E	I/C	Rt
2	0,0000	0,129	132,706
5	0,5951	0,129	176,071
10	0,9062	0,129	201,970
25	1,2379	0,129	232,343
50	1,4522	0,129	253,613
100	1,6450	0,129	273,937

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

4. Pemilihan Metode dengan Uji Chi Kuadrat

Pengambilan keputusan hasil uji Chi Kuadrat didasarkan pada syarat-syarat berikut:

- Jika peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi dapat diterima.
- Jika peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi tidak dapat diterima.
- Jika peluang berada diantara 1-5%, maka tidak memungkinkan untuk pengambilan keputusan dan diperlukan data tambahan.

Keputusan hasil uji chi kuadrat (χ^2_h) dilakukan dengan membandingkan nilai (χ^2_h) dengan nilai chi kuadrat sebenarnya (χ^2). Hasil uji chi kuadrat dapat dilihat pada **Tabel 3.8**.

Tabel 3.8. Nilai peluang setiap metode

Distribusi	χ^2_{Hitung}	Peluang	χ^2 Tabel	Keterangan
Gumbel	2,56	<	5,991	Dapat diterima
Log Pearson	0,89	<	5,991	Dapat diterima
Iwa Kedoya	0,89	<	5,991	Dapat diterima
Normal	2,00	<	5,991	Dapat diterima

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

Berdasarkan **Tabel 3.8**, keseluruhan metode dapat diterima karena berpeluang lebih besar dari 5%. Untuk menentukan distribusi frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum (CHHM) dilakukan dengan cara perbandingan data curah hujan. Metode yang terpilih adalah Metode Log Perason, karena memiliki nilai CHHM yang paling besar.

3.9 Analisis Intensitas Hujan

Hasil uji kecocokan dengan Chi-kuadrat kemudian dilakukan analisis intensitas hujan dengan metode Van Breen, Bell Tanimoto, dan Hasper Der Weduwen. Metode Log Pearson III merupakan data dasar yang digunakan dalam penentuan nilai intensitas hujan ini.

1. Metode Van Breen

Penentuan intensitas hujan berdasarkan metode Van Breen dihitung dengan menggunakan Persamaan (14). Rekapitulasi perhitungan dengan Metode Van Breen dapat dilihat pada **Tabel 3.9**.

Tabel 3.9. Intensitas Hujan Van Breen

Durasi (Menit)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam) pada PUH					
	2	5	10	25	50	100
5	181,2	197,9	207,8	219,5	227,9	235,9
10	163,2	183,1	194,4	207,4	216,6	225,3
20	136,2	159,2	172,1	186,9	197,1	206,6
40	102,3	126,2	140	155,9	166,9	177,3
60	81,9	104,6	118	133,8	144,8	155,3
80	68,3	89,3	102	117,2	127,9	138,1
120	51,3	69	80,2	93,8	103,6	113,1
240	29,3	41,1	48,9	58,7	66,1	73,29

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

2. Metode Bell Tanimoto

Perhitungan intensitas hujan berdasarkan metode Bell Tanimoto menggunakan Persamaan (15) dan (16). Rekapitulasi perhitungan dengan Metode Bell Tanimoto dapat dilihat pada **Tabel 3.10**.

Tabel 3.10. Intensitas hujan Bell Tanimoto

Durasi (Menit)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam) pada PUH					
	2	5	10	25	50	100
5	83,00	120,67	199,67	161,75	229,34	313,07
10	62,12	90,31	149,44	121,06	171,64	234,31
20	43,32	62,98	104,22	84,43	119,70	163,40
40	28,95	42,09	69,65	56,42	79,99	109,20
60	22,56	32,80	54,27	43,96	62,33	85,09
80	18,81	27,35	45,25	36,66	51,97	70,95
120	14,48	21,05	34,83	28,22	40,00	54,61
240	9,14	13,29	21,99	17,81	25,26	34,48

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

3. Metode Hasper Der Weduwen

Perhitungan intensitas hujan berdasarkan metode Hasper Der Weduwen ditentukan berdasarkan durasi hujan dalam satuan hujan. Jika durasi hujan $1 < t < 24$ menggunakan Persamaan (17), dan jika durasi hujan $0 < t < 1$ menggunakan Persamaan (18). Penentuan nilai intensitas hujan dapat menggunakan persamaan (20). Rekapitulasi perhitungan dengan Metode Hasper Der Weduwen dapat dilihat pada **Tabel 3.11**.

Tabel 3.11. Intensitas hujan Hasper Der Weduwen

Durasi (Menit)	Intensitas Curah Hujan (mm/jam) pada PUH					
	2	5	10	25	50	100
5	640,63	740,19	788,91	837,66	867,10	892,05
10	367,55	453,30	499,63	549,27	580,98	608,94
20	201,38	264,09	301,38	344,38	373,67	400,79
40	103,75	142,54	167,41	197,97	220,03	241,43
60	68,26	95,61	113,72	136,60	153,57	170,42
80	56,86	79,64	94,73	113,79	127,93	141,96
120	43,29	60,64	72,13	86,65	97,41	108,10
240	25,96	36,36	43,25	51,96	58,41	64,82

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

3.10 Pemilihan Metode Intensitas Hujan

Dalam melakukan penentuan metode analisis intensitas hujan, paling tepat dilakukan dengan pendekatan melalui tiga metode yaitu Talbot, Sherman dan Ishiguro. Penentuan metode terpilih didasarkan pada perbandingan data terukur dengan hasil perkiraan yang akan menghasilkan deviasi. Deviasi antara data yang terukur dengan hasil perkiraan dapat dilihat pada **Tabel 3.12**.

Tabel 3.12. Deviasi antara data yang terukur dengan perkiraan

PUH	Metode Van Breen			Metode Bell Tanimoto			Metode Weduwen		
	T	S	I	T	S	I	T	S	I
2	0,000	1,784	3,408	0,473	0,587	0,376	1,683	-4,102	14,577
5	0,000	1,047	3,025	0,687	0,853	0,546	2,271	-0,907	13,846
10	0,000	0,658	2,820	1,137	1,412	0,904	2,608	1,050	12,957
25	0,000	0,268	2,599	0,921	1,144	0,732	2,972	3,219	11,714
50	0,000	0,037	2,457	1,306	1,621	1,038	3,196	4,595	10,806
100	0,000	-0,153	2,331	1,783	2,213	1,417	3,383	5,773	9,961

Keterangan : T (Talbot), S (Sherman), I (Ishiguro)

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

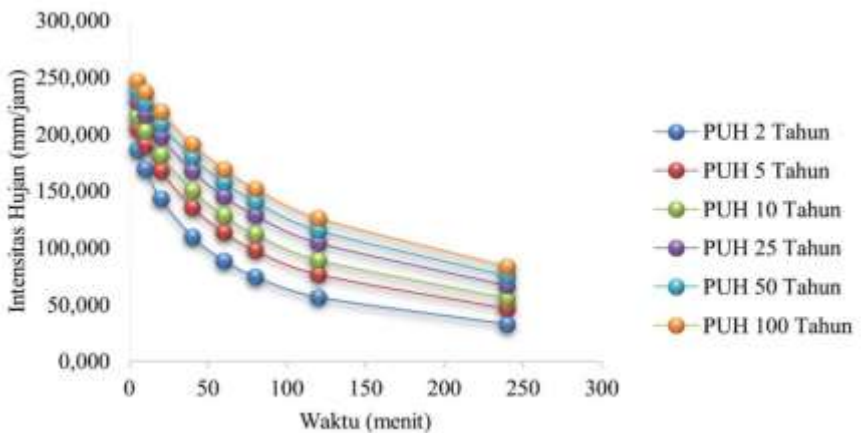
Dari **Tabel 3.12** metode yang memiliki deviasi terkecil yaitu Metode Van Breen dengan persamaan Talbot dengan nilai nol. Sehingga intensitas hujan yang digunakan untuk perhitungan tahap selanjutnya dalam perencanaan adalah intensitas hujan dari Metode Van Breen dengan persamaan Talbot yang dapat dilihat pada **Tabel 3.13**.

Tabel 3.13. Intensitas Hujan (Metode Van Breen Persamaan Talbot)

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) dengan PUH					
	2	5	10	25	50	100
5	181,2	197,9	207,8	219,5	227,9	235,9
10	163,2	183,1	194,4	207,4	216,6	225,3
20	136,2	159,2	172,1	186,9	197,1	206,7
40	102,3	126,2	140	155,9	166,9	177,4
60	81,9	104,6	118	133,8	144,8	155,3
80	68,3	89,3	102	117,2	127,9	138,1
120	51,3	69	80,2	93,8	103,6	113,1
240	29,3	41,1	48,9	58,7	66,1	73,3

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

Nilai intensitas hujan yang ada pada **Tabel 3.13** kemudian diplotkan pada Kurva IDF yang dapat dilihat pada **Gambar 3.3**. Kurva IDF ini akan menunjukkan hubungan antara intensitas hujan dengan lamanya hujan berlangsung.



Gambar 3.3. Kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF)

Sumber : Hasil perhitungan (2019)

3.11 Kesimpulan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode intensitas hujan yang terpilih adalah Metode van Breen dengan Persamaan Talbot. Nilai intensitas hujan yang diperoleh pada PUH 2 Tahun berada pada rentang 29,3 – 181,2 mm/jam, pada PUH 5 Tahun berada pada rentang 41,1 – 197,9 mm/jam, pada PUH 10 Tahun berada pada rentang 48,9 – 207,8 mm/jam, pada PUH 25 Tahun berada pada rentang 58,7 – 219,5 mm/jam, pada PUH 50 Tahun berada pada rentang 66,1 – 227,9 mm/jam, dan pada PUH 100 Tahun berada pada rentang 73,3 – 235,9 mm/jam. Nilai intensitas hujan metode terpilih selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan debit banjir rencana dan penentuan dimensi saluran.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dihasilkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Data curah hujan yang akan dianalisa sebaiknya selama paling sedikit (ideal) 30 tahun pengamatan berturut-turut. Karena semakin lama data curah hujan yang digunakan akan mempengaruhi hasil yang lebih baik dalam pemilihan metode dan validasi metode
2. Pemilihan durasi hujan akan lebih baik apabila interval durasi yang digunakan adalah 5 menit. Sehingga hasil yang didapat akan lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, Y. L., Hendri, A., & Suherly, H. 2007. *Pemilihan Metode Intensitas Hujan Yang Sesuai dengan Karakteristik Stasiun Pekanbaru*. Jurnal Teknik Sipil Volume 8, No. 1
- Hardjosuprpto, M. 1998. *Drainase Perkotaan, Volume 1*. Bandung: Penerbit ITB.
- Juleha., Rismalinda, M.T., & Alfi Rahmi, M.Eng. 2016. *Analisa Metode Intensitas Hujan Pada Stasiun Hujan Rokan IV Koto, Ujung Batu, Dan Tandun Mewakili Ketersediaan Air Di Sungai Rokan*. Jurnal Teknik UPP
- Melinda, N. 2007. *Perencanaan Sistem Drainase Pada Daerah Aliran Sungai Cimahi di Kota Cimahi*. Skripsi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Subarkah, Imam. 1980. "Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air", Penerbit Idea Dharma, Bandung.
- Sudjarwadi. 1987. Teknik Sumber daya Air. UGM-Press, Yogyakarta.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Soemarto, C.D. 1987. Hidrologi Operasional. Citra Aditya Bakti, Bandung.
- Soewarno. 2000. "Hidrologi Operasional Jilid Kesatu". Penerbit PT. Aditya Bakti, Bandung.
- Sosrodarsono, Suyono & Kensaku Takeda. 1978. "Hidrologi Untuk Pengairan". Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wurjanto, Andojo dan Diding, Sudirman. 2002. Modul Perhitungan Debit Andalan Sungai. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

BAB 4

CARA MENGHITUNG BESARAN HUJAN EKSTRIM DENGAN PROBABILISTIK TERTENTU

Oleh Gusti Rusmayadi

4.1 Pendahuluan

Dalam analisis data hidrologi, baik data curah hujan maupun data debit DAS (WPS), jarang ditemukan rangkaian data yang sesuai dengan distribusi normal. Sebagian besar data ini konsisten jika tidak dengan distribusi normal, maka dengan distribusi lain seperti Gumbel atau distribusi log-normal, log-Perason tipe II, dan log-Perason tipe II.

Salah satu ilmu yang menganalisis distribusi nilai data yang dikumpulkan ke dalam deret waktu adalah pendekatan statistik. Ilmu murni dan terapan, baik yang berkaitan dengan penciptaan, pengembangan, dan penerapan teknik sedemikian rupa sehingga ketidakpastian inferensi induktif dapat dievaluasi atau dihitung (Torrie dan Steel, 1995).

Hasil pengamatan klimatologi berupa angka numerik yang disebut sebagai data. Data merupakan kumpulan variabel atau variabel. Karena data diperoleh dari hasil pengukuran yang tergolong sebagai variabel pengukuran. Pada umumnya data klimatologi termasuk variabel diskrit, karena nilai-nilai yang mungkin diperoleh tidak dalam skala kontinu karena ada pemisah antara nilai-nilai tersebut. Hasil pengamatan adalah bilangan bulat, karena berasal dari menghitung. Nilai variabel dapat digunakan untuk mengklasifikasikan individu. Dalam statistika seringkali menunjukkan besar kecilnya variabel yang normal atau tidak biasa

atau nilai variabel yang muncul. Distribusi probabilitas dalam analisis statistik sangat penting.

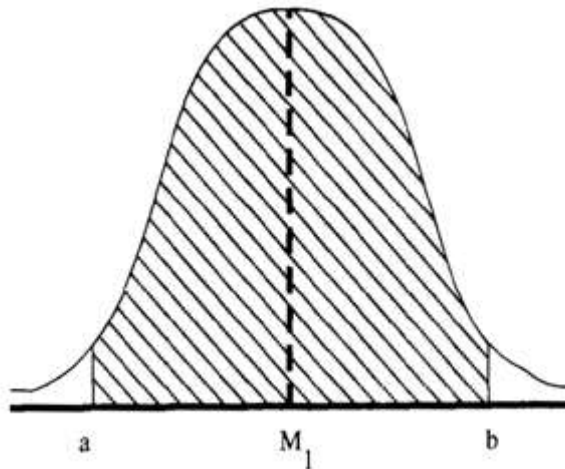
Data hasil pengamatan klimatologi atau hidrologi lebih tepat dianalisis dengan menggunakan distribusi probabilitas, karena dengan distribusi probabilitas suatu populasi pengamatan maka analisis inferensial akan mudah dilakukan. Secara garis besar distribusi probabilitas populasi dapat digambarkan sebagai distribusi diskrit dan distribusi kontinu.

Secara sederhana, pendekatan pengolahan data klimatologi adalah untuk dapat mendeteksi nilai ekstrim, jika rangkaian data mendekati jumlah minimum sekitar 30 tahun yang disyaratkan oleh WMO atau penelitian Rusmayadi (2013) menyatakan bahwa data iklim memenuhi persyaratan untuk analisis lebih lanjut di wilayah tenggara dan barat Kalimantan Selatan selama lebih dari 20 tahun. dengan distribusi probabilitas yang lebih tepat digunakan adalah distribusi normal. Karena distribusi normal, itu adalah kepadatan probabilitas kontinu dan diskrit. Sedangkan beberapa unsur iklim tersebar secara terus menerus. Berdasarkan metode ini, berbagai kriteria digunakan dalam mendefinisikan kejadian ekstrem, salah satunya adalah pendekatan nilai probabilitas atau peluang tertentu.

Pada titik pengamatan yang data historis akan dianalisis, suatu kejadian ekstrim dialami dengan kriteria dikatakan ekstrim bila peluang kejadiannya kurang dari 5 persen. Tahapan analisisnya adalah dengan (1) menemukan fungsi densitas probabilitas (pdf) dari data historis yang ada, (2) menentukan threshold (batas atas/batas bawah) yaitu $P(X_b) = 5$ persen, dan (3) menentukan nilai ekstrim dengan nilai kurang dari a atau lebih dari b .

Dalam perhitungan pdf, menurut teorema limit sentral (central limit theorem) yang menyatakan bahwa untuk sejumlah data yang banyak atau $n \rightarrow \infty$ setelah dilakukan transformasi dengan maka data tersebut akan berdistribusi

Normal dengan mean (μ) = 0 dan standar deviasi (σ) = 1. Fungsi kepadatan peluang distribusi normal dengan $\mu = 0$ dan $\sigma = 1$ adalah $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$, sehingga $P(x < a) = \int_{-\infty}^a \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 5\% \rightarrow a$, $P(x > b) = \int_{-\infty}^b \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 5\%$ atau $P(x < b) = \int_{-\infty}^b \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 95\% \rightarrow b$ dengan menggunakan tabel distribusi normal standar akan didapatkan bahwa: $\left. \begin{matrix} a = -1,64 \\ b = 1,64 \end{matrix} \right\}$ nilai a dan b merupakan transformasi dari $z = \frac{x - \mu}{\sigma}$. maka nilai a dan b dari data historis (X) adalah yang memenuhi $\left. \begin{matrix} \text{batas bawah (a)} = -1,64 * \sigma \\ \text{batas atas (b)} = 1,64 * \sigma \end{matrix} \right\}$ dengan μ = mean data dan σ = standar deviasi data seperti yang terlihat dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik fungsi distribusi normal (Tabel Z Distribusi Normal (rumushitung.com)).

4.2 Analisis Iklim Ekstrims

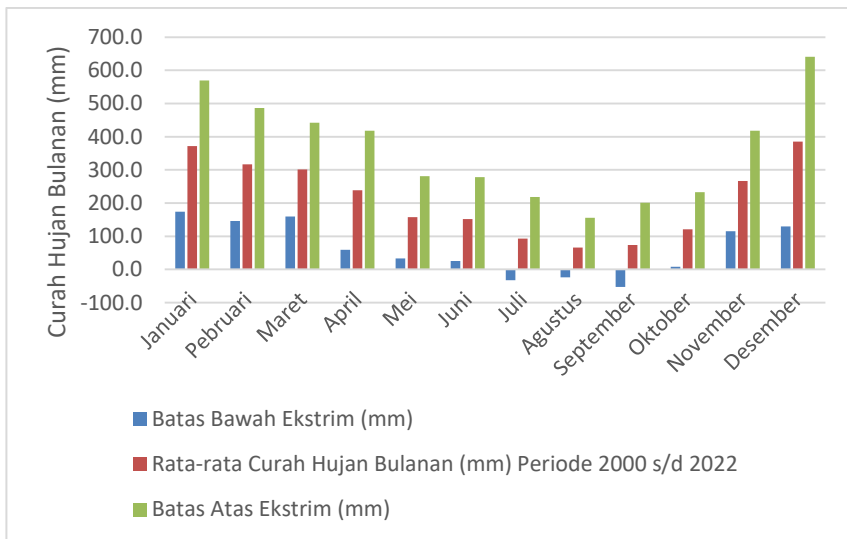
Analisis data iklim ekstrim dapat dilakukan setelah uji normalitas. Uji normalitas adalah uji yang bertujuan untuk menilai sebaran data dalam suatu kelompok data atau variabel, tanpa memperhatikan apakah sebaran data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas berguna untuk menentukan apakah data yang terkumpul berdistribusi normal atau diambil dari populasi normal. Metode klasik pengujian normalitas data tidak terlalu sulit. Berdasarkan pengalaman empiris banyak ahli statistik, data dengan angka lebih dari 30 ($n > 30$) dapat diasumsikan berdistribusi normal, yang dapat dikatakan sampel besar. Namun, untuk memastikan apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak, sebaiknya digunakan uji normalitas. Karena tidak pasti bahwa data dengan lebih dari 30 titik data terdistribusi secara normal, dan sebaliknya, data dengan kurang dari 30 titik data mungkin tidak terdistribusi secara normal, kami memerlukan buktinya. uji statistik yang dapat digunakan adalah: uji chi-square, Kolmogorov Smirnov, Lilliefors, Shapiro Wilk, Jarque Bera. Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk menguji data curah hujan stasiun BMKG Banjarbaru periode 2000-2020, hasil uji normal diberikan pada Lampiran 1.

Penggunaan metode statistik klasik tentang nilai ekstrim dalam uraian berikut ini adalah contoh hasil analisis iklim ekstrim yang terjadi pada stasiun hujan BMKG Banjarbaru setelah diuji kenormalannya.

Tabel 4.3. Batas atas dan bawah ekstrim, dan curah hujan rata-rata bulanan di WPS Banjarbaru

Bulan	Batas Bawah Ekstrim (mm)	Rata-rata Curah Hujan Bulanan (mm) Periode 2000 s/d 2020	Batas Atas Ekstrim (mm)
Januari	174.2	371.8	569.4
Pebruari	146.4	316.4	486.4
Maret	159.4	300.9	442.5
April	59.6	238.8	418.1
Mei	33.7	157.5	281.3
Juni	25.6	151.8	277.9
Juli	-32.6	93.0	218.5
Agustus	-23.2	66.2	155.6
September	-52.6	74.1	200.8
Oktober	8.1	120.6	233.2
November	115.4	266.6	417.7
Desember	129.7	385.2	640.7

Sumber: Hasil analisis dari data Stasiun BMKG periode 2000 s/d 2020.



Gambar 4.5. Batas atas dan bawah ekstrim, dan curah hujan rata-rata bulanan di WPS Banjarbaru

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.1, pada batas bawah stasiun WPS Banjarbaru terlihat bahwa batas tertinggi terjadi pada puncak musim hujan pada bulan Desember yaitu sebesar 640,7 mm, yang juga sesuai dengan rata-rata tertinggi yang terjadi. pada bulan Desember yaitu 385,2 mm. Namun, pada batas bawah, nilainya berbeda. Rata-rata stasiun BMKG Banjarbaru terendah sebesar 66,2 mm pada bulan Agustus, batas bawah ekstrim terendah sebesar -52,6 mm pada bulan September. Meskipun pada kenyataannya curah hujan tidak memiliki nilai negatif, nilai negatif harus dianggap 0 (nol), angka negatif terbesar diklasifikasikan sebagai ekstrem bawah, semakin tinggi batas ekstremnya. Sehingga sangat sulit untuk menentukan nilai batas bawah ekstrim Juli-Agustus yang negatif, karena tidak ada presipitasi negatif. Kondisi seperti itu memungkinkan metode lain digunakan untuk menunjukkan

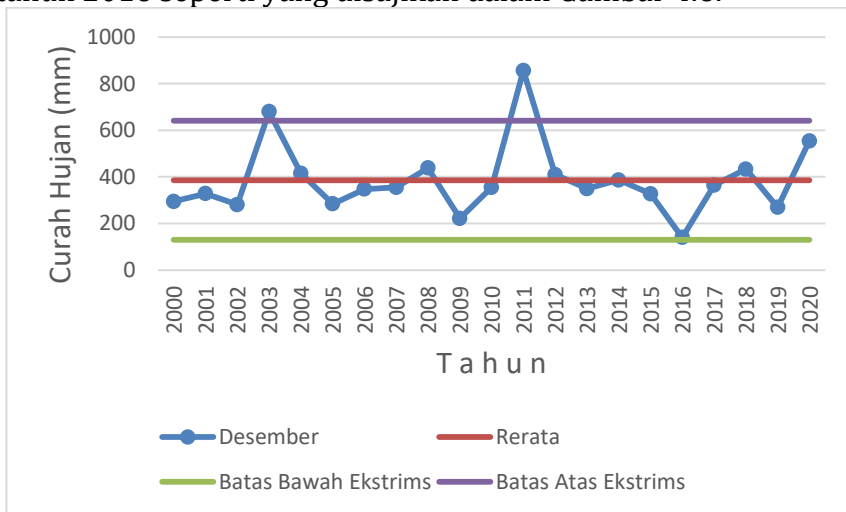
bahwa ekstrem terjadi pada bulan-bulan tersebut dengan membandingkan parameter iklim lainnya.

Dengan demikian, batas ekstrim terendah dari analisis curah hujan ekstrim pada Tabel 4.1 tidak dapat mengikuti batas ekstrim yang ditentukan berdasarkan statistik ini. Tabel di bawah menunjukkan batas curah hujan yang paling rendah, di mana nilai negatif diasumsikan nol. Kesimpulan tentang nilai curah hujan ekstrim, kondisi ekstrim hanya dapat dibuat dalam kasus jumlah curah hujan ekstrim positif.

Tabel 4.4. Batas atas ekstrim, batas bawah ekstrim, dan rata-rata curah hujan curah hujan bulanan di stasiun Banjarbaru dengan nilai negatif diasumsikan nol.

Bulan	Batas Bawah Ekstrim (mm)	Rata-rata Curah Hujan Bulanan (mm) Periode 2000 s/d 2020	Batas Atas Ekstrim (mm)
Januari	174.2	371.8	569.4
Pebruari	146.4	316.4	486.4
Maret	159.4	300.9	442.5
April	59.6	238.8	418.1
Mei	33.7	157.5	281.3
Juni	25.6	151.8	277.9
Juli	0.0	93.0	218.5
Agustus	0.0	66.2	155.6
September	0.0	74.1	200.8
Oktober	8.1	120.6	233.2
November	115.4	266.6	417.7
Desember	129.7	385.2	640.7

Dalam mengidentifikasi curah hujan ekstrim selama periode 2000 - 2020 di stasiun BMKG Banjarbaru data historis tersebut diklasifikasikan menjadi historis masing-masing bulan. Jadi dianalisis kejadian curah hujan ekstrim bulan Januari selama periode tersebut, dan dilanjutkan ke bulan Februari dan seterusnya sampai bulan Desember. Misal pada bulan Desember telah terjadi 2 (dua) kali kejadian di atas batas ekstrim, yaitu pada tahun 2003 dan 2011 sementara itu kejadian di bawah batas ekstrim terjadi 1 (satu) kali pada tahun 2016 seperti yang disajikan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Data historis bulan Desember dengan batas ekstrim atas dan bawah di stasiun

Selain dengan sebaran peluang, untuk menganalisis kejadian ekstrim, juga dapat dengan mencari data ekstrim atau outlier atau di atasnya. Misalkan, suatu kumpulan data pengamatan disekat menjadi empat kelompok data yang masing-masing terdiri dari 25% jumlah data pengamatan,

sekatan tersebut dinamakan sebagai Kuartil (Q). Dalam tulisan ini hanya kejadian ekstrim berdasarkan peluang tertentu saja yang dicontohkan.

Lampiran 1. Uji normalitas data rata-rata curah hujan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov

Tahun	Rata-rata	Nilai X (urutan)	frekuensi	Probabilitas X	Probabilitas Komulatif	Z score	Probabilitas Z	D
2000	220.4	142.7	1.0	0.05	0.0476	-1.7924	0.0365	0.0111
2001	170.5	151.3	1.0	0.05	0.0952	-1.5883	0.0561	0.0391
2002	151.3	160.0	1.0	0.05	0.1429	-1.3837	0.0832	0.0596
2003	229.0	162.5	1.0	0.05	0.1905	-1.3234	0.0929	0.0976
2004	214.7	170.5	1.0	0.05	0.2381	-1.1330	0.1286	0.1095
2005	170.9	170.9	1.0	0.05	0.2857	-1.1233	0.1307	0.1551
2006	201.1	200.9	1.0	0.05	0.3333	-0.4119	0.3402	0.0069
2007	270.	201.1	1.0	0.05	0.3810	-	0.3418	0.0392

Tahun	Rata-rata	Nilai X (urutan)	frekuensi	Probabilitas X	Probabilitas Kumulatif	Z score	Probabilitas Z	D
	8					0.4076		
2008	258.5	205.4	1.0	0.05	0.4286	-0.3053	0.3801	0.0485
2009	162.5	205.6	1.0	0.05	0.4762	-0.3007	0.3818	0.0944
2010	280.2	209.0	1.0	0.05	0.5238	-0.2182	0.4136	0.1102
2011	241.5	214.7	1.0	0.05	0.5714	-0.0844	0.4664	0.1051
2012	209.0	220.4	1.0	0.05	0.6190	0.0519	0.5207	0.0983
2013	250.5	229.0	1.0	0.05	0.6667	0.2559	0.6010	0.0657
2014	200.9	241.5	1.0	0.05	0.7143	0.5516	0.7094	0.0049
2015	142.7	243.0	1.0	0.05	0.7619	0.5892	0.7221	0.0398

Tahun	Rata-rata	Nilai X (urutan)	frekuensi	Probabilitas X	Probabilitas Kumulatif	Z score	Probabilitas Z	D
2016	205.6	250.5	1.0	0.05	0.8095	0.7667	0.7784	0.0312
2017	243.0	258.5	1.0	0.05	0.8571	0.9553	0.8303	0.0269
2018	205.4	261.7	1.0	0.05	0.9048	1.0334	0.8493	0.0555
2019	160.0	270.8	1.0	0.05	0.9524	1.2479	0.8940	0.0584
2020	261.7	280.2	1.0	0.05	1.0000	1.4713	0.9294	0.0706
Mean	218.2		21.0					
stdev	42.1						D maks	0.1551
dengan $n = 21$ dan $\alpha = 0,05$ dilihat dari tabel di samping, maka D kritis Uji Kolmogorov-Simonov adalah								0.2870

Kesimpulan dari Uji Normalitas: Jika $D_{maks} < D_{kritis}$, maka data berdistribusi normal

DAFTAR PUSTAKA

- Cochran, William G., 1991, *Teknik Penarikan Sampel*, UI-Press, Jakarta; 488 hal.
- Gomez, KA, and Gomez A. 1981. Statistical Proscedures for Agricultural Research. John Willwy & Son; 294 p.
- Rusmayadi, G. 2013. Panjang Periode Minimum Dalam Analisis Data Iklim. *Agroscientiae* Volume 20 Nomor 2 Agustus 2013; p 91-97.
- Steel, R.G., & Torrie, J.H. 1960. Principles and procedures of statistics: McGraw-Hill Book Company, Inc. New York Toronto London; 748 p.

BAB 5

CARA MENGHITUNG BEBAN DRAINASE DAN INFILTRASI

Oleh Hakim Duppa

5.1 Beban Drainase Dan Infiltrasi

5.1.1 Pendahuluan

Drainase adalah salah satu bangunan air yang terbuat dari pasangan batu ataupun pasangan beton yang berfungsi untuk mengalirkan, mengalihkan ataupun membuang air buangan ataupun limpasan air hujan dari suatu wilayah. Sehingga tidak mengalami genangan akibat meluapnya air. (Suripin, 2004)

Drainase merupakan infrastuktur perkotaan yang wajib untuk dibangun saat melakukan suatu pembangunan. Suatu manajemen mutu akan terlihat memiliki kualitas yang baik jika sistem drainase nya memiliki kualitas yang baik juga, karena dengan adanya penerapan sistem drainase yang baik, pembangunan kota akan terbebas dari adanya ancaman genangan air bahkan banjir. (Suripin, 2004)

Drainase adalah salah satu sarana pelengkap yang biasanya terletak pada ruas jalan. Drainase ini berfungsi untuk mengalirkan air menggenang yang biasanya mengganggu pengguna jalan ketika berkendara, sehingga jalan tetap kering.

Saluran drainase pada umumnya menggunakan gaya gravitasi untuk mengalirkan air keluar dari badan jalan. Seiring dengan perkembangan jaman, berkurangnya daerah resapan air membuat saluran drainase ini menjadi penting untuk diperhatikan. Apalagi di jalan-jalan besar yang ramai.

Kondisi drainase dan permasalahan yang ada

Beban Drainase

Beban drainase biasa disebut air buangan kota dan berasal dari pengaliran limpasan air hujan

Umumnya sumber air buangan berasal dari yaitu:

1. Dari rumah tangga perumahan dan pemukiman
2. Dari hasil perdagangan di pasar dan pusat pertokoan
3. Berasal dari pabrik dan Industri
4. Berasal dari sekolah dan Perguruan Tinggi
5. Berasal dari Rumah Sakit dan Puskesmas
6. Berasal dari tempat –tempat ibadah
7. Berasal dari tempat wisata dan tempat rekreasi.

Jenis drainase yang ada di lokasi kajian sekarang merupakan jenis drainase alamiah dan buatan, dimana jaringan drainase buatan terdapat pada lokasi perumahan, kawasan industry, taman, jalan raya dan sarana umum lainnya. Struktur Jaringan drainase buatan merupakan struktur dari beton atau pasangan bata merah dan plesteran, sedangkan jaringan drainase alamiah merupakan jaringan drainase yang telah ada. hasil dari run off air pada saat hujan pada daerah-daerah atau lahan kosong yang lebih rendah, secara umum jaringan ini merupakan parit –parit atau anak sungai yang telah ada di lokasi .

Aliran pembuangan dari drainase buatan yang bersumber dari pemukiman, kawasan industry, jalan raya dan lainnya, menuju ke saluran drainase alamiah yang terdekat dengan aliran pembuangan tersebut.

5.1.2 Tinjauan Pustaka

1. Uraian Umum

Kota merupakan pusat budaya, dan pusat aktifitas kebanyakan manusia. Selain dapat merefleksikan vitalitas dari berbagai umat manusia, juga melambangkan

kemajuan sosial dan ekonomi. Di kota ribuan orang bahkan jutaan orang menikmati berbagai fasilitas umum, pelayanan kesehatan dan kesejahteraan, rekreasi, pekerjaan, pendidikan, dan berpartisipasi dalam menegakan demokrasi kota juga merupakan tempat pemusatan atau cabang kekuatan politik dan ekonomi serta menjadi motor pembangunan dan pertumbuhan ekonomi.

Pola-pola sosial ekonomi yang berkembang telah mengakibatkan terjadinya peningkatan terpusat pada wilayah perkotaan. Menurut perkiraan, lebih dari setengah umat manusia tinggal di wilayah perkotaan. (Eko Budihardjo, 2003)

Sementara kota-kota di Indonesia pada umumnya berkembang secara bebas, tanpa dilandasi perencanaan kota menyeluruh, kecuali pada kota-kota baru yang memang direncanakan sejak awal, kota-kota tidak betul-betul dipersiapkan atau direncanakan untuk dapat menampung pertumbuhan penduduk yang besar dalam kurun waktu yang sangat singkat.

Oleh karena itu, bukanlah suatu pemandangan yang aneh bila kota-kota besar di Indonesia menampilkan rekonstruksi yang timpang. Di suatu sisi terlihat perkembangan pembangunan yang serba mengesankan disepanjang tepi jalan utama kota. Namun dibalik semua keagungan itu, nampak menjamurnya lingkungan kumuh. Dengan sarana dan prasarana yang sangat tidak memadai untuk mendukung kelangsungan kehidupan manusia yang berbudaya. (Eko Budihardjo, 1993)

2. Drainase

Menurut Suripin, (2004) ada beberapa pendekatan konsep-konsep drainase perkotaan yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Sistem drainase adalah suatu bentuk jaringan saluran berikut bangunan pelengkap yang berfungsi menyalurkan air hujan pada suatu kawasan hingga ke badan air penerima.
- c. Drainase perkotaan adalah suatu bentuk jaringan saluran yang mengalirkan air hujan dan air buangan masyarakat di kawasan perkotaan.
- d. Genangan adalah istilah praktis dilapangan untuk menggambarkan air hujan pada suatu kawasan yang melimpah dari saluran yang tidak dapat menampung dan menggenangi areal-areal tertentu.
- e. Banjir adalah air yang melimpah dari badan air / sarana pengendali banjir yang tidak mampu mengalirkannya sehingga menggenangi kawasan tertentu.

Menurut Chay Asdak (1995) banjir dalam bahasa populernya adalah sebagai aliran atau genangan air yang dapat menimbulkan kerugian ekonomi bahkan menyebabkan kehilangan korban jiwa. Sedangkan dalam istilah teknis banjir adalah aliran air sungai yang mengalir melampaui kapasitas tampungan air sungai dan menggenangi daerah sekitarnya, drainase Pemukiman merupakan sarana dan prasarana di pemukiman untuk mengalirkan air hujan, dari suatu tempat ke tempat lain.

Menurut Sinulingga (1999) saluran drainase merupakan prasarana yang melekat dengan lingkungan pemukiman, yang digunakan untuk menjaga agar Lingkungan tidak digenangi oleh air hujan. Kalau kita mengikuti air hujan yang hendak dibuang sebelum sampai ke laut maka kita akan meneliti sistem drainase yang agak kompleks. Maka dari itu akan ditinjau juga sistem drainase secara keseluruhan.

Drainase menurut sejarah terbentuknya, dibagi menjadi dua, yaitu :

1. **Drainase Alamiah**

Drainase alamiah adalah drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan batu atau beton, gorong-gorong. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

2. **Drainase Buatan**

Adalah drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu atau beton gorong-gorong dan pipa.

3. **Drainase Perkotaan**

Semua kota besar mempunyai sistem drainase untuk pembuangan air hujan dimana itu memerlukan biaya yang cukup besar. Aliran permukaan yang terkumpul di jalan dialirkan melalui lobang-lobang pemasukan (*Inlet*) kedalam saluran riool air hujan dibawah permukaan jalan, untuk kemudian di buang kedalam sungai, danau atau laut. Pembuangan sedapat mungkin dilakukan secara gravitasional, apabila tidak mungkin maka digunakan sistim pemompaan.

Desain akhir memerlukan peta rinci dari daerah perkotaan yang memuat semua sarana dibawah tanah yang telah ada saluran gas, air, listrik, telepon dan air kotor, juga lokasi bangunan gedung, saluran air, jalan kereta api dan lain-lain.

4. **Drainase lahan**

Drainase lahan bertujuan membuang kelebihan air permukaan dari suatu daerah atau menurunkan muka air tanah sampai dibawah daerah akar, untuk memperbaiki tumbuhnya tanaman atau mengurangi akumulasi garam-

garam tanah. Diterapkan untuk pertanian dan perkebunan. Dalam banyak hal mirip dengan drainase air hujan untuk daerah pedesaan, saluran terbuka digunakan sebagai saluran drainase, baik untuk aliran permukaan maupun untuk aliran bawah tanah.

Drainase lahan biasanya diterapkan di daerah yang sangat datar, misalnya di daerah pasang surut atau daerah rawa. Oleh karena itu sarana pembuangan air biasanya dilengkapi dengan pintu-pintu pengendalian pasang surut atau peralatan pompa.

5. Drainase Jalan

Perencanaan dan pelaksanaan pembuatan jalan telah lama menyadari bahwa kehadiran air didalam disekitar badan perkerasan jalan akan mempercepat turunnya kekuatan/kehancuran jalan. Meskipun demikian, jarang terdapat jalan yang dilengkapi dengan drainase yang baik. Hal ini disebabkan oleh adanya anggapan bahwa metode perencanaan yang didasarkan pada hasil eksperimen terhadap subgrede, subbase yang jenuh air, sudah otomatis memperhitungkan pengaruh- pengaruh akibat air yang ada didalam/disekitar perkerasan jalan. Pengamatan dan penelitian mutakhir menyimpulkan bahwa perkerasan jalan lebih cepat rusak akibat pengaruh air disekitar struktur jalan, ketimbang akibat bertambahnya volume lalu lintas. Dengan demikian, maka didalam perencanaan pembuatan/pemeliharaan jalan, hendaknya sarana drainase diberi perhatian yang sama besarnya seperti perkerasan jalan dan sarana-sarana jalan lainnya.

5.1.3 Sistem Saluran Drainase

1. Sistem Drainase Permukaan

Pada sistem ini, limpahan air dari daerah yang diperkeras dari daerah yang tidak diperkeras ditampung dan dibawa keluar oleh saluran drainase permukaan. aliran pada permukaan akan tersaring oleh limpasan vegetatif (Jenis Rerumputan) Kecepatan limpasan aliran sungai, pengurangan kecepatan ini sangat menguntungkan, tapi pada kondisi tertentu permukaan saluran harus diperkeras untuk mencegah erosi didalam saluran.

2. Sistem Drainase Bawah Tanah Tertutup

Sistem drainase bawah tanah tertutup menerima limpasan daerah yang diperkeras maupun daerah yang tidak diperkeras dan membawanya ke sebuah pipa/roil keluar dari posisi tapak (saluran permukaan atau sungai) ke sistem drainase kota.

Keuntungan utama sistem drainase ini adalah bahwa volume dan kecepatan limpasan menimbulkan erosi pada tapak. keterbatasan utama sistem ini adalah bahwa kecepatan limpasan meningkat dan biasa tidak tersaring dari limpasan. akibat dari hal tersebut limpasan yang dikeluarkan dari sistem dapat mengakibatkan sistem akan rentan terhadap erosi dan sedimen.

3. Sistem drainase bawah tanah tertutup dengan tempat penampungan pada tapak.

Sistem drainase memiliki keuntungan seperti sistem drainase tertutup. bahwa tanah yang menggunakan pengendalian erosi pada tapak, tetapi kerusakan dalam tapak dapat dihindari. Selain sekedar memperlambat dampak erosi dan sedimentasi dari sistem drainase tertutup. Maka sistem pelepasan limpasan yang dikendalikan oleh tempat penampungan didalam tapak sangat mengurangi dampak tersebut.

4. Sistem kombinasi drainase tutup untuk daerah yang diperkeras dan drainase untuk daerah yang tidak diperkeras.

Pada sistem ini limpasan ruang terbuka dikumpulkan didalam saluran drainase tertutup. Karena sistem drainase tertutup menerima limpasan dari daerah yang luasnya terbatas, maka resiko erosi dan sedimentasi pada titik pelepasan akan cenderung kurang dibandingkan dengan sistem tertutup untuk menyalurkan air dari sebuah tapak. Limpasan dan saluran tertutup dapat dialirkan ke sistem drainase permukaan. Sistem drainase yang dipilih berpengaruh langsung terhadap pengendalian erosi dan sendimentasi.

5.1.4 Fungsi Drainase

Ada beberapa fungsi dari saluran drainase, diantaranya :

1. Membebaskan suatu wilayah (terutama yang padat pemukiman) dari genangan air, erosi dan banjir.
2. Kegunaan tanah pemukiman padat akan menjadi lebih baik karena terhindar dan kelembaban.
3. Dengan sistem yang baik, tata guna lahan akan dapat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan.

5.1.5 Banjir

Banjir adalah dimana suatu daerah dalam keadaan tergenang oleh air dalam jumlah yang begitu besar. Banjir merupakan salah satu masalah yang serius bagi sebagian kota Indonesia. Khususnya pada musim hujan. Terutama hujan-hujan besar sehingga kota menjadi tergenang yang sangat mengganggu aktivitas sosial dan pemerintahan serta menimbulkan kerugian yang sangat besar bagi masyarakat dan pemerintah kota.

1. Penyebab Banjir

Menurut kodoatie dan sugiyanto,(2002), banjir dan genangan yang terjadi di suatu lokasi di akibatkan oleh :

- a. Perubahan tata guna lahan (*land-use*) di daerah aliran sugai (DAS)
- b. Pembuangan sampah
- c. Erosi dan sendimentasi
- d. Kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase
- e. Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat
- f. Curah hujan
- g. Pengaruh Fisiografi/geofisik sungai
- h. Kapasitas sungai dan drainaseyang tidak memadai
- i. Pengaruh air pasang
- j. Penurunan tanahdan rob (genangan akibat pasang air laut)
- k. Drainae lahan
- l. Bendung dan bangunan air
- m. Kerusakan bangunan pengendalian banjir.

Bilamana diklasifikasikan oleh tindakan manusia dan oleh alam maka penyebab banjir dapat disusun antara lain:

2. Penyebab Banjir akibat Manusia

Yang termasuk sebab-sebab banjir karena antara lain :

- a. Pembuangan sampah
- b. Kawasan kumuh di sepanjang sungai/drainase
- c. Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat
- d. Penurunan tanah dan rob (genangan akibat pasang air laut)
- e. Tidak berfungsinya Drainae lahan
- f. Bendung dan bangunan air
- g. Kerusakan bangunan pengendalian banjir.

3. Penyebab Banjir akibat Alam

Meliputi semua kegiatan yang menghambat aliran maupun memperbesar limpasan permukaan berikut. :

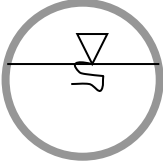
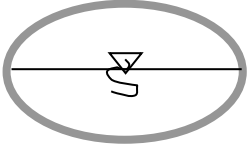
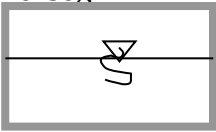
- a. Erosi dan sedimentasi
- b. Curah hujan
- c. Pengaruh Fisiografi/geofisik sungai
- d. Kapasitas sungai dan drainase yang tidak memadai
- e. Pengaruh air pasang
- f. Penurunan tanah dan rob
- g. Drainase lahan.

5.1.6 Bentuk-Bentuk Saluran Tertutup

Yang dimaksud dengan saluran tertutup dalam hal ini adalah sistem saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air hujan ataupun air limbah penduduk yang konstruksinya ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut sistem sewerage. Walaupun tertutup alirannya mengikuti gravitasi yaitu aliran pada saluran terbuka. Biasanya saluran ini dibuat di daerah yang sudah padat, sehingga walaupun ada saluran drainase namun di bagian atasnya dapat difungsikan untuk keperluan lain misal sebagai sidewalk, jalan atau bangunan. Yang perlu diperhatikan adalah di tempat-tempat tertentu harus ada lubang (*manhole*) agar dapat dilakukan pembersihan dan pemeliharaan drainase secara rutin. Jarak manhole ini umumnya berkisar 25 m.

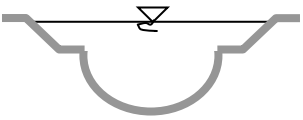
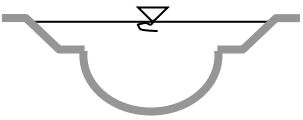
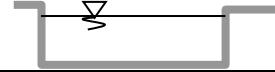
Bentuk-bentuk dan fungsi saluran terbuka dan saluran tertutup secara umum di antaranya dapat dilihat.

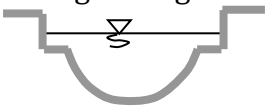
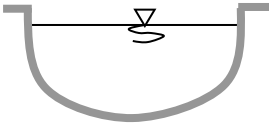
Tabel 5.1. Bentuk dan fungsi saluran tertutup (*Sewerage*)

No.	Bentuk Saluran	Fungsinya
1.	Lingkaran 	Berfungsi untuk menyalurkan limpasan air hujan maupun limbah air bekas (air limbah) rumah tangga atau keduanya. Konstruksi sistem saluran ini cocok dipakai untuk daerah pertokoan yang sangat padat dan lahan yang tersedia telah terbatas.
2.	Bulat Telur 	Berfungsi untuk menyalurkan air hujan dan limbah air bekas dimana fluktuasi debitnya besar. Bentuk yang panjang mengecil ini berfungsi untuk mendapatkan kedalaman air yang cukup untuk dapat menghanyutkan endapan padat walaupun debitnya kecil.
3.	Persegi 	Berfungsi untuk mengalirkan air hujan dalam jumlah besar di mana bagian atasnya terdapat bangunan. Walaupun daya alirannya tidak sebaik yang berbentuk bulat telur namun pelaksanaannya relatif lebih mudah.

Catatan: walaupun bentuk bangunan tertutup namun karena muka air tidak mengisi seluruh penampang maka sifat aliran air tetap aliran pada saluran terbuka.

Tabel 5.2. Bentuk bentuk umum saluran terbuka dan fungsinya

No.	Bentuk Saluran	Fungsinya
1.	Trapesium 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus-menerus dengan fluktuasi kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan pada daerah yang masih cukup tersedia lahan.
2.	Kombinasi Trapesium dengan Segi empat 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar dan kecil. Sifat alirannya berfluktuasi besar dan terus-menerus tapi debit minimumnya masih cukup besar.
3.	Kombinasi Trapesium dengan Setengah Lingkaran 	Fungsinya sama dengan bentuk (2) sifat alirannya terus-menerus dan berfluktuasi besar dengan debit minimum kecil. Fungsi bentuk setengah lingkaran ini adalah untuk menampung dan mengalirkan debit minimum tersebut.
4.		
5.	Segi Empat 	Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.

No.	Bentuk Saluran	Fungsinya
6.	Kombinasi Segi Empat dengan Setengah Lingkaran  Setengah Lingkaran 	Sifat alirannya terus-menerus dengan fluktuasi kecil. Bentuk saluran segi empat ini digunakan pada lokasi jalur saluran yang tidak mempunyai lahan yang cukup/terbatas. Fungsinya sama dengan bentuk (2) dan (3) Berfungsi untuk menyalurkan limbah air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini umum digunakan untuk salura-saluran rumah penduduk dan pada sisi jalan perumahan padat

Drainase tanpa pasangan hanya bentuk tanah merupakan saluran terbuka tanpa lapisan penguat, dengan persyaratan umum sebagai berikut:

1. Mempunyai kelandaian yang cukup untuk mengalir air
2. Kecepatan aliran memenuhi persyaratan yang diinginkan, sehingga tidak mengakibatkan kerusakan/pengendapan-pengendapan.
3. Kecepatan didesain berdasarkan konsep *stable channel design* yaitu ada keseimbangan antara degradasi dan aggradasi.
4. Perhitungan debit dan dimensi saluran harus sudah memperhitungkan tanaman yang tumbuh di sepanjang saluran. Banyaknya tanaman akan meningkatkan kekasaran dinding dan dasar saluran yang mengakibatkan penurunan kecepatan air. Talud atau saluran stabil harus didesain

dengan dengan kekuatan tanah. Biasanya dimensinya lebih besar dibandingkan dengan saluran berpasangan sehingga untuk daerah padat penduduk kurang efektif.

5.1.7 Bangunan-Bangunan Sistem Drainase dan Pelengkapya

1. Bangunan-bangunan Sistem Saluran Drainase

Yang dimaksud dengan bangunan-bangunan dalam sistem drainase adalah bangunan-bangunan struktur dan bangunan-bangunan non struktur.

Bangunan Struktur

Bangunan struktur adalah bangunan pasangan disertai dengan perhitungan-perhitungan kekuatan tertentu. Contoh Bangunan Struktur adalah:

- a. Bangunan rumah pompa
- b. Bangunan tembok penahan tanah dengan
- c. Bangunan terjunan yang cukup tinggi
- d. Jembatan

2. Bangunan Non Struktur

Bangunan non struktur adalah bangunan pasangan atau tanpa pasangan, tidak disertai dengan perhitungan-perhitungan kekuatan tertentu yang biasanya berbentuk siap pasang. Contoh Bangunan Non Struktur adalah:

- a. Pasangan : Saluran kecil tertutup, Tembok talud saluran, *Manhole*/bak kontrol ukuran kecil, *Street inlet*.
- b. Tanpa pasangan : Saluran tanah, Saluran tanah berlapis rumput, Saluran tanah berlapis tanah kedap air.

3. Bangunan Pelengkap Saluran Drainase

Bangunan pelengkap saluran drainase diperlukan untuk melengkapi suatu sistem saluran untuk fungsi-fungsi tertentu. Pada dasarnya bangunan pelengkap drainase haruslah kuat, fungsional, tidak menyebabkan ketidak

nyamanan berkendara, dan tidak merusak keindahan kota. Adapun bangunan-bangunan pelengkap sistem *drainase* antara lain:

a. *Catch Basin/watershed*

Bangunan dimana air masuk kedalam sistem saluran tertutup. Air mengalir bebas diatas permukaan tanah menuju catch basin. Untuk mempermudah air masuk, lokasi catch basin ditetapkan pada tempat yang rendah. Permukaan juga dibuat lebih rendah dari tanah di sekelingnya. Catch basin dibuat pada tiap persimpangan jalan, pada tempat-tempat yang rendah, tempat parkir.

b. *Inlet*

Apabila terdapat saluran terbuka dimana pembuangannya akan dimasukan ke dalam saluran tertutup yang lebih besar, maka dibuat suatu konstruksi khusus inlet. Inlet harus diberi saringan agar sampah tidak masuk kedalam saluran tertutup

c. *Manhole*

Untuk keperluan pemeliharaan sistem saluran drainase tertutup di setiap diberi manhole pertemuan, perubahan dimensi, perubahan bentuk selokan dan setiap jarak 10-25 meter. Lubang manhole dibuat sekecil mungkin supaya ekonomis, cukup asal dapat dimasuki oleh orang dewasa. Biasanya diameter lubang adalah 60 cm dengan tutup dari besi tulang

d. *Headwall*

Head

wall adalah konstruksi khusus pada outlet saluran tertutup dan ujung gorong-gorong yang dimaksudkan untuk melindungi dari longsor dan erosi

e. Gorong-gorong

Gorong-gorong didesain untuk mengalirkan air untuk menembus jalan raya, jalan kereta api, atau lain-lain halangan. bentuk penampangnya dapat berupa lingkaran, segi empat dan lain-lain tergantung dari debit, ruang bebas dari atasnya, perhitungan ekonomi dan peraturan setempat.

f. Bangunan terjun

Bangunan ini digunakan untuk menerjunkan aliran. Hal ini diperlukan jika kemiringan medan tanah sangat curam dan dikhawatirkan bangunan saluran tidak stabil. Bangunan ini juga dilengkapi dengan ruang olokan untuk meredam energi, dan banyak jenisnya.

g. Siphon

Sama halnya dengan gorong-gorong, hanya dasar saluran menekuk ke bawah dan muncul lagi pada akhir bangunan yang dilewati. Siphon hanya digunakan jika benar-benar diperlukan dan tidak ada alternatif lain untuk membuat persilangan dengan bangunan atau sungai/saluran lain. Selain harganya mahal, secara hidrolis juga kurang menguntungkan (banyak kehilangan tinggi, kecepatan rendah) dan mudah tersumbat. Sebaiknya dalam merencanakan drainase dihindarkan perencanaan dengan menggunakan siphon. Saluran dengan debit yang besar dapat dibuat dibuat siphon dan saluran drainasenya yang dibuat saluran terbuka atau gorong-gorong.

h. Bangunan Got Miring

Sama dengan bangunan terjun, tetapi air mengalir melalui saluran yang kemiringannya agak landai.

4. Penentuan Daerah Layanan Drainase

Plot daerah jalan di peta gambar

Panjang segmen saluramn (L) = 200 mtr ditentukan dari panjang jalan yang telah di lot dan daerah tersebut memungkinkan adanya pembuangan ke sungai di ujung segmen

Segmen dianggap saluran ini adalah awal dari sistim drainase sehingga tidak ada debit yang masuk (Q masuk) selain dari A, A, A. Q segmen 1 A1,A2, A3.

a. Kondisi Eksisting Permukaan Jalan

Panjang jalan saluran drainase (L) = 200 mtr

L1 = Perkerasan jalan aspal = 5 mtr

L2 = Bahu jalan = 2 mtr

L3 = Bagian Luar jalan perumahan = 10 mtr

Selanjutnya tentukan besarnya Koef. C = ?

Berdasarkan tabel maka dapat ditentukan Koefisien c untuk :

- a) Aspal : h, koef C1 = 0,70
- b) Bahu jalan: L2, koef. C2= 0,65
- c) Perumahan: L3, koef. C3= 0,60

Kemudian tentukan luas daerah pengairan diambil per meter panjang:

- 1) Aspal A1 = $5,00 \times 200 \text{ m}^2 = 1000 \text{ m}^2$
- 2) Bahu jalan A2 = $2,00 \times 200 \text{ m}^2 = 400 \text{ m}^2$
- 3) Perumahan A3 = $10,00 \times 200 \text{ m}^2 = 2000 \text{ m}^2$
- 4) Fk perumahan padat = 2,0

Koefisien pengaliran rata-rata :

$$\begin{aligned} C &= C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3fk_3 \\ &= 0,70.1000 + 0,65.400 + 0,60.200. 2,0 \\ &= 0988. \end{aligned}$$

$$A_1 + A_2 + A_3 = 1000 + 400 + 2000$$

b. Hitung Besarnya Debit.

Berdasarkan data curah hujan dari pos pengamatan BMG diketahui bahwa intensitas curah hujan I adalah 190 mm/jam

$$A = 1000 + 400 + 2000 = 3400 \text{ m}^2 = 0,0034 \text{ km}^2$$

$$C = 0,988$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 1/3,6 \times C I A$$

$$= 1/3,6 \times 0,988 \times 190 \times 0,0034 = 0,177 \text{ m}^3/\text{detik.}$$

c. Penentuan Dimensi Saluran

Penentuan dimensi saluran diawali dengan penentuan bahan

Saluran direncanakan terbuat dari beton, maka:

Kecepatan aliran yg diizinkan : 1,5 m/detik

Bentuk penampang Segi empat.

- 1) Angka kekasaran permukaan saluran Manning dari tabel Harga n untuk rumus Manning untuk saluran beton halus dan rata dengan type jelek, $n = 0,013$.

d. Tentukan Kecepatan Saluran (V)

Kecepatan Izin dan kemiringan Saluran

Dari data diperoleh kecepatan aliran adalah 1,3 m/s

Maka kecepatan aliran (1,3 m/s) < kecepatan aliran yang diizinkan (1,5 m/s)

$i_s = 3 \%$ (disesuaikan dengan kemiringan memanjang jalan, i_s)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{1/2} \times i_s^{1/2}$$

Dengan dimensi : $h = 0,5 \text{ m}$ (asumsi)

$$\text{Maka } R = F/P = (h \times b) / (2h + b) = 0,5b / (1 + b)$$

Dari persamaan rumus didapat:

$$1,3 = \left(\frac{1}{0,013} \right) \times \left\{ \frac{0,5b}{(1+b)} \right\}^{1/2} \times (3 \%)^{1/2}$$

Maka lebar saluran (b) = 0,7 m

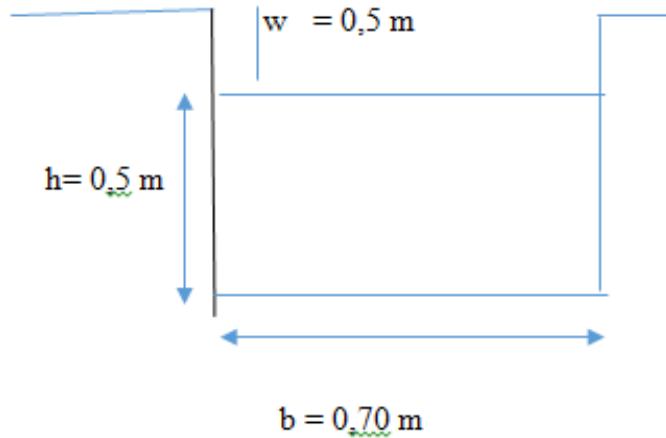
e. Tentukan Tinggi Jagaan

$$W = V0,5h = V(0,5 \times 0,5 = 0,5$$

f. Menentukan Intensitas Hujan

Untuk menentukan Intensitas hujan selama waktu konsentrasi dapat digunakan rumus :

$$I = t/R$$



Dimana :

I : Intensitas Hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

t : Lama hujan(jam)

R : Curah Hujan (mm)

g. Pengolahan Data Hujan

Untuk mencari hujan rata-rata daerah aliran dipakai rumus :

1) Cara rata-rata aljabar

R =

Keterangan :

D =

R : Curah Hujan daerah

n : Jumlah Pos Pengamat
: Curah Hujan Tiap Pos pengamat

2) **Cara rata-rata Thiessen**

Dimana :

R : Curah Hujan Daerah
n : Curah Hujan di tiap pos pengamat
A : Luas daerah Tiap pos pengamat

3) **Cara rata-rata isohyet**

Dimana :

D : Curah Hujan rata-rata pada area
A : Luas area antara garis isohyet (topografi)

5. Analisis Frekwensi

a. Metode Gumbel

Persamaan yang digunakan dalam analisis statistic Gumbel dapat di lihat pada halaman berikut ini: (Suwarno, 1995)

Keterangan :

XT = curah hujan dengan priode ulang T tahun (mm)

D = curah hujan rata-rata (mm)

SD = Standar deviasi

Sn = Reduced standar deviasi

Yt = Reduced variated

Yn = Reduced mean

T = Kala ulang (Tahun)

b. Menghitung deviasi standar :

Menghitung Curah hujan rata-rata :

Keterangan : xi = Nilai rata-rata N pertahun

N = Jumlah data Pengamatan

Menghitung Curah hujan Recana dengan rumus Bell yaitu :

$P_i = (0.21 \cdot \ln T + 0.52) (0.54 t^{0.25} - 0.50) (P60_{(T)})$

Keterangan :

Xt = Curah Hujan Untuk periode Ulang

$P^{60}(T)$ = Perkiraan curah hujan jangka waktu 60 menit dengan periode ulang T (mm/tmenit)

P_i = Prestasi/Intensitas curah hujan T menit dalam periode ulang T (mm/tmenit)

t = Lama hujan (jam)

(sumber : Disain Drainase kota makasar wilayah timur ,oleh Rinal A.Malem K.Ginting).

c. **Metode Log Person Tipe III**

Persamaan yang digunakan dalam analisa dengan metode log person

Tipe III adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } X_i = \text{log } X + K \text{ (Slog } X \text{)}$$

Keterangan :

$\text{Log } X_i$ = harga logaritma curah hujan dengan priode ulang T tahun

$\text{Log } X$ = harga logaritma rata-rata curah hujan

K = Faktor Frekuensi

5.1.8 Perencanaan Saluran Drainase

Untuk perencanaan luas, kedalaman air, kemiringan dinding, lebar dan keliling basah, saluran trapesium dianggap sebagai aliran tetap, maka dipakai rumus dibawah ini :

$$Q = V \cdot A$$

Keterangan :

A : Luas penampang melintang (m^2)

P : Keliling basah saluran (m)

b : lebar dan saluran (m)

h : Kedalam air (m)

m : kemiringan dinding

Q : Debit pengaliran (m^3 / det)

V : Kecepatan aliran (m/det)

R : Jari-jari hidrolik (m).

5.1.9 Menentukan Debit Rencana

Debit puncak merupakan debit yang akan diberikan banjir rencana, untuk debit puncak tersebut digunakan metode rasional. Namun penggunaan metode ini terbatas untuk daerah aliran sungai dengan ukuran kecil yaitu kurang dari 300 ha (Goldman *et.al.* 1986)

Rumus metode rasional :

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot Cs \cdot A \cdot I$$

(Sumber : Dr. Ir. Suripin, M. Eng, sistem drainase yang berkelanjutan)

Dimana :

Q = Debit banjir rencana ($m^3/detik$)

Cs = Koefisien tampungan

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas curah hujan berdasarkan time concentration (T_c) mm / jam.

A = Luas catchment area (Ha).

Dari data curah hujan dari intensitasnya maka besar debit puncak dapat diketahui. Oleh karena setiap areal yang dihitung kurang dari batasan (lebih kecil dari 300 Ha) maka yang digunakan adalah metode rasional.

5.1.10 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Menurut Djoko Asmoro dalam buku Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan Tahun (1990) Hal.6, menghitung debit banjir rencana dengan mempergunakan metode Rasional, dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = f \times \alpha \times I \times A$$

Dimana :

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

f = faktor konversi ($f = 1/3,6 = 0,278$)

α = koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan pada durasi yang sama dengan waktu kosentrasi dan pada periode ulang hujan tertentu (mm/jam)
 A = luas daerah aliran (Km^2).

Rumus Rasional digunakan untuk menghitung kapasitas saluran yang berada di sepanjang koridor jalan. Pada analisa ini digunakan periode ulang 10 tahun untuk mendapatkan dimensi penampang saluran.

Waktu kosentrasi (T_c) adalah waktu yang diperlukan oleh air mengalir dari titik yang paling jauh dari catchment area menuju ke suatu titik yang ditinjau besarnya. Untuk konsentrasi dihitung dengan rumus :

$$T_c = T_o + T_d$$

T_o = waktu pengaliran air pada permulaan dapat dianalisis dengan gambar

T_d = waktu pengaliran pada saluran yang besarnya dapat ditentukan dengan rumus

$$T_d = L/V$$

L = Jarak aliran air dari tempat masuknya air sampai ketempat yang ditinjau (m)

V = kecepatan aliran air m/detik.

5.1.11 Perhitungan Proyeksi Penduduk Terhadap Limbah Air Buangan Rumah Tangga

Menurut Ir. Malvea E. Marpaung, MUM dalam buku Dasar-dasar Analisis Tata Ruang (Analisis Kependudukan) Tahun 2008, metode yang digunakan mempergunakan Metode Linier, dikarenakan penduduk kota agraris diasumsikan memiliki pertambahan yang sama pada setiap tahunnya. Jumlah pertambahan penduduk dari waktu ke waktu/tahun adalah sama, dengan rumus Metode Linier yaitu :

$$P_n = P_o + n.a$$

Keterangan :

P_n = Jumlah penduduk yang akan diproyeksi n tahun ke depan

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal

n = Jumlah tahun proyeksi

a = Pertambahan penduduk

Maka variabel proyeksi penduduk akan diasumsikan sebagai salah satu faktor yang terkait terhadap limbah buangan rumah tangga, sebagaimana dimaksud sebagai berikut :

Jumlah penduduk diasumsikan 1 KK = 5 Jiwa

1 KK = Menghasilkan Limbah buangan sebesar 20 Liter/Hari

Maka :

(Sumber : Pendekatan Analisis dan Standar Departemen Pekerjaan Umum Bidang Cipta Karya Wilayah Perdesaan)

5.1.12 Menentukan Kecepatan Pengaliran

Kecepatan aliran didalam saluran ditentukan berdasarkan kecepatan maksimum dan minimum yang diperbolehkan sesuai dengan bahan saluran yang digunakan.

Pada umumnya dalam praktek, kecepatan sebesar 0,60-0,90 ada di air cukup kecil. Kecepatan 0,9 m/det bisa mencegah tumbuhnya tumbuh-tumbuhan yang dapat diperkecil daya angkut saluran. Maka kecepatan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah 0,9 m/det.

5.1.13 Menentukan Dimensi Saluran Drainase

Maksud dari dimensi saluran drainase ini adalah untuk menentukan dimensi saluran, baik saluran terbuka maupun saluran tertutup, maka digunakan rumus (*clarkson H. 1999*) sebagai berikut :

Dimana :

V : Kecepatan aliran rata-rata (m/det)

N : Koefesien kekasaran manning

R : jari-jari hidrolik (m)
S : Kemiringan dasar saluran.

5.2 Analisis Hidrologi

5.2.1 Curah Hujan Rerata Maksimum Daerah

Ada 3 (tiga) cara yang banyak digunakan untuk memperhitungkan hujan rata-rata (*areal rainfall*) dari hujan titik (*point rainfall*) yaitu : cara rata-rata Aljabar (*Arithmetic Mean Method*), cara Isohiet (*Isohyetal Method*), dan cara Poligon Thiessen (*Thiessen Polygon Method*).

Karena titik-titik pengamatan di dalam daerah ini tidak tersebar merata yaitu hanya mempunyai 2 lokasi, dimana stasiun pencatat hujan berada di disekitar Kabupaten Tegal, maka cara perhitungan curah hujan rerata maksimum itu dilakukan dengan metode rerata aljabar. Untuk itu diasumsikan bahwa pos penakar hujan terbagi merata dan hasil penakaran masing-masing tidak menyimpang jauh dari harga rata-rata keseluruhan.

Sedangkan dasarnya curah hujan didapatkan dengan mengambil harga rata hitung (*arithmetic mean*) dari penakaran pada penakar hujan dalam areal tersebut. Persamaan yang digunakan adalah (Soemarto, 1987 : 19) :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_i^n \frac{d_i}{n} \quad (5 - 1)$$

dimana:

d = tinggi curah hujan rata-rata areal (mm)
d₁, d₂, d₃,...d_n = tinggi curah hujan pada pos penakar hujan
1, 2, 3,..., n

5.2.2 Analisa Curah Hujan Rancangan

Banyak metode yang digunakan dalam memperkirakan besarnya debit banjir rancangan untuk sebuah bangunan air. Masing-masing cara mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Penetapan cara hitungan akan sangat bergantung dari data yang tersedia dan tingkat ketelitian yang diinginkan. Ada beberapa metode yang banyak dipakai di Indonesia antara lain : *Metode E.J. Gumbel, Log Perason Type III, Rasional, Pearson Type III, Log Normal*, dan lain-lain.

Sebelumnya menentukan metode apa yang sesuai maka akan diberikan pengeryang dimaksud dengan curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Didalam menentukan metode yang sesuai terlebih dahulu akan dihitung besarnya parameter statistik yaitu C_s (*skewness*) dan C_k (*kurtosis*). Adapun persamaan yang digunakan adalah :

$$C_s = \frac{n \sum (X - \bar{X})^3}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot S^3}$$

(2 - 2)

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X - \bar{X})^4}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot (n - 3) \cdot S^4} \tag{5 - 3}$$

Tabel 5.3. Syarat Pemilihan Metode Frekuensi

M e t o d e	C k	C s
G u m b e l	5,4002	1,196
N o r m a l	3,0	0
L o g P e a r s o n T i p e I I I	bebas	bebas

Sumber : Harto, 1993 : 245

5.2.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Apabila harga C_s dan C_k tidak memenuhi distribusi Gumbel dan Normal maka digunakan metode Log Pearson Tipe III, karena metode ini dapat dipakai untuk semua sebaran data. Adapun persamaan yang dipakai adalah sebagai berikut

$$\log X = \log \bar{X} + G \cdot S \quad (5 - 4)$$

$$\log \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i \quad (5 - 5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{(n - 1)}} \quad (5 - 6)$$

Selanjutnya setelah ditetapkan distribusi yang sesuai, maka harus dilakukan uji kesesuaian distribusi yaitu untuk mengetahui kebenaran analisa curah hujan baik terhadap simpangan data vertikal ataupun simpangan data horisontal.

1. Uji Chi Square

Uji chi kuadrat digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan (Shahin, 1976 : 186) :

$$\left(X^2 \right)_{Hit} = \sum_{i=1}^K \frac{(EF - OF)^2}{EF} \quad (5 - 7)$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan rumus (Sri Harto, 181 : 80) :

$$k = 1 + 3,22 \log n \quad (5 - 8)$$

$$Dk = k - (P + 1) \quad (2 - 9)$$

dalam hal ini :

OF = nilai yang diamati (*observed frequency*)

EF = nilai yang diharapkan (*expected frequency*)

k = jumlah kelas distribusi

n = banyaknya data

Dk = derajat kebebasan (nilai kritis didapat dari tabel)

P = banyaknya parameter sebaran Chi-kuadrat (ditetapkan = 2)

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga $X^2 < X^2_{Cr}$. Harga X^2_{Cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi α dengan derajat kebebasan (*level of significant*).

2. Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji Smirnov-Kolmogorof digunakan untuk menguji simpangan secara horisontal. Dari grafik plotting data curah hujan diperoleh perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris (Δ_{maks}). Dalam bentuk persamaan dapat ditulis :

$$\Delta_{maks} = [P_e - P_T] \quad (5.10)$$

dimana :

Δ_{maks} : Selisih data probabilitas teoritis dan empiris

P_T : Peluang teoritis

P_e : Peluang empiris

Kemudian dibandingkan antara Δ_{maks} dan Δ_{cr} dari tabel. Apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$, maka pemilihan metode frekuensi tersebut dapat diterapkan untuk data yang ada.

Waktu Konsentrasi

Ada beberapa hal yang menentukan lamanya waktu konsentrasi seperti :

1. Ciri-ciri daerah aliran
2. Panjang jarak terjauh yang harus ditempuh oleh titik air hujan sebelum mencapai saluran.
3. Kemiringan daerah aliran
4. Keadaan dan sifat-sifat tanah pada daerah aliran
5. Besarnya aliran langsung

Biasanya untuk menentukan besarnya waktu konsentrasi ini dapat dipakai beberapa rumus Empiris diantaranya:

1. Kirpick

$$t_c = 0.00013 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \text{ jam atau} \quad (5.11)$$

$$t_c = \frac{L^{1.15}}{7.700 \cdot H^{0.385}} \text{ jam} \quad (5.12)$$

dimana :

t_c = waktu konsentrasi

L = Panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai tempat pengamatan banjir, diukur menurut jalannya saluran (feet)

S = Perbandingan dari selisih tinggi antara tempat terjauh tadi dan Tempat pengamatan terhadap L , yaitu $H : L$.

H = Selisih ketinggian antara tempat terjauh dan tempat pengamatan (feet)

Tetapi apabila L dan H dinyatakan dalam meter dan t_c dalam menit maka rumus di atas menjadi :

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L}{S} \right)^{0.77} \text{ menit} \quad (5.13)$$

2. Widuwen

$$t_c = \frac{L}{80^{0.125} \cdot S^{0.25}} \quad \text{jam} \quad (5.14)$$

kalau L dianggap sama dengan 1.1 x sumbu panjang Ellips, maka

$$t_c = \frac{0.476 \cdot A^{0.375}}{20^{0.125} \cdot S^{0.25}} \quad \text{jam} \quad (5.15)$$

3. Hasper

$$t_c = 0.1L^{0.8} S^{-0.3} \quad \text{jam} \quad (5.16)$$

5.2.4 Intensitas Hujan Rencana

Rumus eksperimental yang sering digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan sesuai dengan lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya, adalah :

1. Rumus Talbot

$$I = \frac{a}{t + b} \quad (5.17)$$

2. Rumus Sherman

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (5.18)$$

Rumus ini baik untuk curah hujan dengan jangka waktu lebih dari 2 jam.

3. Rumus Ishigiro

$$\frac{a}{t + b} \quad (5.19)$$

4. Rumus Mononobe

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^m \quad (5.20)$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

T = lamanya curah hujan (menit) atau dalam mononobe (jam)

R24 = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

Rumus mononobe ini adalah merupakan perpaduan dari rumus 1,2 dan 3 di atas, dimana dipakai untuk menghitung intensitas curah hujan berdasarkan data curah hujan harian dan adalah merupakan rumus intensitas curah hujan jangka pendek.

5.2.5 Debit akibat Curah Hujan Rencana

Perhitungan debit akibat curah hujan rencana memakai persamaan :

$$Q = CIA \quad (5.21)$$

dimana:

Q = debit aliran

C = Koefisien pengaliran, yang sesuai dengan jenis dan tipe daerah.

I = Intensitas curah hujan maksimum selama waktu yang sama dengan waktu konsentrasi

A = Luas daerah aliran sungai (catcment area)

Jika I dalam mm/jam, A dalam m² maka besarnya debit aliran dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= C.I \text{ (mm / jam).} A(m^2) \\ &= C \left(\frac{10^{-3}}{3600 \text{ det}} \right) I \text{ m}^2.A \\ &= 0.278 \cdot 10^{-6} \cdot C.I.A \text{ (m}^3/\text{det).} \end{aligned} \quad (5.22)$$

5.2.6 Air Limbah

Dalam menentukan besarnya buangan air rumah tangga, perlu mengetahui besarnya kebutuhan air oleh penduduk dalam tiap-tiap wilayah yang ditinjau. Besarnya kebutuhan air oleh penduduk menurut pedoman dari badan-badan kesehatan dibagi sesuai dengan jenis keperluannya sebagai berikut :

1. Bangunan umum
 - a. Sekolah = 20 l/orang/hari
 - b. Kantor = 30 l/orang/hari
 - c. Rumah ibadah = 3 m³/bangunan/hari
 - d. Rumah sakit = 400 l/orang/hari
2. Bangunan Komersial
 - a. Toko = 1 m³/toko/hari
 - b. Hotel = 300 l/tp. tidur/hari
 - c. Pasar = 25 m³/pasar/hari
 - d. Bioskop = 5 m³/bioskop/hari
3. Bangunan industri = 10 m³/industri/hari
4. Daerah Perumahan = 170 l/orang/hari

Dari jumlah pemakai air tersebut dapat diperkirakan berapa besarnya air buangan yang harus ditampung dan dialirkan melalui saluran kota yaitu 80% dari kebutuhan air yang ditetapkan.

Untuk memperkirakan besarnya pemakaian air oleh penduduk dapat dihitung dengan persamaan statistik pertumbuhan penduduk, yaitu:

$$P_n = P_o (1 + i)^n \quad (5.23)$$

dimana:

- P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke n
 P_o = Jumlah penduduk sesuai dengan data pada tahun diketahui
 n = Jangka waktu ke n dalam tahun

i = Laju pertumbuhan penduduk

5.2.7 Debit Rencana Saluran

Perencanaan debit saluran mengacu pada beban-beban yang terdapat disekitar saluran untuk mendapatkan dimensi saluran yang dapat menanggung beban yang dibebankan. Sehingga dalam menentukan debit rencana saluran drainase menggunakan persamaan dibawah ini :

$$Q_{total} = Q_{curahhujan} + Q_{limbahdomestik} + Q_{penggelontoran} \quad (5.24)$$

dimana :

Q_{total} = Total debit di rencana saluran (m^3/det)

$Q_{curah hujan}$ = Debit yang dipengaruhi curah hujan (m^3/det)

$Q_{limbah domestik}$ = Debit yang dihasilkan oleh limbah-limbah Domestik.
(m^3/det)

$Q_{penggelontoran}$ = Debit yang dibutuhkan untuk penggelontoran di hilir.

Perencanaan debit rencana saluran ini akan menentukan perencanaan berikutnya yaitu perencanaan model dan dimensi-dimensi saluran yang akan direncanakan.

Tabel
Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Derajat Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 0.02	Tanah agar basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	0.02 - 0.05	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel
Hujan Normal	0.05 - 0.25	Dapat dibuat puddel dan bunyi curah hujan kedengaran
Hujan Deras	0.25 - 1	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan bunyi hujan keras kedengaran dari genangan
Hujan sangat keras	>1	Hujan seperti ditempuhkan, saluran dan drainase meluap

Sumber : Suyono Sosrodarsono "Hidrologi untuk Pengairan"

Jika lamanya turun hujan melebihi waktu kosentrasi, laju pengaliran di dalam saluran akan berkurang daripada jika lamanya turun hujan sama dengan lama waktu kosentrasi.

5.3 Analisis Hidrolika

5.3.1 Desain Saluran Drainase

Saluran Drainase digunakan untuk menampung dan membuang air buangan dari daerah sekitarnya. Untuk mendapatkan manfaat, fungsi yang maksimal maka perhitungan dimensi saluran diusahakan menyesuaikan dengan kondisi lapangan dan kondisi kebutuhan.

Dalam perencanaan saluran drainase ini aliran yang lewat diasumsikan sebagai aliran tetap (*laminer*), sehingga dapat dipakai rumus Strickler sebagai berikut :

1. Saluran Persegi Panjang

$$V = K \cdot R^{2/3} I^{1/2}$$

$$Q = V \cdot A \quad (m^3/det)$$

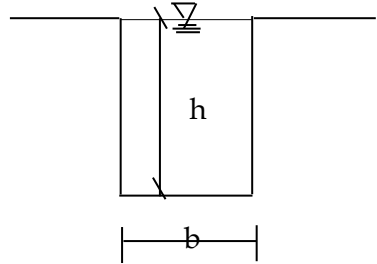
dimana :

$$R = \frac{A}{P} \quad (m)$$

$$A = bh \quad (m^2)$$

$$P = b + 2h \quad (m)$$

Saluran Dimensi Seoi Emnat



2. Saluran Trapesium

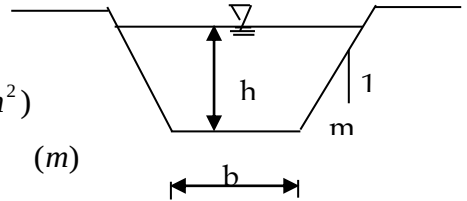
dimana :

$$R = \frac{A}{P} \quad (m)$$

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

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

Saluran Dimensi trapesium



dimana :

Q : Debit banjir rencana (m^3 / det)

V : Kecepatan aliran (m/det)

A : Luas potongan melintang aliran (m^2)

R : Jari-jari hidrolis (m)

b: Lebar dasar saluran (m)

h: Kedalaman air (m)

S: Kemiringan saluran

m : Kemiringan talud

K: Koefisien Strickler

5.3.2 Koefisien Stricler

Untuk dapat menghasilkan dimensi saluran yang ideal dan sesuai dengan kebutuhan, maka penentuan harga koefisien Strickler sangat menentukan. Faktor-faktor yang berpengaruh di dalam menentukan harga koefisien Strickler adalah sebagai berikut:

- 1. Kekasaran permukaan
- 2. Vegetasi disepanjang saluran (rumput, semak, dll)
- 3. Ketidak teraturan saluran
- 4. Trace saluran dasar
- 5. Pengendapan dan penggerusan
- 6. Adanya hambatan sepanjang saluran (pada belokkan)
- 7. Ukuran dan bentuk saluran
- 8. Besarnya debit air (kedalaman air)

Faktor-faktor di atas dapat dipakai dalam menentukan koefisien Strickler untuk saluran yang akan direncanakan, tetapi pertimbangan mengenai perawatan saluran di kemudian hari turut menentukan besarnya koefisien Strickler. Untuk lebih jelasnya dapat diperiksa pada Tabel 5.4. Harga kekasaran Strickler.

Tabel 5.4. Harga Kekasaran Strickler

Saluran	Keterangan	K
Tanah	$Q > 10$	45
	$5 > Q > 10$	42.5
	$1 > Q > 5$	40
	$1 > Q$ dan saluran tersier	35
Pasangan Batu kali	Pasangan pada satu sisi	42
		45
	Pasangan pada satu sisi	50
	Pasangan pada	

Pasangan Batu Kosong	semua sisi	
	Saluran permukaan	45
	Pada dua sisi	42
Beton	Pada satu sisi	40
	Seluruh permukaan	70
	Pada dua sisi	50
	Pada satu sisi	45

5.3.3 Kecepatan Aliran

Kecepatan air sangat berpengaruh pada stabilitas dari lapisan permukaan saluran, oleh sebab itu penentuan kecepatan aliran sangat besar pengaruhnya, terutama pada saluran tanah dengan batuan yang tidak stabil. Penentuan kecepatan saluran juga harus dilihat terhadap kemungkinan terjadinya loncatan air. Dan disajikan dalam Tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5. Kecepatan Aliran untuk Sal. Drainase

Bahan Konstruksi	V _{max} (m/det)
Tanah	1.00
Tanah keras	1.50
Pasangan batu kosong	2.00
Pasangan batu kali	3.00
Beton Konstruksi	4.00

5.3.4 Tinggi Jagaan

Guna menjaga terhadap loncatan air akibat bertambahnya kecepatan, serta kemungkinan adanya debit air yang datang lebih besar dari perkiraan juga untuk memberi ruang bebas pada aliran maka diperlukan ruang bebas dalam tinggi jagaan (free board) yang besarnya tergantung pada fungsi saluran. Kriteria tinggi jagaan dari Kriteria DPU

Pengairan disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Daftar Jagaan Air Saluran Drainase

Uraian	Macam Saluran		
	Primer	Sekunder	Tersier
Type Kota			
Kota raya	90	60	30
Kota besar	60	40	20
Kota sedang	40	30	20
Kota kecil	30	20	15
Type Daerah			
Industri/kome	40	30	20
rsial	30	20	15
Pemukiman			

Sumber: Kriteria Perencanaan DPU Pengairan

5.3.5 Bangunan Pelengkap

Pada perencanaan jaringan drainase, selalu diperlukan berbagai bangunan pelengkap, disepanjang jaringan yang direncanakan. Untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam menentukan besarnya dimensi bangunan pelengkap tersebut, maka diperlukan perhitungan yang sesuai dengan jenis bangunannya.

- 1. **Gorong-gorong**
 - a. **Terisi Penuh dan Pendek**

$$Q = U.A.\sqrt{2g.D_h}$$

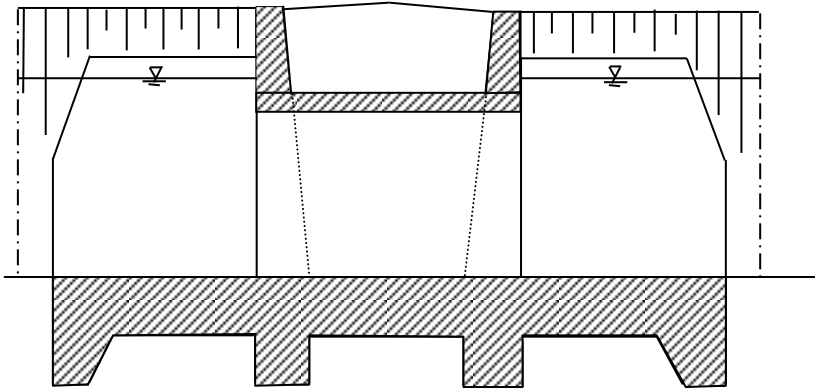
Keterangan :

- Q : Besarnya Debit (m3/det)
- U : Koefisien debit tergantung bentuk gorong-gorong
- A : Luas pipa (m2)
- g : Percepatan Gravitasi (=9.81 m/det2)
- Dh: Perbedaan tinggi energi (m)

Tabel 5.7. Koefisien Debit lewat Gorong-gorong

Dasar Data dengan Saluran		Dasar lebih Tinggi dari Saluran		
Sisi	U	Ambang	Sisi	U
Segi U	0.80	Segi 4	Segi 4	0.70
Bulat	0.90	Bulat	Segi 4	0.75
		Bulat	Bulat	0.75

Sumber : Standar Perencanaan Irigasi (Desember 1986)



Gambar 5.1. Gorong-gorong Pendek Terisi Penuh

b. Terisi Penuh dan Panjang

Kehilangan masuk

$$D_h = U_{masuk} \times \frac{(V_p - V_s)^2}{2g}$$

Kehilangan di gorong-gorong

$$D_h = I.L$$

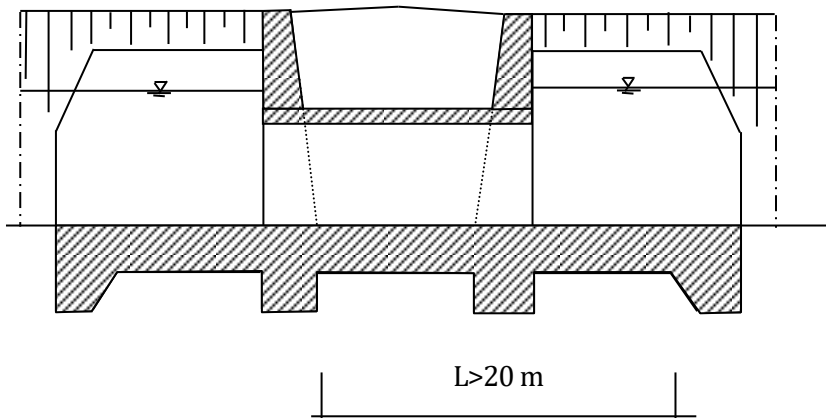
$$I = \frac{V_p^2}{K^2 . R^{4/3}}$$

Kehilangan keluar

$$D_h = U_{keluar} \times \frac{(V_p - V_s)^2}{2g}$$

dimana :

- Dh : Perbedaan tinggi energi (m)
- U : Koefisien inflow/outflow tergantung bentuk
- Vp : Kecepatan aliran dalam gorong-gorong (m/det)
- Vs : Kecepatan aliran dalam saluran (m/det)
- I : Kemiringan hidrolis gorong-gorong
- L : Panjang gorong-gorong
- K : Koefisien aliran strickler
- R : Jari-jari hidrolis



Gambar 5.2. Gorong-gorong Terisi Penuh dan Panjang

c. Tidak Terisi Penuh

Untuk : $H_p > 2/3 H_s$

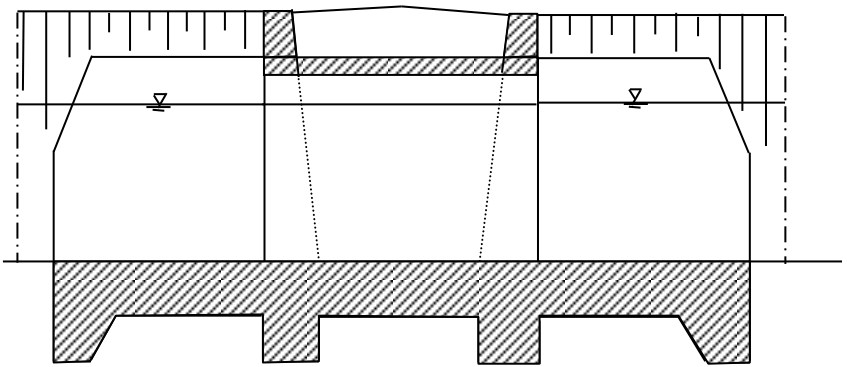
$$Q = U \cdot A \sqrt{2g \cdot D_h}$$

$H_p < 2/3 H_s$

$$Q = 0,385 \cdot U \sqrt{2g D_h}$$

dimana :

- H_p : Kedalam air dalam gorong-gorong (m)
 H_s : Kedalaman air didepan gorong-gorong (m)
 Q : Debit yang ahrus dilewatkan (m^3/det)
 U : Koefisien aliran
 A : Luas aliran air (m^2)
 Dh : Perbedaan tinggi energi



Gambar 5.3. Gorong-gorong Tidak Terisi Penuh

2. Kisi-kisi penyaring

Pada tiap-tiap awal gorong-gorong akan dipasang kisi-kisi penyaring agar kotoran tidak masuk ke gorong-gorong. Kisi-kisi penyaring dibuat dari besi beton dengan diameter 10 cm, kisi tersebut dibuat miring dengan sudut 75° dan arah besi beton dibuat vertikal.

Kehilangan energi dengan adanya kisi-kisi tersebut dihitung dengan rumus :

$$H_f = C \cdot \frac{V^2}{2g} \text{ dimana :}$$

$$C = \left(\frac{5}{b} \right)^{\frac{4}{3}} - 1$$

- Hf : Kehilangan tinggi (m)
 V : Kecepatan aliran (m/det)
 g : percepatan gravitasi = 9.81 m/det²
 S : Tebal besi sisi (m)
 b : Jarak antara batang besi beton 0.10 m

3. Terjun

Bangunan terjun yang sering dipakai adalah :

- Bangunan terjun tegak untuk tinggi kurang dari 1,50 m.
- Bangunan terjun miring untuk tinggi terjun lebih dari 1,50 m.

Pada saluran drainase bangunan terjun yang dipakai adalah :

Bangunan Terjun Tegak

Rumus-rumus yang digunakan untuk perencanaan hidrolis adalah sebagai berikut :

- Lebar bukaan efektif

$$B = \frac{Q}{1,71 \cdot m \cdot H_1^{3/2}}$$

$$H_1 = h_1 + \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

di mana :

- B = Lebar bukaan efektif (m)
 Q = Debit (m³/det)
 m = Koefisien (m = 1,03)
 H₁ = Tinggi garis energi di hulu (m)
 H₁ = Tinggi muka air di hulu (m)
 V₁ = Kecepatan air di saluran hulu (m/det)

b. Tinggi Ambang hilir

$$a = 1/2 \cdot dc$$

$$dc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot B^2}}$$

di mana :

a = Tinggi ambang di hilir (m)

dc = Kedalaman air kritis (m)

Q = Debit (m³/det)

B = Lebar bukaan (m)

g = Percepatan gravitasi (= 9,8 m/det²)

c. Panjang Olakan.

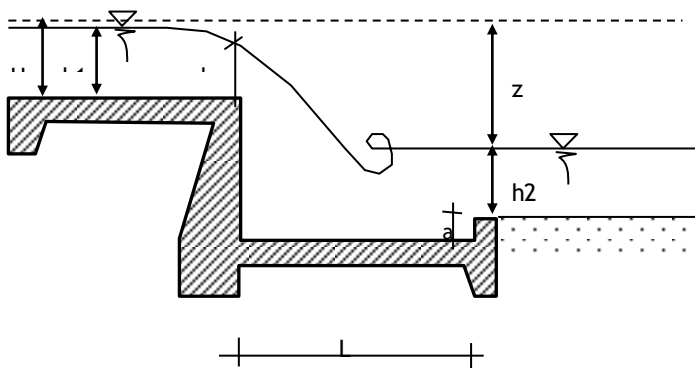
$$L = C_1 \cdot \sqrt{(z \cdot dc) + 0,25} \left\{ \frac{dc}{z} \right\}^2$$

$$C_1 = 2,5 + 1,10 \cdot \frac{dc}{z} + 0,7 \cdot \left\{ \frac{dc}{z} \right\}$$

di mana :

L = Panjang kolam olak (m)

z = Tinggi terjun (m)



Gambar 5.4. Terjun Tegak

5.4 Perhitungan Struktur

5.4.1 Kriteria

Kriteria struktur yang digunakan dalam perencanaan Teknis Drainase ini meliputi :

1. Kriteria bahan
2. Kriteria muatan
3. Kriteria Struktur saluran
4. Kriteria Struktur Bangunan

Penjelasan secara terperinci mengenai kriteria tersebut adalah sebagai berikut :

Bahan

Jenis bahan konstruksi yang digunakan dalam pekerjaan drainase meliputi :

1. Batu kali
2. Beton
3. Besi Beton

Batu Kali

Saluran drainase yang terbuat dari pasangan batu kali tidak diperkenankan menerima tegangan tekan yang lebih dari 8 kg/cm².

Beton

Untuk beton digunakan sebagai berikut :

Beton untuk konstruksi : K225

Beton untuk lining : K175

Beton penutup dengan ketebalan minimum 0.12 m dan ketebalan selimut beton 0.05 m untuk konstruksi yang berhubungan dengan air dan 0.03 m untuk konstruksi yang tidak berhubungan dengan air.

Untuk lapisan aus ditutup dengan pasir aspal minimal setebal 0.02 m.

Besi Beton

Besi beton yang digunakan disesuaikan dengan yang ada di pasaran, adapun mutu dan acuan yang digunakan :

Mutu : U24, U 30, U32

Ukuran : $\phi 8$, $\phi 10$, $\phi 12$, $\phi 16$, $\phi 22$ (mm)

Muatan

Kriteria muatan yang digunakan dalam perhitungan perencanaan adalah :

Untuk muatan mati sesuai PMI 1993

Untuk muatan berjalan sesuai dengan spesifikasi dan standar Indonesia untuk jalan dan jembatan tahun 1970

Untuk tekanan air ditetapkan sebesar 10.000 Kg/m² setiap kedalaman 4 m.

5.4.2 Struktur Saluran

Saluran drainase pada tempat-tempat tertentu perlu talud saluran yang terbuat dari pasangan batu kali dan beton.

Fungsi dari talud adalah untuk :

1. Mencegah erosi akibat kecepatan air yang besar
2. Kestabilan talud sehingga tidak membahayakan lingkungan sekitarnya.

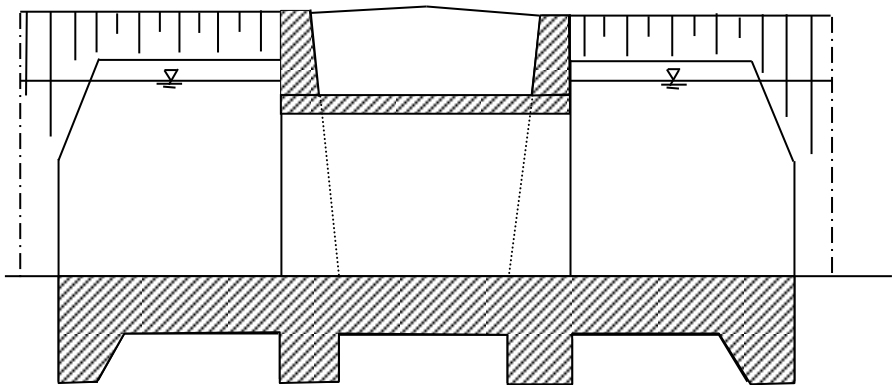
Beberapa tipe pembuatan tebing saluran adalah sebagai berikut :

1. Saluran pasangan batu ketebalan minimum 25 cm dengan kedalaman pondasi sesuai dengan hasil penyelidikan tanah.
2. Saluran pasangan beton dapat dikerjakan dengan 2 (dua) cara yaitu cetak ditempat dan pracetak ketebalan minimum 8 cm.

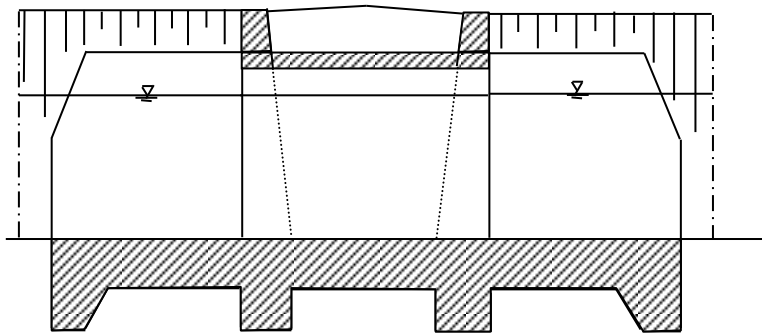
5.4.3 Struktur Bangunan Gorong-gorong

Batasan yang digunakan dalam perencanaan gorong-gorong adalah :

1. Gorong-gorong dapat dibentuk bulat atau segi empat
2. Diameter gorong-gorong minimal 60 cm agar dapat dibersihkan dengan kayu/bambu
3. Untuk gorong-gorong yang relatif panjang diameter minimal adalah 80 cm supaya dapat dimasuki orang untuk pemeliharannya.
4. Penutup minimum pada penyeberangan jalan adalah 1 m
5. Penutup minimum pada penyeberangan desa adalah 0.50 m
6. Penutup pada penyeberangan jalan diusahakan selebar jalan atau dapat ditinjau pada fungsi jalan tersebut pada jangka panjang perlu diperhatikan pembebanannya.



Gambar 5.5. Gorong-gorong Pendek Terisi Penuh



Gambar 5.6. Gorong-gorong Tidak Terisi Penuh

5.4.4 Struktur Jembatan

1. Jembatan Kendaraan

- 1) Untuk jembatan dengan bentang lebih besar dari 6,50 m dihitung dengan memakai standart pembebanan seperti pada Gambar 3-5.
- 2) Untuk jembatan dengan bentang kurang dari 6,50 m dihitung dengan memakai beban merata 0,4 ton/m³ dan beban garis 4 ton/m. Pembagian pembebanan seperti pada Gambar 4-3.

2. Jembatan Orang

Jembatan orang dihitung dengan beban merata 0,50 ton/m seperti Gambar 4-3. Pembebanan ini sebanding dengan lewatnya sepeda motor dan sapi.

Sebagai dasar perhitungan konstruksi beton bertulang yang ada.

Jenis beton dan jenis besi tulangan dipakai sebagai berikut :

a. Beton K.125

Tegangan yang diijinkan adalah sebagai berikut :

- 1) Pada pembebanan tetap

Tegangan tekan : $\sigma_b = 40 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tarik : $\sigma_b = 5,5 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan geser lentur atau puntir : $\tau_b = 5 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan geser lentur dg puntir : $\tau_b = 6 \text{ kg/cm}^2$

2) Pada pembebanan sementara

Tegangan tekan : $\sigma_b = 70 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tarik : $\sigma_b = 7,5 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan geser : $\tau_b = 7,5 \text{ kg/cm}^2$

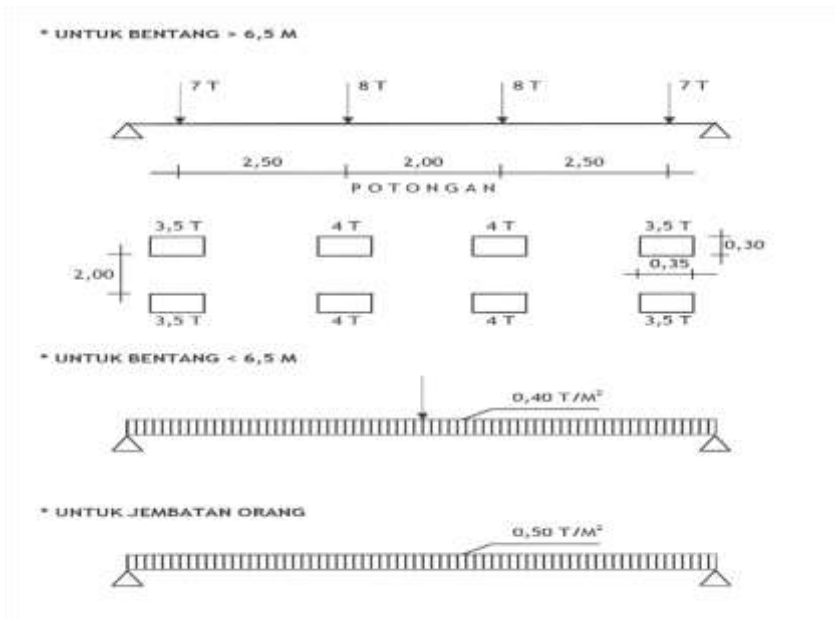
b. Baja U.22

Tegangan yang diijinkan :

1) Pada pembebanan tetap

Tegangan tekan / tarik : $\sigma_b = 1250 \text{ kg/cm}^2$

Angka ekivalensi : $n = 30$



Gambar 5.7. Pembebanan Jembatan Jalan Kelas 2 (dua)

DAFTAR PUSTAKA

- Marcos Amaral, D J. 2014. *Evaluasi Sistem Drainase terhadap Genangan di Kecamatan Wates Kabupaten Blitar*. Jurnal Buana Sains Vol 14 No 1 (21-28)
- Anwar Menachem Rajagukguk P. 2000. Perencanaan dan Perancangan Jaringan Jalan dan Drainase Kawasan Industri Panbil Pulau Batam Riau.
- Chay Asdak. 2001. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum. 1990.
- Standar SK SNI T-07-1990-F Metoda Perhitungan Debit Banjir. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum. 2000. Modul Drainase Permukiman. Jakarta.
- Sinilingga, Budi. 1999. *Pembangunan Kota : Tinjauan Regional dan Lokal*. Jakarta.
- Fairizi, D. 2015. *analisis dan evaluasi saluran drainase pada kawasan Perumnas Talang Kelapa di SubDAS Lambidaro Kota Palembang*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol 3 No 1 Maret 2015
- Mato, B. L 2012. *Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Di Jalan Soekarno Hatta Malang*. Jurnal Buana Sains Vol 12 No 2, 2012
- U.S. Forrest Service. 1980. Coefficient Run Off For Drainage Planning by Marsh, M. William. New York. USA.
- Soemarto, CD. 1986. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional
- Wesli. 2008. *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Suripin. 2010. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan II*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Chow, V T 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga. Jakarta.

Water Resources Information. 2002. Deep Water and Ground Water.

Suhudi. 2019. *Perencanaan Saluran Drainase pada Jalan Donowarih Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang*. Jurnal Reka Buana Vol 4 No 1, 2019

BAB 6

BANJIR

Oleh Putu Doddy Heka Ardana

6.1 Umum

Limpasan merupakan air yang keluar dari *outlet* yang mengalir melalui sungai atau tertahan menjadi genangan air yang nantinya dapat menjadi sumber banjir. Limpasan adalah aliran air di permukaan tanah yang disebabkan oleh curah hujan yang mengalir ke sungai setelah air mengalami proses infiltrasi, penguapan (evaporasi) ataupun tersimpan dalam cekungan-cekungan. Limpasan sebagai representasi *output* daerah aliran sungai diukur dalam satuan waktu. Ada dua faktor penting yang mempengaruhi limpasan yakni faktor meteorologi dan karakteristik daerah aliran sungai (DAS).

6.1.1 Faktor Meteorologi

Faktor-faktor meteorologi yang berpengaruh pada limpasan terutama dipengaruhi oleh karakteristik hujan, yang meliputi (Hadisusanto, 2011; Suripin, 2004):

1. Intensitas hujan

Terdapat hubungan erat antara limpasan, intensitas curah hujan, dan laju infiltrasi. Apabila laju infiltrasi terlampaui oleh peningkatan intensitas curah hujan maka akan terjadi peningkatan limpasan permukaan.

2. Durasi hujan

Durasi hujan atau lamanya hujan sangat mempengaruhi kondisi kejenuhan tanah dimana semakin lama durasi hujan maka akan meningkatkan kejenuhan tanahnya. Apabila tanah mencapai kejenuhan maksimal maka akan terjadi peningkatan limpasan.

3. Distribusi curah hujan

Distribusi dan intensitas curah hujan di seluruh daerah aliran sungai mempengaruhi laju dan volume limpasan. Volume dan laju limpasan yang sangat besar biasanya terjadi ketika seluruh daerah aliran sungai berkontribusi terhadap aliran tersebut.

4. Kelebatan curah hujan

Kelebatan curah hujan memiliki dampak yang signifikan terhadap jumlah limpasan permukaan; semakin deras curah hujan, semakin signifikan pula peningkatan limpasan.

6.1.2 Faktor Daerah Aliran Sungai

Karakteristik daerah aliran sungai (DAS) yang berpengaruh terhadap limpasan permukaan, yang meliputi (Hadisusanto, 2011; Suripin, 2004):

1. Luas dan bentuk DAS

Seiring dengan bertambahnya luas DAS, begitu juga dengan kecepatan dan volume limpasan permukaan. Tetapi jika aliran permukaan tidak sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai kecepatan dan volume per satuan luas, besarannya akan berkurang seiring dengan bertambahnya luas DAS. Hal ini tergantung pada berapa lama waktu yang dibutuhkan air untuk bergerak dari titik terjauh ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan seberapa banyak atau seberapa luas hujan turun.

DAS yang memanjang memiliki laju aliran permukaan yang lebih rendah daripada DAS yang melingkar atau lebih lebar. DAS yang memanjang memiliki waktu konsentrasi yang lebih lama daripada DAS yang melebar. Dengan demikian, konsentrasi air di titik kontrol lebih lambat, yang berdampak pada aliran permukaan.

2. Topografi

Aliran permukaan dipengaruhi oleh kemiringan lahan. Daerah aliran sungai yang lebih curam memiliki laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi. Semakin panjang lereng di daerah aliran sungai, semakin lambat limpasan ke sungai, meskipun tangkapan airnya lebih signifikan dibandingkan dengan lereng yang pendek atau curam.

3. Tata guna lahan

Koefisien aliran permukaan (C) menunjukkan rasio aliran permukaan terhadap curah hujan dan bagaimana penggunaan lahan mempengaruhinya. Salah satu ukuran kondisi fisik DAS adalah angka koefisien aliran permukaan bernilai-nol sampai satu. $C = 0$ menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sedangkan $C = 1$ menunjukkan aliran permukaan. Nilai C mendekati nol pada DAS yang baik dan mendekati satu pada DAS yang rusak.

4. Jenis tanah

Tanah memiliki tekstur tanah bervariasi. Seperti misalnya tanah berpasir yang memiliki kapasitas infiltrasi lebih besar daripada tanah liat dan tanah debu karena komponen koloidal tanah mengembang dan menyusut dengan kadar air tanah.

5. Kelembaban tanah

Kelembaban tanah mempengaruhi infiltrasi dikarenakan air tanah mengisi pori-pori tanah pada permukaan yang lembab, sehingga menyebabkan aliran permukaan menjadi lebih kuat pada kondisi curah hujan tertentu.

6.2 Banjir

Banjir adalah suatu keadaan dimana ketinggian air yang tidak normal pada suatu sungai dimana ketinggian air melebihi ketinggian tepi sungai yang menyebabkan air menggenang di zona genangan. Berdasarkan hubungan antara curah hujan dan aliran sungai, debit banjir akan dapat dihitung. Seperti diketahui, jumlah aliran banjir ditentukan oleh banyak elemen, termasuk besarnya curah hujan, intensitas, distribusi, durasi, kondisi tata guna lahan, dan luas daerah aliran sungai.(Hadisusanto, 2011).

Ada beberapa metode untuk memperkirakan debit puncak banjir (laju aliran puncak atau limpasan puncak). Ketersediaan data sangat mempengaruhi metode perkiraan banjir tersebut. Beberapa metode yang digunakan dalam memperkirakan debit banjir antara lain:

1. Metode Rasional
2. Metode Empiris
 - a. Metode Melchior
 - b. Metode Weduwen
 - c. Metode Haspers
3. Metode Hidrograf Banjir
 - a. Metode Hidrograf Satuan
 - b. Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS)
 - 1) Metode HSS Nakayasu
 - 2) Metode HSS Snyder
 - 3) Metode HSS *Soil Conservation Service* (SCS)
 - 4) Metode HSS Gama I

Menurut Kamiana (2011), penetapan masing-masing metode dalam perhitungan debit banjir rencana, secara umum bergantung pada ketersediaan data. Data yang dimaksud antara lain data hujan, karakteristik daerah aliran, dan data debit.

6.2.1 Metode Rasional

Metode rasional adalah metode tertua yang banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Suatu DAS disebut kecil apabila distribusi hujan dianggap seragam dalam ruang dan waktu, dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi. Metode ini dapat digunakan pada luas daerah tangkapan < 300 Ha (Goldman, 1986 dalam Suripin, 2004), luas DAS $< 2,5$ Km² (Ponce, 1989 dalam Triatmodjo, 2008), dan luas DAS < 5000 Ha (Departemen Pekerjaan Umum, 1989).

Dasar dari metode rasional adalah jika curah hujan dengan intensitas I terjadi secara terus-menerus, maka laju limpasan langsung akan bertambah sampai mencapai waktu konsentrasi t_c . Waktu konsentrasi t_c tercapai ketika seluruh bagian DAS telah memberikan kontribusi aliran di outlet. Laju masukan pada sistem adalah hasil curah hujan dengan intensitas I pada DAS dengan luas A (Girsang, 2009). Nilai perbandingan antara laju masukan dengan laju debit puncak (Q_p) yang terjadi pada saat t_c dinyatakan sebagai *run off coefficient* (C) dengan nilai $0 \leq C \leq 1$ (Chow et al., 1988).

Menurut (Wanielista, Martin P. Kersten and Eaglin, 1996), ada beberapa asumsi dasar dalam penggunaan metode rasional, yaitu:

- a. Curah hujan terjadi dengan intensitas yang tetap dalam jangka waktu tertentu, setidaknya sama dengan waktu konsentrasi.
- b. Limpasan langsung mencapai maksimum ketika durasi hujan dengan intensitas tetap sama dengan waktu konsentrasi.
- c. Koefisien run off dianggap tetap selama durasi hujan.
- d. Luas DAS tidak berubah selama durasi hujan

Bentuk umum rumus rasional ini adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,2778 \times C \times I \times A \quad (6.1)$$

Dimana:

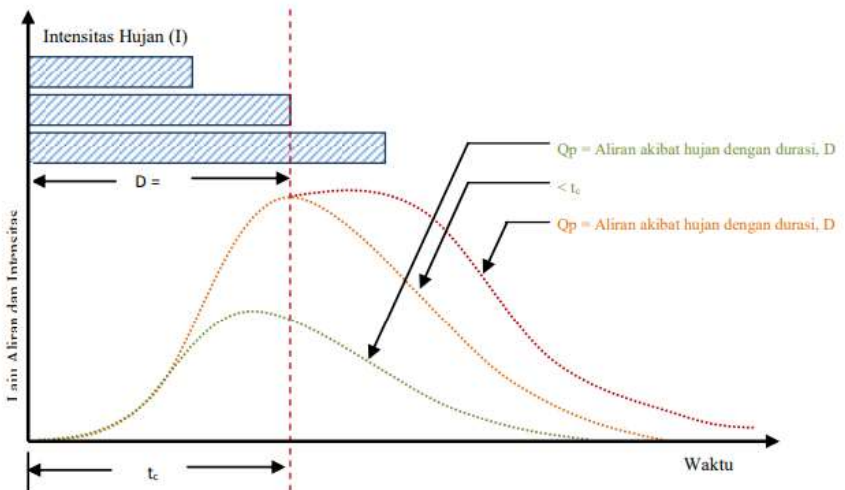
Q = debit banjir maksimum (m^3/dt)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (Km^2)

Suripin (2004) mengemukakan bahwa metode rasional dikembangkan berdasar asumsi khusus bahwa hujan yang terjadi mempunyai intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi (t_c) daerah pengaliran. Jika asumsi ini terpenuhi, maka curah hujan dan aliran permukaan daerah pengaliran tersebut dapat digambarkan dalam grafik pada Gambar 6.1. Gambar 6.1 menunjukkan bahwa hujan dengan intensitas seragam dan merata di seluruh daerah pengaliran berdurasi sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Jika hujan yang terjadi lamanya kurang dari t_c , maka debit puncak yang terjadi lebih kecil dari Q_p . Sebaliknya, jika hujan yang terjadi lebih lama dari t_c , maka debit puncak aliran permukaan akan tetap sama dengan Q_p .



Gambar 6.9. Hubungan Hujan dengan Aliran Permukaan untuk Durasi yang Berbeda
(Sumber: Suripin, 2004)

Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran atau *runoff coefficient* (C) didefinisikan sebagai nisbah atau puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor ini merupakan variabel yang paling menentukan hasil perhitungan debit banjir. Pemilihan nilai C secara tepat sulit dilakukan karena terdapat faktor utama yang mempengaruhi nilai C yakni laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan, penutup lahan, dan intensitas hujan (Suripin, 2004). Dalam perhitungan drainase permukaan, penentuan nilai C dilakukan melalui pendekatan yaitu berdasarkan karakter permukaan. Koefisien *runoff* juga tergantung pada sifat dan kondisi atau tipe tanah. Adapun harga koefisien *runoff* untuk berbagai tipe tanah dan penggunaan lahan disajikan dalam Tabel 6.1 sebagai berikut.

Tabel 6.5. Nilai C untuk Metode Rasional

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Nilai C
1	Business	
	1. Daerah perkotaan (pusat kota)	0,70 – 0,95
	2. Daerah sekitar kota (pinggiran)	0,50 – 0,70
2	Perumahan	
	1. Rumah tunggal	0,30 – 0,50
	2. Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
	3. Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
	4. Perkampungan	0,25 – 0,40
	5. Apartemen	0,50 – 0,70
3	Daerah industri	
	1. a. Kurang padat (ringan)	0,50 – 0,80
	2. b. Padat industri	0,60 – 0,90
4	Perkerasan	
	1. Aspal, beton	0,70 – 0,95
	2. Batu bata, paving	0,50 – 0,70
5	Daerah beratap	0,75 – 0,95
6	Halaman, tanah berpasir	
	1. Datar, 2%	0,05 – 0,10
	2. Rata-rata, 2-7%	0,10 – 0,15
	3. Curam, 7%	0,15 – 0,20
7	Halaman, tanah berat	
	1. Datar, 2%	0,13 – 0,17
	2. Rata-rata, 2-7%	0,18 – 0,22
	3. Curam, 7%	0,25 – 0,35
8	Kawasan stasiun kereta api	0,20 – 0,40
9	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
10	Taman, kuburan	0,10 – 0,25
11	Hutan, vegetasi	
	1. Datar, 0-5%	0,10 – 0,40
	2. Bergelombang, 5-10%	0,25 – 0,50

No	Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Nilai C
	3. Berbukit, 10-30%	0,30 – 0,60
12	Padang rumput	
	1. Tanah berat	0,15 – 0,45
	2. Berpasir	0,05 – 0,2
13	Tanah produktif	
	1. Rata, kedap air	0,70 – 0,90
	2. Kasar	0,50 – 0,70

(Sumber: McGuen, 1989 dalam Suripin, 2004)

6.2.2 Metode Empiris

Metode empiris adalah metode yang menggunakan fakta yang telah terjadi dalam masyarakat untuk mendapatkan atau metode yang diperoleh dari pengetahuan dari pengamatan terhadap kenyataan. Metode ini didapatkan berdasarkan pengalaman. Beberapa metode empiris yang biasanya digunakan dalam analisis debit puncak antara lain metode Melchior, metode Weduwen, dan metode Haspers.

Metode Melchior

Metode Melchior ini digunakan untuk memperkirakan debit banjir rancangan untuk DAS yang luasnya lebih dari 100 km² dan hujan dengan durasi kurang dari 24 jam (Subarkah, 1980). Untuk perhitungan debit banjir Melchior menganjurkan koefisien aliran sebesar 0,52 (Soewarno, 1991). Prosedur perhitungan metode Melchior adalah sebagai berikut:

1. Lukis elips yang mengelilingi DAS dengan sumbu panjang (kira-kira) 1,5 kali sumbu pendek dan luasnya dihitung mengikuti persamaan:

$$nF = 0,25 \cdot \pi \cdot L_1 \cdot L_2 \quad (6.2)$$
2. Mengukur luas DAS dengan planimeter atau dengan pendekatan spasial (km²).
3. Menghitung rerata kemiringan dasar sungai dengan persamaan:

$$i = \frac{h}{0,9L} \quad (6.3)$$

4. Menghitung harga β_1 dengan menggunakan persamaan:

$$nF = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + 1720\beta_1 \quad (6.4)$$

5. Menaksir besarnya hujan maksimum sehari (R_0)

6. Menghitung besarnya debit (Q_0) dengan persamaan

$$Q_0 = \beta_1 \cdot R_0 \cdot A \quad (6.5)$$

7. Menghitung kecepatan aliran (v) dengan persamaan

$$v = 1,31 (Qxi^2)^{0,2} \cdot \left(\frac{\alpha}{0,52}\right)^{0,2} \quad (6.6)$$

8. Menghitung waktu tiba banjir (t_c) dengan persamaan

$$t_c = \frac{10L}{36v} \quad (6.7)$$

9. Menentukan koefisien β_2 dari tabel hubungan t_c dan nF , sehingga koefisien reduksi β dapat dihitung dengan persamaan

$$\beta = \beta_1 \times \beta_2 \quad (9.8)$$

Atau nilai β_2 bisa dihitung dengan persamaan

$$\beta = \frac{180 + 0,75A}{150 + A} \quad (6.9)$$

10. Menghitung harga r dengan persamaan

$$r = \frac{10 \times \beta \times R_{24} \text{maksimum}}{36 + t_c} \quad (6.10)$$

11. Mengontrol nilai $R_0 = r$, jika nilainya tidak sama diulang mencoba nilai R_0 sampai akhirnya nilai tersebut sama.

12. Menghitung debit banjir rancangan berdasarkan kala ulang dengan menggunakan persamaan

$$Q = \alpha \times \beta \times q \times A \times \frac{r}{200} \quad (6.11)$$

Dimana:

t_c = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai utama(km)

v = kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

h = beda tinggi dasar sungai antara mulut DAS dan 0,9L ke arah hulu

F = luas ellips DAS

R_0 = curah hujan maksimum ($m^3/dt/km^2$)

α = koefisien pengaliran (diambil nilainya 0,6)

β = koefisien reduksi

r = intensitas hujan (mm)

A = luas DAS (km^2)

i = kemiringan rata-rata sungai

R_{24} = hujan harian (mm)

Tabel 6.6. Prosentase β_2 Menurut Melchior

F (Km ²)	Lama hujan, t (jam)										
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	24
0	44	64	80	89	92	92	93	94	95	96	100
10	37	57	70	80	82	84	87	90	91	95	100
50	29	45	57	66	70	74	79	83	88	94	100
300	20	33	43	52	57	61	69	77	85	93	100
~	12	23	32	42	50	54	66	74	83	92	100

(Sumber: Subarkah, 1980)

Metode Der Weduwen

Metode Der Weduwen adalah metode perhitungan debit banjir yang biasanya digunakan pada area DAS dengan luas < 100 Km². Besarnya koefisien aliran dinyatakan sesuai persamaan berikut (Suriansyah *et al.*, 2021):

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \times q + 7} \quad (6.12)$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}f}{120+f} \quad (6.13)$$

$$q = \frac{67,64}{t+1,45} \quad (6.14)$$

$$t_c = \frac{L}{8Q^{0,125}i^{0,25}} \quad (6.15)$$

$$i = \frac{h}{0,9L} \quad (6.16)$$

Tahapan analisis dengan metode Der Weduwen, tahap pertama menentukan nilai t perkiraan untuk menghitung nilai β , kemudian menghitung nilai q dan α berdasarkan persamaan berikut

$$t = \frac{0,476 \times f^{0,375}}{(\alpha \times \beta \times q)^{0,125}i^{0,25}} \quad (6.17)$$

Dimana:

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

α = koefisien aliran

β = koefisien reduksi

q = curah hujan maksimum ($m^3/dt.km^2$)

t_c = waktu konsentrasi

t = lamanya hujan maksimum (1/6 sampai 12 jam)

f = luas DAS (Km^2) < 100 Km^2

L = panjang sungai (Km)

i = kemiringan sungai

Metode Haspers

Metode Haspers adalah metode perhitungan debit banjir yang biasanya digunakan pada area DAS dengan luas < 300 Km^2 . Penerapan metode ini dalam perhitungan debit puncak banjir mengikuti persamaan berikut (Suriansyah et al., 2021):

$$\alpha = \frac{1+0,012f^{0,7}}{1+0,075f^{0,7}} \quad (6.18)$$

$$t_c = 0,10 \times L^{0,8} \times i^{-0,3} \quad (6.19)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3,7 \times 10^{-0,4t})}{(t^2+15)} \times \frac{f^{0,75}}{12} \quad (6.20)$$

$$q = \frac{R_t}{3,6t} \quad (6.21)$$

Berdasarkan Haspers ditentukan:

Untuk $t < 2$ jam

$$R_t = \frac{t \times R_{24}}{t+1 - [0,0008(260 - R_{24})(2-t)^2]} \quad (6.22)$$

Untuk t antara 2 sampai 19 jam

$$R_t = \frac{t \times R_{24}}{t+1} \quad (6.23)$$

Untuk t antara 19 jam sampai 30 hari

$$R_t = 0,707 \times R_{24} \times (t + 1)^{0,5} \quad (6.24)$$

Hitung debit puncak banjir dengan persamaan

$$Q_p = \alpha \times \beta \times q \times f \quad (6.25)$$

Dimana:

Q_p = debit puncak banjir (m^3/dt)

α = koefisien aliran

β = koefisien reduksi

q = curah hujan maksimum ($m^3/dt.km^2$)

R_{24} = curah hujan maksimum (mm)

R_t = curah hujan maksimum selama t jam (mm)

t = lamanya hujan (jam)

f = luas DAS (Km^2)

L = panjang sungai (Km)

i = kemiringan sungai rerata

6.2.3 Metode Hidrograf

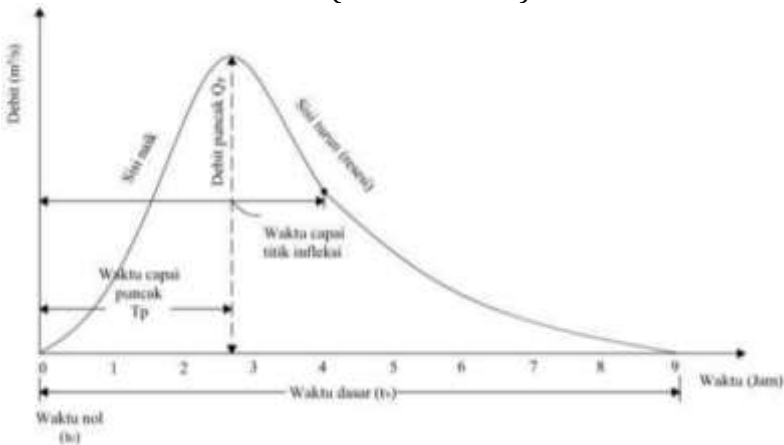
Hidrograf menunjukkan hubungan antara parameter aliran dan waktu. Karakteristik ini dapat mencakup kedalaman aliran (ketinggian) atau debit aliran. Hidrograf menggambarkan respons daerah aliran sungai terhadap masukan data curah hujan. Pada stasiun hidrometer, aliran yang diukur setiap saat adalah hidrograf tahapan. Hidrograf debit akan dibuat dengan menggunakan kurva debit

(hubungan antara kedalaman air dan debit) (Limantara, 2010). Dalam penggunaan umum, istilah hidrograf mengacu pada hidrograf debit. Hidrograf ini mengambil air sungai dari empat sumber, antara lain (Limantara, 2010) :

1. Air hujan (porsinya kecil).
2. Aliran permukaan (*direct runoff*, DRO) setelah melalui proses evaporasi, infiltrasi, dan tampungan di cekungan.
3. Aliran antara (*interflow*).
4. Aliran bawah permukaan, aliran ini mencapai sungai setelah melalui proses perkolasi dan tampungan air tanah.

Sehingga aliran permukaan terdiri dari hujan langsung, limpasan (*DRO-direct runoff*) dan *interflow* (point 1, 2, dan 3), sedangkan limpasan bawah permukaan (point 4) sebagai aliran dasar (*base flow*, BF). Hidrograf terdiri dari 3 bagian sebagai berikut :

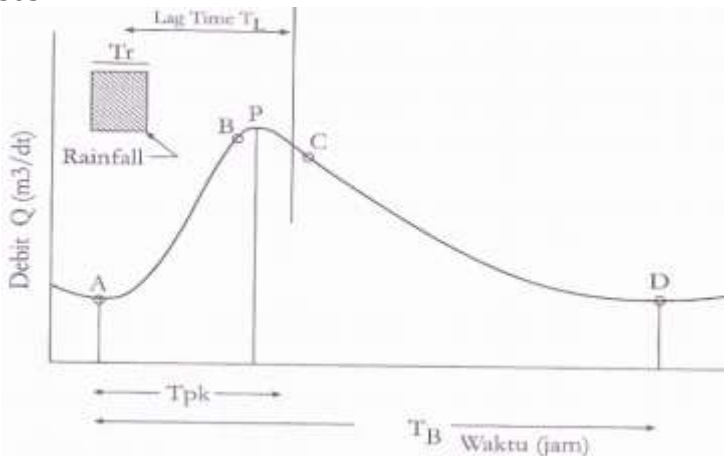
1. Kurva naik : sisi puncak (*rising limb*)
2. Puncak (*crest*)
3. Kurva turun : sisi resesi (*recession limb*)



Gambar 6.10. Komponen Hidrograf
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Berdasarkan Hadisusanto (2011), elemen-elemen hidrograf banjir terdiri dari (Gambar 6.3):

- Waktu puncak hidrograf T_{pk} (*time peak*) adalah waktu yang ditempuh mulai titik awal kenaikan hidrograf A hingga titik puncak P
- Waktu tenggang (*lag time*), TL adalah waktu mulai pusat masa hujan T_r hingga titik pusat masa hidrograf
- Waktu dasar (*time base*), T_B : interval waktu mulai titik awal kenaikan hidrograf A hingga akhir penurunan garis lengkung resesi D.



Gambar 6.11. Komponen Hidrograf Banjir
(Sumber: Hadisusanto, 2011)

1. Metode Hidrograf Satuan

Hidrograf Satuan adalah teknik hidrologi yang umum digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Sifat masukan curah hujan selalu mempengaruhi hidrograf aliran sungai. Karena sistem DAS yang ada merupakan sistem non-linier yang berubah terhadap waktu (*non-linier time-invariant*), maka hal ini akan menyederhanakan transformasi hujan menjadi limpasan, dimana DAS

diasumsikan sebagai kotak hitam (*black box*) yang diilustrasikan pada Gambar 6.4. Dengan kata lain, DAS tertentu memiliki respon yang khas terhadap asupan curah hujan (*input*) tertentu. Menurut Sherman (1932), salah satu karakteristik DAS mengungkapkan sifat respon DAS terhadap masukan hujan. Responnya diharapkan konstan untuk suatu besaran dan distribusi masukan curah hujan (*input*) tertentu. Reaksi ini dalam teori model hidrologi dikenal dengan istilah hidrograf satuan (Limantara, 2010). Hidrograf satuan ini membutuhkan data hujan dan debit aliran dalam proses pembuatannya, namun jika tidak tersedianya data-data tersebut maka dapat digunakan secara sintetis yang dikenal sebagai Hidrograf Satuan Sintetis (HSS).



Gambar 6.12. Model Kotak Hitam
(Sumber: Soemarto, 1999)

Hidrograf Satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dibentuk oleh curah hujan yang cukup yang terjadi secara seragam di seluruh DAS dengan intensitas konstan dalam satuan tertentu. Umumnya, hidrograf satuan dinyatakan untuk curah hujan 1 mm/jam untuk kemudahan penggunaan (angka ini tidak bersifat preskriptif, karena angka berapapun dapat digunakan). Pengertian ini dapat dipahami berdasarkan uraian berikut ini:

- a. Hidrograf DAS menunjukkan respons DAS terhadap curah hujan dengan besaran dan distribusi temporal tertentu.
- b. Jika diasumsikan sebuah sistem "linier", hidrograf yang dibentuk oleh hujan sebesar X mm akan sama dengan hidrograf yang dihasilkan oleh hujan sebesar 1 mm, kecuali semua ordinatnya adalah $1/X$ kali.
- c. Hidrograf yang dibentuk oleh 1 mm hujan akan sama jika hujan lain terjadi dengan besaran dan distribusi yang bervariasi. Oleh karena itu, jika beberapa hidrograf yang dihasilkan oleh 1 mm hujan diperkirakan dari banyak kasus, hasilnya akan selalu sama. Pada kenyataannya, setiap skenario banjir (hidrograf) dibentuk oleh hujan yang jatuh pada periode yang berbeda, terutama karena berbagai "kondisi kering/basah". Oleh karena itu, hidrograf 1 mm yang diperoleh dari beberapa kasus akan memiliki hasil yang bervariasi sesuai dengan kasusnya. Hidrograf yang dihasilkan oleh curah hujan 1 mm harus dirata-ratakan untuk mewakili daerah aliran sungai. Hidrograf 1 mm/jam ini (hidrograf satuan) dapat menghitung hidrograf curah hujan berapa pun. Hidrograf satuan membutuhkan data hidrograf dan curah hujan. Persamaan polinomial (hidrograf satuan teramati) merupakan metode analisis yang sistematis (Harto BR., 1998).

2. Metode Hidrograf Satuan Sintetik

Pada tahun 1932, L.K Sherman mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir

DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu (Triatmodjo, 2008).

Data yang di perlukan untuk menurunkan Hidograf satuan terukur di DAS yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik kontrol. Beberapa anggapan dalam penggunaan hidrograf satuan adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 2008):

Hujan efektif mempunyai intensitas konstan selama durasi hujan efektif. Untuk satuan memnuhi anggapan ini maka hujan deras yang dipilih untuk analisa adalah hujan dengan durasi singkat.

Hujan efektif terdistribusi secara merata pada seluruh DAS. Dengan anggapan ini maka hidrograf satuan tidak berlaku untuk DAS yang sangat luas, karena sulit untuk mendapatkan hujan merata diseluruh DAS. Penggunaan data pada DAS yang sangat luas dapat dilakukan dengan membagi DAS menjadi sejumlah sub DAS, dan pada setiap sub DAS dilakukan analisa hidograf satuan.

Untuk menentukan hidrograf banjir pada sungai-sungai yang tidak ada atau sedikit sekali dilakukan hidrograf banjirnya, maka perlu dicari karakteristiknya atau parameter daerah pengalirannya tersebut terlebih dahulu, misalnya waktu untuk mencari puncak hidrograf (*time of peak chanel*), lebar dasar, luas kemiringan, panjang alur terpanjang (*length of the longest chanel*), koefisien limpasan (*run off coefficient*) dan sebagainya. Dalam hal ini biasanya digunakan hidrograf satuan sintetik yang telah dikembangkan di negara-negara lain, dimana parameter-parameternya harus disesuaikan terlebih dahulu dengan karakteristik daerah pengaliran yang ditinjau. (Soemarto, 1999).

Ada beberapa macam hidrograf satuan sintetis yang bisa digunakan yaitu (Triatmodjo, 2008):

Metode Nakayasu

Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasar beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1986). Bentuk HSS Nakayasu dapat dilihat seperti pada Gambar 6.5. Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dan persamaan berikut ini :

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \quad (6.26)$$

$$T_p = t_g + 0,8 T_r \quad (6.27)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad (L > 15 \text{ km}) \quad (6.28)$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad (L < 15 \text{ km}) \quad (6.29)$$

$$T_{0,3p} = a t_g \quad (6.30)$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (6.31)$$

Dengan :

Q_p = debit pada jam ke t (m^3/d)

A = luas DAS (km^2)

R_e = curah hujan efektif (1mm)

T_p = Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidograf banjir (jam)

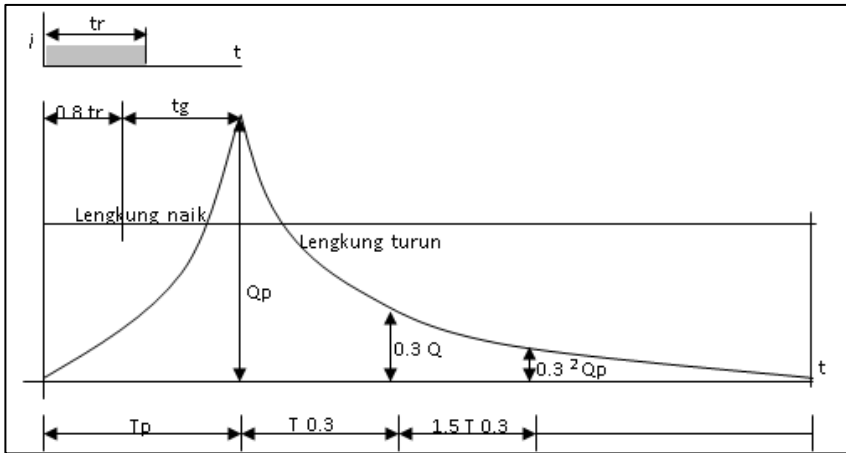
$T_{0,3}$ = Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak banjir (jam)

t_g = waktu konsentrasi (jam)

T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam)

a = koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2

L = panjang sungai utama (km)



Gambar 6.13. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut :

a. Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (6.32)$$

b. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \quad (6.33)$$

c. Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})} \quad (6.34)$$

d. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{\frac{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]}{2T_{0,3}}} \quad (6.35)$$

Dengan telah dihitungnya hidrograf satuan maka hidrograf banjir rencana untuk kala ulang tertentu dapat dihitung dengan persamaan pada Tabel 6.3 berikut ini :

Tabel 6.7. Hidrograf Banjir DAS

U	R1	R2	R3	ΣR
U1	U1.R1	-	-	U1.R1
U2	U2.R1	U1.R2	-	U2.R1 + U1.R2
U3	U3.R1	U2.R2	U1.R3	U3.R1 + U2.R2 + U1.R3
U4	U4.R1	U3.R2	U2.R3	U4.R1 + U3.R2 + U2.R3
U5	U5.R1	U4.R2	U3.R3	U5.R1 + U4.R2 + U3.R3

(Sumber: Soemarto, 1999)

Metode Snyder

Empat parameter waktu kelembatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometrik fisik dari DAS dengan hubungan berikut ini.

$$t_p = C_t(LL_c)^{0,3} \quad (6.36)$$

$$Q_p = \frac{C_p A}{t_p} \quad (6.37)$$

$$T = 3 + \frac{t_p}{8} \quad (6.38)$$

$$t_D = \frac{t_p}{5,5} \quad (6.39)$$

Apabila durasi hujan efektif t_r tidak sama dengan durasi standar t_D , maka :

$$t_{pR} = t_p + 0,25(t_r - t_D) \quad (6.40)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}} \quad (6.41)$$

Dengan :

t_D = durasi standar dari hujan efektif (jam)

t_r = durasi hujan efektif (jam)

t_p = waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf satuan (jam)

t_{pR} = waktu dari titik berat durasi hujan t_r ke puncak hidrograf satuan (jam)

T = waktu dasar hidograf satuan (hari)

Q_p = debit puncak untuk durasi t_D

Q_{pR} = debit puncak untuk durasi t_r

L = panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km)

L_C = jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

A = Luas DAS (km²)

C_t = koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7

C_p = koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

Dengan menggunakan rumus-rumus tersebut di atas dapat digambarkan hidograf satuan. Untuk memudahkan penggambaran, berikut ini diberikan beberapa rumus :

$$W_{50} = \frac{0,23A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \quad (6.42)$$

$$W_{75} = \frac{0,13A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \quad (6.43)$$

Dengan W_{50} dan W_{75} adalah lebar unit hidograf pada debit 50% dan 75 % dari debit puncak, yang dinyatakan dalam jam. Sebagai acuan, lebar W_{50} dan W_{75} dibuat dengan perbandingan 1 : 2; dengan sisi pendek di sebelah kiri dari hidograf satuan.

Metode Soil Conservation Service (SCS)

Soil Conservation Service (SCS) menggunakan hidograf tak berdimensi yang dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidograf satuan dari data lapangan dengan berbagai ukuran DAS dan lokasi berbeda.

Tabel 6.8. Hidrograf Satuan Metode SCS

t/p_r	Q/Q_p	t/p_r	Q/Q_p	t/p_r	Q/Q_p
0	0	1,0	1,0	2,4	0,18
0,1	0,015	1,1	0,98	2,6	0,13
0,2	0,075	1,2	0,92	2,8	0,098
0,3	0,16	1,3	0,84	3,0	0,075
0,4	0,28	1,4	0,75	3,5	0,036
0,5	0,43	1,5	0,66	4,0	0,018
0,6	0,60	1,6	0,56	4,5	0,009
0,7	0,77	1,8	0,42	5,0	0,004
0,8	0,89	2,0	0,32		
0,9	0,97	2,2	0,24		

(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Berdasarkan Tabel 6.4 didapat satuan untuk periode waktu berbeda, dengan nilai:

$$Q_p = \frac{0,208A}{p_r} \quad (6.44)$$

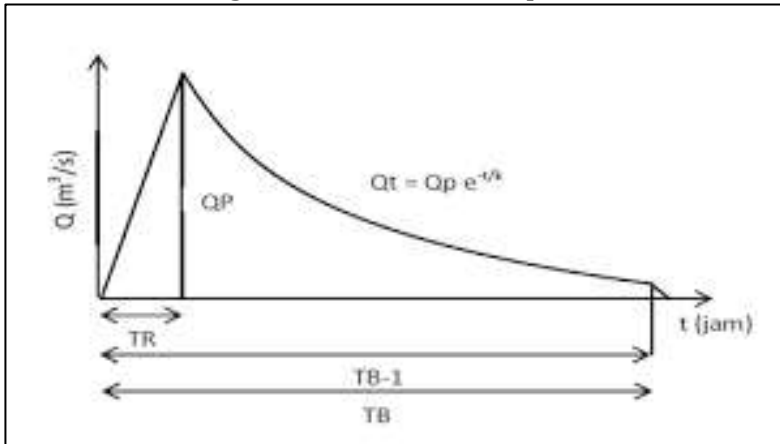
$$P_r = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (6.45)$$

Metode GAMA I

Hidrograf satuan Gama I dikembangkan oleh Dr. Sri Harto berdasarkan perilaku hidrologis 30 DAS di Pulau Jawa. Meskipun diturunkan dari data DAS di Pulau Jawa, ternyata hidrograf satuan sintesis Gama I juga berfungsi baik untuk berbagai daerah lain di Indonesia (Kristianto *et al.*, 2019).

HSS Gama I terdiri dari tiga bagian pokok yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*) dan sisi turun/resesi (*recession limb*). Gambar 9.6 menunjukkan HSS Gama I. Dalam gambar tersebut tampak ada patahan dalam sesi resesi. Hal ini disebabkan sisi resesi mengikuti persamaan eksponensial yang

tidak memungkinkan debit sama dengan nol. Meskipun pengaruhnya sangat kecil namun diperhitungkan mengingat bahwa volume hidrograf satuan harus tetap satu.



Gambar 6.14. Hidrograf Satuan Sintetis GAMA I
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

HSS Gama I terdiri dari empat variabel pokok, yaitu waktu naik (*time of rise*– TR), debit puncak (Q_p), waktu dasar (TB), dan sesi resesi yang ditentukan oleh nilai koefisien tampungan (K) yang mengikuti persamaan berikut :

$$Q_t = Q_p e^{-t/K} \quad (6.46)$$

Dengan :

Q_t = debit pada jam ke t (m^3/d)

Q_p = debit puncak (m^3/d)

t = waktu dari saat terjadinya debit puncak (jam)

K = koefisien tampungan (jam)

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam HSS Gama I adalah :

a. Waktu puncak HSS Gama I (TR)

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775 \quad (6.47)$$

b. Debit puncak banjir (QP)

$$QP = 0,1836 A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{-0,2381} \quad (6.48)$$

c. Waktu dasar (TB)

$$TB = 27,4132 TR^{0,1457} S^{-0,0986} SN^{0,7344} RUA^{0,2574} \quad (6.49)$$

d. Koefisien resesi (K)

$$K = 0,5671 K^{0,1798} S^{-0,1446} SF^{-1,0897} D^{0,0452} \quad (6.50)$$

e. Aliran dasar (QB)

$$QB = 0,4715 A^{0,6444} D^{0,9430} \quad (6.51)$$

Dengan :

A = luas DAS (km²)

L = panjang sungai utama (km)

S = kemiringan dasar sungai

SF = faktor sumber, perbandingan antara jumlah pangsa sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

SN = frekuensi sumber, perbandingan antara jumlah pangsa sungai tingkat satu dengan jumlah pangsa sungai semua tingkat

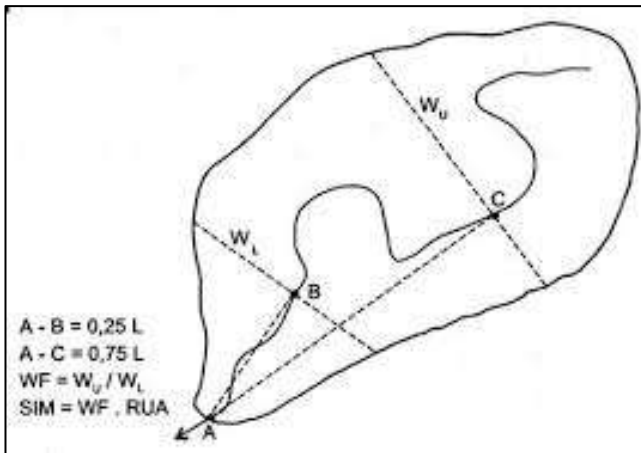
WF= faktor lebar, perbandingan antara lebar DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,75 L dengan lebar DAS yang diukur di sungai yang berjarak 0,25 L dari stasiun hidrometri seperti Gambar 6.7.

JN = jumlah pertemuan sungai

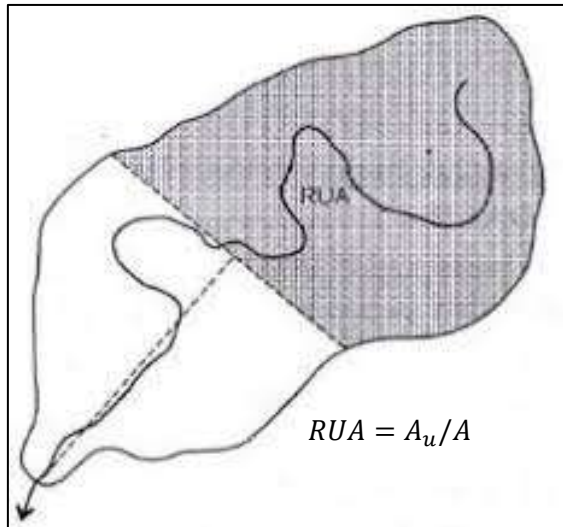
SIM= faktor simetri, hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas DAS sebelah hulu (RUA)

RUA= luas DAS sebelah hulu, perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun hidrometri dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS, melalui titik tersebut. Seperti pada Gambar 6.8 Sketsa penetapan RUA

D = kerapatan jaringan kuras, jumlah panjang sungai semua tingkat satuan luas DAS.



Gambar 6.15. Sketsa Penetapan WF
(Sumber: Triatmodjo, 2008)



Gambar 6.16. Sketsa Penetapan RUA
(Sumber: Triatmodjo, 2008)

Persamaan tambahan yang terkait dengan HSS GAMA I adalah indeks infiltrasi atau Φ indeks. Besarnya Φ indeks dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\phi = 10,4903 - 3,859^{-6}A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} \left(\frac{A}{SN} \right)^4 \quad (2.66)$$

Dengan :

ϕ index = index infiltrasi (mm/jam)

A = luas DAS (km²)

SN = frekuensi sumber

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V. Te, Maidment, D.R., Mays, L.W., 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989. *Standar Metode Perhitungan Debit Banjir (SK SNI M-18-1989-F)*.
- Girsang, F., 2009. *Analisis Curah Hujan untuk Pendugaan Debit DAS Belawan Kabupaten Deli Serdang*. Universitas Sumatera Utara.
- Hadisusanto, N., 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Jogja Mediautama, Yogyakarta.
- Harto BR., S., 1998. *Analisa Hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kamiana, I.M., 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kristianto, A.B., Norken, I.N., Dharma, I.S., Yekti, M.I., 2019. *Komparasi Model Hidrograf Satuan TERukur Dengan Hidrograf Satuan Sintetis (Studi Kasus DAS Tukad Pakerisan)*. J. Spektran 7, 21–31.
- Limantara, L.M., 2010. *Hidrologi Praktis*. Lubuk Agung, Bandung.
- Soemarto, C.D., 1999. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Nova, Bandung.
- Subarkah, I., 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Idea Dharma, Bandung.
- Suriansyah, Herawati, H., Kartini, 2021. *Kajian Metode Empiris Untuk Menghitung Debit Banjir*. JeLAST J. Elektron. Laut, Sipil, Tambang 8.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta, Yogyakarta.

Wanielista, Martin P. Kersten, R., Eaglin, R., 1996. *Hydrology: Water Quantity and Quality Control, 2nd Edition*. ed. John Wiley & Sons, Inc, Florida.

BAB 7

CARA MENGANALISA KEBUTUHAN AIR

Oleh Fathur Rahman Rustan

7.1 Umum

Air merupakan sumber energi yang sangat berharga di antara seluruh zat cair yang terdapat di muka bumi. Hingga kala ini belum terdapat zat cair yang bisa menggantikannya, air diperlukan seluruh makhluk untuk dapat bertahan hidup. Kelangkaan air di sesuatu tempat kerap kali kita dengar serta saksikan betapa memprihatinkannya akibat yang ditimbulkan dari kelangkaan air. Banyak negeri yang terus berjuang menghadapi kelangkaan air yang menimpa warga masyarakat bertahun-tahun demi mendukung kelangsungan hidup (Sukri, 2020). Kita semua sepakat bahwa air sebagai sumber kehidupan dan menjadi kebutuhan yang sangat penting, artinya tidak ada yang dapat menggantikannya. Padahal, situasi riil saat ini sudah berada pada tahap yang memprihatinkan baik secara kuantitas maupun kualitas. Jika situasi ini tidak segera diantisipasi sejak saat ini, dapat menjadi potensi konflik di masa depan.

7.2 Pengertian Kebutuhan Air

Kebutuhan air dapat didefinisikan sebagai perkiraan jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan manusia, hewan, tumbuhan, kebutuhan produksi industri dan PLTA, dan untuk pemeliharaan lingkungan, yang jumlahnya bisa dihitung berdasarkan air yang sudah ada, serta prediksi

konsumsi akan air sesuai dengan tingkat pertumbuhan pengguna air (BSN, 2015).

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar bagi kehidupan manusia dan juga untuk pertanian. Untuk kebutuhan air bersih, manusia membutuhkan air yang bersih dan aman untuk dapat dikonsumsi. Air bersih harus memenuhi standar kualitas air yang ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO). Di sisi lain, kebutuhan air untuk irigasi sangat penting dalam pertanian. Air irigasi dibutuhkan tanaman di sawah dalam proses fotosintesis, pertumbuhan dan perkembangan, serta reproduksi. Kebutuhan air irigasi bergantung pada jenis tanaman, iklim, dan jenis tanah. Penting untuk menjaga ketersediaan air dan kualitasnya untuk memenuhi kebutuhan manusia dan pertanian. Konservasi air dan praktik irigasi yang efisien dapat membantu dalam pemenuhan kebutuhan air yang berkelanjutan.

Kebutuhan air sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Air diperlukan untuk menjaga kesehatan, memasak makanan, membersihkan diri, memelihara tanaman, dan masih banyak lagi. Berikut adalah beberapa hal yang dapat memengaruhi kebutuhan air seseorang:

- a) Aktivitas fisik: Semakin banyak seseorang bergerak, semakin banyak pula kebutuhan airnya.
- b) Iklim dan cuaca: Di daerah yang panas dan lembab, kebutuhan air cenderung lebih tinggi.
- c) Usia: Anak-anak dan lansia biasanya membutuhkan lebih banyak air dari pada orang dewasa.
- d) Kesehatan: Beberapa kondisi kesehatan tertentu, seperti demam atau diare, dapat meningkatkan kebutuhan air.

7.3 Analisis Kebutuhan Air

Dalam menganalisis penggunaan air dalam kehidupan, perlu diketahui terlebih dahulu kebutuhan air yang akan digunakan. Dalam sub-bab ini, akan dibahas beberapa cara yang biasa digunakan dalam menganalisis kebutuhan air.

7.3.1 Kebutuhan Air Peruntukan Irigasi (KAI)

Kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan Pedoman Perencanaan Irigasi KP-01 (Anonim, 2013). Berbagai kondisi lapangan yang terkait dengan kebutuhan air pertanian bervariasi dari waktu ke waktu dan ruang, seperti dinyatakan dalam faktor berikut ini : [1] Jenis dan varietas tanaman yang ditanam petani, [2] Perubahan koefisien tanaman, tergantung pada jenis dan tahap pertumbuhan tanaman, [3] Awal mulai menyiapkan area untuk pengolahan lahan, [4] Rencana tanam yang digunakan petani, termasuk pasokan air terkait dengan persiapan lahan, pembibitan dan pemupukan, [5] status sistem irigasi dan efisiensi irigasi, [6] jenis tanah dan faktor iklim pertanian.

Jumlah total air irigasi yang dibutuhkan dihitung menurut persamaan berikut:

$$KAI = \frac{(ET_c + IR + WLR + P - R_{eff})}{EI} \times A \quad \dots (7.1)$$

dimana : KAI = Jumlah total air irigasi (m³);

ET_c = Konsumsi air irigasi (mm/hr);

IR = Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm/hr);

WLR = Kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm/hr);

P = Perkolasi (mm/hr);

R_{eff} = Hujan efektif (mm/hr);

EI = Efisiensi irigasi (%);

A = Luas daerah irigasi (m²).

- a. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (IR), berfungsi untuk menentukan kebutuhan maksimum air irigasi yang

diperlukan. Faktor penting dalam menentukan jumlah air untuk penyiapan areal tanam adalah :

- 1) Waktu yang diperlukan dalam penyiapan areal tanam;
- 2) Jumlah air yang dibutuhkan.

Kebutuhan air untuk persiapan lokasi didasarkan pada laju air konstan (ltr/dtk), dihitung dari metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (Anonim, 2013).

$$IR = M \left[\frac{e^k}{e^k - 1} \right] \quad \dots (7.2)$$

dimana : IR = Kebutuhan air irigasi di sawah (mm/hr);

M = Kebutuhan air untuk kehilangan air akibat penguapan dan perkolasi pada lahan sawah jenuh air, nilai $M = E_o + P$ (mm/hr);

E_o = Evaporasi, gunakan $E_o = 1,1 \times ET_o$ untuk persiapan tanah (mm/hr);

P = Perkolasi (mm/hr);

T = Periode penyiapan air (hari) dan $k = M \times (T/S)$;

S = Air yang dibutuhkan untuk saturasi ditambah 50 lapisan air, jadi 200 mm + 50 mm = 250 mm.

- b. Konsumsi air (ET_c), Penggunaan air di sawah oleh tanaman selama proses fotosintesis didefinisikan sebagai kebutuhan air termasuk faktor koefisien tanaman (K_c).

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad \dots (7.3)$$

dimana : ET_c = Konsumsi air (mm/hr);

ET_o = Evapotranspirasi tanaman (mm/hr);

K_c = Koefisien tanaman.

Besar ET_0 dapat dihitung dengan metode Modifikasi Penman dan nilai K_c sesuai standar ketentuan *Food and Agriculture Organization* (FAO).

Tabel 7.1. Koefisien tanaman Padi (K_c)

Bulan	FAO	
	Jenis Biasa	Jenis Unggul
0,5 Bulan	1,1	1,1
1 Bulan	1,1	1,1
1,5 Bulan	1,1	1,05
2 Bulan	1,1	1,05
2,5 Bulan	1,1	0,95
3 Bulan	1,05	0
3,5 Bulan	0,95	
4 Bulan	0	

Sumber : Anonim (2013)

- c. Keperluan air untuk mengganti lapisan air (WLR), dilakukan dua kali, pada satu dan dua bulan pasca transplantasi, dengan ketebalan masing – masing 50 mm (atau 3,3 mm/hr selama $\frac{1}{2}$ bulan).
- d. Perkolasi (P), sangat bergantung pada sifat-sifat tanah yang dipengaruhi oleh karakteristik geomorfologis dan pola penggunaan lahan.

Tabel 7.2. Laju perkolasi

Jenis Tanah	Perkolasi (mm)
Lanau Berpasir	3 – 6
Lanau	2 – 3
Lempung	1 - 2

Sumber : Soemarto (1987)

- e. Hujan efektif (R_{eff}), ditentukan berdasarkan curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahunan (R_{80}) dan dihitung berdasarkan jenis tanaman yang akan ditanam. Perhitungan R_{eff} dapat diselesaikan dengan persamaan 12.4 dan 12.5.

$$R_{\text{eff}} = 0,7 \times \frac{1}{15} (R_{80}) \Rightarrow \text{Padi} \quad \dots (7.4)$$

$$R_{\text{eff}} = 0,5 \times \frac{1}{15} (R_{80}) \Rightarrow \text{Palawija} \quad \dots (7.5)$$

dimana : R_{eff} = Curah hujan efektif (mm/hr);

R_{80} = Curah hujan kemungkinan tidak terpenuhi sebesar 20% (mm).

Nilai R_{80} diperoleh dengan mengurutkan data menggunakan persamaan Harza (Triatmodjo, 2008):

$$m = \frac{n}{5} + 1 \quad \dots (7.6)$$

dengan : m = Rangkang urutan data dari yang terkecil;

n = Jumlah tahun pengamatan.

- f. Efisiensi irigasi (EI) merupakan indikator utama kinerja sistem jaringan irigasi. Efisiensi irigasi didasarkan pada asumsi sebagian air yang diambil akan hilang di saluran dan sawah. Menurut Sukri (2022) dalam perencanaan irigasi, kehilangan air dapat berupa penguapan sepanjang aliran, rembesan yang terjadi pada dinding saluran, dan pengambilan air secara liar. Persamaan 7.7 merupakan persamaan untuk menghitung nilai efisiensi irigasi.

$$EI = \frac{(Q_{\text{Br}} - Q_{\text{Hl}})}{Q_{\text{Br}}} \times 100\% \quad \dots (7.7)$$

dimana : EI = Efisiensi Irigasi;

Q_{Br} = Debit yang diberikan (m^3/dt);

Q_{Hl} = Debit kehilangan (m^3/dt).

- g. Luas areal irigasi (A), proyeksi luas daerah irigasi dapat diperkirakan dengan mempertimbangkan potensi daerah irigasi yang akan dikembangkan, ketersediaan air, dan pertambahan jumlah penduduk. Data ini diperoleh dari Dinas terkait berupa peta dan luas daerah irigasi.

7.3.2 Kebutuhan Air Domestik dan Non-Domestik

Kebutuhan air domestik dan non-domestik dihitung dengan menggunakan data demografis kependudukan, kemudian dibandingkan dengan kebutuhan air bersih yang dihitung dengan data air baku PDAM yang relevan.

a. Kebutuhan air domestik (rumah tangga)

Kebutuhan air bersih domestik adalah air yang dibutuhkan oleh rumah tangga yang diperoleh secara individu dari sumber air produksi masing-masing rumah tangga contoh sumur dangkal, jaringan pipa atau hidran umum atau dapat diperoleh dari layanan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) PDAM. Sumber air baku yang digunakan oleh PDAM meliputi air tanah, air permukaan atau kombinasi keduanya. Konsumsi air dipengaruhi oleh:

- 1) Jenis sumber air (sambungan ke rumah atau hidran umum);
- 2) Jenis penggunaan (MCK, dll.);
- 3) Peralatan tiap rumah tangga;
- 4) Pemakaian air di luar rumah (menyiram tanaman, mencuci mobil, dll.);
- 5) Tingkat pendapatan.

Kebutuhan air bersih rumah tangga, dinyatakan dalam satuan ltr/kapita/hr, tergantung klasifikasi kota menurut jumlah penduduk, yaitu :

Tabel 7.3. Kebutuhan air domestik menurut klasifikasi kota

Klasifikasi Kota	Kebutuhan Air Bersih (Ltr/Org/Hr)
Metropolitan (> 1.000.000 org)	150 – 200
Kota Besar (500.000 – 1.000.000 org)	120 – 150
Kota Sedang (100.000 – 500.000 org)	100 – 125
Kota Kecil (20.000 – 100.000 org)	90 – 110
Ibukota Kecamatan/Desa (3.000 – 20.000 org)	60 – 90

Sumber: BSN (2015)

b. Kebutuhan air non-domestik (komersial dan sosial)

Permintaan air perkotaan, yaitu untuk penggunaan komersial dan sosial seperti toko, sekolah, rumah sakit, hotel, dll. diasumsikan mewakili antara 15% s.d. 30% dari total konsumsi air domestik. Semakin padat penduduk suatu wilayah, semakin besar kemungkinan memiliki area komersial dan sosial, sehingga kebutuhan air akan lebih tinggi.

c. Permintaan air industri

Biasanya permintaan air industri relatif konstan dari waktu ke waktu. Dengan meningkatnya industri, kebutuhan air air industri juga ikut meningkat. Survei permintaan air industri diperlukan dalam penentuan konsumsi air rata-rata untuk jenis industri tertentu. Indeks ini kemudian dikorelasikan dengan ukuran industri, misalnya jumlah produk yang diproduksi, atau jumlah tenaga kerja. Perhitungan konsumsi air industri dapat dihitung berdasarkan jumlah karyawan, luas penggunaan air industri, dan tipe/jenis industri.

Tabel 7.4. Kebutuhan Pokok Air Minimal Sesuai Fungsi Bangunan

Peruntukan Gedung	Penggunaan Air	Satuan
Rumah tinggal	120	Ltr/penghuni/hr
Rumah susun	100 ¹⁾	Ltr/penghuni/hr
Asrama	120	Ltr/penghuni/hr
Rumah sakit	500 ²⁾	Ltr/tempat tidur pasien/hr
Sekolah dasar	40	Ltr/siswa/hr
SLTP	50	Ltr/siswa/hr
SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Ltr/siswa/hr
Ruko/Rukan	100	Ltr/penghuni dan pegawai/hr
Kantor / Pabrik	50	Ltr/pegawai/hr
Toserba, toko pengecer	5	Ltr/m ²
Restoran	15	Ltr/kursi
Hotel berbintang	250	Ltr/tempat tidur/hr
Hotel melati/penginapan	150	Ltr/tempat tidur/hr
Gd. Pertunjukan, Bioskop	10	Ltr/kursi
Gd. Serbaguna	25	Ltr/kursi
Stasiun, terminal	3	Ltr/penumpang tiba dan pergi
Peribadatan	5	Ltr/orang, (belum dengan air wudhu)

Sumber :¹⁾ Hasil pengkajian Puslitbang Permukiman Dep. Kimpraswil tahun 2020

²⁾ Permen Kesehatan RI No. 986/Menkes/Per/XI/1992

³⁾ SNI 03-7065-2005 Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing

⁴⁾ BSN (2005)

7.3.3 Kebutuhan Air Untuk Peternakan

Perhitungan kebutuhan air rata-rata hewan ternak bergantung pada populasi dan jenis ternak. Secara umum kebutuhan air ternak dapat diperkirakan dengan mengalikan jumlah hewan ternak dengan kebutuhan air menurut persamaan 7.8 berikut ini:

$$Q_E = (q_{(1)} \times P_{(1)} + + q_{(n)} \times P_{(n)}) \quad \dots\dots (7.8)$$

- dimana : Q_E = Kebutuhan air untuk ternak (l/hr);
 $q_{(1)}$ = Kebutuhan air untuk sapi, kerbau, dan kuda (ltr/ekor/hr);
 $q_{(n)}$ = Kebutuhan air sesuai jenis lainnya (ltr/ekor/hr);
 $P_{(1)}$ = Jumlah sapi, kerbau, dan kuda (ekor);
 $P_{(n)}$ = Jumlah ternak sesuai jenis lainnya (ekor).

Besar kebutuhan air untuk ternak sesuai jenis lainnya dapat dilihat pada Tabel 7.5.

Tabel 7.5 .Kebutuhan air untuk ternak

Jenis Hewan Ternak	Kebutuhan Air (Ltr/Ekor/Hr)
Kuda/Kerbau/Sapi	40,0
Domba/Kambing	5,0
Babi	6,0
Unggas (Ayam, dll.)	0,6

Sumber : BSN (2015)

7.3.4 Kebutuhan Air Untuk Peternakan

Kebutuhan air perikanan diperkirakan berdasarkan ukuran, tipe, dan kedalaman air kolam yang dibutuhkan meliputi kebutuhan pengisian dan penggantian air kolam. Kebutuhan air untuk perikanan selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7.9 sebagai berikut :

$$Q_{fp} = \frac{q_{(fp)}}{1.000} \times A_{(fp)} \times 10.000 \quad \dots\dots (7.9)$$

dimana : Q_{fp} = Kebutuhan air untuk perikanan (m^3/hr);

$q_{(fp)}$ = Kebutuhan air untuk pembilasan (litr/hr/Ha);

$A_{(fp)}$ = Luas kolam ikan (Ha).

7.3.5 Kebutuhan Air untuk Pemeliharaan Sungai

Perlindungan sungai untuk pemeliharaan sungai dilakukan dengan mengontrol ketersediaan debit andalan sebesar 95%, dimana aliran air selalu tersedia dalam 95% waktu pengamatan, atau paling banyak hanya probabilitas 5% tidak tercapainya. Jika Q_{andalan} 95% tidak terpenuhi, maka pengelola SDA harus mengontrolkan penggunaan air di hulu sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. *Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Anonim. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa.
- BSN. 2002. *SNI 19-6728.1-2002 Penyusunan Neraca Sumber Daya – Bagian 1 : Sumber Daya Air Spasial*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 2015. *SNI 6728.1:2015 Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam – Bagian 1 : Sumber Daya Air*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dirjen SDA. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi "Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi (KP-01)"*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Salmani. 2018. *Rekayasa dan Penyediaan Air Bersih*. Yogyakarta: Deepublish
- S. K., Sidharta, dkk. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Jakarta: Penerbit Gunadarma.
- Soemarto, C. D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Sukri, A. S. 2022. *Aplikasi Perencanaan Irigasi & Bangunan Air*. Grobogan: Sarnu Untung.
- Sukri, A. S., dkk. 2020. Optimization of Wawotobi Irrigation Network System Performance. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 15 (3), 259-267.
https://www.ripublication.com/ijaer20/ijaerv15n3_10.pdf.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

BAB 8

CARA MENGANALISIS SISTEM DRAINASE WILAYAH

Oleh Fatmawaty Rachim

8.1 Latar Belakang

Suatu usaha untuk mengatur aliran air, air permukaan, dan air tanah (*ground water*) pada suatu wilayah atau wilayah adalah sistem drainase. Kawasan pemukiman sangat bergantung pada sistem drainase. Setelah kawasan pemukiman tertata dengan baik, perlu dibangun sistem drainase untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari kawasan atau lahan tersebut. Hal ini akan mencegah terjadinya genangan air yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat bahkan mengakibatkan kerugian sosial ekonomi, terutama yang berkaitan dengan kesehatan lingkungan pemukiman. Rendahnya kesadaran penduduk akan kebersihan ditunjukkan dengan banyaknya sampah yang dibuang ke saluran pembuangan sampah di selokan mengurangi efisiensi saluran. Bahkan di beberapa tempat saluran-saluran diputus karena di timbun oleh masyarakat. Masalah-masalah ini adalah alasan bahwa sistem pembuangan limbah saat ini tidak bekerja secara optimal. Untuk mengatasi permasalahan yang ada, hal ini dapat dilakukan dengan menganalisis saluran drainase yang ada dari daerah tergenang, pola aliran, ukuran saluran, ketebalan sedimen, penampang saluran, dll. berkaitan dengan efisiensi saluran dan kebutuhan drainase.

Untuk menampung perumahan, kawasan industri/jasa, fasilitas pendukung, dan pertumbuhan penduduk yang cepat,

lahan kosong dan/atau lahan basah diubah menjadi kawasan pemukiman. Pesatnya pertumbuhan kawasan pemukiman seringkali tidak terkendali dan tidak lagi sejalan dengan pembangunan berkelanjutan dan tata ruang. Akibatnya, banyak dataran rendah yang dulunya tambak dan bantaran sungai yang lambat berubah menjadi kawasan pemukiman. Faktor-faktor tersebut di atas mempengaruhi rendahnya kapasitas drainase serta kapasitas prasarana pengendali banjir (sungai, waduk, pompa banjir, pintu pengendali) untuk mengalirkan air ke laut untuk pembuangan akhir. Perbaikan manajemen diperlukan untuk masalah-masalah tersebut di atas, termasuk persiapan studi kelayakan dan desain teknik rinci untuk sistem drainase yang berkelanjutan. Itu sebabnya itu perlu pedoman perencanaan sistem drainase yang ramah lingkungan.

8.2 Drainase Pengatusan

Konsep drainase yang selama ini digunakan di Indonesia (model lama) adalah sistem drainase yang mengarahkan kelebihan air (terutama air hujan) ke badan air terdekat. Kelebihan air langsung dialirkan ke saluran drainase, kemudian dialirkan ke sungai dan akhirnya ke laut, tanpa menyebabkan banjir atau genangan air. Konsep penataan ini masih digunakan di masyarakat sampai sekarang. Tujuan dari setiap proyek drainase adalah untuk membuat parit drainase dari dataran banjir dengan kemiringan yang cukup ke arah sungai sehingga genangan air dapat dialirkan secepat mungkin. Jenis drainase ini merupakan drainase yang muncul sebelum berkembangnya cara berpikir holistik, dimana persoalan kekeringan, banjir, dan kerusakan lingkungan masih dipandang sebagai persoalan lokal dan sektoral, juga dapat diselesaikan secara lokal dan sektor demi sektor tanpa memperhatikan keadaan sumber daya air dan lingkungan dari hulu hingga hilir secara komprehensif.

8.3 Drainase Ramah Lingkungan

Dengan berkembangnya pemikiran holistik dan Dalam jiwa mengharapkan perubahan lingkungan saat ini, penting untuk mengubah gagasan menipis menjadi hijau atau eko-limbah (pandangan dunia lain). Upaya pengelolaan kelebihan air (air hujan) dengan berbagai cara inilah yang dimaksud dengan istilah “drainase ramah lingkungan”. cara, termasuk mengumpulkannya melalui tadah dapat segera digunakan, cocok dengan reservoir buatan manusia atau badan air alami, menyerap dan membuang ke sungai terdekat tanpa menaikkan aliran yang terpengaruh, dan selalu menjaga agar sistem berjalan efisien. Manfaat berikut diperoleh ketika drainase ramah lingkungan diterapkan:

- a. Kelebihan air hujan tidak cepat dialihkan ke sungai terdekat. Namun, air hujan ini dapat disimpan dengan berbagai cara di berbagai tempat di kawasan ini untuk digunakan langsung atau didaur ulang di musim berikutnya.
- b. Dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas ekosistem dan lingkungan, serta untuk mengurangi banjir dan genangan yang ada, serta untuk merembes dan menahan air tanah. Drainase yang memperhatikan lingkungan dapat mengurangi kemungkinan banjir di lokasi ini, kekeringan di hilir dan di hulu.

Itu karena sebagian besar kelebihan air hujan tertampung atau terserap baik di hulu, tengah, maupun hilir. Dengan nada yang sama, tanah longsor lebih jarang terjadi di bagian hulu karena kurangnya fluktuasi ekstrim dalam kelembaban tanah dan fakta bahwa perubahan iklim lebih jarang terjadi di daerah tengah dan hulu daripada di beberapa daerah hilir. Hal ini dapat mengurangi variasi iklim mikro dan makro daerah tersebut.

8.4 Drainase Ramah Lingkungan dan Perubahan Iklim

Gagasan rembesan ramah lingkungan adalah gagasan masa depan yang tak tergantikan yang terkait erat dengan perubahan lingkungan. Naiknya permukaan laut, naiknya suhu udara, durasi curah hujan dan pergeseran intensitas, pergeseran arah angin, dan pergeseran kelembaban adalah tanda-tanda perubahan iklim. Pengembangan drainase ramah lingkungan memungkinkan untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim. kekeringan di hulu dan tengah, peningkatan banjir di hilir, penurunan muka air tanah, dan efek samping lainnya yang pada akhirnya akan memperburuk pemanasan global.

Oleh karena itu perlu adanya advokasi drainase yang ramah lingkungan, khususnya drainase yang mengelola kelebihan air (air hujan) dengan cara mengakumulasinya untuk digunakan sebagai sumber air bersih, menjaga kelembaban tanah, dan meningkatkan kualitas ekologis dengan menyerapnya ke dalam tanah, sehingga meningkatkan cadangan air tanah yang disalurkan atau dialihkan untuk menghindari banjir dan tetap efisien dan berkelanjutan. Paradigma lama drainase konvensional adalah upaya mengalirkan kelebihan air ke sungai terdekat atau membuangnya secepat mungkin. Setiap air hujan yang jatuh di daerah tersebut harus segera dibuang ke sungai dan kemudian laut di bawah sistem drainase konvensional. Kekeringan, banjir, dan tanah longsor adalah hasil umum dari gagasan ini. Kerusakan ekosistem, perubahan iklim mikro dan makro, serta longsor di berbagai lokasi merupakan dampak lanjutan yang diakibatkan oleh variasi kandungan air tanah yang sangat tinggi antara musim kemarau dan musim hujan. Implementasi pemahaman baru tentang konsep ekohidrolik dalam bidang drainase adalah konsep drainase baru (paradigma baru), disebut juga drainase ramah lingkungan, eco-

drainage, atau drainase berwawasan lingkungan. Saat ini menjadi konsep utama di seluruh dunia.

Upaya pengelolaan kelebihan air baik dengan mengalirkan air ke sungai tanpa melebihi kapasitas sungai sebelumnya maupun dengan menyerap air sebanyak-banyaknya ke dalam tanah disebut dengan drainase ramah lingkungan. Agar air yang berlebih tidak cepat masuk ke sungai untuk drainase yang ramah lingkungan, maka kelebihan air harus dikelola pada musim hujan. Padahal, tujuannya untuk menembus kotoran agar kandungan air tanah bisa meningkat untuk menahan musim kemarau. Di iklim tropis dengan musim hujan dan kemarau yang sangat jelas, seperti Indonesia, ide ini sangat penting. Metode kolam konservasi, metode sumur resapan, metode polder tepi sungai, dan metode pengembangan kawasan perlindungan air tanah merupakan pilihan drainase yang ramah lingkungan di Indonesia. Gambarnya adalah sebagai berikut:

- a. Metode kolam konservasi. Hal ini dilakukan dengan membangun bak-bak air baik di kota-kota, permukiman, di pertanian maupun di perkebunan. Kolam penampungan ini dibuat untuk menampung air hujan diserap terlebih dahulu dan sisanya dibiarkan mengalir perlahan ke sungai. Kolam penampungan dapat dibuat menggunakan area formasi permukaan rendah, area bekas lubang pasir atau bahan galian lainnya, atau pekerjaan tambahan dengan menggali area atau bagian tertentu. Kolam resapan adalah kolam yang menyerap air hujan ke dalam tanah dan memiliki fungsi yang sama dengan sumur pembuangan.

Syarat kolam resapan adalah sebagai berikut:

- 1) Kolam resapan harus dibangun di lokasi terendah di antara area layanan dan di area dengan tabel air tanah dangkal (5 m)
- 2) Kolam resapan air hujan harus dibangun di area yang cukup luas

- 3) Kolam resapan harus dirancang untuk melayani beberapa rumah, seperti per blok, per RT, atau area yang lebih luas
- 4) Pembuatan sumur resapan dapat dipadukan dengan pertamanan dan hutan kota.



Gambar 8.3. Memperlihatkan Salah Satu Kolam Sumur Resapan.

- b. Metode sumur resapan adalah cara cepat dan mudah membuat sumur untuk mengalirkan air hujan dari atap atau area tertentu. Kawasan olahraga dan pariwisata juga dapat memanfaatkan pembangunan sumur resapan tersebut. Kondisi tanah setempat dipertimbangkan saat merancang dan mengebor sumur rembesan. Perlu diketahui bahwa sumur rembesan ini hanya diperuntukkan bagi air hujan, sehingga masyarakat harus secara khusus sepakat untuk tidak memasukkan air limbah domestik ke

- sana. Spesifikasi standar SK SNI S-14-1990-F sumur resapan air hujan untuk lokasi konstruksi memuat spesifikasi standar pembangunan sumur resapan air hujan. Sumur air hujan, menurut SNI, adalah bangunan yang menampung air hujan dan meresapkannya ke dalam tanah.
- c. Syarat teknis sumur resapan air hujan, menurut SNI adalah sebagai berikut:
- 1) Dimensi sumur resapan:
 - 2) Sumur penampung air berbentuk persegi panjang atau bundar; 0,80 m adalah ukuran minimum penampang atau diameter; Diameter maksimum atau luas penampang adalah 1,40 meter; Diameter 110 mm untuk pipa saluran masuk; Diameter 110 mm untuk pipa luapan; Material bangunan yang digunakan pada sumur resapan air hujan adalah: batu bata, batu kali, kerikil atau pecahan, semen, dan pasir
 - 3) Berbagai jenis konstruksi sumur resapan, seperti: sumur persegi panjang dan sumur bulat.
- Syarat umum sumur resapan antara lain:
- 1) Sumur resapan air hujan ditempatkan di tanah yang relatif datar;
 - 2) Air hujan yang masuk ke sumur hisap tidak tercemar air hujan;
 - 3) Saat merancang sumur resapan air hujan, keamanan bangunan harus diperhatikan;
 - 4) Peraturan daerah harus di ikuti



Gambar 8.4. Memperlihatkan salah satu tipe sumur resapan

- d. Metode river side polder adalah suatu cara pengendalian aliran air dengan cara mengendalikan/menahan kelebihan air (hujan) di tepian sungai. Polder riparian dibuat dengan melebarkan tepi sungai secara selektif di berbagai tempat di sepanjang sungai. Lokasi polder harus dicari, polder yang dikembangkan sedekat mungkin dengan alam dalam artian bukan polder dengan teknik hydraulic gate dan hydraulic ring dam yang mahal. Ketika permukaan air naik (air tinggi), bagian dari air mengalir ke polder dan keluar saat air surut untuk mengurangi banjir yang terjadi di hilir dan menjaga konservasi air.

8.5 Fungsi Drainase

Tujuan utama dari drainase adalah untuk memastikan bahwa fasilitas, khususnya jalan, tetap kering dan tidak dapat diakses oleh air sehingga dapat digunakan dengan aman dan nyaman setiap hari. Jika ingin informasi lebih lanjut, berikut beberapa fungsi drainase:

1. Membuang air hujan yang tergenang di tempat umum.
2. Membuang air limbah seperti limbah domestik atau industri.
3. Mencegah risiko banjir.
4. Mendukung sanitasi wilayah dan mengurangi risiko penyakit seperti demam berdarah.
5. Mempertahankan keberlangsungan dan melindungi infrastruktur yang ada.

8.6 5 Jenis Drainase

Drainase dapat dikategorikan ke dalam berbagai perspektif dan aspek. Berikut jenis drainase yang tertera di website dpu.kulonprogokab.go.id.

1. Berdasarkan sejarah pembuatannya
Berdasarkan sejarah pembentukan, drainase dibagi menjadi 2 yaitu drainase alami dan buatan
 - a. Drainase alami
Sistem drainase yang berkembang secara alami tanpa campur tangan manusia atau penggunaan struktur pendukung seperti gorong-gorong, batu, atau beton disebut sebagai drainase alami. Pergerakan air dipengaruhi oleh gravitasi bumi, yang menghasilkan drainase alami ini, yang menyebabkan terbentuknya jalur air permanen seiring berjalannya waktu.
 - b. Drainase buatan
Drainase buatan merujuk pada sistem drainase yang dirancang dan dibangun secara sengaja oleh manusia.

Drainase buatan memerlukan dukungan dari berbagai sarana seperti pipa, batu, beton, dan sejenisnya.

2. Berdasarkan Konstruksi

Drainase saluran terbuka dan drainase saluran tertutup adalah dua jenis drainase yang ditentukan oleh konstruksi.

a. Drainase saluran terbuka

Sistem drainase dengan atap terbuka yang biasanya digunakan untuk mengalirkan air tanpa menghasilkan limbah berbahaya, seperti air hujan, disebut sebagai drainase terbuka. Di daerah yang luas, jenis drainase ini sering ditemukan.

b. Drainase saluran tertutup

Sistem drainase yang lebih lazim di jalan raya dan kawasan pemukiman lainnya disebut sebagai "drainase saluran tertutup". Kegunaan saluran yang bagian atasnya tertutup dan digunakan untuk mengalirkan air limbah ini bersifat spesifik.

3. Berdasarkan bentuk jaringan

Jaringan drainase dibagi menjadi enam kategori berdasarkan bentuknya: drainase siku, paralel, lapangan hijau, natural, radial, dan neto.

a. Drainase siku

Sistem drainase berbentuk siku adalah jenis drainase yang biasanya dibangun di wilayah dengan permukaan yang lebih tinggi dari sungai yang ada. Drainase ini digunakan untuk membuang air ke sungai sebagai tempat akhir pembuangan. Sistem ini terdiri dari saluran cabang dan saluran utama yang membentuk sudut siku.

b. Drainase alamiah

Sistem drainase alami memiliki bentuk yang mirip dengan drainase berbentuk siku, tetapi saluran cabang dan saluran utama berbentuk seperti panah bukan sudut siku-

siku. Beban saluran air pada jenis rembesan ini umumnya lebih besar.

c. Drainase paralel

Sistem Saluran air utama yang sejajar dengan saluran cabang lainnya disebut saluran air paralel. Nomor saluran cabang ini disesuaikan dengan kondisi topografi wilayah dan dapat cukup banyak.

d. Drainase jaring-jaring

Sistem drainase jaring-jaring dibentuk mengikuti arah jalan raya dan banyak digunakan pada wilayah dengan topografi yang relatif datar.

e. Drainase radial

Drainase radial biasanya diterapkan pada daerah perbukitan, dimana saluran cabangnya menyebar ke berbagai arah.

f. Drainase Gridiron

Sistem drainase gridiron memiliki saluran utama yang terletak di sisi paling ujung dan saluran cabangnya tidak membentuk lingkaran seperti sistem drainase paralel. Drainase gridiron umumnya digunakan di daerah-daerah pinggiran sungai.

4. Berdasarkan letak saluran

Saluran drainase dibagi menjadi dua kategori berdasarkan letaknya: drainase permukaan dan drainase bawah tanah.

a. Drainase permukaan

Drainase permukaan, seperti Ini mengalirkan air yang tergenang dari permukaan jalan, seperti namanya, di atas permukaan tanah.

b. Drainase bawah tanah

Limbah bawah tanah berada di bawah lapisan luar tanah dan bekerja untuk menguras air basi pada tingkat yang dangkal. Karena saluran air harus diletakkan di bawah

tanah, membangun saluran air bawah tanah lebih sulit daripada membangun saluran permukaan.

5. Berdasarkan fungsi

Drainase dapat dibagi menjadi dua kategori berdasarkan tujuannya: drainase tunggal dan drainase ganda.

a. Drainase fungsi tunggal

Saluran Tujuan drainase dengan fungsi tunggal (single purpose) adalah membuang hanya satu jenis air limbah. Misalnya, saluran rembesan untuk menguras air tidak boleh dicampur dengan air limbah lainnya.

b. Drainase fungsi beragam

Drainase multi fungsi dibuat untuk mengalirkan berbagai jenis air limbah sekaligus atau dengan cara yang berbeda.

8.7 Permasalahan yang kerap terjadi pada sistem drainase

Membuat sistem drainase bertujuan baik, tetapi seiring waktu berjalan, sistem tersebut masih menimbulkan beberapa masalah terkait. Oleh karena itu, tidak sepenuhnya benar bahwa sistem drainase selalu berfungsi dengan baik.

Adapun permasalahan yang terjadi pada sistem drainase:

1. Adanya peningkatan populasi penduduk

Tidak dapat disangka bahwa laju pertumbuhan penduduk sangat cepat. Dampak dari peningkatan jumlah penduduk yang cepat adalah pertumbuhan pembangunan dan limbah yang semakin meningkat. Namun, jika tidak diimbangi dengan peningkatan jumlah sistem drainase, maka masalah kenyamanan dan polusi lingkungan akan tetap terjadi.

2. Proses pengolahan sampah yang tidak diperhatikan

Masalah lain yang sering ditemukan pada saluran drainase adalah kurangnya perhatian terhadap pengolahan sampah. Seiring pertumbuhan populasi yang terus meningkat, jumlah

pembuangan sampah juga semakin besar. Jika sampah tidak diolah dengan baik, maka saluran drainase bisa terdampak dan mengalami pendangkalan. Selain itu, saluran tersebut juga bisa menjadi semakin sempit karena dibuat oleh manusia atau secara alami. Dampak dari pendangkalan dan penyempitan saluran drainase adalah meningkatnya kemungkinan genangan air selama musim hujan dan bahkan bisa menyebabkan bencana alam seperti banjir.

3. Tanah ambles

Masalah yang sering terjadi selanjutnya adalah penurunan tanah atau kondisi ambles. Hal ini dapat terjadi akibat eksploitasi air tanah yang berlebihan.

4. Kurangnya koordinasi dan sinkronisasi dan infrastruktur yang ada

Kurangnya informasi dan koordinasi sering kali menyebabkan masalah terkait dengan saluran drainase. Contohnya, beberapa masalah yang sering ditemukan adalah pemotongan atau penggalian saluran drainase untuk pemasangan pipa baru yang mengganggu aliran air. Oleh karena itu, saat membangun saluran drainase untuk mengalirkan air kotor atau air bersih, diperlukan koordinasi yang baik untuk menghindari kerusakan pada saluran yang telah dibangun sebelumnya.

5. Minimnya kesadaran masyarakat

Kurangnya kesadaran masyarakat dapat berdampak besar pada rusaknya atau terjadinya masalah pada saluran drainase. Salah satu contohnya adalah kurangnya perhatian pada pengolahan limbah rumah tangga. Masalah ini masih sering terjadi dan mudah ditemukan.

8.8 Tips menangani permasalahan pada saluran drainase

Sebelumnya telah diungkapkan beberapa masalah yang umum terjadi pada saluran drainase. Tentu saja, masalah-masalah tersebut tidak boleh dibiarkan begitu saja. Tindakan lebih lanjut diperlukan untuk meminimalkan dan membantu menyelesaikan masalah yang telah muncul.

Adapun tips menangani permasalahan pada saluran drainase:

1. Untuk meningkatkan kesadaran masyarakat, dapat dilakukan edukasi tentang pentingnya mengelola sampah, termasuk limbah rumah tangga, serta menjelaskan bahwa saluran drainase dan sungai bukanlah tempat pembuangan sampah.
2. Pemerintah setempat dapat memberikan sanksi tegas terhadap pelaku pembuangan sampah sembarangan.
3. Salah satu solusi adalah membangun bak kontrol dan penyaringan sampah di saluran drainase untuk memperlancar aliran air dan mengurangi penumpukan sampah.
4. Konservasi alam perlu terus ditingkatkan untuk memperbaiki kondisi lingkungan.
5. Diperlukan fasilitas pengaturan limpasan air hujan, seperti penggunaan sistem pengumpulan air hujan dan fasilitas resapan air hujan.

8.9 Alat berat untuk membuat saluran drainase

Membuat sistem drainase di rumah mungkin tidak membutuhkan alat berat, namun untuk proyek yang lebih besar seperti di jalan raya atau area lainnya, kemungkinan memerlukan alat berat untuk mempercepat proses pembuatan saluran drainase.

Beberapa alat berat yang sering digunakan dalam proyek pembuatan saluran drainase meliputi:

1. Excavator

Alat berat yang umum digunakan pertama adalah excavator. Alat ini berguna dalam pembuatan saluran drainase dan membersihkan endapan sampah pada kanal maupun sungai. Penggunaan excavator juga kerap terlihat pada proyek pembangunan saluran drainase di tepi jalan.

2. Dump truk

Alat berat lainnya yang digunakan dalam pembuatan saluran drainase adalah dump truck. Dump truck berfungsi untuk mengangkut endapan sampah yang dikeluarkan oleh excavator, sehingga pembuangan limbah menjadi lebih mudah. Walaupun hanya terdapat dua jenis alat berat yang dijelaskan, namun keduanya sangat membantu dalam proses pembuatan dan perawatan saluran drainase. Selain menggunakan alat berat, pembuatan dan pemeliharaan saluran drainase juga dapat dilakukan dengan alat ringan seperti cangkul dan sekop.

8.10 Analisis sistem drainase

Sistem drainase terdiri dari beberapa elemen, antara lain badan air penerima, badan air pengumpul, badan air penerima, dan saluran penerima. Gorong-gorong, siphon, jembatan air (aquaduct), spillways, pintu air, air terjun, kolam, dan stasiun pompa hanyalah beberapa struktur pendukung dalam sistem ini.

8.11 Banjir

Secara umum, banjir merujuk pada situasi di mana aliran sungai memiliki tingkat debit yang tinggi atau melebihi kondisi normalnya karena hujan yang secara konsisten menurun di wilayah tertentu. Karena kondisi tersebut, sungai tidak mampu menampung air sehingga menyebabkan air meluap dan menggenangi kawasan di sekitarnya. Ada juga jenis banjir yang dikenal dengan banjir bandang, yang terjadi secara tiba-tiba dan mengalir deras dengan benda besar, selain banjir biasa. Untuk

mengatasi banjir, perlu diperhatikan besarnya pasokan air dari air hujan yang tertampung di wilayah tangkapan air (catchment area), serta kapasitas sungai dalam menampung pasokan air tersebut (Wismarini, 2010).

8.12 Analisis hidrologi

Penggunaan analisis hidrologi diperlukan dalam menentukan curah hujan rencana periode ulang dan jumlah debit banjir. Selain itu, perhitungan perencanaan untuk drainase, irigasi, dan bangunan air lainnya sering memasukkan analisis ini.

8.13 Analisis hidrolika

Tujuan analisis hidrolika adalah untuk mengevaluasi kemampuan saluran drainase dalam menampung debit banjir rencana. Saluran drainase dapat memiliki berbagai bentuk, seperti trapesium, persegi panjang, setengah lingkaran, atau kombinasi dari beberapa bentuk tersebut. Saluran terbuka adalah jenis saluran drainase di mana air mengalir di atas permukaan yang peka terhadap tekanan atmosfer. (Kamiana, 2011)

Dalam melakukan Persamaan Manning digunakan selama analisis hidrolika saluran terbuka. Menurut Suripin (2004), persamaan yang dapat dilihat pada Persamaan 20 sampai 28 ini digunakan untuk mengevaluasi kapasitas drainase.

$$Q_t = A_s \cdot V \dots\dots\dots(20)$$

Mencari luas penampang saluran

$$A_s = \frac{Q_t}{v} \dots\dots\dots(21)$$

Mencari lebar saluran

$$B = \sqrt{A_s} \dots\dots\dots(22)$$

Mencari keliling basah saluran

$$P_s = B + 2 H \dots\dots\dots(23)$$

Mencari jari-jari hidrolik

$$R = \frac{A_s}{P_s} \dots\dots\dots(24)$$

Mencari tinggi jagaan

$$F = 20\% H \dots\dots\dots(25)$$

Mencari debit control

$$Q_s _ A_s V \dots\dots\dots(26)$$

Keterangan:

Qt : debit rencana (m³/ detik)

V : Kecepatan Aliran di dalam saluran (m/detik)

Qs : debit control (m³ / detik)

As : luas penampang saluran (m²)

H : tinggi saluran (m)

B : lebar saluran (m)

Ps : keliling basah saluran (m)

Rs : jari-jari hidrolik (m)

F : tinggi jagaan (m)

Persamaan Manning yang dapat dilihat pada persamaan 27 dapat digunakan untuk menentukan kecepatan aliran.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \dots\dots\dots (27)$$

Dimana:

V : kecepatan aliran (m/detik)

R : jari-jari hidraulic = A/P (m)

P : panjang penampang basah (m)

n : koefisien kekerasan Manning

S₀ : Kemiringan dasar saluran

$$S_0 - \frac{\Delta t}{L} = \frac{t_1 - t_2}{L} \dots\dots\dots (28)$$

Dimana:

Δt : Perbedaan ketinggian dasar saluran antara hilir dan hulu darainase (m)

L : Panjang saluran (m).

L. Perencanaan saluran drainase

Rencana saluran drainase harus dibuat dengan cermat untuk memastikan bahwa volume air yang diharapkan dapat disalurkan dengan aman. Ada beberapa tahapan yang harus diikuti dalam merencanakan saluran drainase secara teknis, yaitu sebagai berikut:

- (1) Menghitung debit yang diharapkan.
- (2) Menentukan rute yang diambil oleh saluran drainase.
- (3) Merencanakan profil longitudinal saluran drainase.
- (4) Merencanakan penampang melintang saluran drainase.
- (5) Merencanakan bangunan dan sistem drainase.

Dalam proses perencanaan, diperlukan perhatian terhadap metode implementasi, biaya, serta pengoperasian dan pemeliharaan setelah konstruksi merupakan faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan. Semua tugas yang disebutkan di atas saling berkaitan dan tidak dapat dipertimbangkan secara terpisah. Oleh karena itu, dalam proses perencanaan, perlu adanya pengecekan dan pengawasan antara satu item dengan yang lain.

1. Debit rencana

Untuk menghitung debit Rumus rasional atau hidrograf satuan dapat digunakan untuk membuat saluran drainase di perkotaan. Penting untuk memperhitungkan perubahan penggunaan lahan di masa depan saat menghitung waktu konsentrasi dan koefisien limpasan. Standar yang telah ditentukan dapat digunakan untuk merencanakan saluran drainase, seperti debit desain (dengan periode ulang tertentu), metode analisis yang digunakan, tinggi penahan, struktur saluran, dan lain-lain. Pedoman desain saluran drainase yang didasarkan pada "Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Desain Teknis" disajikan pada tabel berikut".

Tabel 8.1. Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan

Luas DAS (ha)	Periode ulang (tahun)	Metode perhitungan debit banjir
< 10	2	Rasional
10 – 100	2 – 5	Rasional
101 – 500	5 – 20	Rasional
> 500	10 – 25	Hidrograf satuan

(Suripin : 2004)

2. Jalur saluran

Dalam menentukan kecuali untuk saluran tambahan atau saluran drainase di wilayah pemekaran perkotaan, garis saluran harus mengikuti pola jaringan yang ada. Namun, dalam menentukan jalur saluran tersebut, perlu mempertimbangkan jaringan infrastruktur yang sudah ada atau yang direncanakan, seperti rencana pembangunan jalan, pipa air minum, jaringan kabel bawah tanah, dan sebagainya.

3. Profil memanjang

Dalam merencanakan profil memanjang pada saluran drainase, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Ketinggian air muara (outlet). Ketinggian air di hilir parit harus direncanakan dengan memperhatikan rencana ketinggian air di saluran pembuangan. Saluran utama, kolam penampung, atau jalur langsung ke laut merupakan pilihan untuk saluran pembuangan. Dalam skenario kedua, perubahan air laut yang disebabkan oleh pasang surut harus diingat.
- Dalam perencanaan profil memanjang saluran drainase, diperlukan pengaturan yang tepat agar muka air tertinggi dapat tercapai. Hal ini dapat dicapai dengan mengatur kemiringan tanah di sepanjang saluran sehingga air hujan dari daerah tangkapan air dapat dengan mudah mengalir

ke dalamnya. Kemiringan muka air tertinggi harus berubah sedikit demi sedikit, mulai dari hulu yang landai hingga hilir yang landai.

- c. Pada saluran drainase, dengan pengecualian saluran yang terkena arus balik, kemiringan dasar dapat dirancang sama kemiringannya dengan muka air tertinggi. Namun, untuk memastikan penampang basah, elevasi dasar saluran perlu dirancang sedekat mungkin dengan permukaan tanah terpenuhi. Dalam prakteknya, desain dasar saluran harus dilakukan dengan pertimbangan yang matang karena pelebaran sungai di daerah perkotaan seringkali mengalami kesulitan.

4. Penampang melintang saluran

Penampang melintang saluran pada umumnya dapat dirancang dengan menggunakan rumus aliran seragam, namun pada bagian-bagian tertentu yang terkena pengaruh aliran balik (pengembangan), perlu dilakukan perancangan khusus. Penggunaan nilai kekasaran Manning harus memperhatikan faktor-faktor seperti kemiringan dasar saluran, kondisi dinding saluran, serta upaya pemeliharaan saluran.

5. Penguatan dinding saluran

Karena keterbatasan lebar saluran drainase di perkotaan, dinding saluran harus dibuat lebih tegak agar tidak longsor. Untuk memastikan dinding saluran tetap kokoh, diperlukan perkuatan seperti menggunakan pasangan batu kali atau lapisan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, 2022. <https://www.gramedia.com/best-seller/drainase-2/>
[Diakses 09 04 2023].
- Kamiana, I. m., 2011. Teknik perhitungan debit rencana bangunan air (Pertama). Issue Graha Ilmu.
- MEILIZA, FADHILLA and ALVIONITA, V. 2016. *STUDI EKSISTING DAN PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE DIPERUMAHAN BUKIT SEJAHTERA POLIGON PALEMBANG*. POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA.
- Saktyanu. 2016. "MODUL: Prinsip - Prinsip Dan Permasalahan Penanganan Drainase Jalan Yang Berkelanjutan," hal. 1–122.
- Wismarini, D. N. U. H. D., 2010. Analisis Sistem Drainase Kota Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografi Dalam Membantu Pengambilan Keputusan Bagi Penganganan Banjir. *Jurnal Teknologi Informasi*.
- Wandra, H. 2022. "ANALISIS SISTEM DRAINASE (Studi Kasus Jalan Depati Parbo, Kota Sungai Penuh)."
- Yonathan, A. Z., 2022. *detikbali*.
<https://www.detik.com/bali/berita/d-6412974/drainase-adalah-mengenal-fungsi-jenis-dan-contoh-penerapan>
[Diakses 09 04 2023].

BIODATA PENULIS



Okma Yendri,ST.,MT

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Musi Rawas

Penulis lahir di Lubuklinggau tanggal 22 Oktober 2070. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Musi Rawas. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil S2 pada Jurusan Teknik Sipil Penulis menekuni bidang Menulis.

Program Studi Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Menjadi Ketua Program Studi Teknik Sipil Dekan Fakultas Teknik Pereode 2010-2013; PD.1 Dekan Fakultas Teknik Pereode 2013-2017; Dekan Fakultas Teknik Pereode 2017-2021; Dekan Fakultas Teknik Pereode 2021-2025 pada Universitas Musi Rawas.

BIODATA PENULIS



Efrinda Ari Ayuningtyas, S.Si., M.Sc.

Dosen Program Studi Geografi
FISIP, Universitas Lambung Mangkurat

Penulis lahir di Yogyakarta tanggal 4 April 1990. Penulis adalah dosen tetap Program Studi Geografi, FISIP, Universitas Lambung Mangkurat. Menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Geografi dan Ilmu Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada dan S2 pada program studi Magister Perencanaan dan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS), Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Penulis pernah mengabdikan sebagai dosen tetap non PNS di Program Studi Penginderaan Jauh dan SIG, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada dari tahun 2016-2018. Penulis menggeluti bidang Geografi Fisik, Ilmu Tanah, Geomorfologi, dan Pengelolaan DAS. Beberapa mata kuliah yang diampu penulis saat ini antara lain Hidrologi, Geologi Umum, Meteorologi dan Klimatologi, Geomorfologi, Ilmu Tanah, Erosi dan Konservasi Lahan, serta Kualitas Air.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. H. Anugrah Yasin, ST. M.Si

Dosen Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan (MRIL)
Universitas Fajar Makassar.

Penulis Lahir : Parepare, 24 Agustus 1975. Pangkat / Golongan : Penata Tk I / IIId Nip 197508242009021004 NIDN : 0024087504 Jabatan Fungsional Lektor Penulis adalah dosen DPK LLDIKTI Wilayah IX Makassar. Menyelesaikan S1 pada Universitas 45 Makassar 2002 pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil dan melanjutkan Program Pascasarjana S2 pada Universitas Hasanuddin Makassar pada Fakultas Administrasi Pembangunan Jurusan Pemerintahan Daerah setelah itu melanjutkan kembali S3 Pada Universitas Brawijaya Malang Pada Fakultas Ilmu Lingkungan tahun 2019.

Adapun pengalaman selama menjadi PNS : CPNS Pemerintah Kota Parepare Provinsi Sulawesi Selatan pada Kantor Inspektorat Kota Parepare sebagai auditor. Tahun 2009. PNS Pemerintah Kota Parepare Tahun 2010 pada Kantor Inspektorat Kota Parepare sebagai Auditor. Promosi ke Eselon Ivb sebagai Sekertaris Lurah Kampung Pisang Kota Parepare tahun 2010. Sebagai Plt. Lurah Kampung Pisang Kota Parepare tahun 2011 – 2013. Promosi Jabatan Eselon Iva sebagai Kasubag

Pembinaan Pemerintahan pada Sekertariat Daerah Kota Parepare tahun 2013. Kasi Rehabilitasi dan Rekonstruksi Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Parepare tahun 2014 – 2016 Eselon IVa. Kasi Kajian Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Kota Parepare tahun 2017. Kepala UPT Hutan Jompie pada Dinas Lingkungan Hidup Kota Parepare tahun 2017. Mutasi (Pindah) ke Provinsi Sulawesi Selatan di tempatkan Pada Kantor Dinas Pendidikan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2018 – 2020. Sebagai staf Subag Kepegawaian, Umum, dan Mutasi. Mutasi Pada Kantor Dinas PUTR Provinsi Sulawesi Selatan sebagai staf Bina Marga tahun 2021- 2022. Beralih sebagai Dosen LLDIKTI Wilayah IX Makassar ditempatkan pada Universitas Fajar Makassar 01 April 2022 sampai Sekarang.

BIODATA PENULIS



Gusti Rusmayadi

Dosen pada Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat
(Unlam)

Gusti Rusmayadi staf pengajar pada Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat (Unlam). Penulis lulusan Fakultas Pertanian tahun 1981-1988 (Ir. Sarjana Pertanian), Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 1993-1996 (M.Si., Agroklimatologi, AGK) dan IPB tahun 2006-2009 (doktor bidang Klimatologi Terapan, AGK).

Matakuliah yang diampu adalah Agroklimatologi di Fakultas Pertanian ULM, Klimatologi Dasar di PS Agronomi, Mikroklimatologi, Analisis Statistik dan Strategi dan Antisipasi Agronomi terhadap Iklim Ekstrim pada PS Agronomi di S2 Agronomi ULM, Perubahan Iklim Global pada S2 PSDAL ULM.

Penulis telah melakukan riset dengan cakupan modeling tanaman dan perubahan iklim seperti Crop modeling on growth and development of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L) (SEAMEO BIOTROP tahun 2007), The use of Comfort Index for assessing the suitability of endemic orchids (*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume Forma Pelaihari) in South Kalimantan (Integrated-Collaborative Research Grant IMHERE UGM Project 2010), The Application of

Comfort Index for growth and development of endemic orchids (*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume Forma Pelaihari) in green-house covered with insect proof net (Integrated-Collaborative Research Grant IMHERE UGM Project 2011), Pendugaan produksi biji Teratai (*Nymphaea pubescens* Will) di perairan rawa lebak Kalimantan Selatan dengan pendekatan metode Wageningen dan melalui pedagang pengumpul biji Teratai, (Unggulan PT tahun 2012), Kajian Aspek Kesehatan Lingkungan Kerbau Rawa di Desa Bajayau Tengah, Kecamatan Daha Barat, Hulu Sungai Selatan (HSS). Selain itu bersama staf pengajar lainnya sejak tahun 2014 s/d 2016 telah melakukan kajian tentang padi lokal agar berumur lebih genjah sebagai adaptasi terhadap perubahan iklim, yaitu Perakitan Padi Unggul Berkarak-teristik Umur Pendek-Sedang, Pera, Ramping, Dan Berdayahasil Lebih Tinggi Berbasis Mutasi Varietas Lokal Pasang Surut Kalimantan Selatan. Pada tahun 2019 melakukan penelitian kerjasama dengan SOLIDARIDAD tentang National Initiatives for Suitainable & Climate Smart Oil Palm Smallholders (NI-SCOPS) (2019). Kemudian sejak tahun 2020 s/d 2022 telah melakukan penelitian tentang Penilaian Kerentanan Air Pada Sistem Usaha Tani Jeruk-Padi Di Batola (2020), Penilaian Kerentan Iklim terhadap Air dalam Sistem Usaha Tani Jeruk (2021), dan Penilaian Kerentanan Pasar Jeruk Siam Wilayah Pasang Surut Dan Monsun Peka Iklim Ekstrim (2022).

Selain itu, penulis juga aktif dalam menyusun beberapa dokumen kebijakan lingkungan seperti AMDAL dan dokumen Rencana Aksi Wilayah (RAD) Penurunan Gas Rumah Kaca Provinsi Kalimantan Selatan.

Beberapa Buku yang telah dihasilkan Seperti Budidaya Tanaman Tahunan Dan Klimatologi Dasar, Pertanian Dalam Bayang-Bayang Iklim Ekstrim (2012), Iklim Mikro; Terori, Pengamatan Dan Analisis (2013), Manajemen Air Pertanian (2017), Pemodelan Tanaman Sebagai Perangkat Pemahaman Proses, Prediksi, Dan Keperluan Manajemen (2018). Pemodelan

Tanaman Padi Penerapannya Dengan Memerhatikan Neraca Air, Nitrogen, dan Radiasi Surya (2022). Model & Metode Pembelajaran Inovatif Era Digital (2023).

Penulis juga aktif sebagai pengelola dan fasilitator di Lembaga Peningkatan Pengembangan Pembelajaran ULM (LP3 ULM) sejak tahun 2015 sampai dengan sekarang. Kemudian, sejak tahun 2019 s/d 2021, 2024 menjadi Asesor Lembaga Sertifikasi Penulis-BNSP. Juga sejak tahun 2020 menjadi Ketua PERHIMPI Cabang Kalimantan Selatan.

BIODATA PENULIS

Ir. Hakim Duppa, MT

Dosen Universitas Pepabri Makassar

Penulis lahir di Palopo/ 08 April 1959. Merupakan Dosen Universitas Pepabri Makassar. Penulis merupakan Alumni S1 : Teknik Sipil Unhas dan juga Alumni S2 : Teknik Sipil Unhas

Selama menjadi dosen sudah membuat buku Referensi 3 buah dan karya ilmiah jurnal karya ilmiah sebanyak 9 buah dan sudah diterbitkan di jurnal sinta dan International dan penerbitan gramedia

Buku hidrologi ini bisa dijadikan buku referensi dan buku ajar untuk matakuliah hidrologi dan rekayasa drainase di prodi teknik sipil. Disamping itu buku ini bias dijadikan referensi bagi mahasiswa untuk membuat skripsi penyelesaian S1 sarjana.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Putu Doddy Heka Ardana, ST., MT., IPM
Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ngurah Rai

Penulis lahir di Denpasar tanggal 1 Mei 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ngurah Rai. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana pada tahun 2003, melanjutkan S2 pada Program Studi Magister Teknik Fakultas Teknik Universitas Udayana Konsentrasi Manajemen Sumber Daya Air pada tahun 2010, dan menyelesaikan studi S3 pada Program Studi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Udayana pada tahun 2022. Penulis sampai saat ini masih aktif mengajar mata kuliah yang berhubungan dengan Sumber Daya Air pada jenjang S1 antara lain Hidrologi, Drainase dan Pengendalian Banjir Perkotaan, Irigasi dan Bangunan Air, dan Studio Irigasi.

BIODATA PENULIS



Ir. Fathur Rahman Rustan, S.T., M.T., IPM.

Dosen Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sembilanbelas November Kolaka

Penulis lahir di Kendari, tanggal 25 Maret 1985. Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Penulis tercatat sebagai lulusan Sarjana Teknik (S.T.) pada Prodi Teknik Sipil Fak. Teknik Universitas Halu Oleo tahun 2009, Magister Teknik (M.T.) bidang Manajemen Rekayasa dan Sumber Air FTSP ITS Surabaya tahun 2013, dan tahun 2020 mengambil Pendidikan Profesi Insinyur (Ir.) dari Prodi Pendidikan Profesi Insinyur Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis telah menghasilkan beberapa artikel penelitian dan menghasilkan beberapa Book Chapter di antaranya: Sistem Irigasi dan Bangunan Air, Pengembangan Sumber Daya Air, Dasar-Dasar Ilmu Ukur Tanah, Perancangan Geometrik Jalan, Ekonomi Teknik, dan Teknik Sipil (Sebuah Pengantar) serta telah memiliki hak kekayaan intelektual berupa hak cipta.