

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Ketersediaan Air Irigasi

Limantara (2013) dalam (Retnowati, 2018) menyatakan bahwa ketersediaan air irigasi adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi irigasi dengan risiko kegagalan yang telah diperhitungkan, kebutuhan air irigasi dapat juga disebut debit andalan (*dependable discharge*).

2.1.1 Debit Andalan

Debit andalan dihitung dengan tujuan untuk menentukan debit rencana yang diharapkan selalu tersedia di sungai. Umumnya debit andalan dihitung untuk perencanaan air irigasi, namun pertimbangan mengenai penggunaan air selain untuk kebutuhan irigasi. Berikut ini merupakan tabel mengenai penentuan debit andalan berdasarkan kebutuhannya:

Tabel 2. 1 Debit Andalan Sesuai Kebutuhan

Kebutuhan	Debit Andalan (%)
Air minum	99
Air irigasi	95 – 98
1. Daerah beriklim setengah lembab	70 – 85
2. Daerah beriklim kering	80 – 95
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	85 – 90

(Mori, 2003) menyatakan bahwa kondisi debit andalan dapat dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. Debit air musim kering, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 355 hari dalam satu tahun (97%).
2. Debit air musim rendah, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 275 hari dalam satu tahun (75%)

3. Debit air musim normal, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 185 hari dalam satu tahun (51%)
4. Debit air cukup, debit yang dilampaui oleh debit-debit selama 95 hari dalam satu tahun (26%).

Metode yang digunakan untuk menghitung debit andalan pada penelitian ini adalah metode ranking/probabilitas Weibull. Berikut rumus untuk metode ranking:

$$P = \frac{m}{(n + 1)} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana:

P = Probabilitas (%)

M = Nomor urut data debit

N = Jumlah data pengamatan debit

2.2 Analisis Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan CROPWAT 8.0

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 (Mori, 2003). Perhitungan kebutuhan air irigasi padi didasarkan pada Kriteria Perencanaan Sistem Irigasi (KP-01) yang mengacu pada ketentuan Pekerjaan Umum tahun 2013 (Pekerjaan Umum, 2013). Perkiraan banyaknya air untuk irigasi didasarkan pada faktor-faktor seperti penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi, rembesan, penggantian lapisan air, serta curah hujan efektif.

Cropwat 8.0 adalah *decision support system* yang dikembangkan oleh *Divisi Land and Water Development* FAO berdasarkan metode Penman-Monteith untuk merencanakan dan mengatur irigasi. *Software* Cropwat dikembangkan oleh FAO

pada tahun 1990. Metode Penman-Monteith ini memberikan pendugaan yang akurat sehingga FAO merekomendasikan penggunaannya untuk pendugaan laju evapotranspirasi standar dalam menduga kebutuhan air bagi tanam (Shalsabillah et al., 2018).

Cropwat adalah program berbasis *windows* yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air tanaman dan kebutuhan air irigasi berdasarkan tanah, iklim dan data tanaman. Cropwat dapat digunakan untuk menghitung evapotranspirasi aktual, kebutuhan air irigasi satu jenis tanaman dalam satu hamparan, serta merencanakan pemberian air irigasi (Shalsabillah et al., 2018).

Program Cropwat 8.0 merupakan versi terbaru yang didalamnya mengandung data karakteristik tanah standar dan data karakteristik tanaman standar. Data-data selain data tanah yang diperlukan untuk mengoperasikan Cropwat 8.0 adalah data klimatologi bulanan (temperatur maksimum-minimum atau rata-rata, penyinaran matahari, kelembaban udara, kecepatan angin, dan curah hujan). Data tanaman tersedia dalam program secara terbatas dan dapat ditambahkan atau dimodifikasi sesuai dengan kondisi setempat.

Pengembangan jadwal irigasi dalam Cropwat 8.0 didasarkan pada keseimbangan air tanah harian menggunakan berbagai opsi yang ditentukan pengguna untuk kondisi pasokan air dan pengelolaan irigasi. Pasokan air suatu daerah irigasi (*scheme*) dihitung sesuai dengan pola tanam yang ditentukan oleh pengguna, dan dapat mencakup hingga 20 tanaman.

Fungsi utama Cropwat 8.0 (Anderson & French, 2019) adalah:

1. Menghitung referensi evapotranspirasi
2. Menghitung kebutuhan air tanaman

3. Menghitung kebutuhan air irigasi
4. Menyusun jadwal irigasi
5. Membuat pola ketersediaan air
6. Mengevaluasi curah hujan
7. Mengevaluasi efisiensi praktek irigasi.

2.2.1 Data Input CROPWAT 8.0

Elemen dari program ini merupakan inti dari program Cropwat 8.0 dan terbagi bagian penting diantaranya perhitungan data input proses evapotranspirasi bulanan dan data curah hujan, perhitungan data input crop data dan jadwal tanam, kemudian perhitungan dan hasil dari kebutuhan air irigasi tanaman.

2.2.1.1 Data *Climate/Eto*

Data Climate/Eto dari tabelnya menyajikan tabel data country station (stasiun klimatologi pencatat), altitude (tinggi tempat stasiun pencatat), latitude (letak lintang Utara/Selatan), longitude (letak lintang Timur/Barat), temperatur maksimum dan minimum ($^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}/^{\circ}\text{K}$), kelembapan relatif (%), mm/hg, kPa, mbar), kecepatan angin (km/hari, km/jam, m/det, mile/hari, mile/jam), dan lama penyinaran matahari (jam atau %) seperti tertera pada Gambar 2.1 berikut ini:

The screenshot displays the CROPWAT 8.0 software interface. The main window is titled 'Monthly ETo Penman-Monteith - untitled'. It features a menu bar (File, Edit, Calculations, Charts, Settings, Window, Language, Help) and a toolbar with icons for New, Open, Save, Close, Print, Chart, and Options. On the left side, there is a vertical toolbar with icons for Climate/ETo, Rain, Crop, Soil, CWR, Schedule, Crop Pattern, and Scheme. The central area contains a data entry form for 'Monthly ETo Penman-Monteith'. This form includes input fields for Country, Station, Altitude (m), Latitude (N/S), and Longitude (E/W). Below these fields is a table with columns: Month, Avg Temp (C), Humidity (%), Wind (m/s), Sun (%), Rad (MJ/m²/day), and ETo (mm/day). The table lists months from January to December, followed by an 'Average' row. The 'Rad' and 'ETo' columns are highlighted in yellow. At the bottom of the window, there is a status bar with tabs for ETo file, Rain file, Crop file, Soil file, Planting date, Crop pat file, and Schedule file.

Gambar 2. 1 Tampilan Kotak Informasi Isian Climate/Eto

Proses perhitungan data klimatologi dalam Cropwat 8.0 secara otomatis menggunakan metode Penman-Monteith. Berdasarkan beberapa studi didapatkan bahwa metode ini memberikan pendugaan yang akurat. Sehingga FAO merekomendasikan penggunaannya untuk pendugaan laju evapotranspirasi standar dalam menduga kebutuhan air bagi tanaman (Shalsabillah et al., 2018).

1. Temperatur

Data temperatur dapat berupa temperatur rata-rata bulan pertahun maupun temperatur maksimum dan minimum yang dinyatakan dalam derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$).

2. Kelembaban Udara

Data kelembaban udara dapat berupa data kelembaban relatif dinyatakan dalam % (10-100), atau berupa data tekanan uap dinyatakan dalam kPa (1-9). Program akan secara otomatis membedakan mana nilai tekanan uap dan mana nilai kelembaban relatif.

3. Lama Penyinaran Matahari

Data lama penyinaran matahari dapat berupa persentase rasio sinar matahari (20-100), jam sinar matahari (1-20), dan fraksi sinar matahari dalam 24 jam (20).

4. Kecepatan Angin

Data kecepatan angin biasanya didapat dalam satuan km/hari atau meter/detik, nilai kecepatan angin lebih dari 10 maka harus diinterpretasikan sebagai kecepatan angin dalam km/hari. Sedangkan apabila nilai kecepatan anginnya kurang dari 10 maka diinterpretasikannya dalam m/det.

Rumus perhitungan evapotranspirasi potensial (E_{to}) dengan menggunakan

rumus Penman-Monteith adalah sebagai berikut:

$$E_{to} = \frac{0,408\Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} \times U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \times U_2)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

- E_{to} : Evapotranspirasi tanaman acuan, (mm/hari)
- R_n : Radiasi netto pada permukaan tanaman, (MJ/m²/hari)
- G : Kerapatan angin panas terus-menerus pada tanah, (MJ/m²/hari)
- T : Suhu rata-rata pada ketinggian 2 meter, (m/det)
- U_2 : Kecepatan angin pada ketinggian 2 meter, (m/det)
- e_s : Tekanan uap jenuh, (kPa)
- e_a : Tekanan uap actual, (kPa)
- Δ : Kurva kemiringan tekanan uap, (kPa/⁰C)
- γ : Konstanta psycrometric, (kPa/⁰C)

Penyelesaian persamaan evapotranspirasi diatas terlebih dahulu didapatkan nilai-nilai dari beberapa variabel dan konstanta yang berkaitan yaitu:

a. Konstanta Psychometric (γ)

Konstanta psychometric diberikan oleh panas spesifik pada tekanan konstan, yaitu energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan suhu satu derajat pada tekanan konstan. Konstanta psychometric dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\gamma = \frac{C_p P}{\epsilon \lambda} = 0,665 \times 10^{-3} P \quad (2.3)$$

Keterangan:

- γ : Konstanta psychometric, (kPa/⁰C)

P : Tekanan atmosfer, (kPa)

ε : Rasio berat molekul uap air/udara kering = 0,622

λ : Panas laten penguapan, (MJ/kg)

C_p : Panas kelembaban udara spesifik = 1,013

b. Suhu Harian Rata-rata (T_{mean})

Perhitungan suhu rata-rata yang dimaksud adalah suhu rata-rata aritmatik

c. Kelembaban Relatif (RH)

Kelembaban yang digunakan adalah nilai rata-rata dari kelembaban relatif maksimum (RH_{maks}) dan kelembaban relatif minimum (RH_{min}) yang dinyatakan sebagai kelembaban relatif rata-rata (RH_{mean})

d. Tekanan Uap Jenuh (e_s)

Tekanan uap jenuh adalah jumlah molekul air yang tersimpan di udara pada suhu tertentu. Semakin tinggi suhu, maka kapasitas penyimpanan molekul air dalam udara juga semakin tinggi. Berikut persamaan tekanan uap jenuh

$$e_s(T_a) = 0,611 \left(\frac{17,27 T_a}{T_a + 273,3} \right) \quad (2.4)$$

e. Tekanan Uap Aktual (e_a)

Tekanan uap aktual adalah tekanan uap air di udara. Tekanan uap aktual lebih rendah dari tekanan uap jenuh. Perbedaan antara tekanan uap aktual dan tekanan uap jenuh merupakan defisit tekanan uap jenuh. Tekanan uap aktual dihitung dengan berapa rumus berdasarkan data yang tersedia, diantaranya data suhu titik embun (*dewpoint*), psychrometric dan kelembaban relatif (RH). Suhu *dewpoint* adalah suhu dimana udara membutuhkan pendinginan untuk membuat udara dalam kondisi jenuh. Tekanan uap aktual adalah kejenuhan tekanan uap pada suhu *dewpoint*.

Menurut FAO, apabila data kelembaban relatif tidak tersedia, maka pendekatan lain yang dapat diambil adalah $e_a = e^{\circ}(T_{min})$.

f. Kurva Kemiringan Tekanan Uap (Δ)

Tekanan uap adalah tekanan yang diberikan oleh uap ketika uap berada dalam kesetimbangan dengan bentuk cair atau padat, atau keduanya, dari zat yang sama yaitu ketika kondisinya sedemikian rupa sehingga zat tersebut dapat eksis dalam kedua atau dalam ketiga fase. Berikut persamaannya adalah:

$$\Delta = \frac{4098e_s(T_a)}{(T_a + 273,3)} = \frac{2504\exp\left(\frac{17,27T_a}{T_a + 273,3}\right)}{T_a + 273,3} \quad (2.5)$$

g. Radiasi Netto (R_n)

Radiasi netto (R_n) adalah perbedaan antara radiasi netto gelombang pendek (R_{ns}) dengan radiasi netto gelombang panjang (R_{nl}). Radiasi ekstraterestial (R_a) adalah radiasi yang mencapai permukaan atmosfer bumi. Radiasi matahari atau radiasi gelombang pendek (R_s) adalah radiasi yang menembus permukaan atmosfer yang beberapa telah tersebar, dipantulkan atau diserap oleh awan, gas dan debu (radiasi yang mencapai permukaan bumi dalam periode tertentu). R_s pada hari tak berawan sekitar 75% dari radiasi ekstraterestial dan pada hari berawan radiasi tersebar atmosfer, sedangkan R_s dengan keadaan yang berawan sekitar 25% radiasi masih dapat mencapai permukaan bumi. R_{so} adalah radiasi yang mencapai permukaan bumi dalam periode yang sama tapi dalam kondisi tidak berawan. Lamanya penyinaran matahari relatif (n/N) adalah rasio dari lama penyinaran sebenarnya dengan lama penyinaran matahari maksimum.

Berikut persamaan-persamaan radiasi gelombang:

- Radiasi netto gelombang panjang pada langit yang cerah (R_{so})

$$R_{so} = (0,75 + 2 \times 10^{-5}Z)Ra \quad (2.6)$$

Keterangan:

R_{so} : Radiasi netto gelombang panjang pada langit yang cerah,
(MJ/m²/hari)

Z : Elevasi stasiun, (m)

R_a : Radiasi ekstraterestial, (MJ/m²/hari) dilihat dari Tabel
posisi lintang

- Radiasi netto gelombang pendek (R_{ns})

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \quad (2.7)$$

Keterangan:

R_{so} : Radiasi netto gelombang pendek, (MJ/m²/hari)

α : Albedo/koeffisien refleksi kanopi = 0,23 untuk tanaman
rumput referensi hipotetik, (MJ/m²/hari)

R_a : Radiasi matahari datang, (MJ/m²/hari)

- Radiasi netto gelombang Panjang (R_{nl})

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{(T_{max}^4 + T_{min}^4)}{2} \right] (0,34 - 0,14\sqrt{e_a}) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \quad (2.8)$$

Keterangan:

R_{nl} : radiasi outgoing gelombang panjang netto, (MJ/m²/hari)

σ : tetapan Stefan Boltzman ($4,903 \times 10$) (MJ/m²/hari)

T_{max} : suhu maksimum absolut selama periode 24 jam ($K = ^\circ C$)

+273)

T_{min} : suhu minimum absolut selama periode 24 jam ($K = ^\circ C$

+273)

R_s/R_{so} : Radiasi gelombang pendek relative ($\leq$)

R_s : Radiasi matahari datang. ($MJ/m^2/hari$)

R_{so} : Radiasi gelombang pendek pada langit cerah, ($MJ/m^2/hari$)

- Radiasi netto (R_n)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (2.9)$$

Selisih dari radiasi gelombang pendek datang (R_{ns}) dan gelombang panjang *outgoing* (R_{nl})

h. Kerapatan Panas Terus Menerus (G)

Kerapatan panas terus-menerus pada tanah atau *fluks* panas tanah adalah energi yang digunakan dalam pemanasan tanah. G bernilai positif ketika tanah mengalami pemanasan, dan G bernilai negatif ketika tanah mengalami pendinginan. Nilai *fluks* panas tanah kecil jika dibandingkan dengan R_n , sehingga sering diabaikan. Untuk periode harian dan bulanan, nilai G sangat kecil mendekati nol sehingga nilai G tidak diperhitungkan.

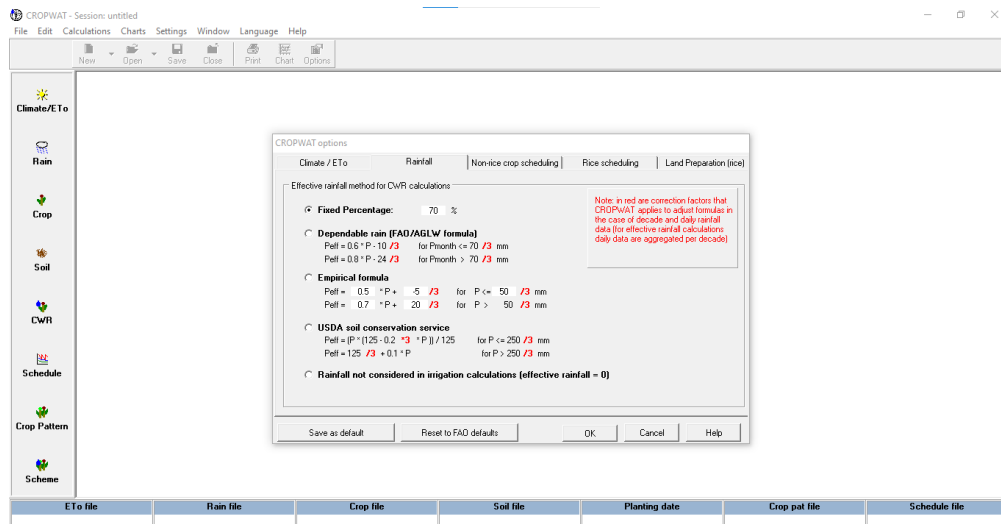
i. Kecepatan Angin pada Ketinggian 2 Meter (U_2)

Kecepatan angin biasanya diukur pada ketinggian tertentu diatas permukaan tanah.

2.2.1.2 Data Curah Hujan (*Rainfall*)

Data total curah hujan pada Cropwat 8.0 menyajikan tabel data curah hujan dalam satuan mm, dan curah hujan efektif dalam mm dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember. *Software* Cropwat 8.0 ini menyediakan 4 metode yang

bisa digunakan untuk menghitung nilai curah hujan efektif diantaranya sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Tampilan Informasi pengaturan Hujan Efektif

1. Nilai Persentase Tertentu (*Fixed Percentage*)

Penetapan hujan efektif didasarkan pada nilai presentase tertentu dari hujan bulanan dengan nilai $\alpha = 0,7 - 0,9$. Berikut merupakan rumus dari metode *fixed percentage*:

$$P_e = \alpha \times P_{total} \quad (2.10)$$

2. Hujan Andalan (*Dependable Rain*)

Hujan andalan atau *dependable rain* adalah hujan dengan peluang terlewat 80%, yang menggambarkan kondisi tahun kering. Secara empiris menurut FAO hujan efektif ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$P_e = 0,6 \times (P - 24), \text{ Untuk } P_{total} > 70\text{mm} \quad ()$$

$$P_e = 0,6 \times (P - 10), \text{ Untuk } P_{total} < 70\text{mm} \quad ()$$

Keterangan:

P_{eff} : Hujan Efektif (mm/bulan)

P : Curah hujan bulanan (mm/bulan)

3. Rumus Empiris (*Empirical Formula*)

Penetapan rumus empiris atau *empirical formula* dikembangkan berdasarkan penelitian secara lokal, untuk Indonesia peluang hujan terlewati adalah 75%, sehingga dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$P_e = a \times (P + b), \text{ Untuk } P_{\text{total}} > z \text{ mm} \quad (2.11)$$

$$P_e = c \times (P + d), \text{ Untuk } P_{\text{total}} < z \text{ mm} \quad (2.12)$$

Keterangan:

P_{eff} : Hujan Efektif

a,b,c,d,z : Koefisien korelasi

4. USDA Soil Conservation Service Methode

Perhitungan hujan efektif menggunakan metode USDA *Soil Conservation Service Method* dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$P_e = P_{\text{total}} \times \left(\frac{125 - 0,2P_{\text{total}}}{125} \right), \text{ Untuk } P_{\text{total}} > 250 \text{ mm} \quad (2.13)$$

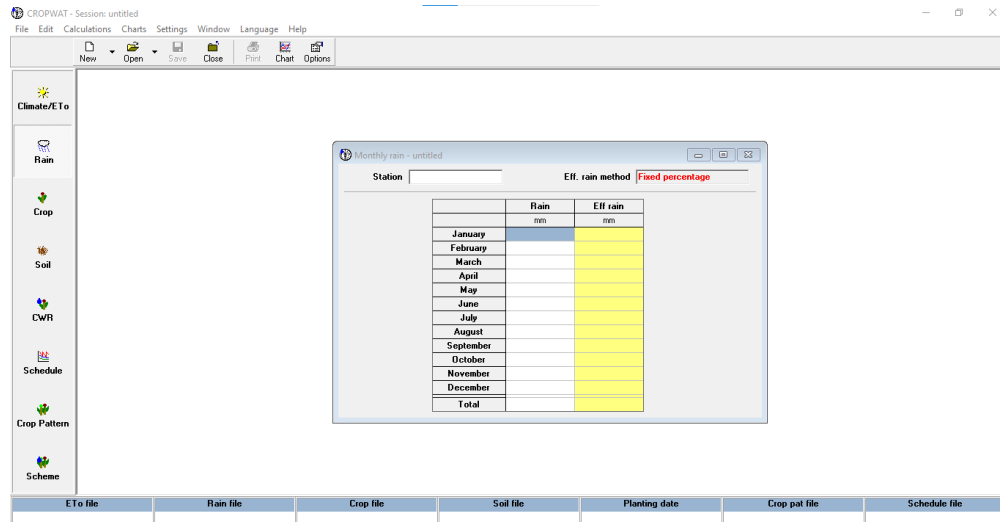
$$P_e = 125 \times 0,1, \text{ Untuk } P_{\text{total}} < 250 \text{ mm} \quad (2.14)$$

Keterangan:

P_{eff} : Hujan Efektif (mm)

P_{tot} : Hujan total (mm)

Berikut merupakan gambar tampilan kotak isian *Rainfall* pada Cropwat 8.0.



Gambar 2. 3 Tampilan Kotak Isian *Rainfall*

2.2.1.3 Data Tanaman

Data tanaman atau *crop* seperti terlihat pada Gambar 2.4 memiliki beberapa data yang dibutuhkan untuk dapat mengoperasikan Cropwat 8.0 diantaranya yaitu data:

1. Periode Pertumbuhan Tanaman Padi

a. Periode Pembibitan

Waktu yang dibutuhkan untuk perkecambahan dan perkembangan bibit awal.

b. Periode Pengolahan Tanaman

Waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah termasuk pada waktu pelumpuran dan penggenangan.

c. Periode Awal

Waktu yang dibutuhkan tanaman dari proses pemindahan bibit ke sawah hingga penutupan lahan sekitar 10%.

d. Periode Perkembangan

Tahap ini berlangsung dari penutupan lahan 10% hingga penutupan

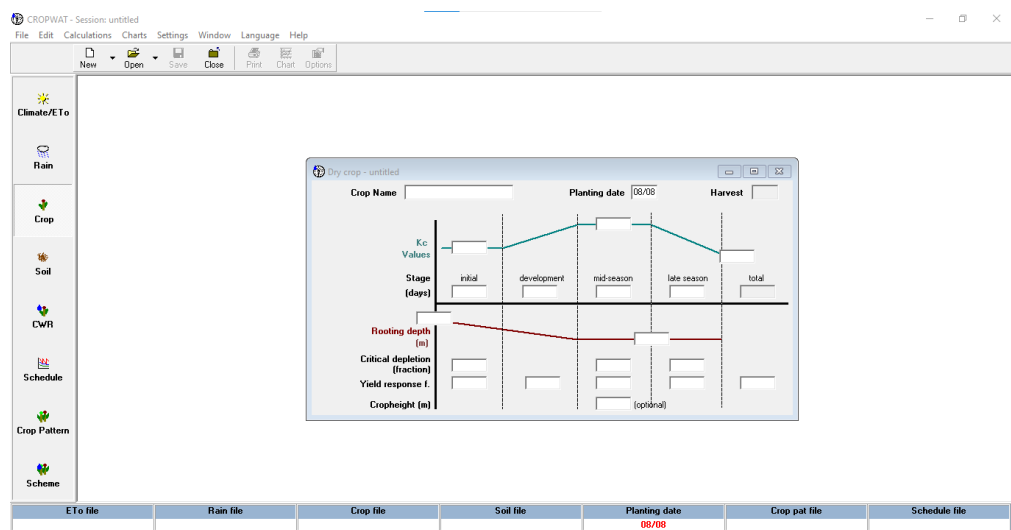
lahan penuh efektif. Tahap ini ditandai dengan proses pembuangan.

e. Periode Pertengahan Musim (*Middle*)

Proses ini berlangsung dari penutupan lahan penuh efektif hingga periode awal kedewasaan tanaman (penguningan)

f. Periode Akhir (*Late*)

Periode ini berlangsung dari awal kedewasaan (penguningan) hingga panen.



Gambar 2. 4 Tampilan Kotak Isian *Crop*/Tanaman

2. Koefisien Tanaman (K_c)

Koefisien tanaman sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman dan nilainya bervariasi selama tahap pertumbuhan, karena dipengaruhi oleh penutupan tanah. Tinggi tanaman dan perubahan luas daun disebut sebagai perkembangan tanaman. Tanaman padi biasanya tumbuh di daerah aliran mendatar yang digenangi air di sebagian besar musim tanam. Cropwat 8.0 menggunakan koefisien tanaman sebanyak dua jenis selama tahap pertumbuhan tanaman padi, yaitu K_c basah dan K_c kering. K_c basah digunakan pada saat adanya penggenangan air di permukaan tanah,

sedangkan Kc kering digunakan ketika tidak ada air di atas tanah. Koefisien tanaman dibutuhkan untuk tahap awal, tahap pertengahan dan tahap akhir. Kc padi juga diperlukan untuk tahap pembibitan dan tahap pengolahan tanah. Koefisien tanaman padi yang umum digunakan pada tahap pertumbuhan padi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Koefisien Tanaman Padi (Kc)

Tahap	Kc
Awal (Initial)	1,1 – 1,15
Perkembangan (Development)	1,1 – 1,15
Pertengahan (Middle)	1,1 – 1,3
Akhir (Late)	0,95 – 1,05

Sumber: FAO-ID NO. 13, 1979

Nilai Kc rata-rata diduga melalui interpolasi linier pada nilai Kc tiap fase pertumbuhan tanaman. Nilai Kc rata-rata dihitung dengan persamaan:

$$\overline{K_c} = K_c \times Areal \quad (2.15)$$

Keterangan:

$\overline{K_c}$: Koefisien tanaman rata-rata

K_c : Koefisien tanaman

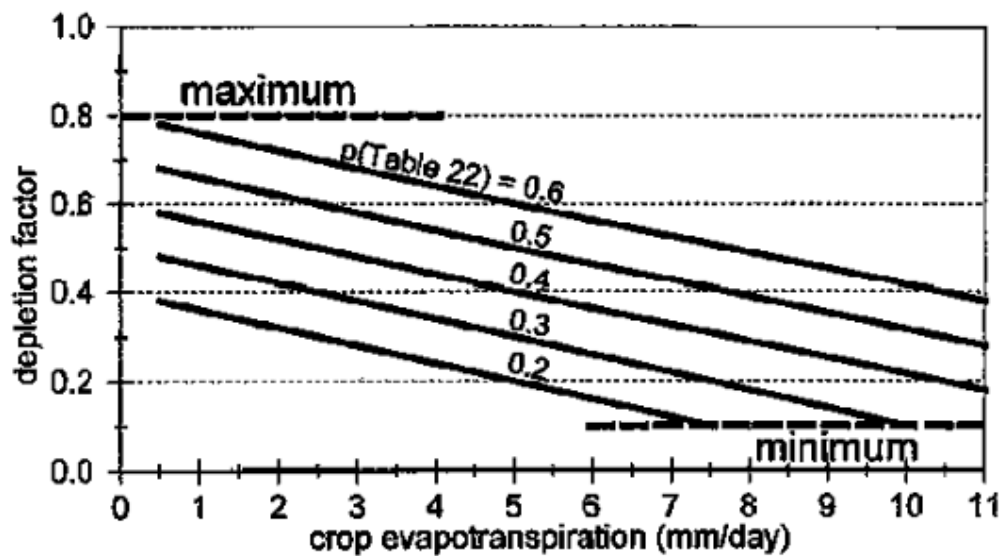
3. Kedalaman Perakaran Tanaman (D)

Kedalaman perakaran merupakan kemampuan tanaman untuk mengambil air tanah guna memenuhi kebutuhan air tanaman selama periode pertumbuhan. Cropwat 8.0 diperlukan dua nilai perkiraan kedalaman perakaran selama masa pertumbuhan, yaitu kedalaman perakaran tahap awal dan kedalaman perakaran pada tahap pengembangan pertengahan

musim. Kedalaman perakaran tahap awal sekitar 0,1 – 0,3 m sebagai kedalaman tanah efektif, dan tahap pengembangan kedalaman perakaran bervariasi antara 0,1 – 1 m. Kedalaman perakaran yang digunakan dalam program ini yaitu 0,1 m pada tahap awal dan 0,6 m pada tahap perkembangan.

4. Depleksi Kritis (p)

Depleksi kritis merupakan tingkat kelembapan tanah kritis, dimana kekeringan pertama terjadi mempengaruhi evapotranspirasi tanaman dan produksi tanaman. Nilai depleksi kritis dinyatakan sebagai bagian dari total air tersedia (TAW) dengan variasi nilai 0,2 – 0,6. Nilai depleksi kritis yang lebih rendah digunakan untuk tanaman sensitif dengan sistem perakaran terbatas dan kondisi evapotranspirasi tinggi. Nilai depleksi kritis yang lebih tinggi digunakan untuk tanaman perakaran dalam dengan tingkat penguapan rendah. Pada tahap awal pra pelepuran depleksi kritis belum berlaku karena belum ada keberadaan tanaman. Penggunaan faktor depleksi kritis untuk tanaman padi 0,2 sesuai dengan ketentuan FAO yang dijelaskan dalam Paper Irigasi dan Drainase No. 56. Perbandingan faktor depleksi terhadap evapotranspirasi tanaman dapat dilihat pada Gambar 2.5



Sumber: *Paper FAO No. 56*

Gambar 2. 5 Grafik Hubungan Faktor Depleksi dengan Evapotranspirasi Tanaman

5. Faktor Respon Hasil (Ky)

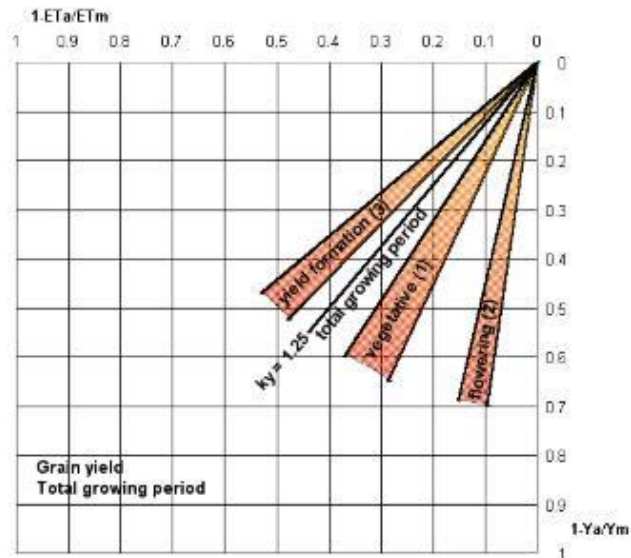
Kemungkinan penurunan produksi tanaman dihitung berdasarkan pada derajat depleksi lengas tanah untuk pemenuhan kebutuhan evapotranspirasi tanaman. Kemungkinan penurunan tersebut dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\left[I - \frac{Ya}{Ym} \right] = ky \left[I - \frac{ETa}{ETm} \right] \quad (2.16)$$

$$\left[I - \frac{Ya}{Ym} \right] = I - \left[\frac{Ya}{Ym} \right]_1 \times \left[\frac{Ya}{Ym} \right]_2 \times \dots \times \left[\frac{Ya}{Ym} \right]_i \quad (2.17)$$

Keterangan:

- I : Fase pertumbuhan tanaman
- Ky : Factor reduksi hasil tanaman
- Ya, Eta : Hasil dan evapotranspirasi tanaman aktual
- Ym, ETm : Hasil dan evapotranspirasi tanaman potensial



Sumber: Irigasi dan Drainase No. 56-FAO

Gambar 2. 6 Grafik Hubungan Antara Evapotranspirasi dengan Hasil Produksi (Ky)

6. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman yang dibutuhkan dalam program ini bersifat pilihan sesuai dengan jenis tanaman. Untuk tanaman padi, tinggi tanaman dipilih 1 meter.

7. Tanggal Penanaman

8. Luas Areal Tanaman (0-100% dari Luas Total Area)

Areal tanam atau area pembibitan merupakan daerah yang mencakup pembibitan padi untuk perkecambahan dan perkembangan bibit awal yang menempati sebagian kecil daerah total yang dibudidayakan, yaitu sekitar 5 – 15%. Ketetapan standar daerah pembibitan pada Cropwat 8.0 sekitar 10% dari luas wilayah.

2.2.1.4 Data Tanah

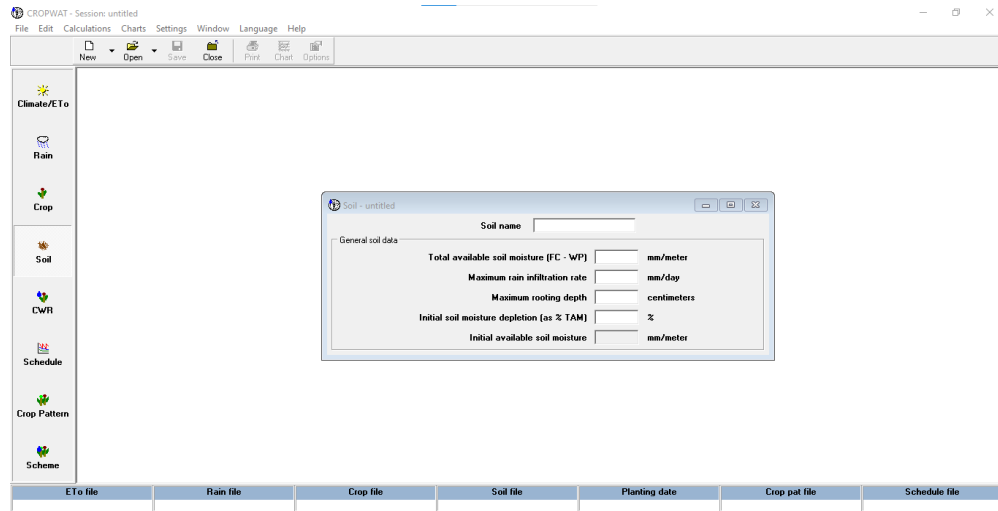
System database pada Cropwat 8.0 telah menyediakan data berupa tipe-tipe tanah yang telah disesuaikan dengan keadaan tanah pada umumnya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Tipe-tipe Tanah yang Terdapat dalam Database FAO Secara Umum

Parameter	Black Clay Soil	Red Sandy Loam	Red Sandy	Red Loamy
Total available soil moisture (FC-WP), mm/m	200	140	100	180
Maximum rain infiltration rate, mm/hari	30	30	30	30
Maximum rooting depth, cm	900	900	900	900
Initial soil moisture depletion (%TAM)	50	0	0	0
Initial available soil moisture, mm	100	140	100	180
Rice				
Drainable porosity, %	10			
Critical depletion for puddle cracking, mm/hari	0.6			
Water available at planting, mmWD	5			
Maximum waterdepth, mm	120			

Sumber: Program CROPWAT 8.0

Tampilan kotak isian data *soil*/tanah pada Cropwat 8.0 data dilihat pada gambar 2.7.

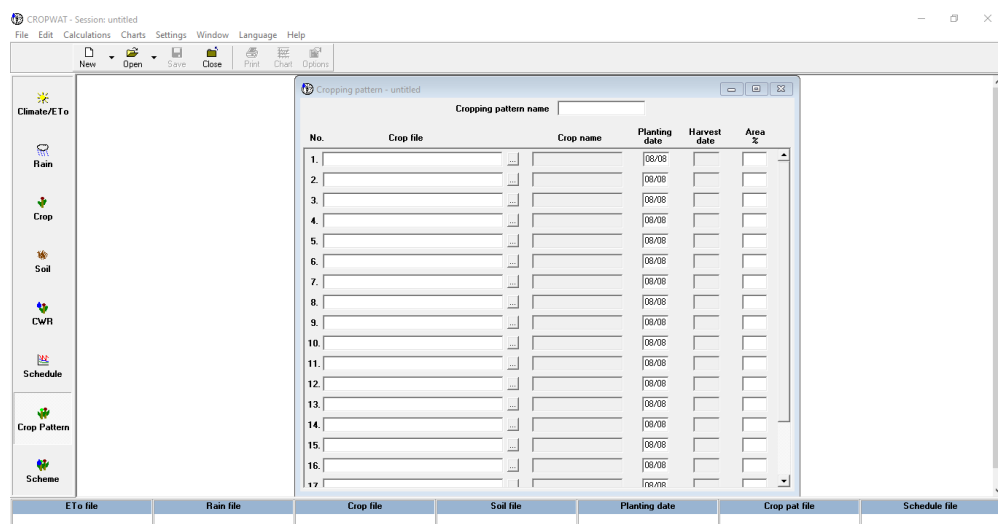


Gambar 2. 7 Tampilan Kotak Isian Data *Soil*/Tanah pada *CROPWAT 8.0*

2.2.1.5 Data Pola Tanam

Tampilan kotak isian data pola tanam dapat dilihat pada gambar 2.8.

Berikut ini:

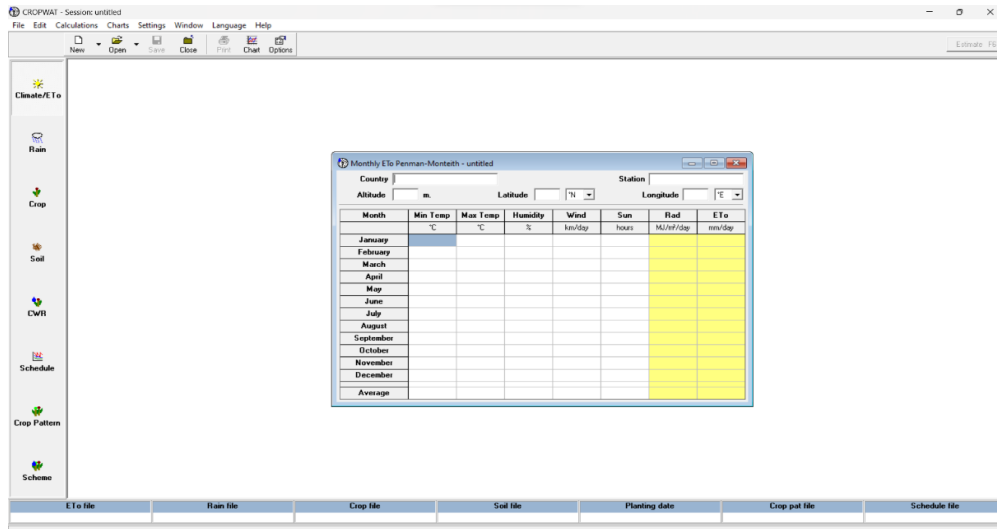


Gambar 2. 8 Tampilan Kotak Isian Data Pola Tanam

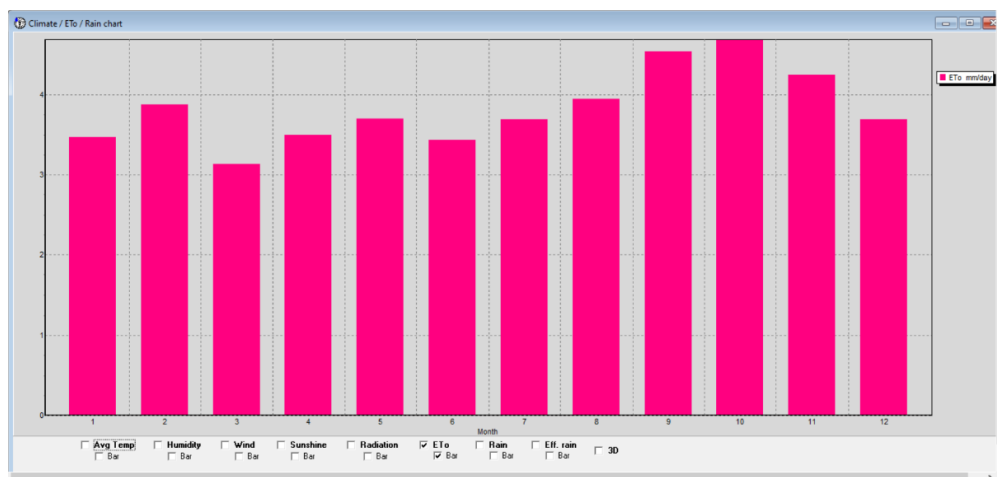
2.2.2 Data Output CROPWAT 8.0

Data yang dihasilkan dari analisis software Cropwat 8.0 berupa tabel dan grafik. Hasil analisis tersebut dapat dilihat dalam bentuk interval harian, 10 harian atau bulanan. Data-data yang dihasilkan tersebut antara lain:

1. Evapotranspirasi tanaman potensial, Eto (mm/periode).



Gambar 2. 9 Tampilan Tabel Evapotranspirasi Potensial (Eto)



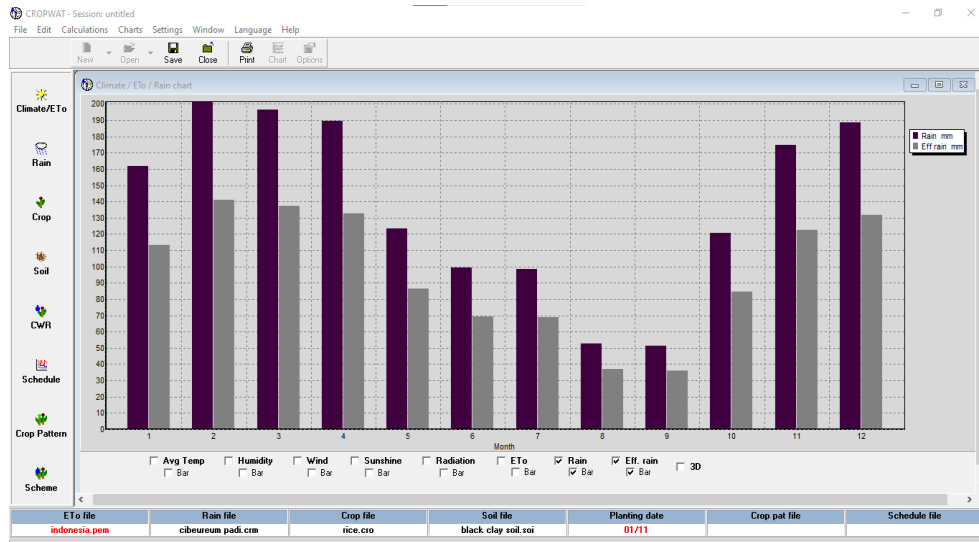
Gambar 2. 10 Tampilan Grafik Evapotranspirasi Potensial (Eto)

2. Kc tanaman, nilai rata-rata dari koefisien tanaman untuk setiap periode.
3. Curah hujan efektif (mm/periode), jumlah air yang masuk dalam tanah.

The screenshot shows the 'Monthly rain' table in the CROPWAT software. The table has columns for Rain (mm) and Eff rain (mm). The rows represent the months of the year from January to December, followed by a 'Total' row. The Eff rain column is highlighted in yellow.

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January		
February		
March		
April		
May		
June		
July		
August		
September		
October		
November		
December		
Total		

Gambar 2. 11 Tampilan Tabel Curah Hujan Efektif



Gambar 2. 12 Tampilan Grafik Curah Hujan Efektif

4. Kebutuhan air tanaman, CWR atau Etm (mm/periode) dan kebutuhan air irigasi, IWR (liter/periode), kebutuhan air tanaman dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$CWR = ETo \times Kc \times Area \quad (2.18)$$

Keterangan:

CWR	:	Kebutuhan air tanah
Eto	:	Evapotranspirasi acuan
Kc	:	Koefisien tanaman

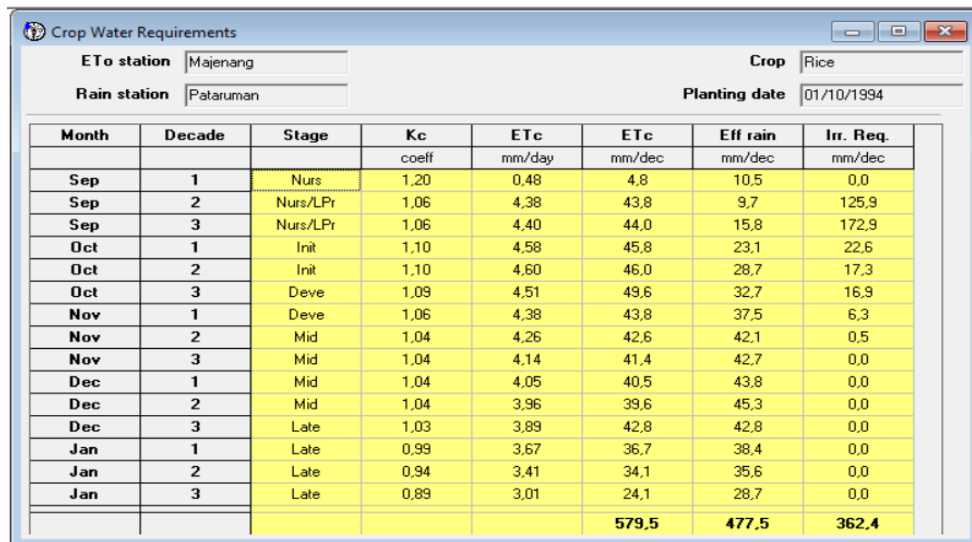
Setelah simulasi jadwal irigasi, Cropwat 8.0 mengestimasi kebutuhan air irigasi bulanan untuk areal irigasi berdasarkan pola tanam. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$IWR = \frac{1}{ep \times t} \times \left[0,11 \times A_{scheme} \times \sum_{i=1}^n ET_{crop} - P_{eff} \right] \times \frac{A_{crop}}{A_{scheme}} \quad (2.19)$$

Keterangan:

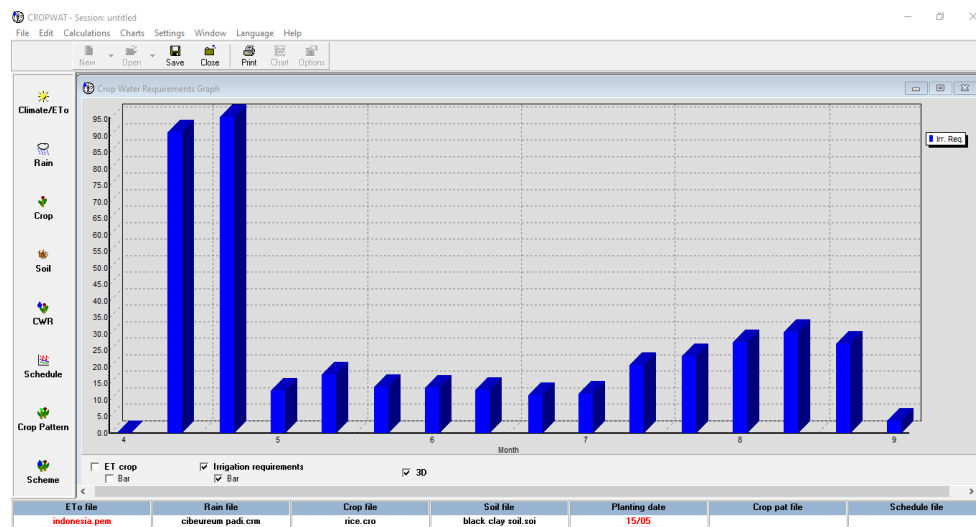
IWR	:	Kebutuhan air irigasi bulanan (liter/detik)
Ep	:	Efisiensi irigasi, (≤ 1 , tak berdimensi)

- T : Factor waktu oprasional, (≤ 1 , tak berdimensi)
 I : Indeks tanaman dalam pola tanam
 A_{crop} : Luas tanaman (ha)
 A_{scheme} : Total luas areal irigasi (ha)
 ET_{crop} : Evapotranspirasi tanaman, (mm/hari)
 P_{eff} : Hujan efektif, (mm/hari)



Month	Decade	Stage	Kc	ETc	Etc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Sep	1	Nurs	1,20	0,48	4,8	10,5	0,0
Sep	2	Nurs/LPr	1,06	4,38	43,8	9,7	125,9
Sep	3	Nurs/LPr	1,06	4,40	44,0	15,8	172,9
Oct	1	Init	1,10	4,58	45,8	23,1	22,6
Oct	2	Init	1,10	4,60	46,0	28,7	17,3
Oct	3	Deve	1,09	4,51	49,6	32,7	16,9
Nov	1	Deve	1,06	4,38	43,8	37,5	6,3
Nov	2	Mid	1,04	4,26	42,6	42,1	0,5
Nov	3	Mid	1,04	4,14	41,4	42,7	0,0
Dec	1	Mid	1,04	4,05	40,5	43,8	0,0
Dec	2	Mid	1,04	3,96	39,6	45,3	0,0
Dec	3	Late	1,03	3,89	42,8	42,8	0,0
Jan	1	Late	0,99	3,67	36,7	38,4	0,0
Jan	2	Late	0,94	3,41	34,1	35,6	0,0
Jan	3	Late	0,89	3,01	24,1	28,7	0,0
					579,5	477,5	362,4

Gambar 2. 13 Tampilan Tabel Kebutuhan Air Tanaman (Etc) dan Kebutuhan Air Irigasi (*Irr. Requirement*)



Gambar 2. 14 Tampilan Grafik Kebutuhan Air Tanaman (Etc) dan Kebutuhan Air Irigasi

5. Total air yang tersedia, TAM (mm)
6. Perbandingan evapotranspirasi actual dengan evapotranspirasi maksimum, etc

atau etm (%)

7. Defisit lengas tanah harian (mm)

Neraca air pada lahan dihitung dengan persamaan:

$$SDM_t = SMD_{t-1} + ETc - Pe - IR + RO + DP \quad (2.20)$$

Keterangan:

SMD_t	:	Depleksi lengas tanah pada decade t dan t-1,
SMD_{t-1}		(mm)
Etc	:	Evapotranspirasi tanaman actual, (mm)
Pe	:	Hujan efektif, (mm)
IR	:	Ketebalan irigasi, (mm)
RO	:	<i>Run off</i> , (mm)
DP	:	Perkolasi kedalaman, (mm)

8. Interval irigasi (hari) dan ketebalan aplikasi irigasi (mm)

9. Kehilangan air irigasi (mm), air irigasi yang tidak tersimpan di dalam tanah (seperti Etc atau Etm dibawah 100%)

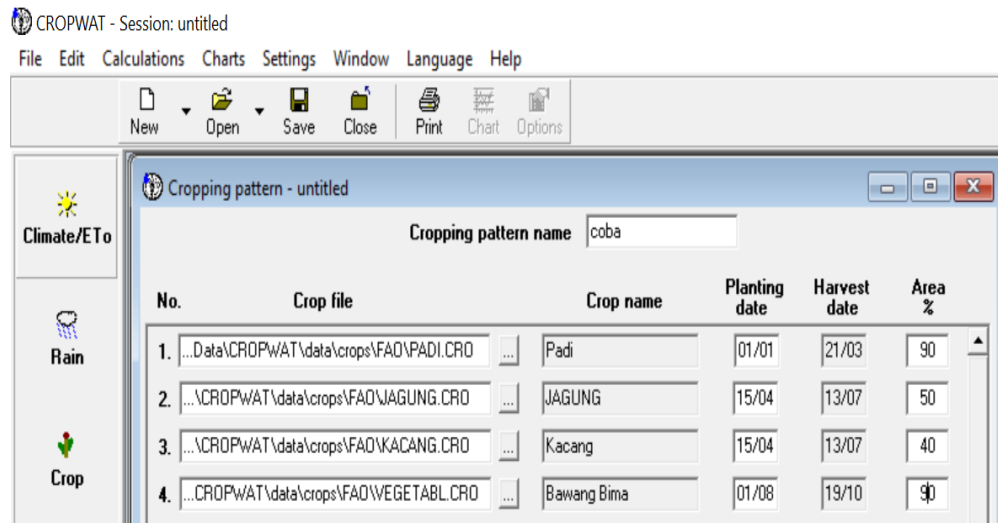
10. Estimasi penurunan produksi tanaman akibat stress air tanaman (apabila Etc atau Etm dibawah 100%)

11. Pengaturan alokasi air irigasi dalam jaringan.

Berikut output-output yang diperoleh berdasarkan data yang di input pada Tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2. 4 *Data Input dan Output software Cropwat 8.0*

Data	Input	Output
Klimatologi	Temperatur Kelembapan Relatif Durasi Lama Penyinaran Matahari Kecepatan Angin	Evapotranspirasi Acuan CWR (<i>Crop Water Requirement</i>) dan Kebutuhan Air Irigasi Evapotranspirasi Aktual Defisit Kelembapan Tanah Estimasi reduksi hasil tanam akibat stress tanaman Jadwal Irigasi (<i>schedulling</i>) <i>Scheme Supply</i>
Curah Hujan	Hujan Bulanan (<i>Monthly Rainfall</i>)	
Tanaman	Koefisien Tanaman (Kc)Lama waktu pertumbuhan tanaman Kedalaman perakaran maksimum % luas area yang ditanami	
Tanah	Kelembapan Awal Tanah dan Kelembapan Tersedia	
Irigasi	Kriteria Penjadwalan Irigasi	
Pola Tanam	Data tanaman, jadwal tanaman, dan % luas area yang ditanami	



Gambar 2. 15 Penentuan Pola Tanam

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Precipitation deficit												
1. Padi	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	219.6
2. JAGUNG	0.0	0.0	0.0	0.0	84.4	137.5	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3. Kacang	0.0	0.0	0.0	0.0	87.4	135.6	47.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4. Bawang Bima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	135.2	168.4	88.8	0.0	0.0
Net scheme ir. req.												
in mm/day	0.0	0.0	0.1	0.0	2.5	4.1	1.2	3.1	3.9	2.0	0.0	6.4
in mm/month	0.0	0.0	4.4	0.0	77.2	123.0	37.3	94.7	117.9	62.2	0.0	197.6
in l/s/ha	0.00	0.00	0.02	0.00	0.29	0.47	0.14	0.35	0.45	0.23	0.00	0.74
Irrigated area (% of total area)	0.0	0.0	90.0	0.0	90.0	90.0	90.0	70.0	70.0	70.0	0.0	90.0
Ir. req. for actual area (l/s/ha)	0.00	0.00	0.02	0.00	0.32	0.53	0.15	0.50	0.65	0.33	0.00	0.82

Gambar 2. 16 Tampilan Tabel Skema Kebutuhan Air Irigasi setiap Bulannya (l/s/ha)

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan CROPWAT 8.0

Kelebihan dari *software* Cropwat 8.0 menurut Prijono, 2009 (Shalsabillah et al., 2018) adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi ini mempermudah pekerjaan dalam menghitung kebutuhan air tanaman dan bagaimana penjadwalan pengairan untuk tanaman yang ingin diketahui.
2. Program ini memungkinkan pengembangan jadwal irigasi untuk kondisi

manajemen yang berbeda dan perhitungan pasokan skema air untuk berbagai pola tanam.

3. Software Cropwat 8.0 juga dapat digunakan untuk mengevaluasi praktek praktek irigasi petani dan untuk menilai kerja tanaman yang berhubungan dengan kebutuhan air.

Kekurangan dari *software* Cropwat 8.0 menurut Priyono, 2009 (Shalsabillah et al., 2018) adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi ini masih digunakan hanya oleh kalangan tertentu belum menyeluruh, misal para petani biasa belum bisa menggunakan aplikasi ini.
2. Aplikasi ini hanya tersedia dalam beberapa bahasa, tidak semua bahasa padahal akan lebih baik apabila aplikasi ini tersedia dalam berbagai bahasa agar lebih mudah dalam segi pemahaman pengguna.
3. Cropwat 8.0 adalah hasil data yang hanya berkisar dua angka dibelakang koma sehingga nilai yang dihasilkan sangat bergantung pada pembulatan yang dilakukan.

2.3 Neraca Air

Perhitungan Neraca air dilakukan guna memeriksa apakah ketersediaan air cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Perhitungan didasari pada periode mingguan atau setengah bulanan. Perhitungan neraca air memiliki tiga pokok unsur yaitu:

1. Ketersediaan air.
2. Kebutuhan Air.
3. Neraca Air.

Perhitungan neraca air sudah dilakukan pada tahap design, tetapi pada tahap operasinya, ketersediaan dan kebutuhan air akan selalu berubah sehingga tahap operasi ini perlu dilakukan lagi perhitungan neraca air. Perhitungan neraca air akan sampai pada kesimpulan mengenai:

1. Rencana tata tanam (termasuk pola tanam)
2. Rencana Penyediaan air dan rencana pembagian air

Kebutuhan pengambilan yang diberikan untuk tata tanam atau pola tanam yang akan digunakan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulanan dan luas daerah yang akan diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka rencana tata tanam (khususnya pola tanam dan luas tanam) yang direncanakan dapat digunakan. Luas areal yang bisa diairi sama dengan luas maksimum daerah layanan.

Bila debit yang tersedia tidak melimpah dan kadang-kadang terjadi kekurangan air, maka perlu disiapkan rencana upaya mengurangi kesenjangan antara ketersediaan dengan kebutuhan air (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2014).

2.4 Optimalisasi

Optimalisasi Irigasi bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum berdasarkan daerah layan pada daerah irigasi tersebut, sehingga didapatkan hasil produktifitas pertanian dalam keadaan optimum. Dengan terpenuhinya kebutuhan air dari ketersediaan air yang ada maka kondisi tersebut dinyatakan optimum.

2.4.1 Faktor K

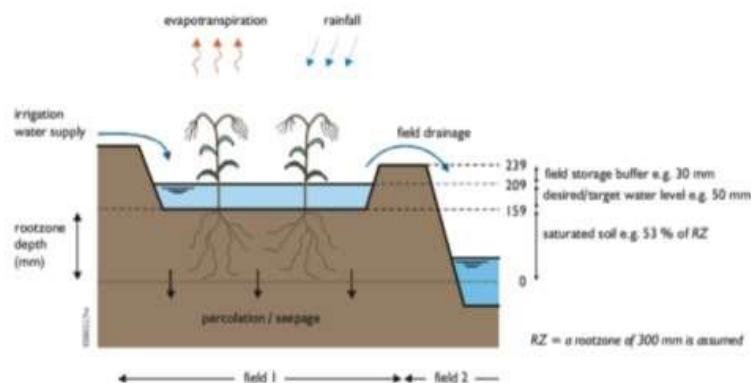
Nilai faktor k dapat di simulasikan dengan simulasi kebutuhan air irigasi karena sesungguhnya nilai faktor k sangat tergantung pada nilai kebutuhan air

irigasi sedangkan nilai ketersediaan air lebih bersifat “given”. Secara umum persamaan faktor k di tingkat intake sebagai berikut:

$$\text{Faktor } k = \frac{\text{Debit Andalan 80\%}}{\text{Debit Kebutuhan Air}} \quad (2.21)$$

Dengan Q_{andalan} sebagai debit ketersediaan air dan Q_{intake} sebagai kebutuhan irigasi yang diambil di intake dan sudah memperhitungkan efesiensi dan kehilangan air selama dalam pengaliran.

Faktor k ditingkat sawah dapat diturunkan dari persamaan fungsi faktor k tersebut diatas. Dengan demikian maka faktor k adalah rasio antara ketersediaan air dengan kebutuhan air irigasi pada titik atau daerah yang ditinjau. Berikut penjelasan gambar kesetimbangan air di sawah.



Gambar 2. 17 Kesetimbangan air sawah
Sumber: Van der Krogt, 2008 dalam Yekti.,M.I, 2017

Berdasarkan nilai factor k tersebut diatas, didapatkan beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Harga faktor $k=1$

Air yang ada dibangun utama mampu mencukupi seluruh areal sawah setiap waktu dan air dapat dialirkan secara terus menerus.

2. Harga faktor k $0,8 < k < 1$

Dalam keadaan ini dapat dipertahankan aliran air yang terus menerus,

namun pemberian air harus disesuaikan sebanding dengan faktor k . Pengurangan sampai dengan 20% atau $k = 0,8$ masih memungkinkan tanaman bertahan hidup, namun debit pada setiap pintu bangunan bagi atau sadap dikurangi sesuai dengan nilai faktor k tersebut.

3. Harga faktor k $0,5 < k < 0,8$

Bila hal ini terjadi, air yang tersedia tidak mencukupi. Tindakan diatas bila dilaksanakan atau dengan melakukan pemberian air secara bergilir.

4. Harga faktor $k < 0,5$

Keadaan ini tanaman akan mengalami kesulitan dalam pertumbuhan. Oleh karena itu tindakan pengoptimalisasian perlu dilakukan.

Pemberian air secara terus menerus dapat dilakukan selama debit ketersediaan air $> 65\%$ debit kebutuhan air (S.K, 2001). Yang berarti selama faktor $k > 0,65$ maka pemberian air secara terus menerus dapat dilakukan.

2.4.2 Modifikasi Jadwal Tanam

Upaya modifikasi jadwal tanam bertujuan untuk mengefektifkan dan mengefisiensikan penggunaan air, termasuk memanfaatkan air hujan yang ada sebaik mungkin. Pengaturan jadwal tanam didasari pada pelaksanaan pola tanam dan dapat diatur untuk menekan kebutuhan air irigasi.

2.4.3 Modifikasi Pola Tanam

Upaya-upaya yang dapat dipertimbangkan terkait dengan modifikasi pola tanam adalah:

1. Perubahan waktu tanaman.
2. Perubahan tanaman eksisting dengan tanaman lain.
3. Reduksi luas daerah irigasi yang diairi.

Kemungkinan berkurangnya kebutuhan puncak dipintu pengambilan yang umumnya terjadi saat penyiapan lahan dan penggenangan dapat dilakukan dengan mengubah waktu tanam. Pengubahan waktu tanam perlu dipelajari secara keseluruhan jangan sampai pertumbuhan tanaman terganggu. Dengan melakukan perubahan tanaman eksisting dengan tanaman lain yang memerlukan lebih sedikit air seperti palawija, dengan itu kebutuhan air dapat dikurangi.

Pengurangan daerah yang dilayani dalam praktik sudah biasa dilakukan dalam rangka mengurangi kebutuhan air irigasi. Namun, perlu kehati-hatian dalam menerapkan daerah yang tidak dilayani jangan sampai terjadi konflik sosial.

2.4.4 Reduksi Lahan Irigasi

Reduksi lahan irigasi dilakukan apabila debit ketersediaan tidak mampu melayani kebutuhan air sepanjang tahun. Untuk mengetahui apakah perlu atau tidaknya reduksi lahan dapat dilihat dari nilai faktor K rata-rata tahunan $< 0,5$, artinya sepanjang tahun itu memang debit ketersediaan air tidak mampu melayani debit kebutuhan air pada luasan daerah irigasi tersebut.

2.4.5 Optimalisasi

Optimalisasi adalah sebuah proses menemukan praktik terbaik yang dilakukan untuk mencapai hasil yang maksimal dan ideal dengan memanfaatkan sumber daya yang ada sebaik mungkin. Optimalisasi dapat diartikan sebagai suatu bentuk mengoptimalkan sesuatu hal yang sudah ada, ataupun merancang dan membuat sesuatu secara optimal. Sebagaimana dikutip dari Buras (1975) dalam JP. Pantouw (1988) Optimasi sebagai suatu sistem dapat dilakukan dengan empat cara, yaitu:

1. Aplikasi terhadap teknis analisis (*Linear Programming, Dynamic Programming*, dan lain-lain)

2. Teknik simulasi
3. Kombinasi teknik analisis dan teknik analisi
4. Kombinasi *linear programming* dan *dynamic programming*

Metode optimasi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah berbasis *program linear* yang dikombinasikan dengan teknik simulasi.

2.4.6 Metode Program Linear

Pada dasarnya program linier memiliki tiga unsur penting (Wijaya dkk, 1995), yaitu Variabel Putusan merupakan variabel yang akan dicari dan memberi nilai yang paling baik bagi tujuan yang hendak dicapai, Fungsi Tujuan adalah fungsi matematika yang harus dimaksimumkan atau diminimumkan, dan mencerminkan tujuan. Fungsi tujuan merupakan rumusan dari tujuan pokok, fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah nilai keuntungan petani. Fungsi kendala atau fungsi pembatas merupakan persamaan-persamaan yang membatasi fungsi tujuan pokok. Fungsi pembatas pada penelitian ini adalah kapasitas maksimum bendung, luas lahan Daerah Irigasi Lakbok Utara. Model matematika yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Tujuan (*objective function*)

$$Z = Xp \cdot X_{1a} + Xj \cdot X_{1b} + Xp \cdot X_{2a} + Xj \cdot X_{2b} + Xp \cdot X_{3a} + Xj \cdot X_{3b} \quad (2.22)$$

Dengan:

Z : nilai tujuan (dimaksimumkan) (ha atau Rp)

Xp : pendapatan produksi padi (Rp/ha)

Xj : pendapatan produksi palawija (Rp/ha)

X_{1a} : luas lahan tanaman padi masa tanam 1 (ha)

X_{1b} : luas lahan tanaman palawija masa tanam 1 (ha)

X_{2a} : luas lahan tanaman padi masa tanam 2 (ha)

X_{2b} : luas lahan tanaman palawija masa tanam 2 (ha)

X_{3a} : luas lahan tanaman padi masa tanam 3 (ha)

X_{3b} : luas lahan tanaman palawija masa tanam 3 (ha)

2. Fungsi Kendala (*constraint function*)

a. Luas lahan maksimal

$$X_{1a} + X_{1b} \leq A \quad X_{2a} + X_{2b} \leq A \quad X_{3a} + X_{3b} \leq A \quad (2.23)$$

A : Luas Daerah Irigasi Lakbok Utara

b. Volume air tersedia

- Skenario 1

$$V_{1p} \cdot X_{1a} + V_{1j} \cdot X_{1b} \leq V_1 \quad (2.24)$$

$$V_{2p} \cdot X_{1a} + V_{2j} \cdot X_{1b} \leq V_2 \quad (2.25)$$

$$V_{3p} \cdot X_{1a} + V_{3j} \cdot X_{1b} \leq V_3 \quad (2.26)$$

- Skenario 2

$$0,5V_{1p} \cdot X_{1a} + 0,5V_{1j} \cdot X_{1b} \leq V_1 \quad (2.27)$$

$$0,5V_{2p} \cdot X_{1a} + 0,5V_{2j} \cdot X_{1b} \leq V_2 \quad (2.28)$$

$$0,5V_{3p} \cdot X_{1a} + 0,5V_{3j} \cdot X_{1b} \leq V_3 \quad (2.29)$$

- Skenario 3

$$0,3V_{1p} \cdot X_{1a} + 0,3V_{1j} \cdot X_{1b} \leq V_1 \quad (2.30)$$

$$0,3V_{2p} \cdot X_{1a} + 0,3V_{2j} \cdot X_{1b} \leq V_2 \quad (2.31)$$

$$0,3V_{3p} \cdot X_{1a} + 0,3V_{3j} \cdot X_{1b} \leq V_3 \quad (2.32)$$

Dengan:

- V_{1p} : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 1 (m^3/ha) (periode 1 s.d 8)
 V_{2p} : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 2 (m^3/ha) (periode 9 s.d 16)
 V_{3p} : kebutuhan air tanaman padi masa tanam 3 (m^3/ha) (periode 17 s.d 24)
 V_{1j} : kebutuhan air tanaman palawija masa tanam 1 (m^3/ha)
 V_{2j} : kebutuhan air tanaman palawija masa tanam 2 (m^3/ha)
 V_{3j} : kebutuhan air tanaman palawija masa tanam 3 (m^3/ha)
 V_1 : volume andalan Sungai Citanduy pada masa tanam 1 (m^3)
 V_2 : volume andalan Sungai Citanduy pada masa tanam 2 (m^3)
 V_3 : volume andalan Sungai Citanduy pada masa tanam 3 (m^3)

2.4.7 POM-QM

POM-QM adalah perangkat lunak yang biasa digunakan pada bidang manajemen operasional, metode kuantitatif atau riset operasi POM-QM dirancang untuk membantu dalam mempelajari dan memahami permasalahan pada bidang operasional. Perangkat ini dapat digunakan baik untuk memecahkan masalah atau untuk memeriksa jawaban yang telah diselesaikan secara manual.

2.4.8 Rencana Pembagian dan Pemberian Air

2.4.8.1 Rencana Pembagian dan pemberian Air Irigasi

Ada dua Upaya yang dapat dikelompokkan yaitu:

1. Mengurangi alokasi air, dapat dilakukan dengan cara:
 - a. Mengurangi alokasi pemberian air

- b. Memperpanjang interval atau selang waktu pemberian air
 - c. Memberi air hanya pada tanaman yang disepakati/ditetapkan
2. Mengurangi alokasi pemberian air, dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:
- a. Pengurangan dilakukan secara proporsional dilakukan dengan tanpa mempertimbangkan pengaruh merugikan pada produksi tanam.
 - b. Pengurangan dilakukan dengan pertimbangan memperkecil pengaruh merugikan pada produksi tanaman.

Cara pertama tergolong lebih sederhana dibandingkan dengan cara kedua, akan tetapi cara kedua tingkat keberhasilannya lebih baik walau lebih rumit. Pengurangan pemberian air secara proporsional akan dibahas lebih rinci dalam modul/buku: Penyediaan kebutuhan air dengan metode pasten, FPR, dan Faktor K.

Memperpanjang selang waktu pemberian air, biasa dilakukan untuk menanggulangi kekurangan air. Namun cara ini harus mempertimbangkan pengaruhnya terhadap kekurangan produksi. Pemberian air hanya pola tanam yang disepakati/ditentukan oleh pemangku kebijakan, ini dapat dilakukan pada daerah irigasi dimana jenis tanaman yang ditanam bermacam-macam. Biasanya tanaman yang ditentukan untuk tetap diberi air adalah padi.

3. Mengubah cara pembagian air
- a. Pemberian air secara terus menerus (*continous flow*)

Pemberian air secara terus menerus petani diberi air dengan debit kecil secara terus menerus untuk mengganti lapisan air akibat evapotranspirasi tumbuhan dan kehilangan air akibat perkolasi.

Pemberian air dihentikan bila curah hujan dirasa cukup untuk menggantikan kehilangan air.

b. Rotasi teknis atau golongan (Rev KP-01 hal V-11)

Rotasi teknis atau golongan akan dapat mengurangi puncak kebutuhan air irigasi. Namun rotasi teknis atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk daerah irigasi yang memiliki luas sekitar 10.000 ha dan/atau lebih.

Pemberian air cara pertama (terus menerus) dapat digantikan dengan cara kedua (rotasi teknis atau golongan) apabila bermaksud untuk mengurangi kebutuhan air. Perubahan cara pemberian air ini lebih dulu perlu dibahas dengan masyarakat dan pihak petani.

2.4.8.2 Rencana Pembagian dan Pemberian Air Tahunan

Rencana tahunan pembagian dan pemberian air tahunan disusun oleh dinas kabupaten/kota atau provinsi yang membidangi irigasi sesuai dengan kewenangannya berdasarkan rencana tahunan penyediaan air irigasi dan pemakaian air untuk keperluan lainnya.

Rencana pembagian dan pemberian air setelah disepakati oleh Komisi Irigasi setempat melalui surat keputusan yang ditetapkan oleh bupati/walikota, gubernur atau menteri sesuai kewenangan dan/atau penyelenggaraannya wewenang yang dilimpahkan kepada pemerintah daerah yang bersangkutan.

Rencana tahunan pemberian dan pembagian air irigasi pada daerah irigasi lintas provinsi dan strategis nasional yang belum dilimpahkan kepada pemerintah provinsi atau pemerintah kabupaten/kota disusun oleh instansi pusat yang

membidangi irigasi/sumber daya air dan disepakati bersama dalam forum koordinasi komisi irigasi atau sebagainya yang ditetapkan oleh menteri.

Ada beberapa cara pemberian air irigasi:

1. Kondisi debit lebih besar dari 70% debit rencana, air irigasi dari saluran primer dan sekunder dialirkan secara terus menerus (continouse flow) ke petak-petak tersier melalui pintu sadap tersier.
2. Kondisi debit 50-70% dari debit rencana, air irigasi dialirkan ke petak-petak tersier dilakukan dengan rotasi. Pelaksanaan rotasi dapat diatur antar saluran sekunder misalnya jaringan irigasi memiliki 2 (dua) saluran sekunder A dan saluran sekunder B rotasi dilakukan selama 3 (tiga) hari air irigasi dialirkan ke sekunder A dan 3 (hari) hari berikutnya ke sekunder berikutnya semikian seterusnya sampai suatu saat debitnya kembali normal.
3. Cara pemberian air terputus-putus (Intermittent) dilaksanakan dalam rangka efisiensi penggantian air pada jaringan irigasi yang memiliki sumber air dari waduk atau dari sistem irigasi pompa, misalnya 1 (satu) minggu air waduk dialirkan ke jaringan irigasi dan 1 (satu) minggu kemudian waduknya ditutup. Demikian seterusnya sehingga setiap minggu mendapat air dan satu minggu kemudian tidak mendapatkan air.

2.4.8.3 Rencana Pembagian Air pada Jaringan Sekunder dan Primer

Setelah ditetapkan rencana pembagian dan pemberian air tahunan oleh bupati/walikota, gubernur, atau menteri maka masing-masing pengelola irigasi tersebut menyusun rencana pembagian dan pemberian air pada jaringan sekunder dan primer. Perencanaan tersebut disesuaikan dengan luas areal yang telah

ditetapkan akan mendapatkan pembagian dan pemberian air dari jaringan sekunder dan primer. Perencanaan tersebut merupakan jumlah Rencana Pemberian Air (RPA) di petak tersier ditambah kehilangan air disaluran primer dan sekunder