

Hidrologi

Edisi Banjir Rancangan

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan manajemen sumber daya air di bumi, termasuk air permukaan dan air di bawah permukaan tanah. Hidrologi mencakup pemahaman dan analisis tentang siklus air, aliran permukaan, dan perkolasi air ke dalam tanah. Ilmu hidrologi melibatkan pengamatan, pengukuran, analisis data, dan model matematika untuk menggambarkan bagaimana air bergerak dan berinteraksi dengan lingkungan. Hidrologi dalam konteks teknik sipil membantu dalam pengelolaan sumber daya air dan perancangan bangunan air.

Buku ini membahas materi hidrologi yang terkait dengan perancangan bangunan air berupa analisis **banjir rancangan (design flood)** dengan berbagai metode. Materi yang dipelajari yaitu 1) komponen siklus hidrologi, 2) pengukuran dan metode perhitungan hujan kawasan, 3) hidrometri dan perhitungan debit sungai terukur, 4) cara pemilihan data hidrologi, 5) besaran rancangan data terukur dengan metode analisis frekuensi, 6) komponen hidrograf, 7) perhitungan banjir rancangan metode hidrograf satuan, 8) perhitungan banjir rancangan metode rasional, dan 9) metode penelusuran aliran (*flood routing*). Buku ini dapat digunakan sebagai buku referensi bagi mahasiswa terutama mahasiswa teknik sipil (*civil engineering*) maupun para praktisi dalam melakukan analisis hidrologi pada perhitungan banjir rancangan.

Tentang Penulis



Titiek Widyasari lahir di Yogyakarta pada tanggal 8 September 1972.

Riwayat pendidikan SD Keputran 2, SMP Negeri 3, dan SMA Negeri 7 di Yogyakarta. Pada tahun 1992 melanjutkan kuliah di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta dan lulus tahun 1998. Setelah selesai kuliah bekerja sebagai asisten di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra sampai dengan 2000 diangkat menjadi Dosen Tetap Yayasan Perguruan Tinggi Janabadra. Pada tahun 2003 studi lanjut ke Program Magister Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada dan lulus tahun 2005. Selesai tugas belajar penulis kembali menjadi staf pengajar di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra dengan jabatan fungsional terakhir Lektor Kepala. Pengalaman mengajar yang lain penulis pernah mengajar sebagai dosen tidak tetap di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atmajaya Yogyakarta.



0858 5343 1992
eurekamediaakhara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362



HIDROLOGI: EDISI BANJIR RANCANGAN

Titiek Widyasari



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

HIDROLOGI: EDISI BANJIR RANCANGAN

Penulis : Titiek Widyasari, S.T., M.T.

Editor : Dr. Tania Edna Bhakty, S.T., M.T.

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Rizki Rose Mardiana

ISBN : 978-623-151-580-3

No. HKI : EC00202389007

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, SEPTEMBER 2023**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

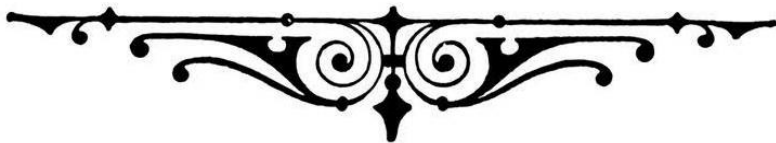


“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(QS. Al-Insyirah,6-8)

Kagem tiyang sepuh kawulo, ibu Rafiah Amin (Almh.) lan bopo Soenardi Poespohardjojo (Alm). Mugi sedoyo amal saking buku meniko saget dipun bagi kagem almarhumah ibu lan almarhum bopo, Aamiin

Terima kasih untuk anakku tercinta *Jayastu Nabil Sahitya* yang selalu membuat ibu kuat dan semangat.



KATA PENGANTAR

Penulis menjadi pengajar di Program Studi S1 Teknik Sipil sejak tahun 2000. Setelah penulis menyelesaikan studi S2 (Magister) mengambil konsentrasi bidang keairan (hidro) dengan topik tesis banjir rancangan (*design flood*), maka mulai tahun 2005 penulis mengampu matakuliah Hidrologi. Penulis menyusun bahan ajar untuk perkuliahan semula berupa catatan kuliah, modul ajar, dan bahan presentasi yang selalu diperbaiki dan disempurnakan sehingga buku ajar ini dapat selesai disusun. Buku ini diberi judul **“HIDROLOGI: Edisi Banjir Rancangan”** disusun untuk membantu mahasiswa yang mengambil matakuliah Hidrologi untuk mempermudah memahami capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK) yaitu mahasiswa mampu menganalisis data hujan untuk perancangan bangunan hidraulik, mampu memahami pengukuran dan perhitungan debit aliran di sungai, mampu menghitung debit rancangan dengan metode hidrograf satuan, dan mampu memahami penelusuran banjir. Mahasiswa dapat lebih mudah memahami materi hidrologi yang diajarkan karena setiap teori yang dibahas dilengkapi dengan contoh soal dan jawaban. Buku ini juga dapat digunakan sebagai referensi bagi praktisi terutama konsultan perencana dalam melakukan analisis hidrologi khususnya perhitungan banjir dalam perancangan bangunan air.

Buku ini mengambil beberapa referensi yang secara rinci ada di daftar pustaka, namun referensi yang banyak dirujuk adalah buku *Hidrologi Terapan* penulis Prof. Dr. Ir. Bambang Triatmodjo, DEA dan buku *Hidrologi (Teori - Masalah - Penyelesaian)* penulis Prof. Dr. Sri Harto Br., Dip. H., pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua penulis referensi yang dirujuk pada buku ini, semoga menjadi pahala ilmu yang bermanfaat, Amin. Materi yang ada dalam buku ini selain dari referensi yang dirujuk, berasal dari pengalaman penulis dalam penyusunan tesis dengan judul *Analisis Agihan Hujan Berdasarkan Data Hidrograf* dan pengalaman penelitian penulis yang pernah menerima hibah penelitian skim Hibah Bersaing tahun 2013, 2014, dan 2015 dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik

Indonesia dengan topik model prakiraan banjir dan beberapa penelitian yang didanai internal Universitas Janabadra.

Buku ini berisi 9 BAB yang terdiri dari Siklus Hidrologi, Hujan, Hidrometri, Pemilihan Data Hidrologi, Besaran Rancangan, Hidrograf, Banjir Rancangan Metode Hidrograf Satuan, Banjir Rancangan Metode Rasional, dan Penelusuran Aliran (*Flood Routing*). Ada 16 contoh soal dan jawaban. Saran bagi mahasiswa sebaiknya sebelum mengikuti perkuliahan dan penjelasan di kelas, mahasiswa bisa membaca dan mempelajari buku ini terlebih dahulu.

Penulis sangat menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna, maka penulis mengharapkan saran, kritik, dan koreksi yang akan digunakan sebagai masukan untuk penyempurnaan buku ini. Penyusunan buku ini selesai bertepatan dengan usia 1 tahun setelah usia setengah abad penulis, sehingga menandai pencapaian pertama penulis di setengah abad berikutnya. Dengan segala kerendahan hati penulis berdoa semoga buku ini dapat bermanfaat dan penulis selalu semangat untuk berkarya, Amin.

Yogyakarta, 8 September 2023

Titiek Widayari

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB 1 SIKLUS HIDROLOGI.....	1
A. Komponen Siklus Hidrologi.....	1
B. Karakteristik Sungai dan Daerah Aliran Sungai (DAS).....	5
BAB 2 HUJAN	9
A. Pengukuran Hujan	9
B. Hujan Kawasan.....	20
C. Durasi Hujan.....	31
BAB 3 HIDROMETRI	33
A. Debit Sungai.....	33
B. Perhitungan Debit Sungai Terukur.....	34
C. Perhitungan Debit Menggunakan Elevasi dan Rating Curve.....	49
BAB 4 PEMILIHAN DATA HIDROLOGI	57
A. Seri Data Hidrologi.....	57
B. Kala Ulang (<i>Return Period</i>)	60
C. Perbaikan Data.....	62
BAB 5 BESARAN RANCANGAN.....	71
A. Analisis Frekuensi	71
B. Plotting Data	75
C. Distribusi Data	76
D. Uji Kecocokan	85
BAB 6 HIDROGRAF	92
A. Komponen Hidrograf.....	92
B. Pemisahan Hidrograf	93
C. Hujan Efektif dan Limpasan Langsung.....	95
BAB 7 BANJIR RANCANGAN METODE HIDROGRAF SATUAN	98
A. Konsep Hidrograf Satuan	98
B. Hidrograf Satuan Terukur (HST).....	100
C. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS).....	105

	D. Pola Distribusi Hujan Rancangan.....	110
	E. Perhitungan Banjir Rancangan Metode Hydrograf Satuan.....	113
BAB 8	BANJIR RANCANGAN METODE RASIONAL.....	119
	A. Metode Rasional.....	119
	B. Intensitas - Durasi - Frekuensi (IDF) Hujan.....	121
	C. Perhitungan Banjir Rancangan Metode Rasional.....	129
BAB 9	PENELUSURAN ALIRAN (FLOOD ROUTING).....	131
	A. Persamaan Penelusuran Hidrologi.....	131
	B. Penelusuran Tampungan	133
	C. Penelusuran Sungai Metode Muskingum.....	140
	DAFTAR PUSTAKA	146
	TENTANG PENULIS	149
	TENTANG EDITOR.....	150

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Keadaan Hujan dan Intensitas Hujan.....	11
Tabel 2. 2	Contoh Data Hujan Harian dari Stasiun ORR	14
Tabel 2. 3	Kelebihan dan Kelemahan ARR.....	15
Tabel 2. 4	Contoh Data Hujan Jam-jaman dari Stasiun ARR.....	17
Tabel 2. 5	Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan [2]	19
Tabel 2. 6	Data Pengukuran Hujan Contoh Soal 2	22
Tabel 2. 7	Data Contoh Soal 5	31
Tabel 3. 1	Data Pengukuran Sungai Contoh Soal 7	45
Tabel 3. 2	Kerapatan Minimum Jaringan Hidrometri (WMO, 1974) [4].....	50
Tabel 3. 3	Contoh Hasil Pengukuran Elevasi dan Debit Stasiun AWLR Pogung [18].....	54
Tabel 3. 4	Data AWLR Pogung (22 Juli 2016).....	55
Tabel 4. 1	Data Contoh Soal 9	64
Tabel 4. 2	Uji Kepanggahan Analisis Kurva Massa Ganda Data Awal	67
Tabel 4. 3	Koreksi Data Hujan Tahunan Stasiun X.....	69
Tabel 4. 4	Uji Kepanggahan Analisis Kurva Massa Ganda Data Koreksi.....	70
Tabel 5. 1	Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	74
Tabel 5. 2	Nilai Variabel Reduksi Gauss.....	76
Tabel 5. 3	Faktor Frekuensi KT Distribusi Log-normal 2 Parameter	78
Tabel 5. 4	Hubungan Periode Ulang (T) dengan Reduksi Variat dari Variabel (Y).....	80
Tabel 5. 5	Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata (Y_n) dengan Jumlah Data (n).....	81
Tabel 5. 6	Hubungan antara Jumlah Data (n) dengan Deviasi Standar (S_n).....	81
Tabel 5. 7	Nilai KT pada Distribusi Pearson Tipe III dan Log-Pearson Tipe III untuk Koefisien Kemencengan (C_s).....	84
Tabel 5. 8	Chi-kuadrat Kritis (χ^2).....	88

Tabel 5. 9	Nilai Kritis Uji Smirnov-Kolmogorov (Do).....	91
Tabel 7. 1	Pola Distribusi Hujan Tanimoto [2].....	113
Tabel 7. 2	Data Hidrograf Banjir	114
Tabel 7. 3	Hidrograf Limpasan Langsung (QLL)	114
Tabel 8. 1	Koefisien Limpasan (C) [2].....	120
Tabel 8. 2	Hujan Durasi Pendek Kala Ulang 5 Tahunan	124
Tabel 9. 1	Hidrograf Aliran Inflow (I) Waduk.....	134
Tabel 9. 2	Hidrograf Aliran Inflow (I) Sungai	143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Siklus Hidrologi [3]	2
Gambar 1. 2	Skema Siklus Hidrologi [6].....	3
Gambar 1. 3	Skema Neraca Air.....	4
Gambar 1. 4	Jaringan dan Tingkat Sungai [9]	8
Gambar 2. 1	Analisis Hujan Bulan Januari 2023 [12]	12
Gambar 2. 2	Monitoring Hujan Ekstrem Bulan Januari 2023 [12]	12
Gambar 2. 3	Alat Pengukur Hujan Biasa (ORR)	13
Gambar 2. 4	Contoh Alat ARR Tipping Bucket	16
Gambar 2. 5	Contoh Rekaman Hasil Pencatatan Hujan ARR [4].....	16
Gambar 2. 6	Skema Penempatan Alat Pengukur Hujan	19
Gambar 2. 7	Peta DAS dan Stasiun Hujan Soal 1.....	21
Gambar 2. 8	Poligon Thiessen.....	23
Gambar 2. 9	Poligon Thiessen Contoh Soal 3	25
Gambar 2. 10	Menghitung Luasan Poligon Thiessen Contoh Soal 3.....	25
Gambar 2. 11	Luasan Poligon Thiessen Contoh Soal 3.....	26
Gambar 2. 12	Peta Kawasan dan Stasiun Hujan Soal 4	27
Gambar 2. 13	Poligon Thiessen dengan 2 Stasiun Hujan	27
Gambar 2. 14	Poligon Thiessen dengan 3 Stasiun Hujan.....	28
Gambar 2. 15	Contoh Peta Isohyet [14].....	30
Gambar 3. 1	Penampang Melintang Sungai	35
Gambar 3. 2	Sketsa Pengukuran Kecepatan dengan Pelampung.....	36
Gambar 3. 3	Jenis Pelampung Pengukuran Kecepatan [4].....	37
Gambar 3. 4	Current Meter	38
Gambar 3. 5	Pengukuran Kecepatan Posisi Satu Titik	39
Gambar 3. 6	Pengukuran Kecepatan Posisi Dua Titik.....	39
Gambar 3. 7	Pengukuran Kecepatan Posisi Tiga Titik	40
Gambar 3. 8	Pengukuran Kecepatan Posisi Lima Titik	41
Gambar 3. 9	Metode Tampang Rata-rata.....	42
Gambar 3. 10	Metode Tampang Tengah.....	44
Gambar 3. 11	Sket Penampang Sungai Contoh Soal 7.....	46

Gambar 3. 12	Papan Duga Manual.....	51
Gambar 3. 13	Contoh Pos AWLR Pogung dan Kertas Grafik Muka Air Sungai Code.....	52
Gambar 3. 14	Grafik AWLR Stasiun Pogung 12 - 19 Januari 2015[16].....	53
Gambar 3. 15	Contoh Rating Curve Stasiun AWLR Pogung.....	54
Gambar 3. 16	Hidrograf Debit di Stasiun Pogung (22 Juli 2016)	56
Gambar 4. 1	Contoh Pemilihan Data Annual Maximum Series	59
Gambar 4. 2	Contoh Pemilihan Data Partial Series	60
Gambar 4. 3	Contoh Kurva Massa Ganda Data Awal	68
Gambar 4. 4	Contoh Kurva Massa Ganda Data Koreksi.....	70
Gambar 5. 1	Contoh Plotting Data X dengan P(X) dan Garis Teoritis pada Kertas Probabilitas	87
Gambar 6. 1	Proses Hidrograf.....	92
Gambar 6. 2	Komponen Hidrograf.....	93
Gambar 6. 3	Pemisah Runoff dan Baseflow	94
Gambar 6. 4	Cara Menentukan Hujan Efektif.....	96
Gambar 7. 1	Bagian-bagian Hidrograf.....	99
Gambar 7. 2	Penurunan HST dengan Metode Polinomial [4].....	102
Gambar 7. 3	Penurunan HST dengan Metode Collins [4].....	104
Gambar 7. 4	Komponen HSS Gama I	107
Gambar 7. 5	Komponen HSS Nakayasu[2]	108
Gambar 7. 6	Hyetograph ABM	112
Gambar 7. 7	Hujan Efektif dengan Cara ϕ Indeks.....	115
Gambar 7. 8	Hasil Hidrograf Satuan Terukur (HST)	118
Gambar 8. 1	Kurva IDF Persamaan Talbot	126
Gambar 8. 2	Kurva IDF Persamaan Sherman	126
Gambar 8. 3	Kurva IDF Persamaan Ishiguro.....	127
Gambar 8. 4	Kurva IDF Persamaan Mononobe	128
Gambar 9. 1	Pias Alur Aliran antara Inflow dan Outflow.....	132

Gambar 9. 2	Hidrograf Hasil Penelusuran Waduk.....	136
Gambar 9. 3	Hidrograf Hasil Penelusuran Kolam Datar	140
Gambar 9. 4	Tampungan Prisma (Sp) dan Tampungan Baji (Sb).....	141
Gambar 9. 5	Hidrograf Hasil Penelusuran Sungai	145

BAB

1

SIKLUS HIDROLOGI

A. Komponen Siklus Hidrologi

Hidrologi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri kata "*hidros*" berarti air dan "*logos*" berarti "ilmu", sehingga kata hidrologi berarti "*ilmu air*". Secara ilmiah, hidrologi didefinisikan sebagai bagian dari ilmu geografi yang berfokus pada analisis pergerakan, distribusi, serta karakteristik air di bumi, meliputi pemahaman tentang siklus hidrologi dan pengelolaan sumber daya air [1]. Ilmu hidrologi diterapkan dalam berbagai kegiatan, termasuk dalam merancang dan mengoperasikan struktur hidraulik, penyediaan berbagai jenis air (seperti air minum, irigasi, dan keperluan lainnya), pengelolaan pembangkit listrik tenaga air, penanggulangan banjir, perancangan sistem drainase, dan bidang lainnya. Semua ini dipelajari oleh para ahli dalam disiplin teknik sipil. [2]

Ilmu hidrologi mempelajari pergerakan air yang disebut *siklus air* atau *siklus hidrologi*. Siklus hidrologi adalah proses air dari atmosfer ke bumi, lalu air yang jatuh ke bumi akan kembali lagi ke atmosfer dan demikian siklus ini terus berjalan membentuk putaran atau daur hidrologi seperti pada Gambar 1.1.

Konsep dasar dalam hidrologi ada 2 yaitu konsep **siklus hidrologi** (*hydrologic cycle*) dan konsep **neraca air** (*water balance*) yang merupakan inti keseluruhan ilmu hidrologi, sehingga semua permasalahan dalam hidrologi selalu dapat dikembalikan pada 2 konsep dasar tadi. Pemahaman yang mendalam dan tuntas tentang kedua konsep dasar tersebut

BAB

2

HUJAN

A. Pengukuran Hujan

Dalam siklus hidrologi ada proses yang disebut proses *presipitasi* yang terjadi karena adanya tabrakan antara butir-butir uap air akibat desakan angin. Presipitasi yang ada di bumi berupa hujan, embun, kabut, salju, dan es [11]. Hujan adalah salah satu bentuk presipitasi yang penting di Indonesia. Awan penyebab hujan terjadi akibat adanya proses penguapan, dimana hujan akan terjadi apabila berat butir-butir air hujan (di awan) lebih besar dari gaya tekan udara ke atas.

Air hujan yang jatuh ke bawah sebelum mencapai permukaan tanah sebagian akan menguap kembali menjadi awan, sedangkan air hujan yang sampai permukaan tanah disebut hujan. Dalam ilmu hidrologi hujan yang diperhitungkan adalah butiran air yang jatuh dari langit (awan) ke permukaan bumi (tanah). "*Hujan*" baru disebut sebagai hujan apabila telah sampai di permukaan bumi, karena hujan yang sampai permukaan tanah itulah yang dapat diukur. Hujan dapat diklasifikasikan menurut penyebab terjadinya gerakan udara ke atas menjadi 3 jenis hujan, yaitu [4]:

1. Hujan konvektif, akan terjadi apabila terdapat ketidakseimbangan udara karena panas setempat sehingga udara bergerak ke atas dan mengakibatkan terjadi pendinginan. Hujan jenis ini biasanya merupakan hujan dengan intensitas tinggi, waktunya singkat dan di daerah yang relatif sempit.

BAB

3

HIDROMETRI

A. Debit Sungai

Secara umum hidrometri diartikan sebagai ilmu yang mempelajari cara pengukuran air. Hidrometri adalah cabang ilmu (kegiatan) pengukuran air atau pengumpulan data sebagai dasar bagi analisis hidrologi. Berdasarkan pengertian tersebut, hidrometri mencakup kegiatan pengukuran:

1. Air di atas permukaan, meliputi pengukuran kelembaban udara, hujan, evaporasi dan evapotranspirasi.
2. Permukaan air, meliputi pengukuran tinggi muka air, kecepatan aliran dan debit aliran
3. Air di bawah permukaan, meliputi pengukuran kelembaban tanah, daya infiltrasi dan aliran air tanah.

Kegiatan hidrometri cukup luas karena pengukuran tidak hanya di sungai saja, namun juga mencakup lokasi lain seperti pantai, danau, rawa dan di formasi geologi di bawah permukaan. Pada buku ini menitikberatkan pada pengertian hidrometri untuk kegiatan mengumpulkan data mengenai sungai yang berhubungan dengan Daerah Aliran Sungai (DAS), baik yang menyangkut tentang cara pengukuran ketinggian muka air, kecepatan aliran, debit sungai atau unsur-unsur aliran lain.

Debit sungai dengan notasi " Q " adalah jumlah air yang mengalir melalui tampang sungai per lama aliran dan dinyatakan dalam satuan *cubic meters per second* (m^3/s). Informasi yang terukur mencakup perubahan (*variation*) waktu dan ruang, sehingga pengamatan debit sungai sangat

BAB

4

PEMILIHAN DATA HIDROLOGI

A. Seri Data Hidrologi

Data hidrologi memegang peran yang sangat penting didalam menyiapkan suatu perencanaan dan pengelolaan sumber daya air. Ketidakakuratan data dan informasi hidrologi akan berakibat tidak efektif dan efisien dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang dilakukan dengan menggunakan data tersebut. Pengumpulan data hidrologi pada pos pengamatan dari beberapa tahun tidak homogen. Contoh yaitu suatu seri data merepresentasikan variabel data hidrologi dapat menunjukkan perubahan baik rata-rata maupun standar deviasi terhadap data asli [19].

Data hidrologi yang diperoleh dari proses pengukuran dari waktu ke waktu harus memenuhi standar, dapat dipercaya, mempunyai ketelitian yang baik untuk dapat digunakan dalam studi hidrologi [11]. Meskipun banyak perbedaan, ada sejumlah hal yang dipandang bersama tidak dapat diabaikan untuk digunakan sebagai *database* yang benar, yaitu:

1. Daerah tangkapan (*catchment area*) yang meliputi: luas, bentuk geometrik, konfigurasi dan kemiringan tanah, klasifikasi dan statistik aliran, serta karakteristik fisiografik lain.
2. Hujan yang meliputi: hujan jam-jaman, hujan harian, bulanan dan tahunan berikut nilai maksimum, minimum dan nilai rata-rata.

BAB

5

BESARAN RANCANGAN

A. Analisis Frekuensi

Dalam perancangan bangunan diperlukan suatu besaran rancangan (*design value*), perancangan bangunan air (bangunan hidraulik) memerlukan besaran banjir rancangan (*design flood*) yang dapat diperoleh dari data debit terukur atau yang diperoleh dari mengalihragamkan hujan menjadi aliran dari data hujan terukur yang diolah menjadi hujan rancangan (*design rainfall*). Dari proses hidrologi dengan hasil pengukuran yang dilakukan (hidrometri), maka ahli hidrologi harus dapat menginterpretasikan data yang tersedia (yaitu data debit atau hujan terukur) untuk mendapatkan besaran rancangan baik debit rancangan atau hujan rancangan. Ilmu yang dapat menunjang dalam menginterpretasikan data hidrologi menjadi besaran rancangan adalah ilmu statistik berupa proses *analisis frekuensi*.

Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan maupun data debit. Analisis frekuensi adalah kajian mengenai banyaknya kejadian dalam hal ini kejadian banjir/debit atau hujan, sehingga diperlukan data yang cukup panjang. Persyaratan dalam perhitungan banjir rancangan meliputi ketersediaan dan kualitas data, untuk analisis frekuensi data dari periode pencatatan sebaiknya lebih dari 20 tahun (20 seri data) pengamatan dan dipelajari karakteristik dari fungsi distribusi data [10].

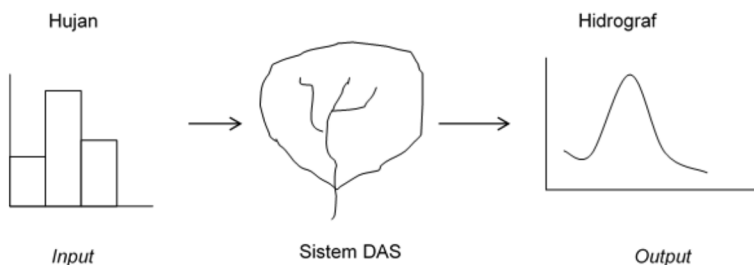
BAB

6

HIDROGRAF

A. Komponen Hidrograf

Hidrograf didefinisikan secara umum sebagai variabilitas salah satu unsur aliran sebagai fungsi waktu di satu titik kontrol tertentu [4]. Hidrograf ini menunjukkan tanggapan menyeluruh DAS terhadap masukan tertentu. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang bersangkutan, hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu terjadinya masukan, seperti pada Gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Proses Hidrograf

Hidrograf merupakan grafik hubungan antara debit (Q) sebagai ordinat dan waktu/jam (T) sebagai absis, titik koordinat dihubungkan menjadi garis lengkung/grafik yang menggambarkan besarnya pengaliran debit banjir akibat hujan selama beberapa jam. Suatu hidrograf dapat dianggap sebagai suatu gambaran integral dari karakteristik fisiografis dan klimatis yang mengendalikan hubungan antara curah hujan dan tanggapan dari suatu daerah pengaliran tertentu. Hidrograf

BAB 7

BANJIR RANCANGAN METODE HIDROGRAF SATUAN

A. Konsep Hidrograf Satuan

Upaya dalam memperkirakan sifat dan besaran debit menjadi sangat sulit, karena ketidakpastian yang terdapat di alam tidak terbatas dan ketergantungan antara hujan dengan variabilitas ruang dan waktu. Permasalahan tersebut disederhanakan dengan dikembangkan teori **hidrograf satuan** (*unit hydrograph*), yang pertama kali diperkenalkan oleh Sherman pada tahun 1932 dengan konsep transformasi hujan menjadi debit aliran dalam upaya mendapatkan prakiraan banjir yang terjadi akibat berbagai kedalaman hujan dan berbagai agihan (distribusi) hujan jam-jam.

Definisi hidrograf satuan sebagai hidrograf limpasan langsung (hidrograf tanpa aliran dasar) yang tercatat di titik kontrol (penampang sungai) akibat hujan efektif sebesar 1 mm secara merata di daerah tangkapan dengan intensitas tetap dalam waktu tertentu [2]. Konsep hidrograf satuan bermanfaat untuk analisis hidrologi dan dianggap sebagai pendekatan yang baik untuk prakiraan banjir dengan periode ulang tertentu. Hidrograf satuan adalah *direct runoff hydrograph* atau hidrograf limpasan langsung (HLL) yang dihasilkan oleh hujan efektif yang merata di seluruh DAS, dengan intensitas tetap dalam periode waktu tertentu. Unit kedalaman limpasan permukaan yang digunakan biasanya sebesar 1 mm/jam [4].

Hidrograf aliran sungai selalu berubah tergantung dari sifat masukan berupa hujan yang diproses dalam suatu sistem sistem DAS (daerah tangkapan) yang *nonlinear time variant*,

BAB

8

BANJIR RANCANGAN METODE RASIONAL

A. Metode Rasional

Pada perencanaan saluran membutuhkan prakiraan debit puncak yang biasanya dihitung dengan menggunakan metode yang sederhana dan praktis, dimana teknik perhitungan meliputi faktor curah hujan, kondisi fisik dan karakteristik hidrologi cekungan. Metode rasional salah satu metode yang digunakan untuk memperkirakan debit puncak atau debit maksimum yang disebabkan oleh hujan di daerah tangkapan (DAS).

Pemakaian metode rasional sangat sederhana dan banyak digunakan dalam perencanaan drainasi. Variabel yang diperhitungkan dalam penggunaan metode rasional adalah intensitas hujan, durasi hujan, frekuensi hujan, luas daerah tangkapan, konsentrasi aliran, dan faktor hidrologi lain. Metode rasional didasarkan pada persamaan (8.1) sebagai berikut [2]:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (8.1)$$

dengan:

Q : debit puncak atau debit limpasan/banjir (m^3/s),

C : koefisien aliran atau limpasan yang tergantung kondisi jenis permukaan atau tata guna lahan, seperti pada Tabel 8. 1,

I : intensitas hujan (mm/jam),

A : luas daerah tangkapan (km^2).

BAB 9

PENELUSURAN ALIRAN (*FLOOD ROUTING*)

A. Persamaan Penelusuran Hidrologi

Prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran di titik aliran berdasarkan hidrograf di sebelah hulu disebut penelusuran aliran, bila aliran adalah banjir maka disebut penelusuran banjir (*flood routing*). Tujuan dari penelusuran aliran adalah apabila hidrograf di sebelah hulu waduk atau sungai diketahui, maka dapat dihitung bentuk hidrograf banjir di sebelah hilir. Penelusuran aliran ada 2 macam yaitu penelusuran hidrologis dan penelusuran hidraulis [2].

Pada studi hidrologi fluktuasi dan perjalanan gelombang debit aliran dari satu titik bagian hulu ke titik berikut di bagian hilir dapat diduga pola dan waktu perjalanan aliran. Metode tersebut dikenal sebagai metode penelusuran banjir (*flood routing*). Penelusuran banjir adalah merupakan peramalan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain. Hidrograf banjir dapat ditelusuri lewat palung sungai atau lewat waduk [11].

Buku ini membahas penelusuran aliran secara hidrologis. Konsep penelusuran hidrologis (*hydrologic routing*) adalah penelusuran untuk satu pangsa sungai (*river reach*) tertentu, atau sebuah waduk (*reservoir*). Penelusuran aliran memerlukan informasi tentang hubungan antara tinggi muka air dan tampungan (*stage storage*), atau hubungan antara debit dan tampungan (*discharge storage*). Kedua hubungan tersebut dapat diperoleh dari data *inflow* dan *outflow* ke dalam pangsa sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] wikipedia.org, "Hidrologi."
<https://id.wikipedia.org/wiki/Hidrologi> (accessed Feb. 16, 2023).
- [2] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2014.
- [3] sda.pu.go.id, "Hidrologi."
<https://sda.pu.go.id/balai/bwssulawesi4/hidrologi/about> (accessed Feb. 16, 2023).
- [4] S. Harto, *Hidrologi (Teori - Masalah - Penyelesaian)*, 1st ed., vol. 1. Yogyakarta: Nafiri Offset, 2000.
- [5] Atap and Ahmad, "Siklus Hidrologi," 2023.
<https://www.gramedia.com/literasi/siklus-hidrologi/> (accessed Feb. 15, 2023).
- [6] V. M. Ponce, *Engineering Hydrology, Principles and Practices*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1989.
- [7] *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air*. Indonesia:
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>, 2019, pp. 1–90. Accessed: Feb. 18, 2023.
[Online]. Available:
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>
- [8] wikipedia.org, "Sungai."
<https://id.wikipedia.org/wiki/Sungai> (accessed Feb. 18, 2023) .
- [9] pengertian-definisi.blogspot.com, "Pola Pengaliran dan Penyimpanan Air Daerah Aliran Sungai."
<https://pengertian-definisi.blogspot.com/2011/09/pola-pengaliran-dan-penyimpanan-air-das.html> (accessed Feb. 18, 2023).

- [10] Badan Standarisasi Nasional, *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana ICS 93.140 Badan Standardisasi Nasional*. 2016, pp. 1-88. [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [11] C. , D. Soemarto, *Hidrologi Teknik*, 2nd ed. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1999.
- [12] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, “Analisis Hujan Januari 2023 Prakiraan Hujan Maret, April, dan Mei 2023,” *Buletin Informasi Iklim Februari* , pp. 1-12, 2023. Accessed: Feb. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/iklim/buletin-iklim.bmkg>
- [13] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset, 2003.
- [14] “Poligon Thiessen dan Isohyets dalam Menganalisis Data Curah Hujan,” *guntara.com*, 2015. <http://www.guntara.com/2015/01/poligon-thiessen-dan-isohyets-dalam.html> (accessed Feb. 26, 2023).
- [15] Chay Asdak, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Revisi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2023.
- [16] T. Widyasari and S. Farhani, “Hidrograf Satuan Terukur Sungai Code,” in *Prosiding PIT HATHI 36*, 2019, pp. 1-10. Accessed: Mar. 08, 2023. [Online]. Available: <https://hathi-pusat.org/ejournalv2/index.php/pit-36/>
- [17] A. Setiawan and E. Susanto, “Penentuan Liku Kalibrasi Debit (Rating Curve) pada Musim Hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Deli,” *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, vol. 7, no. 2, pp. 157-165, Sep. 2019, doi: 10.29303/jrpb.v7i2.117.
- [18] S. Farhani, “Analisis Hidrograf Satuan Terukur Daerah Aliran Sungai Code Di Titik Kontrol Stasiun Pogung,” Yogyakarta, Aug. 2018.
- [19] A. Bagiawan, S. Mulat Yuningsih, and D. Windatiningsih, “Pengujian Data Hidrologi dalam Rangka Peningkatan

Efektifitas dan Efisiensi Pengelolaan Sumber Daya Air,"
Jurnal Sumber Daya Air, vol. 7, no. 1, 2011.

- [20] W. Soetopo and L. Montarcih, *STATISTIKA HIDROLOGI (DASAR)*, vol. Cetakan Kedua. Malang: CV. Citra Malang, 2011.
- [21] R. K. , Linsley, *Hidrologi untuk Insinyur*, 3rd ed. 1996.
- [22] Soewarno, "Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I," in *Hidrologi*, Bandung: Nova, 1995, pp. 1-264.
- [23] D. H. Pilgrim and I. Cordery, "Flood Runoff," in *Handbook of Hydrology*, D. R. Maidment, Ed., New York: McGraw-Hill Inc, 1992.
- [24] J. Sujono, "Pengaruh Pola Agihan Hujan terhadap Hidrograf Satuan," *Media Teknik*, vol. 3, pp. 19-23, Aug. 1999.
- [25] T. Widyasari, "Analisis Agihan Hujan Berdasarkan Data Hidrograf," Yogyakarta, Jun. 2005.
- [26] V. T. Chow, D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied Hydrology*. 1998.
- [27] D. Harisuseno, "Kajian Kesesuaian Rumus Intensitas Hujan dan Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) di Wilayah Kampus Universitas Brawijaya, Malang," 2020.

TENTANG PENULIS



Titiek Widyasari lahir di Yogyakarta pada tanggal 8 September 1972. Riwayat pendidikan SD Keputran 2, SMP Negeri 3, dan SMA Negeri 7 di Yogyakarta. Pada tahun 1992 melanjutkan kuliah di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta dan lulus tahun 1998. Setelah selesai kuliah bekerja sebagai asisten di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra yang kemudian diangkat menjadi Dosen Tetap Yayasan Perguruan Tinggi Janabadra pada tahun 2000. Penulis pada tahun 2003 studi lanjut ke Program Magister Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada dan lulus tahun 2005. Selesai tugas belajar penulis kembali menjadi staf pengajar di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra dengan jabatan fungsional terakhir Lektor Kepala. Pengalaman mengajar yang lain penulis pernah mengajar sebagai dosen tidak tetap di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta pada tahun 2016–2020.

TENTANG EDITOR



Tania Edna Bhakty lahir di Ampenan, Lombok pada tanggal 5 Oktober 1973. Riwayat pendidikan SDN Perak Utara II no. 59, SMP Negeri 2, dan SMA Negeri 18 di Surabaya. Pada tahun 1992 melanjutkan kuliah di Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dan lulus tahun 1997. Setelah selesai kuliah editor bekerja sebagai dosen di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra tahun 1998 yang kemudian diangkat menjadi Dosen Tetap Yayasan Perguruan Tinggi Janabadra pada tahun 1999. Editor pada tahun yang sama melanjutkan studi lanjut ke Program Magister Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada dan lulus tahun 2002, dan pada tahun 2008 editor melanjutkan program doktoral di perguruan tinggi yang sama dan lulus tahun 2015. Selesai tugas belajar editor kembali menjadi staf pengajar di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra. Pengalaman mengajar yang lain editor pernah mengajar sebagai dosen tidak tetap di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta pada tahun 2016–2021.



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202389007, 4 Oktober 2023

Pencipta

Nama : **Titiek Widyasari, S.T., M.T.**

Alamat : Perum Dalem Teratai Asri C1 Malangjiwan RT 03, Bangunharjo, Sewon, Bantul DI Yogyakarta, 55188

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Titiek Widyasari, S.T., M.T.**

Alamat : Perum Dalem Teratai Asri C1 Malangjiwan RT 03, Bangunharjo, Sewon, Bantul DI Yogyakarta, 55188

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **Hidrologi: Edisi Banjir Rancangan**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 30 September 2023, di Purbalingga

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000521962

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri



Anggoro Dasananto
NIP. 196412081991031002

Disclaimer:
Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.