



Fransiska Yustiana

HIDROLOGI

H I D R O L O G I

Penulis
Fransiska Yustiana

HIDROLOGI

Copyright ©2023, Penerbit Itenas

Penulis:

Fransiska Yustiana

Desain sampul dan Penyunting / Panata letak:

Fransiska Yustiana

Diterbitkan oleh:

Penerbit Itenas

Jl. PKH. Mustapha No.23 Bandung 4012

Telpon. +62 22 7272215, Fax. +62 22 7202892

Email: penerbit@itenas.ac.id

Website: <http://penerbit.itenas.ac.id/>

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

Cetakan Pertama, September 2023

211 halaman, 17 x 25

Hak Cipta pada Penerbit Itenas, 2023

ISBN: 978-623-7525-60-8

*Untuk mengenang teladan dan kasih sayang:
Kakek dan Nenek tercinta,
Bapak dan Ibu Priyo Darsono (Alm)*

KATA PENGANTAR

Pujian dan rasa syukur penulis naikan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat, kebaikan, hikmat, kreativitas dan pertolongan yang telah diberikan-Nya sehingga buku Hidrologi ini bisa diselesaikan. Penulisan buku ini melibatkan banyak pihak yang telah memberikan masukan, informasi, data dan fasilitas. Penulis ucapkan banyak terima kasih atas waktu, dukungan dan keterlibatan dalam penulisan buku ini.

Ilmu Hidologi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari siklus, mekanisme, distribusi, manajemen dan segala fenomena alam yang terjadi dan berkaitan dengan sumberdaya air. Air merupakan sumberdaya yang dapat diperbaharui. Air merupakan kebutuhan dasar bagi semua makhluk hidup sehingga sangat berpotensi mempengaruhi aktivitas dan keberlangsungan kehidupan makhluk hidup. Hal tersebut menjadikan air sebagai potensi alam yang wajib dikelola, dilestarikan, diusahakan dan dimanfaatkan dengan bijaksana. Ilmu Hidrologi menjadi teori dasar dalam pelaksanaan pengelolaan atau manajemen sumberdaya air.

Buku Hidrologi ini sesungguhnya dipersiapkan sebagai bahan pembelajaran (*handbook*) mata kuliah hidrologi, terutama untuk mahasiswa program sarjana (strata – 1) pada umumnya. Penulis sangat berharap bahwa buku hidrologi ini dapat membantu pemahaman mahasiswa tentang mata kuliah Hidrologi. Buku Hidrologi ini juga melatih dan memperkenalkan mahasiswa pada beberapa analisa dasar hidrologi.

Pada akhirnya perlu disadari bahwa Ilmu Hidrologi merupakan ilmu yang membahas sumberdaya air, yang sangat dipengaruhi fenomena alam yang selalu berubah – ubah sehingga Ilmu Hidrologi akan selalu berkembang. Hal tersebut

mendorong untuk selalu melakukan pembaharuan di masa yang akan datang sehingga buku hidrologi tetap relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Lebih lanjut, penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran dalam penulisan dan pembaharuan buku ini untuk edisi selanjutnya.

Bandung, September 2023

Penulis,

Fransiska Yustiana

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Ruang Lingkup Permasalahan Hidrologi	1
1.2 Apakah Ilmu Hidrologi?	6
1.3 Data Hidrologi	6
BAB II	9
SIKLUS HIDROLOGI DAN NERACA AIR	9
2.1 Siklus Hidrologi	9
2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)	13
2.3 Konsep Neraca Air	18
BAB III	29
PRESIPITASI	29
3.1 Karakteristik Presipitasi	29
3.2 Mekanisme Presipitasi	30
3.3 Faktor yang Mempengaruhi Presipitasi	32
3.4 Pengukuran Presipitasi	34
3.5 Jaringan Alat Pengukur Hujan	35
3.6 Analisa Data Hujan	38
3.6.1 Kelengkapan Data Hujan	39
3.6.2 Sifat Stasioner Data Hujan	40

3.6.3	Kepanggahan Data Hujan	41
3.6.4	Homogenitas Data Hujan.....	44
3.6.5	Curah Hujan Rata-rata	46
3.6.6	Intensitas Hujan Rencana	48
3.6.7	Intensity Duration Frequency	50
3.6.8	Depth Area Duration	51
BAB IV		63
EVAPORASI DAN EVAPOTRANSPIRASI		63
4.1	Istilah Evaporasi dan Evapotranspirasi	63
4.2	Faktor yang Mempengaruhi Evaporasi dan Evapotranspirasi	64
4.3	Pengukuran Evaporasi dan Evapotranspirasi	68
4.3.1	Panci evaporasi.....	68
4.3.2	Lysimeter	70
4.4	Analisa Perhitungan Evaporasi dan Evapotranspirasi	72
4.4.1	Persamaan Empirik (<i>Empirical equation</i>)	72
4.4.2	Neraca Air (water balance method)	73
4.4.3	Metoda Aerodinamik (<i>Aerodynamic method</i>).....	74
4.4.4	Metoda Keseimbangan Energi (<i>Energy balance method</i>)	75
4.4.5	Metoda Gabungan (<i>Combination method</i>)	76
4.4.6	Metoda Priestly Taylor	76
4.4.7	Persamaan Thornthwaite	77
4.4.8	Metoda Blaney – Criddle	77
4.4.9	Metoda Radiasi	79
4.4.10	Metoda Penman	79
BAB V		87
INFILTRASI		87
5.1	Definisi Infiltrasi.....	87

5.2	Mekanisme Infiltrasi	88
5.3	Faktor yang Mempengaruhi Infiltrasi	89
5.4	Pengukuran Infiltrasi.....	92
5.4.1	Infiltrimeter	92
5.4.2	Rainfall Simulator	94
5.5	Analisa Perhitungan Infiltrasi.....	95
5.5.1	Persamaan Horton.....	95
5.5.2	Persamaan Philip	98
5.5.3	Persamaan Green Ampt	98
5.5.4	Metoda Skaggs and Khaleel.....	101
5.5.5	Metoda Phi Indeks (Φ indeks)	101
5.6	Air Tanah.....	102
5.7	Pengambilan Air Tanah.....	105
BAB VI		109
LIMPASAN PERMUKAAN		109
6.1	Komponen Limpasan Permukaan.....	109
6.2	Faktor yang Mempengaruhi Limpasan Permukaan.....	111
6.3	Metoda Perhitungan Debit Limpasan Permukaan	113
6.3.1	Metoda Rasional.....	113
6.3.2	Metoda Haspers	116
6.3.3	Metoda Der Weduwen	117
6.3.4	Metoda Melchior	118
6.3.5	Metoda Curve Number (Metoda SCS).....	119
BAB VII		126
HIDROGRAF		126
7.1	Definisi dan Jenis Hidrograf	126
7.2	Hidrograf Debit	126

7.3	Komponen Hidrograf Debit Banjir	129
7.4	Pemisahan Komponen Aliran	131
7.5	Hidrograf Satuan.....	135
7.6	Penurunan Hidrograf Satuan	138
7.7	Perubahan Durasi Hidrograf Satuan	139
7.8	Hidrograf Satuan Sintetik.....	140
7.8.1	HSS Gama I.....	140
7.8.2	Metoda Snyder	142
7.8.3	Hidrograf Satuan Soil Conservation Service (SCS)	144
7.8.4	Metoda Nakayasu.....	145
BAB VIII		163
PENELUSURAN ALIRAN.....		163
8.1	Definisi Penelusuran Banjir.....	163
8.2	Penelusuran Hidrologis.....	164
8.2.1	Penelusuran Saluran	165
8.2.2	Penelusuran Reservoir.....	167
8.2.3	Penelusuran Kolam Datar	169
8.2.4	Metoda Runge Kutta.....	170
8.2.5	Penelusuran Daerah Aliran Sungai	171
8.3	Penelusuran Hidrolika	173
8.3.1	Penelusuran Gelombang Kinematik	173
8.3.2	Penelusuran Gelombang Diffusi	174
8.3.3	Gelombang Dinamik	175
BAB IX		184
ANALISA STATISTIKA.....		184
9.1	Penggunaan Statistik pada Analisa Hidrologi	184
9.2	Parameter Statistik	186

9.3	Probabilitas.....	187
9.4	Periode Ulang	188
9.5	Analisa Frekuensi.....	189
9.6	Pemilihan Distribusi Probabilitas.....	191
9.6.1	Pemilihan distribusi dengan Parameter Statistik	191
9.6.2	Pemilihan distribusi dengan Chi Square	192
9.6.3	Pemilihan distribusi dengan Smirnov Kolmogorov.....	192

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Indeks kerapatan sungai	18
Tabel 3.1 Nilai statistik Q dan R.....	43
Tabel 3.2 Interval U pada run test.....	45
Tabel 7.1 Rumus Probabilitas	128
Tabel 9.1 Rumus faktor frekuensi.....	191
Tabel 9.2 Syarat parameter nilai tengah.....	191

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Perubahan ENSO.....	3
Gambar 1.2	Multidisiplin ilmu yang berkaitan dengan hidrologi.....	8
Gambar 2.1	Siklus hidrologi bersifat tertutup	9
Gambar 2.2	Siklus hidrologi	12
Gambar 2.3	Bentuk daerah aliran sungai yang melebar.....	14
Gambar 2.4	Bentuk daerah aliran sungai memanjang	15
Gambar 2.5	Pola aliran di daerah aliran sungai.....	17
Gambar 2.6	Neraca air pada sistem hidrologi danau	19
Gambar 2.7	Neraca air pada sistem hidrologi DAS	21
Gambar 2.8	Neraca air pada sistem hidrologi waduk.....	22
Gambar 3.1	Jenis hujan berdasarkan mekanisme-nya	31
Gambar 3.2	Proses evaporasi dan kondensasi	33
Gambar 3.3	Kurva massa ganda (double mass curve).....	42
Gambar 3.4	Poligon Thiesen	47
Gambar 3.5	Denah tinggi hujan (isohyet)	47
Gambar 3.6	Kurva intensitas durasi frekuensi (IDF).....	51
Gambar 3.7	Hubungan antara tinggi hujan, luas dan waktu (DAD).....	52
Gambar 4.1	Energi radiasi matahari di bumi.....	65
Gambar 4.2	Jenis kelembaban tanah	67
Gambar 4.3	Panci evaporasi kelas A.....	69
Gambar 4.4	Dainage type Lysimeter	71
Gambar 4.5	Spring-balance weighing type Lysimeter.....	72
Gambar 5.1	Mekanisme infiltrasi dan perkolasi.....	89
Gambar 5.2	Komponen tanah.....	91
Gambar 5.3	Single ring infiltrometer (a) dan double ring infiltrometer (b)	93
Gambar 5.4	Rainfall simulator.....	94
Gambar 5.5	Grafik laju infiltrasi menurut Horton	96
Gambar 5.6	Grafik model infiltrasi menurut Green Ampt	99
Gambar 5.7	Grafik laju infiltrasi menurut Green Ampt.....	99

Gambar 5.8 Phi indeks	101
Gambar 5.9 Lapisan tanah.....	103
Gambar 6. 1 Limpasan permukaan dalam suatu DAS	110
Gambar 6.2 Transformasi hujan menjadi limpasan (run off)	111
Gambar 6.3 Perhitungan debit dengan metoda CN studi kasus di India	121
Gambar 7.1 Hidrograf debit ketersediaan air	127
Gambar 7.2 Komponen hidrograf debit banjir	129
Gambar 7.3 Bentuk DAS dan hidrografnya.....	130
Gambar 7.4 Straight line method	132
Gambar 7.5 Fixed base lenght method	132
Gambar 7.6 Variable slope method	133
Gambar 7.7 Transformasi hujan menjadi hidrograf	134
Gambar 7.8 Prinsip hidrograf satuan	136
Gambar 7.9 Hidrograf Snyder	143
Gambar 7.10 Hidrograf SCS.....	144
Gambar 7.11 Hidrograf Nakayasu	146
Gambar 8.1 Ilustrasi penelusuran aliran di penggal sungai	163

BAB I PENDAHULUAN

Tujuan pembelajaran:

Mahasiswa mampu menjelaskan tentang lingkup ilmu hidrologi dan mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitas sumberdaya air.

1.1 Ruang Lingkup Permasalahan Hidrologi

Air merupakan sumberdaya alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup dan lingkungan hidup. Air di alam ini terbagi menjadi air laut dan air tawar, air laut sebanyak 97% dan 3% merupakan air tawar. Air tawar di alam dapat ditemukan di darat sebanyak 0,26%, di udara (atmosfer) sebanyak 0,001% di bawah permukaan tanah sebanyak 30% dan 69% merupakan air dalam bentuk es dan gletser. Air di darat disebut sebagai air permukaan, yang terdapat pada laut, sungai, waduk, danau, tampungan dan saluran-saluran buatan atau mengalir sebagai aliran permukaan. Air dibawah permukaan tanah disebut air tanah, yang terdapat pada akuifer, baik akuifer tertekan maupun akuifer bebas, yang keluar melalui mata air atau sumur. Air di udara berupa uap air.

Air merupakan sumberdaya yang terbatas sekalipun merupakan sumberdaya yang dapat diperbaharui. Sumber daya air bersifat terbatas, bahkan saat ini dikatakan hampir langka di beberapa daerah. Kelangkaan air terjadi karena peningkatan kebutuhan air bersih. Peningkatan kebutuhan air sering terjadi di kota – kota besar adalah karena adanya pertambahan jumlah penduduk akibat urbanisasi. Kegiatan penduduk perkotaan juga lebih beragam, baik untuk keperluan usaha kecil di rumah – rumah, keperluan industri, niaga, pusat pelayanan masyarakat yang cukup banyak, perhotelan, rumah sakit, dan obyek wisata.

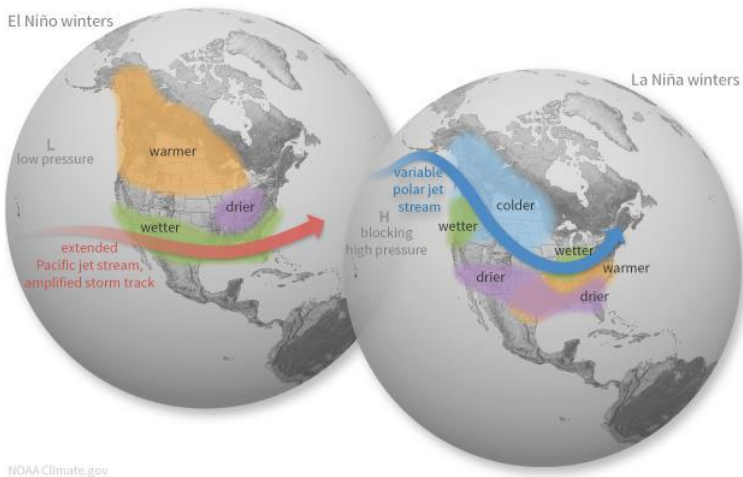
Beberapa kegiatan domestik bahkan menjadi kegiatan komersial, seperti halnya mencuci baju dan kendaraan bermotor. Daerah pedesaan juga mengalami kelangkaan air jika pada musim kemarau petani tidak mendapatkan aliran air irigasi bagi sawah mereka.

Aktivitas manusia yang makin beragam juga dapat mengakibatkan peningkatan pencemaran air sehingga daya dukung air terhadap kebutuhan air bersih berkurang. Air bersih makin berkurang akibat pemenuhan kebutuhan air untuk aktivitas manusia. Aktivitas industri, niaga, perhotelan dan rumah tangga merupakan sumber pencemaran air. Beberapa kejadian alam juga menurunkan kualitas air, seperti halnya banjir dan letusan gunung berapi. Pencemaran air tidak hanya terjadi pada air permukaan, air tanah juga mengalami pencemaran akibat intrusi air laut dan bahan an-organik yang berada di lapisan tanah tertentu. Hujan asam merupakan bukti terjadinya pencemaran air di udara.

Penyebab alami dari keterbatasan sumberdaya air adalah karakteristik iklim. Iklim suatu tempat sangat menentukan intensitas dan durasi hujan. Iklim menjadi tantangan bagi pengelolaan sumberdaya air di seluruh dunia. Bumi mengalami pemanasan akibat energi panas dari sinar matahari. Sekarang pemanasan itu mengalami peningkatan akibat adanya efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah kumpulan gas di atmosfer yang memiliki sifat memantulkan sinar matahari. Pantulan sinar matahari dari permukaan bumi ke atmosfer berlangsung berulang – ulang jika kumpulan gas rumah kaca di atmosfer makin rapat. Panas matahari yang terperangkap oleh kumpulan gas rumah kaca menyebabkan pemanasan global. Gas rumah kaca merupakan akibat dari peningkatan penggunaan bahan bakar fosil, pupuk kimia, konsumsi produk hewani, dan penggunaan gas freon. Dampak pemanasan global yang makin

tinggi frekuensinya adalah perubahan iklim, peningkatan muka air laut, peningkatan intensitas hujan, peningkatan suhu udara di musim kemarau, perubahan musim yang tidak menentu, perubahan pola tanam dan penyebaran penyakit tertentu pada hewan dan manusia.

Pengaruh iklim yang lain merupakan akibat adanya fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO). ENSO adalah fenomena alam akibat adanya interaksi antara permukaan air laut Samudera Pasifik pada bagian tengah hingga timur dengan kondisi atmosfer di atasnya sehingga suhu permukaan air laut berfluktuasi. Perubahan suhu permukaan Samudera Pasifik berlaku seperti gelombang atau berosilasi dengan rentang waktu tertentu yang kemudian berevolusi menjadi tiga jenis fase, yaitu El Nino, La Nina dan netral.



Gambar 1.1 Perubahan ENSO

Sumber: NOAA Climate.gov

Fase El Nino terjadi saat permukaan air laut Samudera Pasifik mengalami pemanasan atau suhu meningkat. Fase El Nino sering dianggap sebagai anomali iklim, dan pada fase ini

pergerakan angin pasat dari timur ke barat melemah. Daerah bagian timur Samudera Pasifik mengalami peningkatan suhu muka air laut, peningkatan tekanan udara, gradien tekanan udara antara Pasifik tengah dan timur menurun dan membentuk konvergensi pada daerah tersebut. Massa udara yang naik dan melepaskan uap air menjadi kering. Proses konvektif terjadi dan terjadi proses kondensasi yang membentuk awan yang kemudian bergerak ke barat dan hujan pun turun di permukaan laut yang dingin, yaitu daerah Samudera Pasifik bagian barat. Indonesia merupakan bagian dari daerah Samudera Pasifik bagian timur, sehingga saat fase El Nino jarang terjadi hujan, musim kemarau lebih panjang dan suhu udara lebih panas. Pada fase El Nino rawan terjadi cuaca ekstrem, yaitu curah hujan yang cukup rendah sehingga berpotensi terjadinya bencana kekeringan di Indonesia.

Pada saat suhu rendah terjadi di permukaan air Samudera Pasifik bagian timur dan tengah atau air laut menjadi dingin, fenomena ENSO beralih menjadi fase La Nina. Pada fase La Nina terjadi hal yang sebaliknya yang terjadi pada fase El Nino. Fenomena La Nina di Indonesia memicu cuaca lebih basah, yang ditandai dengan kejadian hujan yang lebih sering, musim hujan muncul lebih awal dan berlangsung lebih lama, serta peningkatan intensitas hujan. Pada fase La Nina bahkan ada kemungkinan terjadi cuaca ekstrem berupa curah hujan yang sangat tinggi dan berpotensi menimbulkan bencana banjir. Fenomena ENSO, baik El Nino maupun La Nina memungkinkan perubahan pola hujan dan iklim. Iklim bervariasi dalam waktu yang singkat dengan disertai besaran – besaran yang ekstrem, baik peningkatan intensitas hujan dan debit limpasan permukaan maupun curah hujan yang sangat rendah dan musim kemarau yang panjang. Pada fase normal, tidak terjadi fenomena ENSO, ditandai dengan suhu muka air, curah hujan, dan tekanan udara

berada pada rentang rata-ratanya atau iklim pada kondisi normal.

Topografi, dan struktur tanah suatu daerah juga mempengaruhi kapasitas atau daya tampung air. Daerah di pegunungan cenderung menampung air lebih sedikit dibanding dengan dataran rendah yang banyak memiliki cekungan. Lapisan batu keras tidak dapat menyerap air sehingga tidak ada pengisian air tanah. Tanah dengan permeabilitas yang tinggi akan memiliki daya serap atau laju infiltrasi yang tinggi, sangat cocok menjadi daerah tangkapan hujan.

Curah hujan yang berlebihan tanpa manajemen yang benar juga dapat menimbulkan permasalahan yang lain, yaitu dapat mengakibatkan banjir. Sumberdaya air memerlukan pengelolaan atau manajemen dalam pemanfaatannya, serta konservasi dan pengolahan terhadap air limbah untuk tujuan pembaharuan. Hal ini merupakan tantangan dalam mempelajari dan menekuni bidang hidrologi, bagaimana mendapatkan air bersih secara berkelanjutan dengan harga yang murah, dengan cara yang mudah, dan menemukan cara paling aman dalam membuang air sisa setelah proses penggunaan air tersebut.

Pada umumnya motivasi dan tujuan menekuni ilmu hidrologi adalah mendapatkan solusi untuk permasalahan makhluk hidup, dimulai dari penyediaan pangan atau pertanian berkelanjutan (*food for population*), penanganan banjir dan kekeringan, dan mitigasi dampak negatif perubahan iklim. Ilmu hidrologi juga sangat berperan dalam pencegahan atau antisipasi dari permasalahan yang mungkin timbul, yaitu dengan melakukan manajemen, konservasi dan perlindungan lingkungan hidup termasuk pengembangan sumberdaya air dan pencegahan bencana alam dengan memberikan peringatan dini (*early warning system*) berdasarkan peramalan atau prediksi

data hujan. Ilmu Hidrologi juga berguna dalam perancangan bangunan – bangunan hidrolik.

1.2 Apakah Ilmu Hidrologi?

Hidrologi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari proses siklus hidrologi, perubahan zat, perpindahan, distribusi, dan manajemen sumberdaya air untuk pemenuhan kebutuhan – kebutuhan air baku dan pengelolaan sumberdaya air di semesta serta hubungannya dengan lingkungan. Air memiliki banyak sekali fungsi dalam lingkungan, yaitu sebagai habitat tanaman dan hewan air, media transport bahan-bahan kimia dan sedimen. Air menjadi media perpindahan pada proses erosi maupun sedimentasi. Hal-hal yang berkaitan yang dipelajari dalam hidrologi meliputi kejadian atau fase pembentukan air berdasarkan jenis zat (cair, gas, dan padat), distribusi air permukaan tanah dan air tanah, serta dampak ketersediaan air terhadap kebutuhan makhluk hidup dan pengaruhnya terhadap lingkungan.

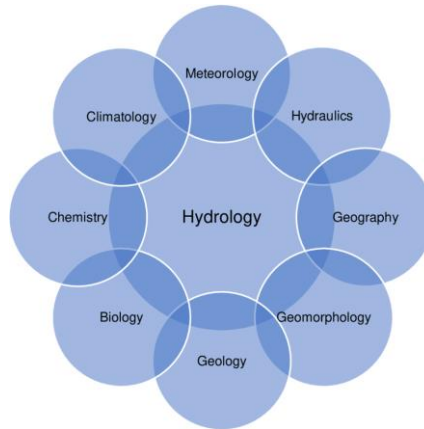
1.3 Data Hidrologi

Seorang ahli hidrologi akan mengerjakan analisa data hidrologi untuk tujuan perencanaan, melakukan manajemen terhadap penggunaan sumberdaya air dan melakukan kontrol (*monitoring*) kualitas air untuk tujuan konservasi. Analisa dilakukan terhadap data hidrologi, seperti halnya data hujan, tinggi muka air, kecepatan aliran, debit, laju infiltrasi, Panjang sungai, luas daerah aliran sungai dan data klimatologi. Data klimatologi meliputi suhu udara, kelembaban udara, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin. Pada umumnya manajemen sumberdaya air dilakukan pada waduk yang sering disebut sebagai operasi waduk. Pemanfaatan air di waduk pada umumnya dihunakan untuk keperluan irigasi, dan kebutuhan air

baku, walaupun waduk sendiri memiliki fungsi yang lain yaitu pembangkit tenaga listrik (PLTA), pengendalian banjir, pariwisata, dan perikanan. Langkah konservasi dan kontrol terhadap sumberdaya air dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran dan pengamatan indikator pencemaran pada badan air dan melakukan pengolahan terhadap air limbah. Pemantauan kualitas air memerlukan data parameter kualitas air. Parameter kualitas air bersih meliputi warna dan rasa air, kandungan *biological oxygen demand (BOD)*, *consumed oxygen demand (COD)*, dan *dissolved oxygen (DO)*, konsentrasi sedimen, kandungan senyawa Kimia, dan nutrisi pada air. Analisa yang berkaitan dengan daerah aliran sungai akan memerlukan data luas, titik berat dan kemiringan lahan dari daerah aliran sungai, data sungai utama dan percabangannya, data bathimetri dan biota air yang hidup di dalamnya. Data hidrologi pada umumnya diperoleh dari pengukuran langsung (*recording, sensing, transmitting*) maupun hasil hitungan dengan pendekatan Data tersebut diperlukan untuk melakukan analisa dan kajian yang akhirnya dapat melakukan perancangan, serta manajemen dan pengembangan sumberdaya air. Contoh analisa hidrologi adalah kajian prediksi pencegahan dan pengendalian banjir, manajemen pembuangan dan pengolahan air limbah, pengelolaan dan manajemen pengadaan air bersih, manajemen operasi waduk dan perencanaan bangunan air

Ahli hidrologi dalam melakukan pekerjaannya akan bekerja sama dengan ahli-ahli dari berbagai bidang ilmu karena pada setiap Analisa permasalahan di bidang hidrologi selalu akan berkaitan dengan bidang dan ilmu lain yang sangat mendukung. Bidang ilmu yang sering dibutuhkan dalam analisa hidrologi adalah hidrolika, kimia, biologi, geologi, fisika, meteorologi, oseanografi, limnologi, ekonomi, dan sosial budaya. Ahli hidrologi juga akan bekerja sama dengan beberapa pihak yang memiliki kewenangan yang berkaitan langsung dengan

pengambilan keputusan dalam permasalahan hidrologi, yaitu pemerintah atau kepala daerah serta dengan pemangku kepentingan (*stakeholder*) dan masyarakat pengguna air atau penduduk setempat.



Gambar 1.2 Multidisiplin ilmu yang berkaitan dengan hidrologi

Sumber: researchgate.com

Soal Evaluasi

Jawablah pertanyaan berikut ini:

1. Permasalahan sumberdaya air (dalam lingkup ilmu hidrologi) yang manakah yang terjadi di kota tempat tinggalmu?
2. Sebutkan bukti nyata pengaruh ENSO di Indonesia.
3. Data apa saja yang diperlukan untuk melakukan pengamatan standard air limbah sebelum dilepas atau dialirkan ke sungai?
4. Sebutkan analisa terhadap data hujan, dalam ilmu hidrologi.
5. Sebutkan keahlian yang dibutuhkan dalam perencanaan pembangunan sebuah waduk.
6. Berapakah persentase jumlah total air permukaan di alam raya ini?
7. Apakah pengaruh fenomena ENSO pada fase El Nino di Indonesia?

BAB II

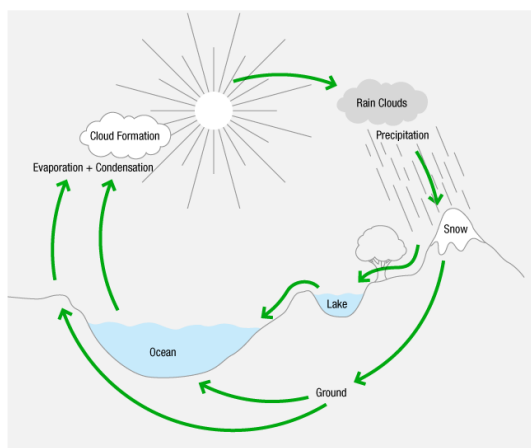
SIKLUS HIDROLOGI DAN NERACA AIR

Tujuan pembelajaran:

Mahasiswa mampu menjelaskan kronologi siklus hidrologi dan menjelaskan mekanisme setiap fase siklus hidrologi. Mahasiswa mampu menggunakan prinsip neraca air dalam memecahkan perhitungan keseimbangan kuantitas air dari berbagai besaran hidrologi dalam siklus hidrologi.

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan siklus penting yang terjadi di alam semesta. Siklus hidrologi berupa model konseptual yang menggambarkan pergerakan maupun perpindahan air, perubahan zat (cair, gas dan padat) dan pengisian tampungan (badan air). Kejadian tersebut berurutan dan kemudian berulang kembali sehingga siklus hidrologi disebut sebagai siklus tertutup karena membentuk loop yang saling terhubung.



Gambar 2.1 Siklus hidrologi bersifat tertutup

Sumber: scribd.com

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkadir, A., Wuddivira, M. N., & Abdu, N. (2011). Use of Horton Infiltration Model in Estimating Infiltration Characteristics of an Alfisol in the Northern Guinea Savanna of Nigeria. *Journal of Agricultural Science and Technology*
- Allen, R. G., Pereira, L. S., & Raes, D. (1998). Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 56.
<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm#Contents>
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Penyusunan Neraca Spasial Sumber Data Alam – Sumber Daya Air*. SNI 6728:2015. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Perhitungan Debit Andalan Sungai dengan Kurva Durasi Debit*. SNI 6738:2015. Jakarta.
- Bauwer, S. W., (2010). A Modified Horton Equation for Infiltration During Intermittent Rainfall. *Hydrological Sciences Journal*, 19:2, 219-225, DOI: 10.1080/02626667409493900
- Bengtson, H. H. (2014). *Introduction to Flood Routing Methods*. Continuing Education and Development. USDA. Washington.
- Bhagat, R. (2018). *Unit Hydrograph*. Civil Engineering Department. Yeswantrao Chavan College of Engineering. Nagpur
- Burton, J. (2003). *Integrated Water Resource Management on a Basin Level. A Training Manual*. UNESCO.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001319/131933e.pdf>
- Chin, D. (2018). On the relationship between curve numbers and phi indices. *Water Science and Engineering*
- Chow, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Chow, V. T. (1988). *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Derek, W. (2006). *The Water Cycle and Water Budget in Illionis*. Illionis DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822699-5.00019-7>

- Fadhil, M. Y., Hidayat, Y., & Murtilaksono, K. (2021). Perubahan Penggunaan Lahan dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, Vol. 26 (2): 213–220 DOI: 10.18343/jipi.26.2.213
- Finch, J., & Calver, A. (2008) *Methods for the quantification of evaporation from lakes prepared for the World Meteorological Organization's Commission for Hydrology*. Wallingford Oxfordshire
- Guero, P. (2006). *Rainfall Analysis and Flood Hydrograph Determination in the Munster Blackwater Catchment*. Department of Civil and Environmental Engineering. University College Cork.
- Haan, C. T. (1979). *Statistical Methods in Hydrology*. The Iowa State University Press. Iowa.
- Harto, S. Br., (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pusaka Utama. Jakarta
- Harto, S. Br., (2000). *Hidrologi: Teori. Masalah. Penyelesaian; Nafiri Offset*. Yogyakarta.
- Jain, S. K., & Singh, V. P., (2023). *Engineering Hydrology: An Introduction to Processes, Analysis, and Modelling*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Johnson, A., I. (2000). *A Field Method for Measurement of Infiltration*. United States Government Printing Office. Washington.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Lestari, I. (2019). *Pakar Hidrologi Unpad Ungkap Tiga Masalah Penyebab Banjir di Jatinangor dan Rancaekek*. Kantor Komunikasi Publik. <https://www.unpad.ac.id/2021/01/pakar-hidrologi-unpad-ungkap-tiga-masalah-penyebab-banjir-di-jatinangor-dan-rancaekek/>
- Linsley, R. K., Kohler, M.A., & Paulhus, J. L. H. (1982). *Hydrology for Engineers*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.
- Lvovitch, M. L. (1972). *World Water Balance*. Symposium of World Water Balance. IASH-Unesco.
- Mohajerani., Zema, D. A., & Borja, M. E. (2021). *Understanding the water balance and its estimation methods. Monitoring, Mapping and Tools to Assess Precipitation Events*. Elsevier.
- Natakusumah, D. K., Hatmoko, W., & Harlan, D. (2011). *Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya*. *Jurnal Teknik Sipil* Vol. 18. No. 3. Institut Teknologi Bandung.

- Nichols, J., Eichinger, W., & Cooper, D. I. (2004). Comparison of Evaporation Estimation Methods for A Riparian Area Final Report. IIHR-Hydrosience & Engineering College of Engineering University of Iowa Iowa City
- Poyen, F., Ghosh, A. K., & Kundu, P. (2016). Review on Different Evapotranspiration Empirical Equations. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*. Vol-2. Issue-3:17
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2016). Modul 03 Hidrologi dan Neraca Air. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). Modul 05 Hidrologi dan Hidrolika Sungai. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. (2017). Modul 04 Hidrologi Sungai. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta
- Ramadhan, A. (2023). Analisis Karakteristik Curah Hujan dengan Metoda Mann Kendal Test dan Median Crossing Test di Kota Padang Pariaman. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Rawls, W., Brakensiek, D., & Miller, N. (1983). Green-ampt Infiltration Parameters from Soils Data. *Journal of Hydraulic Engineering*. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9429(1983)109:1(62)
- Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., & Kannan, R. (2017). Rainfall-runoff Estimation Using SCS-CN and GIS Approach in the Pappiredipatti Watershed of the Vaniyar Sub Basin South India. Springerlink.com
- Savabi, M. R., & Williams, J. R. (2020). Water Balance and Percolation. The Hydrology Laboratory. USDA-Agricultural Research Service. Kansas State University.
- Scheneper, T., Groh, J., & Gerke, H. H., (2022). Evaluation of Precipitation Measurement Methods Using Data from Precision Lysimeter network. *Hydrology and Earth Sciences Journal*.
- Singh, V. P. (2017). *Handbook of Applied Hydrology* Second Edition. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Singh, V. P., Mishra, A. K., & Chowdary. (2017). *Climate Change and Its Impact on Water Resources*. McGraw-Hill Book Company. New York.https://www.researchgate.net/publication/314210788_Clim

ate_Change_and_Its_Impact_on_Water_Resources/link/597a41d64585151e3585b83b

- Soewarno. (1995). Hidrologi: Aplikasi Statistika untuk Analisa Data Jilid 2. Penerbit Nova. Bandung.
- Soil Conservation Service. (1972). National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. Washington, D.C.
- Sujono, J. (2023). Hidrologi Terapan: Transformasi Hujan – Aliran dengan HEC-HMS. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi Offset. Yogyakarta.
- Szilagyi, J. (2020). Water Balance Backward: Estimation of Annual Watershed Precipitation and Its Long-Term Trend with the Help of the Calibration-Free Generalized Complementary Relationship of Evaporation. MDPI
- Todd, K. D. (1982). Ground Water. John Wiley & sons. New York.
- Triatmodjo, B. (2008). Hidrologi Terapan. Beta Offset. Yogyakarta.
- Urban Drainage and Flood Control District. (1995). User Manual Colorado Urban Hydrograph Procedure Computer Program. UDFCD Denver.
- Urban Drainage and Flood Control District. (2002). Drainage Criteria Manual. UDFCD Denver.
- Wanielista., & Martin, P. (1997). Hidrology Water Quantity and Quality Control. John Wiley & sons. Canada.
- Weaver, C. (2003). Methods for Estimating Peak Discharges and Unit Hydrographs for Streams in the City of Charlotte and Mecklenburg County. North Carolina Prepared in cooperation with the City of Charlotte and Mecklenburg
- Westphal, J. A. (2001). Hydrology for Drainage System Design and Analysis. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Yates. D., & Strzepe, K. (1994). Potential Evapotranspiration Methods and their Impact on the Assessment of River Basin Runoff Under Climate Change. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg Austria.

<http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=2232>

<https://learn.hydrologystudio.com/studio-express/knowledge-base/nrcs-scs-hydrographs/>

https://www.researchgate.net/figure/sohyet-map-of-the-study-area_fig5_234153752

https://www.researchgate.net/figure/Concept-of-reservoir-water-balance_fig2_359836943
https://www.researchgate.net/figure/Transformation-of-precipitation-into-runoff_fig3_263051173
https://www.researchgate.net/figure/Flow-chart-showing-Methodology-to-estimate-runoff-by-SCS-CN-model_fig1_325848252
<https://www.britannica.com/science/global-warming>
<https://docs.bentley.com/LiveContent/web/Bentley%20StormCAD%20SS5-v1/en/GUID-C6F1AB31F8B9478EBD4BE876713659F9.html>
<https://byjus.com/question-answer/depth-area-duration-curves-would-seem-to-resemble/>
<https://extension.umn.edu/irrigation/basics-irrigation-scheduling>
<https://www.embibe.com/questions/Heat-changes-water-to-vapour.-Water-vapour-cools-and-forms-rain-clouds.-What-will-happen-if-the-Earth-becomes-warmer%3F-Think-and-answer-the-question-given-below.%0AWill-it-cause-more-rain-in-certain-regions%3F%0A/EM3024785>
<https://gmd.copernicus.org/articles/15/7287/2022/>
<https://www.noaa.gov/understanding-el-nino>
<https://hudsonwatershed.org/what-is-a-watershed/>
[https:// thewatershedproject.org/what-is-a-watershed/](https://thewatershedproject.org/what-is-a-watershed/)
<http://www.alanasmith.com/theory-Calculating-Effective-Rainfall-The-Horton-Equation.htm>
<https://www.britannica.com/science/water-cycle>
https://www.researchgate.net/figure/b-Class-A-evaporation-pan_fig3_328090650
<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/lysimeters>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816218303631>
<https://www.worldagroforestry.org/publication/fungsi-hidrologi-pada-daerah-aliran-sungai-das-pemahaman-pemantauan-dan-evaluasi>
https://iahs.info/uploads/dms/16960.13-091-128-whole-Ch08_sm.pdf
<https://www.bmkg.go.id/iklim/el-nino.bmkg>
<https://www.iitg.ac.in/kartha/CE551/Lectures/Lecture13.pdf>
<https://d32ogoqmya1dw8.cloudfront.net/files/geoinformatics/steps/1415571867.pdf>
<https://www.tutor2u.net/geography/reference/physical-factors-affecting-flood-hydrograph-dynamics>

<https://www.engineeringenotes.com/water-engineering-2/precipitation/precipitation-mechanism-types-and-measurement-water-engineering/44204>
<https://www.britannica.com/science/climate-meteorology/Mechanisms-of-precipitation-release>
<https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/ric/Our%20activities/International/CP6-Precipitation.pdf>
<https://www.studysmarter.co.uk/explanations/geography/water-cycle/storm-hydrographs/>

APPENDIX

Dd	= indeks kerapatan sungai [1/km]
L	= panjang total sungai utama dan anak sungainya [km]
A	= luas daerah aliran sungai [km ²]
I	= jumlah air yang masuk dalam tampungan (<i>input</i>) [m ³].
O	= jumlah air yang keluar dari tampungan (<i>output</i>) [m ³].
ΔS	= perubahan tampungan atau perbedaan sistem [m ³].
P	= tinggi persipitasi [mm].
B	= debit aliran dasar (<i>subsurface flow</i>) [m ³ /s].
R	= debit aliran permukaan (<i>surface run off</i>) [m ³ /s].
E	= tinggi evaporasi [mm].
ET	= tinggi evapotranspirasi [mm].
F	= laju infiltrasi [mm/jam].
ΔS	= perubahan tampungan [m ³].
O_{ir}	= debit irigasi [m ³ /s].
O_{ab}	= debit air baku [m ³ /s].
O_{pl}	= debit PLTA [m ³ /s].
O_{sp}	= debit pelimpah atau <i>spillway</i> [m ³ /s].
ASM	= kelembaban tanah awal (<i>avaliabel soil moisture</i>) [mm]
DSM	= <i>defisit soil moisture</i> [mm]
FC	= kapasitas lapang (<i>field capacity</i>) [mm]
D	= perkolasi [mm]
d	= jarak antar stasiun (Km)
d_o	= radius korelasi (berkurang dengan faktor e)
Z_1	= kesalahan peralatan (%)
C_v	= koefisien variasi
$r(o)$	= koefisien korelasi yang diekstrapolasi untuk jarak 0 Km
$r(d)$	= koefisien korelasi, diekstrapolasi untuk jarak d [Km]
A	= luas DAS [Km ²]
n	= jumlah stasiun hujan

L	= jarak antar stasiun dalam suatu segitiga sama sisi [Km]
Z_2	= kesalahan interpolasi (%).
p	= hujan rerata tahunan [mm]
$\bar{p}$	= hujan rerata dari n stasiun [mm]
n	= jumlah stasiun yang ada, jumlah data, jumlah kelas data
P_x	= data hujan yang hilang pada stasiun X [mm]
$P_a, P_b,$	= data hujan pada stasiun A, B, dan seterusnya [mm]
N_x	= hujan tahunan normal pada stasiun X [mm]
$N_a, N_b,$	= hujan tahunan normal di stasiun A, B [mm]
Y_i	= data hujan ke- i ,
Y	= data hujan rerata- i ,
S_K, S_o	= standard deviasi
D_y	= simpangan rata-rata
t	= variabel t-terhitung
$\bar{X}_1$	= rata-rata hitung sample set ke-1 X
$\bar{X}_2$	= rata-rata hitung sample set ke-2 X
N_1	= jumlah sampel set ke – 1
N_2	= jumlah sampel set ke – 2
i	= intensitas hujan [mm/jam atau mm/hari]
t	= durasi hujan [menit atau jam]
a, b, n	= konstanta pada persamaan intensitas
R_{24}	= hujan harian maksimum [mm/hari]
E_L	= evaporasi yang terjadi
K	= koefisien panci evaporasi (0,6 – 0,8)
K'	= koefisien panci evaporasi kelas A (1,5)
es_L	= tekanan uap jenuh pada suhu maksimum di atas permukaan air waduk [in Hg]
es_P	= tekanan uap jenuh pada suhu maksimum di atas permukaan air panci [in Hg]
K	= tetapan empirik
U_z	= kecepatan angin di ketinggian z [m/s]
$e_w,$	= tekanan uap air maksimum [in Hg]
e_a, e_z	= tekanan uap air di ketinggian z [in Hg]

ρ_a	= massa jenis udara [Kg/m^3]
ρ_w	= massa jenis air [Kg/m^3]
u_2	= kecepatan angin dengan ketinggian 2 m [m/s]
z_2	= elevasi pengukuran [m]
k	= tetapan von karman
P	= tekanan udara [Kpa]
R_n	= radiasi matahari netto [W/m^2]
R_d	= radiasi matahari dengan penyinaran maksimum [W/m^2]
E_r	= evaporasi dari seluruh energi radiasi matahari [mm]
H	= peningkatan suhu [Kj/Kg]
G	= <i>ground heat fluks</i> [Kj/Kg]
LE	= panas yang tersedia untuk penguapan [Kj/Kg]
L_v	= <i>latent heat of vaporation</i> [Kj/Kg]
M_v	= laju aliran uap (<i>vapor flow rate</i>) [mm/s]
ρ_w	= massa jenis air [Kg/m^3]
E_a	= laju penguapan metoda aerodinamik [mm/s]
E_r	= laju penguapan metoda keseimbangan energi [mm/s]
Δ	= gradien tekanan uap air jenuh
γ	= tetapan psikometrik
C_p	= <i>specific heat</i> [$\text{J/Kg}^\circ\text{C}$]
K_h	= <i>heat diffusivity</i>
K_w	= <i>vapor eddy diffusivity</i>
P	= tekanan udara [kPa]
ET	= evapotranspirasi potensial bulanan (cm)
T_m	= temperatur rata-rata bulanan ($^\circ\text{C}$)
I	= indeks panas tahunan, tidak termasuk suhu negatif
B	= faktor koreksi akibat perbedaan panjang hari setiap bln.
E_{to}	= evapotranspirasi acuan (mm/hari)
c	= faktor penyesuaian Blanney - Criddle
p	= persentase panjang siang hari dalam 1 tahun.
T	= temperatur harian rerata pada periode pengukuran ($^\circ\text{C}$)
E_{to}	= evapotranspirasi acuan (mm/hari)
c	= faktor penyesuaian metoda radiasi [m/s]

W	= faktor pembobot, tergantung elevasi dan temperatur.
R_s	= Radiasi matahari
n	= jumlah radiasi matahari per hari [jam]
N	= rerata penyinaran matahari maksimum harian [jam]
R_a	= <i>extra terrestrial radiation</i>
i	= intensitas hujan (mm)
q	= debit (mm/jam)
t_c	= tampungan cekungan (mm)
d_p	= detention permukaan (mm)
f_p	= laju infiltrasi pada waktu ke t [mm/jam]
f_c	= laju infiltrasi tetap [mm/jam]
f_o	= laju infiltrasi awal [mm/jam]
F_p	= infiltrasi kumulatif [m^3]
k	= konstanta geofisik
t_p	= waktu ponding (<i>ponding time</i>)
$f(t)$	= laju infiltrasi [mm/jam]
$F(t)$	= infiltrasi kumulatif [m^3]
$F(t)h$	= infiltrasi kumulatif pada arah horizontal [m^3]
S	= fungsi potential suction
k	= konduktivitas hidrolik
f	= laju infiltrasi sebelum ponding [mm/jam]
F	= infiltrasi kumulatif sebelum ponding [m^3]
f_p	= laju infiltrasi setelah ponding [mm/jam]
F_p	= infiltrasi kumulatif setelah ponding [m^3]
ψ	= kapilaritas rata-rata
$\Delta\theta$	= perbedaan kelembaban tanah
t_o	= waktu setelah ponding [jam]
K_s	= konduktivitas hidrolik (inchi/hari)
θ_s	= kelembaban tanah jenuh
θ_i	= kelembaban tanah
Q	= debit limpasan permukaan [m^3/s]
f	= factor koreksi konversi satuan, 0,00278 jika A dalam ha.
C	= koefisien limpasan permukaan

I	= intensitas hujan rencana [mm/menit]
A	= luas daerah yang ditinjau [ha]
T_c	= waktu konsentrasi [menit]
L	= saluran terpanjang atau jarak terjauh dari titik tinjau [m]
L	= Panjang Sungai [Km]
S, i	= kemiringan lahan atau dasar saluran
N	= <i>flow retardance factor</i>
α	= angka pengaliran atau koefisien pengaliran
B, β	= angka reduksi
q	= curah hujan maksimum terpusat pada DAS [m/s]
R_{24}	= Curah hujan maksimum [mm]
R_t	= intensitas hujan rencana
R_n	= Curah hujan maksimum [mm/hari]
t	= durasi hujan [jam]
t_k	= waktu konsentrasi [jam]
v	= kecepatan aliran [m/s]
H	= tinggi dari titik pengamatan ke titik terjauh sungai [m]
Pe	= hujan efektif [inchi]
P	= tinggi hujan kumulatif [inchi]
F	= infiltrasi kumulatif [inchi]
la	= abstraksi awal (<i>initial abstraction</i>) [inchi]
T_p	= <i>time lag</i> [jam]
tr	= lama hujan efektif [jam]
t_R	= lama hujan efektif yang digunakan dalam analisa [jam]
T_pR	= selisih waktu antara hujan efektif dengan lama t_R [jam]
q_p	= debit puncak per luas DAS dengan durasi t_e [cfs/m ³]
q_{pR}	= debit puncak per luas DAS dengan durasi t_r [cfs/m ³]
L_c	= panjang sungai (titik kontrol ke titik berat DAS) [mil]
C_t	= koefisien ($0,61 < C_t < 0,94$)
C_p	= koefisien ($0,4 < C_p < 8,0$)
W_{75}	= lebar HSS saat debit sama dengan 75% debit puncak
W_{50}	= lebar HSS saat debit sama dengan 50% debit puncak
T_b	= waktu dasar (<i>base time</i>) [jam]

T_p	= lag time [jam]
CN	= curve number
Y	= kemiringan lahan daerah aliran sungai
T_r	= waktu naik [jam]
D	= durasi hujan [jam]
B	= waktu turun [jam]
Q_p	= debit puncak [m^3/s]
Q_p	= debit puncak (m^3/s)
Q_a	= ordinat hidrograf satuan pada sisi naik (m^3/s)
Q_d	= ordinat hidrograf satuan pada sisi turun (m^3/s)
R_o	= hujan satuan (mm)
T_p	= waktu antara awal hujan hingga debit puncak (jam)
$T_{0.3}$	= waktu 30% di awal sisi turun (jam)
L	= panjang alur sungai (Km)
T_g	= waktu konsentrasi (jam)
K	= koefisien tampungan
Δx	= sungai penggal sungai yang ditinjau [m]
Δv	= kecepatan rata-rata gelombang banjir [m/s]
X	= parameter berat relatif
Q	= Debit maksimum [m^3/s]
S_o	= Kemiringan dasar penggal sungai yang ditinjau
B	= Lebar maksimum penggal yang ditinjau [m]
Γ	= fungsi gamma dari n
K	= koefisien tampungan
Q	= outflow [m^3/s]
n	= jumlah tahun yang diamati
m	= peringkat atau urutan data.
$(\bar{x})$	= nilai rata-rata
(s)	= standard deviasi
K	= faktor frekuensi
X^2	= Parameter chi kuadrat
E_f	= frekuensi yang diharapkan menurut pembagian kelas
O_f	= frekuensi yang diamati menurut pembagian kelas

D_k	= derajat kebebasan
P	= jumlah parameter (2 untuk chi kuadrat)
E_N	= fungsi distribusi empiris
n_i	= jumlah data yang kurang dari Y_i
N	= jumlah data ($y_1, y_2, y_3, \dots y_n$)

LAMPIRAN

Lampiran 1

Cover Description		Curve Numbers for Hydrologic Soil Group			
Cover Type and Hydrologic Condition	Average % Impervious Area ^[a]	A	B	C	D
Fully developed urban areas (vegetation established)					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.): ^[b]					
Poor condition (grass cover < 50%)		68	79	86	89
Fair condition (grass cover 50% to 75%)		49	69	79	84
Good condition (grass cover > 75%)		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way)		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way)		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way)		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) ^[c]		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
0.05 ha or less (town houses)	65	77	85	90	92
0.1 ha	38	61	75	83	87
0.13ha	30	57	72	81	86
0.2 ha	25	54	70	80	85
0.4 ha	20	51	68	79	84
0.8 ha	12	46	65	77	82
Developing urban areas					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) ^[d]		77	86	91	94
^[a] The average percent impervious area shown was used to develop the composite CNs. Other assumptions are as follows: impervious areas are directly connected to the drainage system, impervious areas have a CN of 98, and pervious areas are considered equivalent to open space in good hydrologic condition. ^[b] CNs shown are equivalent to those of pasture. Composite CNs may be computed for other combinations of open space cover type. ^[c] Composite CNs for natural desert landscaping should be computed using procedures from SCS (1986) based on the impervious area percentage (CN = 98) and the pervious area CNs. The pervious area CNs are assumed equivalent to desert shrub in poor hydrologic condition. ^[d] Composite CN to use for the design of temporary measures during grading and construction should be computed using procedures from SCS (1986) based on the degree of development (impervious area percentage) and the CNs for the newly graded pervious areas. Adapted from SCS (1986).					

Lampiran 2

Land Use or Crop	Treatment or Practice ^[a]	Hydrologic Condition ^[b]	Curve Number for Hydrologic Soil Group			
			A	B	C	D
Fallow	Bare soil		77	86	91	94
	Crop residue (CR)	Poor	76	85	90	93
		Good	74	83	88	90
Row crops	Straight row (SR)	Poor	72	81	88	91
		Good	67	78	85	89
	SR + CR	Poor	71	80	87	90
		Good	64	75	82	85
	Contoured (C)	Poor	70	79	84	88
		Good	65	75	82	86
	C + CR	Poor	69	75	82	86
		Good	64	74	81	85
	C + Terraced (T)	Poor	66	74	80	82
		Good	62	71	78	81
	C + T + CR	Poor	65	73	79	81
		Good	61	70	77	80
Small grain	Straight row	Poor	65	76	84	88
		Good	63	75	83	87
	SR + CR	Poor	64	75	83	86
		Good	60	72	80	84
	Contoured	Poor	63	74	82	85
		Good	61	73	81	84
	C + T	Poor	61	72	79	82
		Good	59	70	78	81
Close-seeded legumes or rotation meadow	C + T + CR	Poor	60	71	78	81
		Good	58	69	77	80
	Straight row	Poor	66	77	85	89
		Good	58	72	81	85
	Contoured	Poor	64	75	83	85
		Good	55	69	78	83
	C + T	Poor	63	73	80	83
		Good	51	67	76	80

^[a] Crop residue cover applies only if residue is on at least 5% of the surface throughout the year.

^[b] Hydrologic condition is based on combination factors that affect infiltration and runoff, including (a) density and canopy of vegetative areas, (b) amount of year-round cover, (c) amount of grass or close-seeded legumes, (d) percent of residue cover on the land surface (good $\geq 20\%$), and (e) degree of surface roughness.

Source: SCS (1972, 1986).

Lampiran 3

Cover Description		Curve Numbers for Hydrologic Soil Groups			
Cover Type	Hydrologic Condition	A	B	C	D
Other agricultural lands					
Pasture or range: continuous forage for grazing ^(a)	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow (permanent) protected from grazing	Good	30	58	71	78
Brush: brush-weed-grass mixture with brush the major element ^(a)	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30	48	65	73
Woods-grass combination (orchard or tree farm) ^(b)	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods or forest land ^(c)	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30	55	70	77
Farmsteads		59	74	82	86
Arid and semiarid rangelands^(d)					
Herbaceous: mixture of grass, weeds, and low-growing brush (brush the minor element)	Poor	^(e)	80	87	93
	Fair	^(e)	71	81	89
	Good	^(e)	62	74	85
Oak-aspen-mountain brush	Poor	^(e)	66	74	79
	Fair	^(e)	48	57	63
	Good	^(e)	30	41	48
Pinyon, juniper or both; grass understory	Poor	^(e)	75	85	89
	Fair	^(e)	58	73	80
	Good	^(e)	41	61	71
Sagebrush with grass understory	Poor	^(e)	67	80	85
	Fair	^(e)	51	63	70
	Good	^(e)	35	47	55
Desert shrub	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84
^(a) Poor: < 50% ground cover Fair: 50 to 75% ground cover Good: > 75% ground cover ^(b) Computed for 50% woods and 50% grass; use CN for woods and pasture for other percentages. ^(c) Poor: forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning Fair: woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil Good: woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil ^(d) Poor: < 30% ground cover (litter, grass, and brush overstory) Fair: 30 to 70% ground cover Good: > 70% ground cover ^(e) Curve numbers not developed. Source: SCS (1986).					

Lampiran 4

Soil Group	Description	Basic Infiltration Rate, f_c (mm/h)
A	<i>Lowest Runoff Potential.</i> Includes deep sands with very little silt and clay, also deep rapidly permeable loess.	8 to 12
B	<i>Moderately Low Runoff Potential.</i> Mostly sandy soils less deep than A, and loess less deep or less aggregated than A, but the group as a whole has above average infiltration after thorough wetting.	4 to 8
C	<i>Moderately High Runoff Potential.</i> Comprises shallow soils and soils containing considerable clay and colloids, though less than those of group D. The group has below-average infiltration after presaturation.	1 to 4
D	<i>Highest Runoff Potential.</i> Includes mostly clays of high swelling percent, but the group also includes some shallow soils with nearly impermeable subhorizons near the surface.	0 to 1

Source: SCS (1972).

Lampiran 5

Curve Number for Condition II	Factor to Convert Curve Number from Condition II to		
	Condition I	Condition III	
10	0.40	2.22	
20	0.45	1.85	
30	0.50	1.67	
40	0.55	1.50	
50	0.62	1.40	
60	0.67	1.30	
70	0.73	1.21	
80	0.79	1.14	
90	0.87	1.07	
100	1.00	1.00	
Condition	General Description	5-Day Antecedent Rainfall (mm)	
		Dormant Season	Growing Season
I	Optimum soil condition from about lower plastic limit to wilting point	<13	<36
II	Average value for annual floods	13 to 28	36 to 53
III	Heavy rainfall or light rainfall and low temperatures within 5 days prior to the given storm	>28	>53

Source: SCS (1972).

Lampiran 6

Koefisien Limpasan untuk Metoda Rasional
 | (McGuen, 1989 dalam Suripin 2003)

No	Deskripsi Lahan / Karakter Pemukaan	Koefisien C
1.	Bisnis - Perkotaan - Pinggiran	0,70 – 0,95 0,50 – 0,70
2.	Perumahan - rumah tunggal - multiunit terpisah, terpisah - multiunit, tergabung - perkampungan - apartemen	0,30 – 0,50 0,40 – 0,60 0,60 – 0,75 0,25 – 0,40 0,50 – 0,70
3	Industri - ringan - berat	0,50 – 0,80 0,60 – 0,90
	Perkerasan - aspal dan beton - batu bata, paving	0,70 – 0,95 0,50 – 0,70
	Atap	0,75 – 0,95
	Halaman, tanah berpasir - datar 2% - rata-rata 2 – 7% - curam 7%	0,05 – 0,10 0,10 – 0,15 0,15 – 0,20
	Halaman tanah berat - datar 2% - rata-rata 2 – 7% - curam 7%	0,13 – 0,17 0,18 – 0,22 0,25 – 0,35
	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
	Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
	Taman, pekuburan	0,10 – 0,25
	Hutan - datar, 0 – 5% - bergelombang, 5 – 10% - berbukit 10 – 30%	0,10 – 0,40 0,25 – 0,50 0,30 – 0,60

Lampiran 7

Percentage Points of the Chi-Square Distribution									
Degrees of Freedom	Probability of a larger value of χ^2								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

Lampiran 8

Tabel nilai kritis Smirnov Kolmogorov

$n \backslash \alpha$	0.001	0.01	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2
1		0.99500	0.99000	0.97500	0.95000	0.92500	0.90000
2	0.97764	0.92930	0.90000	0.84189	0.77639	0.72614	0.68377
3	0.92063	0.82900	0.78456	0.70760	0.63604	0.59582	0.56481
4	0.85046	0.73421	0.68887	0.62394	0.56522	0.52476	0.49265
5	0.78137	0.66855	0.62718	0.56327	0.50945	0.47439	0.44697
6	0.72479	0.61660	0.57741	0.51926	0.46799	0.43526	0.41035
7	0.67930	0.57580	0.53844	0.48343	0.43607	0.40497	0.38145
8	0.64098	0.54180	0.50654	0.45427	0.40962	0.38062	0.35828
9	0.60846	0.51330	0.47960	0.43001	0.38746	0.36006	0.33907
10	0.58042	0.48895	0.45662	0.40925	0.36866	0.34250	0.32257
11	0.55588	0.46770	0.43670	0.39122	0.35242	0.32734	0.30826
12	0.53422	0.44905	0.41918	0.37543	0.33815	0.31408	0.29573
13	0.51490	0.43246	0.40362	0.36143	0.32548	0.30233	0.28466
14	0.49753	0.41760	0.38970	0.34890	0.31417	0.29181	0.27477
15	0.48182	0.40420	0.37713	0.33760	0.30397	0.28233	0.26585
16	0.46750	0.39200	0.36571	0.32733	0.29471	0.27372	0.25774
17	0.45440	0.38085	0.35528	0.31796	0.28627	0.26587	0.25035
18	0.44234	0.37063	0.34569	0.30936	0.27851	0.25867	0.24356
19	0.43119	0.36116	0.33685	0.30142	0.27135	0.25202	0.23731
20	0.42085	0.35240	0.32866	0.29407	0.26473	0.24587	0.23152
25	0.37843	0.31656	0.30349	0.26404	0.23767	0.22074	0.20786
30	0.34672	0.28988	0.27704	0.24170	0.21756	0.20207	0.19029
35	0.32187	0.26898	0.25649	0.22424	0.20184	0.18748	0.17655
40	0.30169	0.25188	0.23993	0.21017	0.18939	0.17610	0.16601
45	0.28482	0.23780	0.22621	0.19842	0.17881	0.16626	0.15673
50	0.27051	0.22585	0.21460	0.18845	0.16982	0.15790	0.14886
OVER 50	1.94947	1.62762	1.51743	1.35810	1.22385	1.13795	1.07275
	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$	$\sqrt{n}$

Lampiran 9

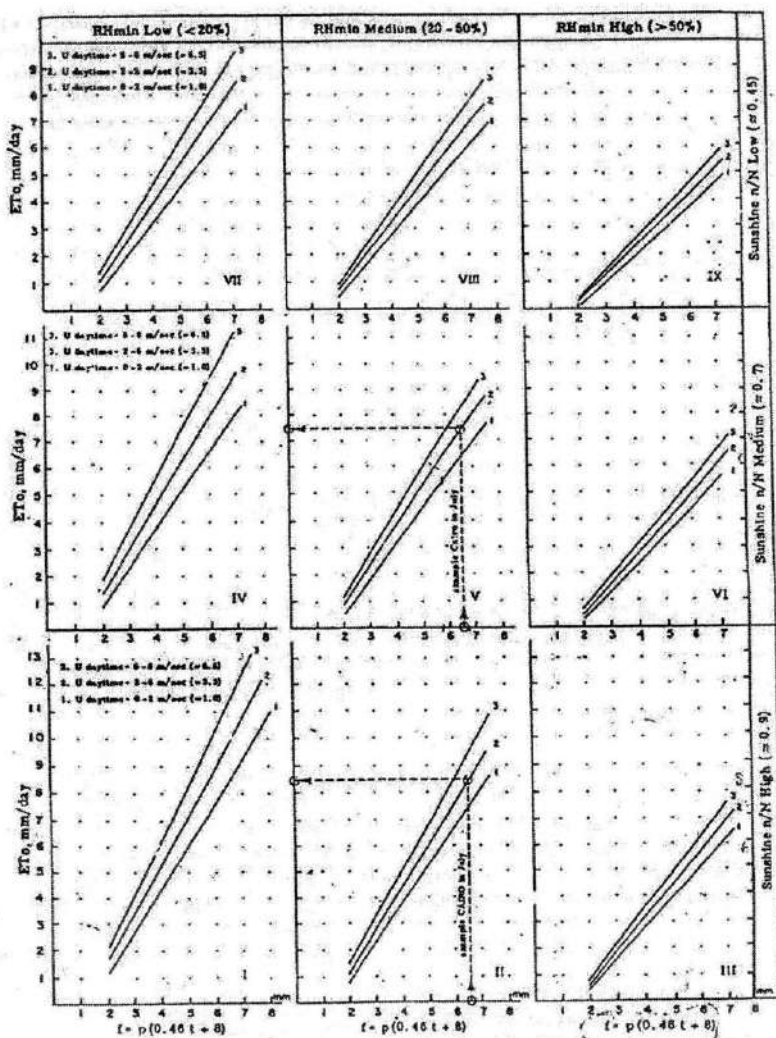


Fig.1 Prediction of ET_0 from Blaney-Criddle f factor for different conditions of minimum relative humidity, sunshine duration and day time wind.

Lampiran 10

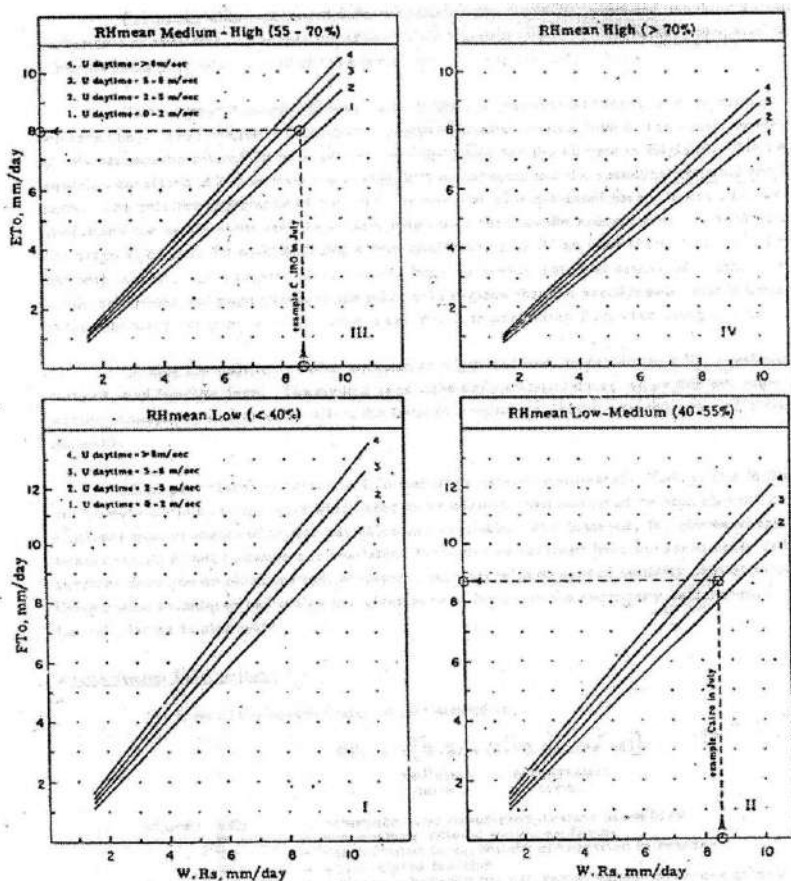


Fig.2 Prediction of ETo from $W.Rs$ for different conditions of mean relative humidity and day time wind.

Lampiran 11

Weighting Factor (W) for the effect of radiation on ETo						
T °	Altitude (m)					
	0	500	1000	2000	3000	4000
2	0.43	0.45	0.46	0.49	0.52	0.55
4	0.46	0.48	0.49	0.52	0.55	0.58
6	0.49	0.51	0.52	0.55	0.58	0.61
8	0.52	0.54	0.55	0.58	0.61	0.64
10	0.55	0.57	0.58	0.61	0.64	0.66
12	0.58	0.60	0.61	0.64	0.66	0.69
14	0.61	0.62	0.64	0.66	0.69	0.71
16	0.64	0.65	0.66	0.69	0.71	0.73
18	0.66	0.67	0.69	0.71	0.73	0.76
20	0.68	0.70	0.71	0.73	0.75	0.78
22	0.71	0.72	0.73	0.75	0.77	0.79
24	0.73	0.74	0.75	0.77	0.79	0.81
26	0.75	0.76	0.77	0.79	0.81	0.83
28	0.77	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84
30	0.78	0.79	0.80	0.82	0.84	0.85
32	0.80	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86
34	0.82	0.82	0.83	0.85	0.86	0.88
36	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.89
38	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.90
40	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90

Lampiran 12

Table A			Table B		Table C	
n/N	Rns/Ra	f(n/N)	T °	f(T)	ed	f(ed)
0	0.19	0.10	0	11	6	0.23
0.05	0.21	0.15	2	11.4	8	0.22
0.10	0.22	0.19	4	11.7	10	0.20
0.15	0.24	0.24	6	12	12	0.19
0.20	0.26	0.28	8	12.4	14	0.18
0.25	0.28	0.33	10	12.7	16	0.16
0.30	0.30	0.37	12	13.1	18	0.15
0.35	0.32	0.42	14	13.5	20	0.14
0.40	0.34	0.46	16	13.8	22	0.13
0.45	0.36	0.51	18	14.2	24	0.12
0.50	0.37	0.55	20	14.6	26	0.12
0.55	0.39	0.60	22	15	28	0.11
0.60	0.41	0.64	24	15.4	30	0.10
0.65	0.43	0.69	26	15.9	32	0.09
0.70	0.45	0.73	28	16.3	34	0.08
0.75	0.47	0.78	30	16.7	36	0.08
0.80	0.49	0.82	32	17.2	38	0.07
0.85	0.51	0.87	34	17.7	40	0.06
0.90	0.52	0.91	36	18.1		
0.95	0.54	0.96				
1.0	0.56	1.0				

Lampiran 13

Latitude	Mean Daily Percentage (P) of Annual Daytime Hours											
North	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dec
South	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
60	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

Lampiran 14-1

Latitude	Extra Terrestrial Radiation (Ra) Expressed in equivalent evaporation [mm/day]											
	North	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov
50	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2
48	4.3	6.6	9.8	13	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5	3.7
46	4.9	7.1	10.2	13.3	16	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6	4.7
42	5.9	8.1	11	14	16.2	17.3	16.7	15	12.2	9.1	6.5	5.2
40	6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7	5.7
38	6.9	9	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10	7.5	6.1
36	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8	6.6
34	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32	8.3	10.2	12.8	15	16.5	17	16.8	15.6	13.6	11.2	9	7.8
30	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12	9.9	8.8
26	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13	11.1	10.2
20	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18	11.6	13	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12	11.1
16	12	13.3	14.7	15.6	16	15.9	15.9	15.7	15	13.9	12.4	11.6
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5

Lampiran 14-2

Latitude	Extra Terrestrial Radiation (Ra) Expressed in equivalent evaporation [mm/day]												
	North	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dec
10		13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8		13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6		13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15	14.2	13.7
4		14.3	15	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2		14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0		15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Lampiran 14-3

Latitude	Extra Terrestrial Radiation (Ra) Expressed in equivalent evaporation [mm/day]											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dec
50	17.5	14.7	10.9	7	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4	6	9.3	13.2	16.6	18.2
46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14	16.8	18.3
40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11	14.2	16.9	18.3
38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17	18.3
36	17.9	16	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17	18.2
34	17.8	16.1	13.5	10.5	8	6.8	7.2	9.2	12	14.9	17.1	18.2
32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
30	17.8	16.4	14	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1

Lampiran 14-4

Latitude	Extra Terrestrial Radiation (Ra) Expressed in equivalent evaporation [mm/day]											
	South	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov
28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13	15.4	17.2	17.9
26	17.6	16.4	14.4	12	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.4	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10	11.6	13.7	15.7	17	17.5
20	17.3	16.5	15	13	11	10	10.4	12	13.9	15.8	17	17.4
18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12	16.6	16.3	15.4	14	12.5	11.6	12	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.2	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16	16
6	15.8	16	15.6	14.7	13.4	12.8	14.1	14	15	15.7	15.8	15.7
4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	14.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	14.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
0	15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	15.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Lampiran 15

Latitude	Mean Daily Duration of Maximum Possible Sunshine Hours (N)											
North	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dec
South	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
50	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14	12.6	11	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15	14.7	13.7	12.5	11.2	10	9.3
35	10.1	11	11.9	13.1	14	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12	12.9	13.6	14	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12	12.7	13.3	13.7	13.5	13	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11	11.5	12	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12	11.9	11.8
0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1

Lampiran 16

T (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ea (mbar)	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,3	10	10,7	11,5	12,3	13,1	14	15
T (°C)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
ea (mbar)	16,1	17	18,2	19,4	20,6	22	23,4	24,9	26,4	28,1	29,8	31,7	33,6	35,7
T (°C)	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	39	39		
ea (mbar)	37,8	40,1	42,4	44,9	47,6	50,3	53,2	56,2	59,4	62,8	66,3	69,9		

Lampiran 17

Wind [Km/day]	Values of Wind Function $F(u) = 0.27 + \left(1 + \frac{u_2}{100}\right)$, for wind run at 2m height [Km/day]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	-	0.30	0.32	0.35	0.38	0.41	0.43	0.46	0.49	0.51
100	0.54	0.57	0.59	0.62	0.65	0.67	0.70	0.73	0.76	0.78
200	0.81	0.84	0.86	0.89	0.92	0.94	0.91	1.00	1.03	1.05
300	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.21	1.24	1.27	1.30	1.32
400	1.35	1.38	1.40	1.43	1.46	1.49	1.51	1.54	1.57	1.59
500	1.62	1.65	1.67	1.70	1.73	1.76	1.78	1.81	1.84	1.90
600	1.89	1.92	1.94	1.97	2.00	2.02	2.05	2.08	2.11	2.15
700	2.16	2.19	2.21	2.24	2.27	2.29	2.32	2.35	2.38	2.40
800	2.43	2.46	2.48	2.51	2.54	2.56	2.59	2.62	2.64	2.65
900	2.70									

Lampiran 18

RH	RHmax = 30%				RHmax = 60%				RHmax = 90%			
Rs	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Uday	Uday/Unight = 4											
0	0.86	0.90	1	1	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.79	0.84	0.92	0.97	0.92	1	1.11	1.19	0.99	1.10	1.27	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.93	0.85	0.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.33
9	0.55	0.65	0.78	0.90	0.76	0.88	1.02	1.14	0.88	1.01	1.16	1.27
Uday/Unight = 3												
0	0.86	0.90	1	1	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.76	0.81	0.88	0.94	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.04	1.18	1.28
6	0.61	0.68	0.81	0.88	0.77	0.88	1.02	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.46	0.56	0.72	0.82	0.67	0.79	0.88	1.05	0.78	0.92	1.06	1.18
Uday/Unight = 2												
0	0.86	0.90	1	1	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.69	0.76	0.85	0.92	0.83	0.91	0.99	1.05	0.89	0.98	1.10	1.14
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.80	0.94	1.02	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.48	0.65	0.76	0.59	0.70	0.84	0.95	0.71	0.81	0.96	1.06
Uday/Unight = 1												
0	0.86	0.90	1	1	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.49	0.71	0.82	0.89	0.78	0.86	0.94	0.99	0.85	0.92	1.01	1.05
6	0.43	0.53	0.68	0.79	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.95	1.00
9	0.27	0.41	0.59	0.70	0.50	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96

Hidrologi mempelajari tentang kronologi siklus hidrologi, mekanisme, proses, metoda perhitungan dan pengukuran besaran hidrologi, serta mengerti konsep dasar neraca air. Hidrologi mempelajari pengukuran data hujan yang akan dianalisa dalam perhitungan debit rancangan limpasan permukaan, menggunakan analisa frekuensi. Hidrologi mempelajari penentuan debit andalan waduk sebagai dasar pengoperasian waduk. Hidrologi menentukan hidrograf banjir dan penurunan hidrograf satuan suatu daerah aliran sungai serta melakukan penelusuran banjir dan aliran di saluran maupun tampungan.

Fransiska Yustiana

HIDROLOGI



Jl. PKH. Mustapha No.23 Bandung 4012
Telpon. +62 22 7272215, Fax. +62 22 7202892
Email: penerbit@itenas.ac.id
Website: <http://penerbit.itenas.ac.id/>

ISBN 978-623-7525-60-8

