

BAB II

LANDASAN TEORI

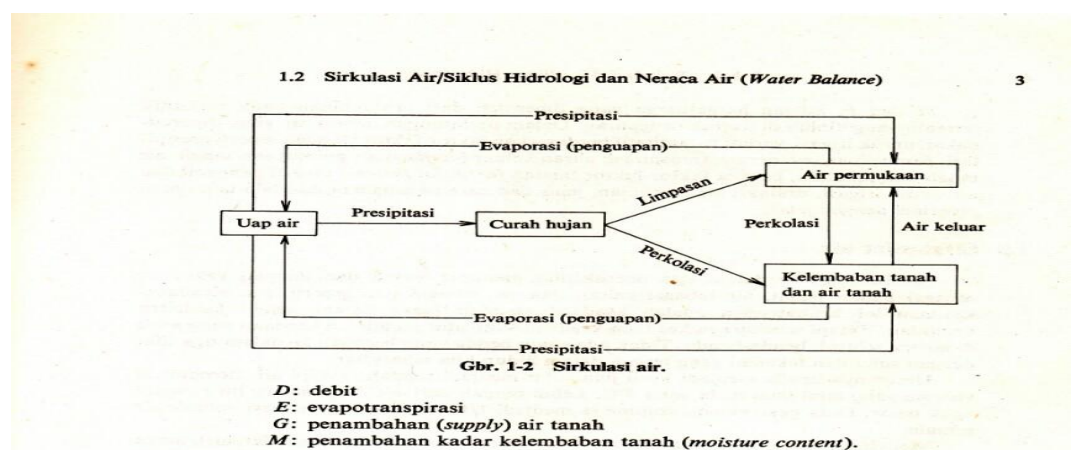
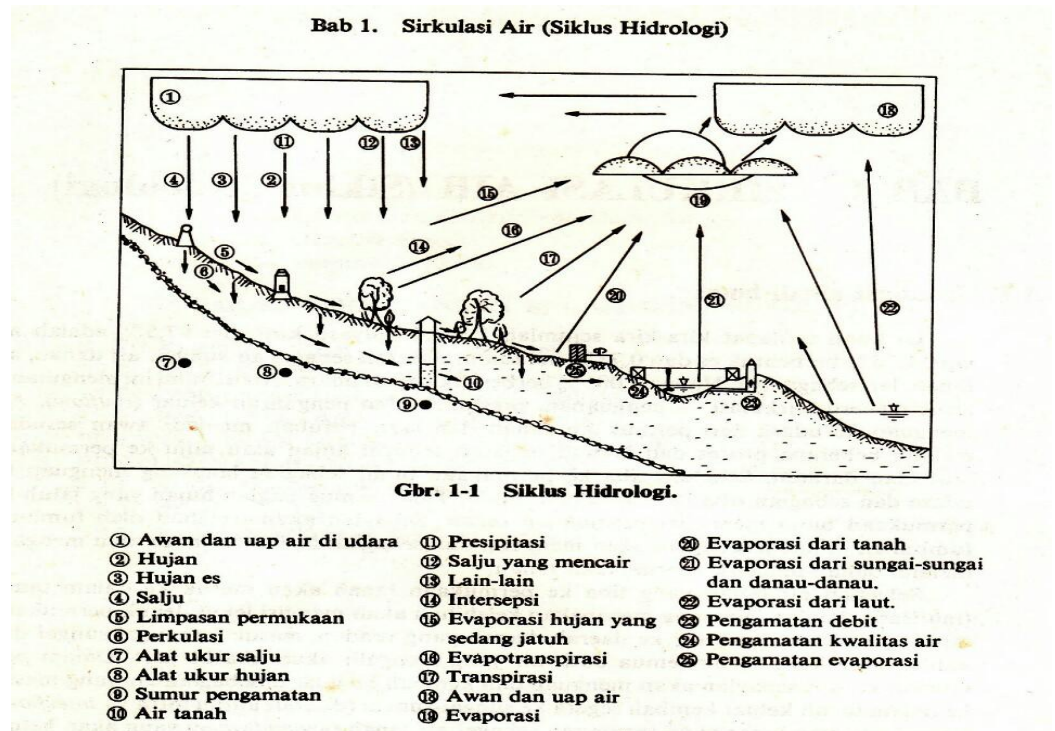
2.1 Siklus Hidrologi

Dibumi terdapat kira-kira sejumlah 1,3-1,4 milyar km^3 : 97,5% adalah air laut, 1,75% berbentuk es dan 0,73% berada didarat sebagai air sungai, air danau, air tanah, dsb. Hanya 0,001% berbentuk uap diudara. Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan sebagian tiba ke permukaan bumi.

Sebagian air hujan yang tiba ke permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Bagian lain yang merupakan kelebihan akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah, kemudian mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar kembali segera ke sungai-sungai (disebut aliran intra=interflow). Tetapi sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (groundwater) yang akan keluar sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama ke permukaan tanah di daerah-daerah yang rendah (disebut groundwater runoff = lintasan air tanah).

2.1.1 Tahapan-tahapan Siklus Hidrologi

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi



Sebuah siklus pastilah mempunyai beberapa tahapan yang berangkai.

Tahapan- tahapan tersebut apabila tergabung antara satu dengan yang

lainnya maka akan terciptalah sebuah siklus. Dengan kata lain, siklus ini terjadi karena adanya tahapan- tahapan yang saling berkaitan satu sama lain dan bentuknya memutar. Siklus hidrologi ini setidaknya mencakup 9 tahap, yakni evaporasi, transpirasi, evapotranspirasi, sublimasi, kondensasi, adveksi, presipitasi, run off, dan infiltrasi. Siklus air secara umum dapat digambarkan dalam gambar diatas. Gambar diatas menunjukkan langkah- langkah atau tahapan siklus hidrologi yang membentuk gerakan memutar.

a. Evaporasi

Tahapan pertama dalam siklus hidrologi ini adalah evaporasi. Evaporasi merupakan istilah lain dari penguapan. Siklus hidrologi akan dimulai dari adanya penguapan. Penguapan yang mengawali terjadinya siklus hidrologi adalah penguapan dari air yang ada di Bumi, seperti samudera, laut, danau, rawa, sungai , bendungan, bahkan di areal persawahan. Semua air tersebut akan berubah menjadi uap air karena adanya pemanasan dari sinar matahari. Hal inilah yang disebut dengan evaporasi atau penguapan.

b. Transpirasi

Selain evaporasi, ada bentuk penguapan lainnya yakni penguapan yang berasal dari jaringan makhluk hidup. Penguapan yang terjadi di jaringan makhluk hidup ini disebut sebagai transpirasi. Transpirasi ini terjadi di jaringan hewan maupun tumbuhan.

Sama halnya dengan evaporasi, transpirasi ini juga mengubah air yang berwujud cair dari jaringan makhluk hidup tersebut menjadi uap air. Uap air ini juga akan terbawa ke atas, yakni ke atmosfer. Namun, biasanya

penguapan yang terjadi karena transpirasi ini jumlahnya lebih sedikit atau lebih kecil daripada penguapan yang terjadi karena evaporasi.

c. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi ini merupakan gabungan dari evapotasi dan juga transpirasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa evapotranspirasi ini merupakan total penguapan air atau penguapan air secara keseluruhan, baik yang ada di permukaan Bumi atau tanah maupun di jaringan makhluk hidup. Dalam siklus hidrologi, evapotranspirasi ini sangatlah mempengaruhi jumlah uap air yang ternagkut ke atas atau ke atmosfer Bumi.

d. Sublimasi

Tahapan yang lainnya adalah sublimasi. Jadi selain melalui proses penguapan, naiknya uap air ke atmosfer ini juga terjadi melalui proses sublimasi. Apa sebenarnya sublimasi itu? Sublimasi merupakan proses perubahan es di kutub atau di puncak gunung menjadi uap air, tanpa harus melalui proses cair terlebih dahulu.

Sublimasi ini juga tidak sebanyak penguapan (evaporasi maupun transpirasi), namun meski sedikit tetap saja sublimasi ini berkontribusi erat terhadap jumlah uap air yang terangkat ke atmosfer. Dibandingkan dengan evaporasi maupun transpirasi, proses sublimasi ini berjalan lebih lambat dari pada keduanya. Sublimasi ini terjadi pada tahap siklus hidrologi panjang.

e. Kondensasi

Kondensasi merupakan proses berubahnya uap air menjadi partikel-partikel es (baca: hujan es). Ketika uap air dari proses evaporasi, transpirasi, evapotranspirasi, dan sublimasi sudah mencapai ketinggian tertentu, uap air tersebut akan berubah menjadi partikel-partikel es yang berukuran sangat kecil melalui proses kondensasi. Perubahan wujud ini terjadi karena pengaruh suhu udara yang sangat rendah saat berada di ketinggian tersebut. Partikel-partikel es yang terbentuk tersebut akan saling mendekati satu sama lain dan bersatu hingga membentuk sebuah awan. Semakin banyak partikel es yang bersatu, maka akan semakin tebal dan juga hitam awan yang terbentuk. Inilah hasil dari proses kondensasi.

f. Adveksi

Adveksi ini terjadi setelah partikel-partikel es membentuk sebuah awan. Adveksi merupakan perpindahan awan dari satu titik ke titik lainnya namun masih dalam satu horisontal. Jadi setelah partikel-partikel es membentuk sebuah awan yang hitam dan gelap, awan tersebut dapat berpindah dari satu titik ke titik yang lain dalam satu horizontal.

Proses adveksi ini terjadi karena adanya angin maupun perbedaan tekanan udara sehingga mengakibatkan awan tersebut berpindah. Proses adveksi ini memungkinkan awan akan menyebar dan berpindah dari atmosfer yang berada di lautan menuju atmosfer yang ada di daratan. Namun perlu diketahui bahwa tahapan adveksi ini tidak selalu terjadi dalam proses hidrologi, tahapan ini tidak terjadi dalam siklus hidrologi pendek.

g. Presipitasi

Awan yang telah mengalami proses adveksi tersebut selanjutnya akan mengalami presipitasi. Presipitasi merupakan proses mencairnya awan hitam akibat adanya pengaruh suhu udara yang tinggi. Pada tahapan inilah terjadinya hujan. Sehingga awan hitam yang terbentuk dari partikel es tersebut mencair dan air tersebut jatuh ke Bumi menjadi sebuah hujan. Namun, tidak semua presipitasi menghasilkan air.

Apabila presipitasi terjadi di daerah yang mempunyai suhu terlalu rendah, yakni sekitar kurang dari 0° Celcius, maka presipitasi akan menghasilkan hujan salju. Awan yang banyak mengandung air tersebut akan turun ke litosfer dalam bentuk butiran-butiran salju tipis. Hal ini dapat kita temui di daerah yang mempunyai iklim sub tropis, dimana suhu yang dimiliki tidak terlalu panas seperti di daerah yang mempunyai iklim tropis.

h. Run Off

Tahapan run off ini terjadi ketika sudah di permukaan Bumi. Ketika awan sudah mengalami proses presipitasi dan menjadi air yang jatuh ke Bumi, maka air tersebut akan mengalami proses run off. Run off atau limpasan ini merupakan proses pergerakan air dari tempat yang tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah yang terjadi di permukaan Bumi. Pergerakan air tersebut dapat terjadi melalui saluran-saluran, seperti saluran got, sungai, danau, muara sungai, hingga samudera. Proses ini menyebabkan air yang telah melalui siklus hidrologi akan kembali menuju ke lapisan hidrosfer Bumi.

i. Infiltrasi

Proses selanjutnya adalah proses infiltrasi. Air yang sudah berada di Bumi akibat proses presipitasi, tidak semuanya mengalir di permukaan Bumi dan mengalami run off. Sebagian dari air tersebut akan bergerak menuju ke pori- pori tanah, merembes, dan terakumulasi menjadi air tanah. Sebagian air yang merembes ini hanyalah sebagian kecil saja. Proses pergerakan air ke dalam pori- pori tanah ini disebut sebagai proses infiltrasi. Proses infiltrasi akan secara lambat membawa air tanah untuk menuju kembali ke laut.

Setelah melalui proses run off dan infiltrasi, kemudian air yang telah mengalami siklus hidrologi akan kembali berkumpul ke lautan. Dalam waktu yang berangsur- angsur, air tersebut akan kembali mengalami siklus hidrologi yang baru, dimana diawali dengan evaporasi. Dan itulah kesembilan dari tahapan siklus hidrologi.

2.1.2 Macam-macam Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi yang tahapan- tahapannya telah dijelaskan di atas ternyata tidak hanya terdiri atas satu macam saja. Siklus hidrologi ini terdiri atas beberapa macam. Macam- macam siklus hidrologi ini dilihat dari panjang atau pendeknya proses siklus hidrologi tersebut. Berdasarkan proses panjang dan pendeknya, siklus hidrologi ini dibagi menjadi 3 macam, yakni siklus hidrologi pendek, siklus hidrologi sedang dan siklus hidrologi panjang.

a. Siklus hidrologi pendek

Siklus hidrologi pendek merupakan siklus hidrologi yang tidak mengalami proses adveksi. Uap air yang terbentuk melalui siklus hidrologi akan diturunkan melalui hujan yang terjadi di daerah sekitar laut tersebut. Penjelasan mengenai siklus hidrologi pendek ini adalah sebagai berikut:

- Air laut yang terkena pemanasan sinar matahari akan mengalami penguapan dan menjadi uap air.
- Uap air tersebut akan mengalami kondensasi dan membentuk awan
- Awan yang terbentuk tersebut akan menjadi hujan di sekitar permukaan laut tersebut.

b. Siklus hidrologi sedang

Siklus yang selanjutnya adalah siklus hidrologi sedang. Siklus hidrologi sedang merupakan siklus hidrologi yang umum terjadi di Indonesia. Hasil dari siklus hidrologi sedang ini adalah turunnya hujan di atas daratan. Hal ini karena proses adveksi akan membawa awan yang terbentuk ke atas daratan. penjelasan mengenai siklus hidrologi sedang ini adalah sebagai berikut:

- Air laut yang terkena pemanasan sinar matahari akan mengalami penguapan dan menjadi uap air
- Uap air yang sudah terbentuk mengalami proses adveksi karena adanya angin dan tekanan udara, sehingga bergerak menuju ke daratan
- Di atmosfer daratan, uap air tersebut akan membentuk awan dan kemudian akan berubah menjadi hujan

- Air hujan yang jatuh di permukaan Bumi atau daratan akan mengalami run off, menuju ke sungai dan kembali ke laut.

c. Siklus hidrologi panjang

Siklus yang selanjutnya adalah siklus hidrologi panjang. Siklus hidrologi panjang merupakan siklus hidrologi yang umum terjadi di daerah beriklim sub tropis atau di daerah pegunungan. Melalui siklus hidrologi panjang ini hujan tidak langsung berbentuk air, namun turun dalam bentuk salju ataupun gletser terlebih dahulu. Penjelasan mengenai siklus hidrologi sedang ini adalah sebagai berikut:

- Air laut yang terkena pemanasan sinar matahari akan mengalami penguapan dan menjadi uap air
- Uap air yang telah terbetuk tersebut mengalami proses sublimasi
- Kemudian terbentukla awan yang mengandung kristal- kristal es
- Awan mengalami proses adveksi dan kemudian bergerak ke daratan
- Awan akan mengalami presipitasi dan turun sebagai salju
- Salju akan terakumulasi menjadi gletser
- Gletser tersebut akan mencair karena adanya pengaruh suhu udara dan membentuk aliran sungai
- Air dari gletser dan mengalir di sungai tersebut kemudian akan kembali ke laut.

Itulah macam-macam siklus hidrologi yang dilihat dari panjang dan pendeknya proses yang terjadi. Contoh dari masing- masing proses adalah

hujan lokal di area lautan (siklus hidrologi pendek), hujan di daerah tropis (siklus hidrologi sedang), dan hujan salju (siklus hidrologi panjang).

2.2 DAS

Ialah suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi di mana air yang berasal dari air hujan yang jatuh, terkumpul dalam kawasan tersebut. Gunadari DAS adalah menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya melalui sungai. Air pada DAS merupakan aliran air yang mengalami siklus hidrologi secara alamiah. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga akan dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup.

Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk (terserap) ke dalam tanah (infiltrasi), sedangkan air yang tidak terserap ke dalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) untuk kemudian mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah (*runoff*), untuk selanjutnya masuk ke sungai. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah. Apabila tingkat kelembaban air tanah telah cukup jenuh maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara lateral (horizontal)

untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah (*subsurface flow*) yang kemudian akan mengalir ke sungai.

2.3 Tata Letak

Daerah Irigasi Cimulu masuk ke dalam wilayah ranting Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Unit Pelaksana Teknis Dinas Balai Pendayagunaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Citanduy. Sesuai dengan namanya Balai Besar Wilayah Sungai Citanduy Mengairi daerah irigasi di atas 3.000 Ha yang berada di wilayah Tasikmalaya, Ciamis, Banjar, dan Cilacap.

Secara administrative daerah irigasi cimulu termasuk ke dalam wilayah desa Lengkong Sari, kecamatan Tawang dan kecamatan cipedes kota tasikmalaya, dan sumber airnya berasal dari anak sungai ciloseh di kecamatan sukaratu, kota Tasikmalaya serta berasal dari wilayah sungai citanduy, Jawa Barat.

Areal daerah irigasi Cimulu umumnya merupakan daerah datar yang dibatasi oleh

- Sebelah Utara dibatasi oleh Kelurahan Cipedas
- Sebelah Selatan dibatasi oleh Cibeureum
- Sebelah Timur dibatasi oleh daerah irigasi Cikalang
- Sebelah Barat dibatasi oleh kelurahan Cihideung

2.4 Data Klimatologi

Data berasal dari PSDA Wilayah Sungai Citanduy Stasiun Pataruman berupa data kelembaban udara, temperature udara rata-rata perbulan dan

kecepatan angin tahun 2016 Data tersebut berupa data harian kecuali data kecepatan angin yang berupa data bulanan

Berikut adalah temperatur rata – rata yang diambil dari salah stasiun BMKG di Provinsi Jawa Barat pada tahun 2017:

Tabel 2.1: Suhu Rata – Rata Per Bulan Tahun 2017

BULAN	SUHU RATA - RATA
JANUARI	25.9
FEBRUARI	24.15
MARET	24.82
APRIL	24.88
MEI	24.9
JUNI	24.35
JULI	24.36
AGUSTUS	24.46
SEPTEMBER	25.05
OKTOBER	24.86
NOVEMBER	24.61
DESEMBER	25.15
RATA -RATA	24.79

(Sumber: BMKG Provinsi Jawa Barat Stasiun Tk I Cemara)

Adapun nilai suhu rata – rata digunakan untuk mengetahui besarnya nilai W yang akan dijadikan sebagai bahan perhitungan adalah 24, 79°C, Kabupaten Tasikmalaya berada di 351 Mdpl (meter diatas permukaan laut)

Tabel 2.2 Hubungan Ketinggian Daerah Dengan Suhu

Temperatur T (C) Ketinggian (z) Meter	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69
500	0.44	0.48	0.51	0.54	0.57	0.6	0.62	0.65	0.67	0.7

1000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.6	0.64	0.66	0.69	0.71
2000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.61	0.66	0.69	0.71	0.73
Temperatur T (C) Ketinggian (z) Meter	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.8	0.82	0.83	0.84	0.85
500	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86
1000	0.73	0.75	0.77	0.79	0.8	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
2000	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
Sumber: Hadisusanto (2011)										

Setelah itu kita lihat dalam tabel untuk ketinggian 351 Mdpl dengan suhu rata – rata 24, 79°C yaitu 0,74 setiap bulannya, maka $(1 - W) = 0.26$ setiap bulan setelah itu kita menghitung R_n atau radiasi penyinaran matahari.

- Radiasi Penyinaran Matahari (R_n)

Diketahui lama penyinaran selama tahun 2017 adalah sebagai berikut:\]

Tabel 2.3 Lama Penyinaran Matahari

BULAN	RATA - RATA PENYINARAN DALAM 24 JAM
JANUARI	0.19
FEBRUARI	0.16
MARET	0.18
APRIL	0.17
MEI	0.24
JUNI	0.19
JULI	0.15
AGUSTUS	0.27
SEPTEMBER	0.25
OKTOBER	0.2
NOVEMBER	0.14

DESEMBER	0.18
----------	------

(Sumber: BMKG Provinsi Jawa Barat)

2.5 Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu . Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung semakin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara intensitas , lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung intensitas – durasi - frekuensi (IDF = *Intensity – Duration – Frequency Curve*). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit , 30 menit , 60 menit dan jam – jaman untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari penakar pos hujan otomatis. Selanjutnya brdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat (*Suripin, 2004*)

Untuk menentukan debit banjir rencana (*design flood*) perlu didapatkan harga suatu intensitas hujan terutama bila digunakan metode rasional. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada masa lampau (*Loebis, 1987*)

2.6 Analisis Kebutuhan Air

2.6.1 Kebutuhan air untuk tanaman

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (*Sosrodarsono dan Takeda, 2003*).

Kebutuhan air sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor berikut:

1. Penyiapan lahan
2. Penggunaan konsumtif
3. Perkolasi dan rembesan
4. Pergantian lapisan air
5. Curah hujan efektif.

Dalam hal kebutuhan air irigasi, output yang diharapkan adalah nilai kebutuhan air di pengambilan dalam satuan $m^3/$ detik namun untuk itu ada beberapa tahapan perhitungan yang perlu dilakukan , yaitu:

1. Nilai curah hujan rata – rata setengah bulanan periode 10 tahun

Nilai curah hujan yang digunakan boleh dalam periode 10 tahun bila memungkinkan, kemudian dari data pos curah hujan tersebut diambil rata- rata 15 harian lalu dibuat ranking selama 10 tahun untuk kemudian dipilih peringkat ke 8 terkecil setiap bulannya (R_{80}) lalu nilai rata rata tgl 1 – 15 dan 16 - 31 dicari nilai rata – ratanya (R_e), nilai tersebut dikalikan 70 % bila ingin mendapatkan R_e

Palawija

Untuk mendapatkan hasil lebih akurat bila ada pos / stasiun curah hujan disekitar wilayah maka datanya tersebut dapat diperhitungkan menggunakan cara rata – rata aljabar yaitu perhitungan rata-rata aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan dengan rumus:

$$= \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Dimana:

R = Curah hujan daerah (mm)

n = Jumlah pos curah hujan

R_n = Curah hujan di setiap pos (mm)

Tabel 2.13 Rekapitulasi Curah Hujan Efektif Per Setengah Bulanan

Bulan	Periode	R80	Hujan Efektif Padi	
			70% dari R80	mm / Hari
Januari	1 s/d 15			
	16 s/d 31			

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat dengan cara lain, jika titik pengamatan itu banyak dan tersebar merata di seluruh daerah itu. Keuntungan cara ini ialah bahwa cara ini adalah obyektif yang berbeda dengan umpama cara isohiet, dimana faktor subyektif turut menentukan (Sosorodarsono dan Takeda: 2003).

2.6.2 Evapotranspirasi potensial (E_{To})

Evapotranspirasi potensial pada tanaman banyak dipengaruhi faktor antara lain:

- Faktor penyesuaian kondisi cuaca akibat siang dan malam (C)
- Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari (W)
- Radiasi penyinaran matahari (R_n)
- Fungsi relatif angin ($f(u)$)
- Perbedaan tekanan uap air jenuh dan uap air nyata dalam satuan mbar ($e_a - e_d$)

Bahwasanya penelitian ini menggunakan metode Penman yang dimodifikasi, evapotranspirasi adalah peristiwa kehilangan air dari jaringan tanaman dan permukaan tanah yang dipakai sebagai tempat tumbuhnya tanaman. Dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$E_{To} = C \cdot (W R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d))$$

$$= f(T) \cdot f(ed) \cdot f\left(\frac{n}{N}\right)$$

$$ed = \text{Tekanan uap nyata}$$

$$ea = \text{Tekanan uap jenuh (mbar)}$$

$$\frac{n}{N} = \text{Lama penyinaran}$$

$$= (0.25 + 0.5 \left(\frac{n}{N}\right))$$

Radiasi netto penyinaran matahari (R_n)

$$R_n = R_{ns} - R_{n1}$$

$$R_{ns} = R_s (1 - \alpha) \text{ dimana } \alpha = 0.25 \text{ atau } R_{ns} = 0.75 R_s$$

Dimana nilai R_{n1} adalah harga netto gelombang panjang sedangkan R_{ns} adalah radiasi gelombang pendek netto.

$$R_{n1} = \frac{2.01 \times 10^9 \cdot T^4 (0.34 - 0.044 ed^{0.5}) \times (0.1 + 0.9 \frac{n}{N})}{R_{sN} - R_a}$$

$$R_a = \text{Radiasi ekstrateritorial berdasarkan lokasi (mm / hari)}$$

Apabila nilai radiasi penyinaran matahari (R_n) sudah ditentukan selanjutnya kita dapat mencari fungsi relatif angin ($f(u)$)

Fungsi relatif angin (u)

Sebelum menghitung fungsi relatif angin tentukan terlebih dahulu nilai U_2 yaitu kecepatan angin rata – rata selama 24 jam dalam satuan Km / hari

$$(u) = 0.27 \times (1 + 100U_2)$$

Setelah faktor penyesuaian kondisi cuaca akibat siang dan malam (C), faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari (W), Radiasi penyinaran matahari (R_n) Fungsi relatif angin ($f(u)$) Perbedaan tekanan uap air jenuh dan uap air nyata dalam satuan mbar ($e_a - e_d$) ditemukan nilainya maka nilai Evapotranspirasi potensial (E_{To}) dapat ditemukan.

Tabel 2.14 Rekapitulasi Evapotranspirasi dan Hujan Efektif

Bulan	Periode		R80	50% R80	Re mm / Bulan	Evapotranspirasi		Re Palawija	
						mm / Hari	mm /Bulan	mm / Hari	mm /Bulan
Januari	1 s/d 15								
	16 s/d 31								

2.7 Persiapan Lahan

Evaporasi Terbuka E_0

Sebelum mencari nilai kebutuhan air untuk persiapan lahan ada baiknya mencari terlebih dahulu evaporasi terbuka (E_0)

$$E_0 = E_{To} \times 1,1$$

Nilai E_{To} dapat dilihat melalui tabel rekapitulasi evapotranspirasi dan hujan efektif pada perhitungan sebelumnya. Bila sudah mendapatkan nilai evaporasi transpirasi terbuka..

Perkolasi (P)

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang tertekan di antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah (zona jenuh). Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat-sifat tanah. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan.

Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah. Perkolasi dan rembesan di sawah berdasarkan Direktorat Jenderal Pengairan (1986), yaitu sebesar 2 mm/hari.

Daya perkolasi (P) adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan, yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi tanah dalam zona tidak jenuh yang terletak antara permukaan tanah dengan permukaan air tanah.

Pada tanah-tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan (*puddling*) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/ hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan laju perkolasi bisa lebih tinggi.

Tabel 2.15 Harga Perkolasi dari Berbagai Jenis Tanah

No.	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hr)
1.	<i>Sandy loam</i>	3-6
2.	<i>Loam</i>	2-3
3.	<i>Clay</i>	1-2

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlsha (1968). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt/ha selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut: $IR = Me^k/(e^k - 1)$ dimana:

IR = Kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari)

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan

$$M = E_o + P$$

E = Bilangan Euler

yaitu 2,718 di mana:

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 ET_o selama penyiapan lahan (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

$$K = \frac{M.T}{S}$$

dimana :

T = Jangka waktu penyiapan lahan (30 / 45 hari)

S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan di tambah dengan lapisan air 50 mm

Untuk petak tersier, jangka waktu yang dianjurkan untuk penyiapan lahan adalah 1,5 bulan. Bila penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin, jangka waktu satu bulan dapat dipertimbangkan.

Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (*puddling*) bisa diambil 200 mm. Ini meliputi penjenuhan (*presaturation*) dan penggenangan sawah, pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi artinya nilai S setara 200 mm, 250 sampai dengan 300 mm.

Angka 200 mm di atas mengandaikan bahwa tanah itu "bertekstur berat, cocok digenangi dan bahwa lahan itu belum bera (*tidak ditanami*) selama lebih dari 2,5 bulan. Jika tanah itu dibiarkan bera lebih lama lagi, ambillah 250 mm

sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian (KP-01 2010).

Tabel 2.16 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Persiapan Lahan

No	Parameter	Satuan	Bulan											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ET_0	mm/Hari												
2	E_0	mm/Hari												
3	P	mm/Hari												
4	M	mm/Hari												
5	T	Hari												
6	S	mm												
7	k													
8	IR	mm/Hari												

2.8 Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi

adalah : $NFR = ET_c + P + WLR - Re$

di mana :

$NFR = \text{Netto Field Water Requirement}$ / kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)

$ET_c = \text{Evaporasi tanaman}$ (mm/hari)

$P = \text{Perkolasi}$ (mm/hari)

$WLR = \text{Penggantian lapisan air}$ (mm/ hari)

$Re = \text{Curah hujan efektif}$ (mm/hari)

Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dari tanaman tersebut. Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Dengan:

$$K_c = \text{Koefisien tanaman}$$

$$ET_o = \text{Evapotranspirasi potensial (Penmann modifikasi) (mm/hari)}$$

Koefisien Tanaman ()

Nilai koefisien tanaman padi yang dapat dijadikan rujukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.17 Koefisien Tanaman Padi

Bulan	Nedeco / Prosida		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0.5	1.2	1.2	1.1	1.1
1	1.2	1.27	1.1	1.1
1.5	1.32	1.33	1.1	1.05
2	1.4	1.3	1.1	1.05
2.5	1.35	1.3	1.1	0.95
3	1.24	0	1.05	0
3.5	1.12		0.95	
4	0		0	
Sumber: Dirjen Pengairan, Bina Program PSA 1985				

Penggantian Lapisan Air (WLR)

Penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan (LP). Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu,

lakukan penggantian sebanyak 2 kali masing-masing 50 mm atau setara dengan 100 mm selama 2 bulan atau dengan kata lain 3,3 mm/hari bila pergantian lapisan air selama 30 hari dan 1,1 bila pergantian lapisan air dilakukan selama 60 hari.

Pengolahan Lahan Untuk Palawija

Masa pra-irigasi diperlukan guna menggarap lahan untuk ditanami dan untuk menciptakan kondisi lembab yang memadai untuk persemaian yang baru tumbuh. Banyak air yang bergantung kepada kondisi tanah dan pola tanam yang diterapkan. Jumlah air 50 – 100 mm dianjurkan untuk tanaman ladang dan 100 – 200 mm untuk kebun kecuali jika terdapat kondisi – kondisi khusus.

Hujan Efektif (Re)

Nilai hujan efektif didapat dari hasil tabel rekapitulasi curah hujan yang telah dibuat sebelumnya.

Evapotranspirasi ()

Pada tabel perhitungan air irigasi nilai evapotranspirasi () perhitungan evapotranspirasi diperhitungkan setelah tanaman selesai masa pengolahan lahan (LP) dengan menggunakan rumus:

$$E_{TC} = c \times ET_o$$

Namun apabila status lahan masih dalam tahap pengolahan (LP) maka yang digunakan dalam perhitungan adalah IR (kebutuhan air saat penyiapan lahan).

2.9 Kebutuhan air irigasi (IR)

Efisiensi Irigasi

Besarnya efisiensi irigasi tergantung dari besarnya kehilangan air yang terjadi pada saluran pembawa, mulai dari bendung sampai petak sawah.

Kehilangan air tersebut disebabkan penguapan, perkolasi, kebocoran dan sadap liar. Besarnya angka efisiensi tergantung pada penelitian lapangan pada daerah irigasi. Pada perencanaan jaringan irigasi, tingkat efisiensi ditentukan menurut Ditjen Pengairan tahun 1985 yaitu sebagai berikut:

- Kehilangan air pada saluran primer adalah 5 – 10 % sebagai contoh diambil 10% faktor koefisien 1,10
- Kehilangan air pada saluran sekunder adalah 10- 15 sebagai contoh diambil 14 % maka faktor koefisien 1,14
- Kehilangan air pada saluran sekunder adalah 20 - 25 sebagai contoh diambil 25 % maka faktor koefisien 1,25

$$IR = \frac{NFR}{e}$$

Efisiensi irigasi antara 90 % sampai dengan 65 %, setelah kebutuhan air irigasi diketahui maka untuk menentukan besarnya kebutuhan di pengambilan (DR) maka IR yang memiliki satuan mm / hari diubah menjadi satuan liter / detik/ hektar dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$DR = \frac{IR}{8,64}$$

Kemudian bila ingin merubah satuan dari mm / hari menjadi m^3 / detik maka nilai DR tersebut dapat dikonversi dengan membaginya dengan 1.37.

Pola tanaman dan perencanaan tata tanam

Pola tanam adalah suatu pola penanaman jenis tanaman selama satu tahun yang merupakan kombinasi urutan penanaman. Musim tanam menunjukkan kombinasi jenis tanaman yang ditanam dalam satu tahun adapun kombinasi dalam setahun terjadi tiga kali MT yaitu MT 1, MT 2 dan MT 3. Rencana pola dan tata tanam dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menambah intensitas luas tanam.

Suatu daerah irigasi pada umumnya mempunyai pola tanam tertentu tetapi bila tidak ada pola yang bisa pada daerah tersebut direkomendasikan pola tanaman padi – padi – palawija .

Setelah diperoleh kebutuhan air untuk pengolahan lahan dan pertumbuhan, kemudian dicari besarnya kebutuhan air untuk irigasi berdasarkan pola tanam dan rencana tata tanam dari daerah yang bersangkutan (*Ditjen Pengairan, 1986*).

Tabel 2.18 Pola Tanam Sesuai Ketersediaan Air

No	Ketersediaan Air Untuk Jaringan Irigasi	Pola Tanam Dalam Setahun	
1	Kondisi air melimpah	Padi - Padi - Palawija	Padi - Padi -Padi (Tidak direkomendasikan)
2	Kondisi air cukup	Padi - Padi - Bera	Padi - Palawija - Palawija
3	Kondisi air kurang	Padi - Palawija - Bera	

2.10 Perhitungan Debit Andalan

Perhitungan debit andalan bertujuan untuk menentukan areal persawahan yang dapat diari. Perhitungan ini menggunakan cara analisis *water balance* dari Dr. F.J Mock. Metode ini digunakan untuk menghitung harga debit bulanan, evapotranspirasi, kelembaban air tanah dan tampungan air tanah. Metode ini dihitung berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran (*Soewarno, 2000*)..

Prinsip perhitungan ini adalah hujan yang jatuh diatas tanah (presipitasi) sebagian akan hilang penguapan (*evaporasi*) sebagian akan menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian akan masuk tanah (*infiltrasi*). Infiltrasi mula – mula menjenuhkan permukaan (*top soil*) yang kemudian mmenjadi perkolasi dan akhirnya keluar ke sungai sebagai *base flow*. (*Soewarno, 1995*)

Pada saat itu terjadi *water balance* antara presipitasi, evapotranspirasi, *direct run off* dan ground water discharge. Oleh sebab itu aliran yang terdapat di sungai disebut *run off* dan *base flow* (Soewarno, 1995)

1. Data curah hujan

Untuk perhitungan debit andalan digunakan curah hujan bulanan dengan metode *basic year* pada data ke – m dimana:

$$m = (0.20 \times n)$$

n = Jumlah data

m = Tahun yang digunakan

2. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi terbatas dihitung dari evapotranspirasi potensial metode

Penmann,

Tabel 2.20 Nilai Presentasi Lahan

m (%)	Keterangan
0	Lahan dengan hutan lebat
0	Lahan dengan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah 10 % setiap bulan kering berikutnya
10 s/d 30	Lahan yang tererosi
30 s/d 50	Lahan pertanian yang diolah misal : Sawah

3. Keseimbangan Air (Water Balance)

Perkiraan kapasitas kelembaban tanah (*Soil Moisture Capacity*)

diperlukan pada saat dimulainya simulasi dan besarnya tergantung dari

kondisi porositas keterediaan lapisan atas daerah pengaliran. Biasanya diambil 50 sampai dengan 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air dalam tanah per m^2 . Jika porositas tanah lapisan atas semakin besar, maka kapasitas kelembaban tanah akan besar pula.

4. Limpasan (*run off*) dan tampungan air tanah (*ground water storage*)

Faktor yang mempengaruhi perhitungan limpasan dan tampungan air adalah jenis tanah, jenis tanah akan mempengaruhi infiltrasi / penyerapan air ke dalam tanah. Infiltrasi adalah air yang telah mengisi moisture tanah dan kemudian mengalir vertikal mengisi lapisan kenyang air

$$I_i = WIC \times \text{Water Storage (WSi)}$$

$$I_i = DIC \times \text{Water Storage (WSi)}$$

WIC adalah koefisien infiltrasi pada musim basah sedangkan DIC adalah koefisien infiltrasi saat musim kering. Koefisien infiltrasi biasanya dipengaruhi oleh porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Mock dalam *Land Capability Appraisal Indonesia : Water Availability Appraisal* merekomendasikan besarnya koefisien infiltrasi (i) sebesar 0.4.

5. Neraca Air

Apabila debit andalan sudah ditemukan maka kita melakukan analisis kebutuhan air dengan menjumlahkan kebutuhan air irigasi dengan kebutuhan air baku lalu dibandingkan dengan debit andalannya setiap bulan bila terdapat selisih antara kebutuhan dengan ketersediaan air maka perlu dilakukan langkah atau strategi sebagai berikut::

a. Luas daerah irigasi dikurangi

Bagian – bagian tertentu yang biasa diairi (luas maksimum daerah layanan) tidak diairi

b. Melakukan modifikasi pola tanam

Dapat diadakan perubahan dalam melakukan pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi disawah (liter/ detik/ Ha) agar ada kemungkinan mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.

c. Rotasi teknis atau golongan

Untuk mengurangi kebutuhan puncak air irigasi rotasi teknis atau golongan melibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk proyek irigasi yang luasnya sekitar 10.000 Ha atau lebih.

2.11 Kapasitas Saluran

Debit rencana sebuah saluran dihitung dengan cara:

$$Q = \frac{C \times NFR \times A}{e}$$

Dengan keterangan sebagai berikut:

Q = Debit rencana (liter /detik)

c = Pengurangan karena adanya sistem golongan

NFR = Kebutuhan bersih netto air di sawah (liter /detik)

A = Luas daerah yang diairi (Ha) e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

Jika air yang dialirkan oleh jaringan juga untuk keperluan selain irigasi, maka debit rencana harus ditambah dengan jumlah yang dibutuhkan untuk keperluan itu,

dengan memperhitungkan efisiensi pengaliran. Kebutuhan air lain selain untuk irigasi yaitu kebutuhan air untuk tambak atau kolam, industri maupun air minum yang diambil dari saluran irigasi.

2.12 Kebutuhan Air Di Sawah

Kebutuhan air di sawah untuk padi ditentukan oleh faktor – faktor berikut:

1. cara penyiapan lahan
2. kebutuhan air untuk tanaman
3. perkolasi dan rembesan 4. pergantian lapisan air, dan
- 4 . curah hujan efektif.

Kebutuhan total air di sawah (GFR) mencakup faktor 1 sampai 4. Kebutuhan bersih (*netto*) air di sawah (NFR) juga memperhitungkan curah hujan efektif. Besarnya kebutuhan air di sawah bervariasi menurut tahap pertumbuhan tanaman dan bergantung kepada cara pengolahan lahan. Besarnya kebutuhan air di sawah dinyatakan dalam mm/hari.