BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Anton Priyonugroho (2014), dengan judul penelitian "Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi kasus pada Daerah Irigasi Sungai Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang)". Tujuan penulisan ini melakukan analisa hitungan untuk mendapatkan prediksi nilai kebutuhan air irigasi pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban dengan metode KP-01 dan menggunakan software *CROPWAT*. Lokasi penelitian di Daerah Irigasi Sungai Air Keban, Kabupaten Empat Lawang, Sumatera Selatan. Dari hasil analisis didapatkan dengan luas wilayah Daerah Irigasi Sungai Air Keban sebesar 1.370 ha dengan pola tanam padi-padi dimulai awal pengolahan lahan pada awal Bulan November maka dengan kebutuhan air irigasi maksimum pada perhitungan metode KP-01 diperoleh sebesar 3,12 m3/dt sedangkan *CROPWAT* adalah 1,67 m3/dt. Dan kebutuhan air irigasi Minimum dengan metode KP-01 adalah 0,26 m3/s sedangkan CROPWAT adalah 0,06 m3/s.

Elmariwanti Mahulae (2015), melakukan penelitian dengan judul "tinjauan ulang pola tanam daerah irigasi kabupaten Situbondo". Tujuan penulisan ini melakukan analisa terhadap pola tanam eksisting dibandingkan dengan pola tanam rencana, melakukan analisa untuk mendapatkan besar kebutuhan air untuk tiap-tiap pola tanam, analisa untuk menentukan pola tanam yang optimum serta analisa terhadap ketersediaan air untuk irigasi. Lokasi penelitian pada Jaringan Irigasi Sampean Lama Kota Situbondo, dengan total luas baku 7.704 Ha. Dari hasil perhitungan, analisa, dan optimasi dengan program linear didapatkan pola tanam yang direalisasikan adalah: padi-jagung-tebu. Dari hasil hitungan, jika kondisi eksisting di bandingkan dengan rencana maka diperoleh keuntungan hasil produksi sebesar Rp. 2.141.800.000, Berdasarkan besarnya kebutuhan air untuk jenis tanaman di bedakan menjadi tiga awal tanam dimulai dari Nopember 1 sampai Desember3. Dari hasil perhitungan didapat kebutuhan air maksimum untuk tanaman padi terjadi padaawal tanam Desember 1 musim kemarau 2 yaitu sebesar 16.830 m3/Ha. kebutuhan air maksimum untuk tanaman jagung terjadi pada awal tanam Nopember 2 musim kemarau 2 yaitu sebesar 5.780 m3/Ha, sedangkan untuk

tanaman tebu kebutuhan air maksimumnya terjadi pada awal tanam nopember 3 yaitu sebesar 10.420 m3/Ha, Berdasarkan hasil luasan optimum setiap jenis tanaman dengan awal tanam Nopember 1 sampai Desember2 didapat pendapatan maksimum pada awal tanam Nopember 1 adalah Rp. 355.526.800.000 dengan pola tanam padi-palawija-tebu, sedangkan penurunan upah paling besar terjadi pada awal tanam 3 November yaitu Rp. 284.478.600.000 dengan pola tanam padi-palawija-tebu, Dari data debit Inflow, menggunakan rumus empiris didapat besarnya debit andalan dengan tingkat keandalan 80 %. Hasil perhitungan debit andalan tersebut kemudian dikonversi menjadi volume andalan. Sehingga didapat volume andalan terbesar pada bulan oktober dekade 3 dengan volume 11.240.640 m3. Sedangkan volume terkecil didapat pada bulan Nopember 3 sebesar 3.801.600 m3, Dari Hasil Analisa Optimasi yang paling Optimum didapat hasil luas tanam untuk tanaman padi pada musim tanam Kemarau 1 adalah 0 Ha, maka direncanakan meminimum luas tanam untuk tanaman padi, Sehingga pada musim kemarau 1 tanaman padi tetap bisa ditanami.

Wahyu Saputra Dan Rahmat Wardana (2019), judul penelitiannya adalah "Tinjauan Kebutuhan Air Irigasi Di Daerah Irigasi Salobunne Menggunakan Program Cropwat". Tujuan penelitian ini melakukan analisa tingkat kebutuhan air irigasi di daerah irigasi Salobunne metode KP- 01 dan Software Cropwat. Lokasi penelitian pada bendung Salobunne Kabupaten Soppeng Sulawesi Selatan. Dari hasil analisis dengan metode perhitugan KP-01 adalah 0,842 l/dt/ha dan perhitungan software cropwat adalah 0,5 lt/dt/ha dengan total kebutuhan air irigasi sebesar 1,17 l/dt/ha, hasil tersebut menunjukkan kebutuhan air irigasi tidak mencukupi untuk mengairi 1386 Ha, berdasarkan kondisi lapangan yang dapat terairi sekitar 685 Ha, hal ini disebabkan adanya kebocoran pada saluran dan jadwal pola tanaman yang tidak sesuai, Besar kebutuhan air irigasi didaerah irigasi salobunne metode perhitungan KP 01 (manual) adalah 0,842 l/dt/ha dan untuk perhitungan menggunakan Software Cropwat adalah 0,5 lt/dt/ha, perbedaan selisih antara perhitungan dengan metode KP-01(manual) dan program cropwat disebabkan data tanah pada KP-01 tidak sama dengan tanah Program Cropwat.

2.2. Teori-teori Dasar yang digunakan

2.2.1. Analisa Hidrologi

Salah satu aspek analisis hidrologi yang dapat mendukung perencanaan bangunan hidrolik adalah ketepatan besaran rencana, baik hujan, banjir maupun elemen hidrologi lainnya. Hal ini adalah masalah yang cukup sulit karena diperlukan hasil yang layak, namun di sisi lain fasilitas yang dibutuhkan untuk itu seringkali tidak memadai.

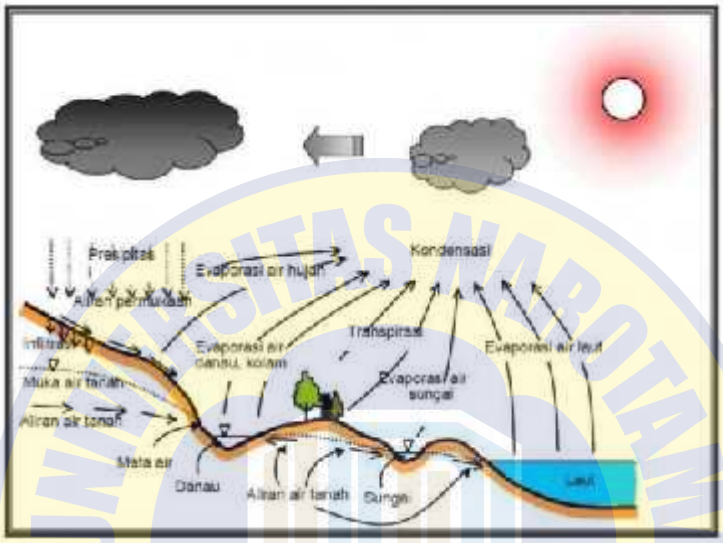
Masalah umum yang hampir selalu dihadapi dalam penelitian hidrologi adalah banyaknya pendekatan, model, dan penelitian yang muncul dalam hidrologi, yang masing-masing menggunakan pendekatan yang berbeda dan hasil yang sering berbeda. Biasanya karena penggunaan model khusus untuk satu jenis kasus dapat menghasilkan perbedaan yang sangat besar dalam ukuran reaksi. Dalam hal ini, faktornya adalah hidrologi.

Siklus hidrologi adalah pergerakan air secara terus menerus dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Siklus hidrologi juga dapat diartikan lebih sederhana yaitu peredaran air dari laut ke atmosfer melalui penguapan, kemudian akan jatuh ke permukaan bumi dalam bentuk hujan dan mengalir di bawah tanah dan di atas permukaan tanah sebagai sungai yang bermuara ke laut. Matahari merupakan hal yang berpegaruh dalam siklus hidrologi dalam hal ini yang akan mendukung terjadinya proses penguapan air. Dari penguapan air maka akan jatuh ke bumi sebagai presipitasi dalam bentuk gerimis, kabut, hujan, hujan es dan salju. Dalam perjalanannya ke bumi maka akan dicegat oleh tumbuhan sebelum sampai ke tanah. Ketika sampai di tanah, siklus hidrologi akan terus bergerak secara terus menerus dengan 3 cara yang berbeda, yaitu sebagai berikut:

1. Evaporasi (Transpirasi): Air laut, sungai, daratan, dan pada tumbuhan akan menguap ke atmosfer dan menjadi gumpalan awan lalu menjadi bintik-bintik air yang akan jatuh dalam bentuk es, hujan, salju.
2. Infiltrasi (Perkolasi ke dalam Tanah): Air bergerak melalui celah-celah dan pori-pori serta batuan yang ada dibawah tanah yang dapat bergerak

secara vertikal dan horizontal dibawah permukaan tanah hingga ke sistem air permukaan.

3. Air Permukaan adalah Air yang bergerak diatas permukaan tanah yang dapat kita lihat pada daerah urban. Aliran-aliran tersebut menyatu satu sama lain dan membentuk jalur air paling banyak yang membawa semua air permukaan di sekitar DAS ke laut..



Gambar 1. 1. Siklus Hidrologi (Sumber: Hidrologi Teknik C.D Soemarto)

Air permukaan yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa) dan sebagai air bawah tanah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir di laut. Proses perjalanan air daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk system daerah aliran sungai (DAS). jumlah air dalam bumi relatif tetap, yang berubah hanya wujud dan tempatnya.

2.2.2. Pengertian Irigasi

Irigasi adalah menyalurkan air yang perlu untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusinya secara sistematis (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak (PP No. 20 tahun 2006 tentang Irigasi).

2.2.3. Sistem Irigasi

Kebutuhan akan pangan, khususnya beras, terus meningkat dari waktu ke waktu di samping pertambahan penduduk. Untuk itu, berbagai pihak terus berupaya mengatasi masalah ini dengan berbagai kebijakan dan program yang menetapkan irigasi sebagai salah satu faktor penting dalam produksi pangan. Sistem irigasi dapat didefinisikan sebagai suatu kesatuan yang terdiri dari berbagai komponen yang menyangkut usaha penyediaan, pendistribusian, pengelolaan, dan pengaturan air dalam sistem irigasi, meliputi:

a. Siklus hidrologi (iklim, air atmosferik, air permukaan air sawah permukaan).
b. Kondisik fisik dan kimiawi (topografi, infrastruktur, sifat fisik dan kimiawi lahan)
c. Kondisi biologis tanaman
d. Aktivitas manusia (teknologi, sosial, budaya, ekonomi)

2.2.4. Jaringan Irigasi

Jaringan irigasi adalah kesatuan saluran dan bangunan yang diperlukan untuk pengaturan air irigasi, mulai dari penyediaan, pengumpulan, penatausahaan, dan penggunaan. Secara hierarki jaringan irigasi dibagi menjadi jaringan utama dan jaringan tersier.

Jaringan utama meliputi bangunan, saluran primer dan sekunder. Sedangkan jaringan tersier terdiri dari bangunan dan saluran yang berbeda pada petak tersier.

Merujuk pada Direktorat Jenderal Pengairan (1986) tentang tata cara pengaturan, pengukuran, dan kelengkapan fasilitas, jaringan irigasi dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu jaringan irigasi sederhana, jaringan irigasi semi teknis, dan jaringan irigasi teknis.

2.2.5. Ketersediaan Air Irigasi

Ketersediaan air pada dasarnya terdiri dari tiga bentuk, yaitu air hujan, air permukaan, dan air tanah. Sumber air utama dalam pengelolaan alokasi air adalah air permukaan berupa sungai, kanal, danau, dan waduk lainnya. Ketersediaan air permukaan dapat ditentukan dengan berbagai cara. Lokasi

ketersediaan air dapat diterapkan pada suatu titik, misalnya pada lokasi pos dugaan air, bendung tempat pengambilan air irigasi, dan lain sebagainya seperti satuan yang sering digunakan adalah meter kubik per detik (m3 /s) atau liter per detik (l/s). Jumlah air yang tersedia juga dapat dinyatakan untuk suatu daerah tertentu, misalnya pada suatu daerah aliran sungai (WS), daerah aliran sungai (DAS), daerah irigasi (DI), dan sebagainya.

Analisis ketersediaan air menghasilkan perkiraan ketersediaan air pada suatu wilayah sungai, analisis ini terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut: (1) analisis data debit aliran, (2) analisis data hujan dan iklim (3) pengisian data debit kosong, (4) analisis frekuensi.

2.2.6. Curah Hujan

Pengertian curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul pada suatu tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter berarti dalam luas satu meter persegi di tempat yang datar dapat ditampung setinggi satu milimeter air atau satu liter air dapat ditampung.

Curah hujan andalan adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif untuk kebutuhan air tanaman. Curah hujan andalan untuk tanaman padi adalah probabilitas curah hujan. yang jatuh dengan kegagalan 80% (R_{80}) dan untuk tanaman palawija dengan kegagalan 50% (R_{50}). Hujan andalan di tetapkan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$P=\frac{m}{n+1}x100\%.....(1)$$

Dimana:

P	=	probabilitas
M	=	nomor urut data
n	=	jumlah data

a. Curah Hujan Rata-rata

Hujan Rata-Rata Curah hujan rata-rata aljabar Cara ini adalah perhitungan rata-rata aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$R=\frac{1}{n}(R1+R2+...+Rn).....(2)$$

di mana:

R	=	curah hujan daerah (mm)
n	=	jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan
R1,R2…Rn	=	curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

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 ia lah bahwa cara ini adalah obyektif yang berbeda dengan umpama cara isohiet, dimana faktor subyektif tutup menentukan (Sosorodarsono dan kensaku: 2003).

b. Curah Hujan Efektif

Curah Hujan Efektif Curah hujan efektif besarnya R80 yang merupakan curah hujan yang besarnya dapat dilampaui sebanyak 80% atau dengan kata lain dilampauinya 8 kali kejadian dari 10 kali kejadian. Dengan kata lain bahwa besarnya curah hujan yang lebih kecil dari R80 mempunyai kemungkinan hanya 20%. Bila dinyatakan dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$R_{80}=\frac{m}{n+1}\rightarrow R_{80}x\ (n+1).....(3)$$

R80	=	Curah hujan sebesar 80%
n	=	Jumlah data
m	=	Rangking curah hujan yang dipilih

Curah hujan efektif untuk padi adalah 70% dari curah hujan tengah bulanan yang terlampaui 80% dari waktu periode tersebut. Untuk curah hujan efektif untuk palawija ditentukan dengan periode bulanan (terpenuhi 50%) dikaitkan dengan tabel ET tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan (USDA(SCS),1696)

Untuk padi :

Re padi = (R_{80} x 0,7)/ periode pengamatan

Untuk palawija:

Re palawija = (R_{80} x 0,5)/ periode pengamatan

Dikaitkan dengan tabel.

di mana:

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

R_{80} = curah hujan dengan kemungkinan terjadi sebesar 80%

2.2.7. Debit Andalan

Perhitungan debit andalan (dependable discharge) di maksudkan untuk mencari nilai komulatif debit yang tersedia sepanjang tahun, baik pada musim kemarau maupun pada musim hujan. Jika pada titik yang akan dianalisis tersedia seri data maka analisis distribusi frekuensi (kurva durasi aliran), tetapi bila tidak tersedia maka analisisnya dapat di lakukan dengan cara transformasi dari data hujan dari debit, untuk melakukan pengamatan di lakukan analisa debit andalan metode FJ mock.

a. Analisa Debit Andalan dengan Metode FJ Mock

1. Curah hujan bulanan dari hujan bulanan
2. Data curah hujan yang akan di gunakan dalam analisis debit andalan adalah jumlah curah hujan bulan dari stasiun pencatatan curah hujan yang tersedia
3. Evapotranspirasi terbatas

   evapotranspitasi merupakan evapotranspirasi actual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta frekuensi curah hujan yang dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{d}{30}.m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

Dimana:

E = perbandingan evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi

Ep = evapotranspirasi potensial

D = jumlah hari kering dalam 1 bulan

M = prosentanse lahan yang tak tertutup vegetasi ditaksir dari peta tata guna lahan untuk musim

hujan diambil m = 30 dan untuk kemarau diambil m = 40-50

Berdasarkan frekuensi curah hujan di Indonesia dan sifat infiltrasi serta penguapan dari tanah permukaan di dapat hubungan

$$d=\frac{3}{2}(18\text{-}n) \text{ atau } d=27\text{-}\frac{3}{2}n \text{.....(5)}$$

dimana;

n = jumlah hari hujan dalam sebulan

maka:

$$E=\frac{1{,}5\ (18\text{-}n)}{30}30\% \text{.....(6)}$$

Evapotaranspirasi terbatas di hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E = E\ pan - Eo \text{ .....(7)}$$

Dimana:

E pan = evaporasi dari hasil pengukuran data klimatologi

Eo = evaporasi

4. Evaporasi muka air bebas

Evaporasi muka air bebas di hitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$Eo=\frac{\frac{\Delta H}{60}+ea}{a+\gamma}30\% \text{.....(8)}$$

Dimana:

γ = koefisien psychrometer(0Hg)

Δ = kemiringan dari lengkung tekanan uap jenuh pada suhu rata- rata

H = energy budget

H = Ro – Rh

$$Ro=Ra(I\text{-}r)\left[a+b\left(\frac{n}{N}\right)\right] \text{.....(9)}$$

Ra = nilai angkut untuk radiasi maksimal

R = koefisien pemantulan tanaman acuan

n = lama kecerahan matahari

N = lama kecerahan matahari yang di mungkinkan secara maksimal

a,b = konstanta a = 0,18 dan b = 0,55

Rb = radiasi yang di pantulkan kembali

= $\sigma Ta^4(0{,}54\text{-}0{,}079\sqrt{ed})\{0{,}10+0{,}09(n/N)\}$

σT^4 = radiasi benda hitam pada suhu rata-rata Ta

Ea = parameter dari aliran uap

0,35(ea-ed) (0,10+0,14 U2)

Ea = tekanan uap jenuh pada suhu rata-rata

Ed = tekanan uap jenuh pada titik mengembung

= ea x relative humidity

U2 = kecepatan angin pada ketinggian 2,00 m di atas permukaan bumi

5. Keseimbangan air diatas permukaan tanah

Permukaan air pada permukaan tanah di pengaruhi oleh beberapa factor dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Curah hujan yang mencapai permukaan tanah

S = P – Et

Akan berharga positif bila P > Et, air masuk kedalam tanah

Akan berharga negatif bila P < Et, sebagian air tanah akan keluar, terjadi deficit

b. Perubahan kandungan air tanah, soil storage (S)

Soil moisture capacity biasanya di taksir berdasarkan porositas lapisan tanah atas cactment area. Nilai soil capacity biasanya ditaksir antara 50-200 mm yaitu kapasitas kandungan air dalam tanah permeter bujur sangkar, jika porositas tanah lapisan atas makin besar, maka soil moisture capacityatan makin besar juga di dalam perhitungan debit bulanan nilai kapasitas kelembapan tanah di taksir sebesar 100 mm.

Besarnya debit dan storage air tanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Vn = K .Vn – 1+m1/2 (1+K). Ln ..... (10)

Vn	=	volume air tanah
K	=	$\frac{qt}{qo}$ faktor resesi aliran air tanah
qt	=	aliran air tanah pada waktu t (bulan ke t)
q0	=	aliran air tanah pada (bulan ke 0)
Vn	=	Vn – (Vn -1)
Vn	=	volume air tanah bulan ke n
Vn-1	=	volume air tanah bulan ke n-1

Besarnya debit dan storage air tanah di pengaruhi oleh factor sebagai berikut: Koefisien infiltrasi (I) ditaksir berdasarkan kondisi prositas tanah dan kemiringan daerah pengairan, lahan yang porosus maka infiltrasi besar, lahan yang terjadi dimana air tidak sempat infiltrasi ke dalam tanah maka koefisien infiltrasi akan terkecil. Besarnya koefisien infiltrasi lebih kecil dari 1 antara 0,2-0,5 sebagai pendekatan pada perhitungan debit bulanan digunakan koefisien infltrasi sebesar 0,4. Sedangkan konstants aliran tanah (k) pada umumnya 0,4-0,7 yang dalam perhitungan akan di gunakan pendekatan sebesar 0,7. Debit aliran sungai dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut:

Aliran dasar	=	infiltrasi di kurangi perubahan volume aliran air dalam tanah
Air permukaan	=	water suplus – infiltrasi
Aliran sungai	=	aliran permukaan + aliran dasar
Debit efektif	=	aliran sungain dinyatakan dalam m3/dt

Debit andalan merupakan besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air yang berasal dari suatu sumber (contohnya sungai dan danau) yang nantinya akan bisa di sedap untuk keperluan irigasi pada saat kemarau. Misalnya di tetapkan debit andalan 80%, disisi di maksudkan bahwa kemungkinan

terjadi andalan 80%, dan akan menghadapi hanya 20% resiko untuk tidak terjadi (soemarto, CD:1987). Dengan demikian maka kemungkinan bisa untuk mengairi persawahan pada saat kemarau tiba.

Dalam menentukan besarnya debit andalan dengan peluang 80% dapat di hitung dengan metode weibul persamaan sebagai berikut:

$$P=\frac{m}{n+1}100\% \text{.....(11)}$$

di :

P = probabilitas

M = nomor urut data

n = jumlah data

2.2.8. Analisa Kebutuhan Air Irigasi

Pada pengelolaan alokasi air di wilayah sungai, data kebutuhan air terhadap irigasi dapat diperoleh dari pengelola wilayah sungai, misalnya Dinas Pekerjaan Umum Pengairan (DPUP) kabupaten/kota, atau Dinas Sumber Daya Air Provinsi atau Balai Besar Wilayah Sungai, sebagai masukan untuk pengelolaan alokasi air. Besarnya kebutuhan air terhadap irigasi di lapangan dapat di periksa kebenarannya dengan menghitung kebutuhan air irigasi berdasarkan parameter-parameter yang mempengaruhi antara lain pola dan jadwal tanam, curah hujan efektif berdasar karakteristik jaringan irigasi KP - 01 dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Irigasi dan Rawa (2013) atau dengan *program Cropwat adalah decision support system yang dikembangkan oleh Divisi Land and Water Development* FAO berdasarkan metode Penman Monteith, untuk merencanakan dan mengatur irigasi. CROPWAT dimaksudkan sebagai alat yang praktis untuk menghitung laju evapotranspirasi standar, kebutuhan air tanaman dan pengaturan irigasi tanaman (Marica, 2000). Dari beberapa studi didapatkan bahwa model Penmann-Monteith memberikan pendugaan yang akurat sehingga FAO merekomendasikan penggunaannya untuk pendugaan laju evapotranspirasi standar dalam menduga kebutuhan air bagi tanaman

(Itenfisul.et.al., 2003; Berengena dan Gavilan, 2005) (Tumiar, Bustomi, Agus: 2012).

2.2.8.1. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses kehilangan air menuju atmosfer dari tanah dan tumbuhan. Evapotranspirasi terjadi pada siang hari ketika keberadaan matahari menyebabkan air dari tanah dan pada tumbuhan menguap. untuk perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode panmann modifikasi FAO (J. Doorenbos & Pruitt, 1977):

$$ET_o = c \times W \times R_n + (1-W) \times f(u) \times (ea-ed) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

c = faktor koreksi

W = bobot faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi

Rn = net radiasi equivalen evaporasi (mm/hari)

F(u) = fungsi angin

ea = tekanan uap jenuh pada suhu t^0C (mbar)

ed = tekanan uap udara (mbar)

Tabel 2. 1. Nilai koefisien lama penyinaran matahari maximum (N) Jam/Hr.

Northern Lats Southern Lats	Jan Juli	Feb Agst	Mar Sept	Apr Oktob	May Nov	Jun Des	Jul Jan	Aug Feb	Sep Maret	Oct April	Nov Mei	Dec Juni
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	16.0	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	14.0	12.6	11.0	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	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	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

Sumber : FAO Irrigation And Drainage Paper 24 1977

Tabel 2. 2. Hubungan suhu (t) dengan ea, W, dan (1-w), dan f(t)

Suhu	Ea (mbar)	W	(1-W)	F(t)
		Elevasi 0-250		
24,0	29,85	0,735	0,265	15,40
24,2	30,21	0,737	0,263	15,45
24,4	30,57	0,739	0,261	15,50
24,6	30,94	0,741	0,259	15,55
24,8	31,31	0,743	0,257	15,60
25,0	31,69	0,745	0,255	15.65
25,2	32,06	0,747	0,253	15,70
25,4	32,45	0,749	0,251	15,75
25,6	32,83	0,751	0,249	15,80
25,8	33,22	0,753	0,247	15,85
26,0	33,62	0,755	0,245	15,90
26,2	34,02	0,757	0,243	15,94
26,4	34,42	0,759	0,241	15,98
26,6	34,83	0,761	0,239	16,02
26,8	35,25	0,763	0,237	16.06
27,0	35,66	0,765	0,235	16,10
27,2	36,09	0,767	0,233	16,14
27,4	36,50	0,769	0,231	16,18
27,6	36,94	0,771	0,229	16,22
27,8	37,37	0,773	0,227	16,26
28,0	37,81	0,775	0,225	16,30
28,2	38,25	0,777	0,223	16,34
28,4	38,70	0,779	0,221	16,38
28,6	39,14	0,781	0,219	16,42
28,8	39,61	0,783	0,217	16,46
29,0	40.06	0,785	0,215	16,50

Sumber: Hidrologi Teknik C.D Soemarjo

UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA PRO PATRIA

Tabel 2. 3. Tabel bobot faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi (w)

Ketinggian (z) m	Temperatur (T) °C									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0	0.430	0.460	0.490	0.520	0.550	0.580	0.610	0.640	0.660	0.690
500	0.440	0.480	0.510	0.540	0.570	0.600	0.620	0.650	0.670	0.700
1000	0.460	0.490	0.520	0.550	0.580	0.610	0.640	0.660	0.690	0.710
2000	0.490	0.520	0.550	0.580	0.610	0.640	0.660	0.690	0.710	0.730

Ketinggian (z) m	Temperatur (T) °C									
	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	0.710	0.730	0.750	0.770	0.780	0.800	0.820	0.830	0.840	0.850
500	0.720	0.740	0.760	0.780	0.790	0.810	0.820	0.840	0.850	0.860
1000	0.730	0.750	0.770	0.790	0.800	0.820	0.830	0.850	0.860	0.870
2000	0.750	0.770	0.790	0.810	0.820	0.840	0.850	0.860	0.870	0.880

Sumber: Hidrologi Teknik C.D Soemarjo

Tabel 2. 4 Besaran angka angkut (Ra) (mm/hr) untuk daerah Indonesia antara 50 LU sampai 100 LS

Bulan	Lintang Utara				Lintang Selatang				
	5	4	2	0	2	4	6	8	10
Januari	13	14.3	14.7	15	15.3	15.5	15.8	16.1	16.1
Februari	14	15	15.3	15.5	15.7	15.8	16	16.1	16
Maret	15	15.5	15.6	15.7	15.7	15.6	15.6	15.5	15.3
April	15.1	15.5	15.3	15.3	15.1	14.9	14.7	14.4	14
Mei	15.3	14.9	14.6	14.4	14.1	13.8	13.4	13.3	12.6
Juni	15	14.4	14.2	13.9	13.5	13.2	12.8	12.4	12.6
Juli	15.1	14.6	14.3	14.1	13.7	13.4	13.1	12.7	11.8
Agustus	15.3	15.1	14.9	14.8	14.5	14.3	14	13.7	12.2
September	15.1	15.3	15.3	15.3	15.2	15.1	15	14.9	13.3
Oktober	15.7	15.1	15.3	15.4	15.3	15.6	15.7	15.8	14.6
Nopember	14.8	14.8	14.8	15.1	15.3	15.5	15.8	16	15.6
Desember	14.6	14.4	14.4	14.8	15.1	15.4	15.7	16	16

Sumber: Hidrologi Teknik C.D Soemarto

Tabel 2. 5. Besaran angka korelasi (c) bulanan

BULAN	C
Januari	1.1
Februari	1.1
Maret	1
April	0.9
Mei	0.9
Juni	0.9
Juli	0.9
Agustus	1
September	1.1
Oktober	1.1
Nopember	1.1
Desember	1.1

Sumber: Depertemen pekerjaan umum KP 01

2.2.8.2. Penggunaan Konsumtif (Etc)

Kebutuhan air untuk komulatif tanaman merupakan kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi yang bebas penyakit, tumbuhan diareal pertanian yang cukup air dari kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik. Untuk menghitung kebutuhan air konsumtif tanaman di gunakan persamaan empiris sebagai berikut:

$Etc = Kc \times Eto$ .....(13)

Dimana :

Kc = koefeisien tanaman

Eto = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Etc = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

Koefisien tanaman di berikan untuk menghubungkan Eto dengan Etc dan dipakai dalam rumus penman. Besarnya nilai suatu koefisien tanaman ini merupakan factor yang di gunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman periode 15 harian.

Tabel 2. 6. koefisien tanaman (kc)

No.	Tanaman	Umur (hari)	Dua Minggu Ke												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Padi (NEDECO/PROSIDA)														
	- Varietas Unggul	90	1.20	1.27	1.33	1.30	1.30	0.00							
	- Varietas Biasa	120	1.20	1.20	1.32	1.40	1.35	1.24	1.12	0.00					
	Padi (FAO)														
	- Varietas Unggul	90	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.00							
	- Varietas Biasa	120	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.05	0.95	0.00					
2	Kedelai	85	0.50	0.75	1.00	1.00	0.82	0.45							
3	Jagung	80	0.50	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95							
4	Kacang tanah	130	0.50	0.51	0.66	0.85	0.95	0.95	0.95	0.55					
5	Bawang	70	0.50	0.51	0.69	0.90	0.95								
6	Buncis	75	0.50	0.64	0.89	0.95	0.88								
7	Kapas	195	0.50	0.50	0.58	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.87	0.65	0.65	0.65

Sumber : FAO dan Nadeco Prosida (Dirjen pengairan, Bina Program PSA 010,1985

a. Kebutuhan air untuk tanaman

Kebutuhan air untuk tanaman adalah air yg di perlukan untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman di petak-petak irigasi. Besarnya kebutuhan air di sawah menurut tahappertumbuhan tanaman dan bergantung kepada cara pengelolaan lahan, besar kebutuhan air sawah dinyatakan dalam mm/hari.

Kebutuhan air sawah untuk padi di tentukan oleh factor-faktor berikut: penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan pergantian lapisan air.

Perhitungan kebutuhan air untuk irigasi berdasarkan prinsip keseimbangan air dengan periode 15 harian, sebagai berikut:

1) Kebutuhan air bersih di sawah (NFR)

$$NFR = IR + Etc + P - Re + WLR \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

2) Kebutuhan air bersih untuk padi (WRD)

$$IR = \frac{NFR}{e} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

3) Kebutuhan air irigasi untuk palawija (WRP)

$$IR = \frac{Etc\text{-}Re}{e} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

4) Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya

$$DR = IR/8{,}64 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (17)$$

Dimana:

NFR	=	kebutuhan air untuk persiapan lahan (mm/hari)
Etc	=	evapotranspirasi untuk tanaman (mm/hari)
IR	=	kebutuhan air untuk konsumsi tanah (mm/hari)
WLR	=	kebutuhan air untuk pergantian lapisan tanah
P	=	perkulasi
Re	=	curah hujan efektif (mm/hari)
DR	=	Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya (lt/dt/ha)
1/8,64	=	Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/ha

Adapun perhitungan kebutuhan air irigasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MOR = \frac{NFR}{e\ primer} \quad \text{.....(18)}$$

$$SOR = \frac{NFR}{e\ sekunder} \quad \text{.....(19)}$$

$$TOR = \frac{NFR}{e\ tersier} \quad \text{.....(20)}$$

Dimana:

MOR	=	*Main Off-Take water* , besarnya kebutuhan air pada pintu sadap utama
SOR	=	*Tersier OffTake water* , besarnya kebutuhan air pada pintu sadap tersier
TOR	=	*Net Field water* , Besarnya kebutuhan bersih (netto)air disawah.
e primer	=	efesiensi tingkat primer
e sekunder	=	efesiensi tingkat sekunder
e tersier	=	efesiensi tingkat tersier

efesiensi irigasi dianggap bahwa seperempat sampai sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai di sawah. Efesiensi irigasi untuk masing-masing tingkat saluran irigasi adalah 0,80 di tingkat tersier 0,90 di tingkat sekunder, dan 0,90 di tingkat primer sehingga:

Efesiensi di saluran tersier	=	0,80
Efesiensi di saluran sekunder	=	0,80 x 0,90 =0,72
Efesiensi di saluran primer	=	0,80 x 0,90 x 0,90 =0,65

b. Kebutuhan air untuk persiapan lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan pada umumnya menentukan kebutuhan maksimun air pada suatu proyek irigasi. Adapun factor-faktor yang menentukan air pada tingkat kebutuhan air pada penyiapan lahan, yaitu:

- ✓ Lamanya waktu yang di butuhkan untuk penyiapan lahan
- ✓ Jumalah air yang di perlukan untuk penyiapan lahan

Kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan, pada umumnya menggunakan metode yang dikembangkan oleh Van De Goor dan Zijlstra (1986). Metode ini berdasarkan pada laju air konstan dalam satuan l/dt selama penyiapan lahan den menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$IR = \frac{M.e^k}{e^k-1} \quad \text{.....(21)}$$

Dimana :

IR	=	kebutuhan air irigasi untuk pengelolaan tahan (mm/hari)
M	=	kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan dimana M=Eo+P
Eo	=	evaporasi air terbuka (mm/hari) =Eto x 1,10
P	=	kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari) (tergantung tekstur tanah)
K	=	MT/S
T	=	jangka waktu penyiapan lahan (hari)
S	=	kebutuhan air (untuk penjenuhan di tambah dengan lapisan air 50mm, yaitu 200 + 50 =250 mm)

Untuk tanah bertekstur besar tanpa retak–retak kebutuhan air untuk penyiapan lahan diambil 200 mm. setelah transpalantasi selesai, lapisan air disawah akan bertambah 50 mm. Maka secara keseluruhan, berarti bahwa lapisan air awal setelah transpilasi selesai. Bila lahan telah dibiarkan selama jangkah waktu yang lama (2,5 bulan atau lebih), maka lapisan air yang di perlukan lahan diambil 300 mm, termasuk 50 mm untuk penggenangan setelah transpalantasi.

2.2.8.3. Perkolasi atau Rembesan

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang tertekan di antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah (zona jenuh). 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 pengelolahan (puddling) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/ hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan laju perkolasi bisa lebih tinggi.

Tabel 2. 7. Harga Perkolasi dari berbagai Jenis Tanah

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

(Sumber: Soemarto,1987)

2.2.8.4. Pola Tanam

Pola tanam merupakan perpaduan antara kebutuhan air dengan ketersediaan air irigasi, kita berusaha mengatur waktu, tempat jenis dan luas penanaman saat musim hujan dan kemarau di sertai pengunaan air yang efesien untuk mendapat produksi semaksimal mungkin.

Hal –hal yang perlukan dalam perencanaan pola tanam:

a. Pola tanam harus bisa mengoptimalkan pemakaian air dari sumber air yang tersedia.
b. Pola harus praktis dan cocok berdasarkan kemampuan dan lingkungan yang ada.
c. Pola tanam harus membawa keuntungan semaksimal mungkin bagi petani.

Tabel 2. 8. Pola Tanam

Ketersediaan air untuk jaringan irigasi	Pola tanam dalam satu tahun
Tersedia air cukup banyak	Padi – Padi – Palawija
Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – Padi – Bera Padi – Palawija – Palawija
Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi – Palawija – Bera Palawija – Padi – Bera

Sumber : S.K. Sidharta, Irigasi dan Bangunan Air, 1997.

Tabel 2. 9. Koefisien tanaman padi per fase pertumbuhan

Fase pertumbuhan	Waktu	Koefisien tanaman
Penyiapan lahan /Nursery	30 hari	1.20
Penggenangan/land	20 hari	-
prepanation	20 hari	1.10
Penanaman /intial stage	30 hari	-
Pertumbuhan /developin stege	40 hari	1.05
Menjelang tumbuh/mid season	30 hari	0.80

Masa sudah tua/late season	150 hari	4,15

Sumber: menurut cropwat tahun 1989

2.2.8.5. Cropwat

Cropwat adalah alat pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Divisi Pengembangan Tanah dan Air FAO. Cropwat ini merupakan sebuah program computer ntuk perhitungan kebutuhan air tanaman dan kebutuhan irigasi berdasarkan data tanah, iklim dan tanaman. Selain itu, program ini memungkinkan pengembangan jadwal irigasi untuk kondisi manajemen yang berbeda dan perhitungan penyediaan air untuk berbagai skema pola tanaman. CROPWAT juga dapat digunakan untuk mengevaluasi praktek-praktek irigasi petani dan untuk menilai kinerja tanaman di bawah kedua kondisi tadah hujan dan irigasi. Pada program Cropwat 8.0 merupakan versi terbaru yang didalamnya mengandung data karakteristik tanah standar dan karakteristik tanaman standar dalam perhitungan kebutuhan air irigasi ini cukup mengunakan 4 featur yaitu:

a. Climale/Eto yang berisi data klimatologi dengan model analisis dengan menggunakan metode panman monteith
b. Rain yang berisi analisis data curah hujan dengan motode kalkulasi effective rain
c. Crop yang berisi data tenaman kc, daur hidup, rooting depth dan lainnya.
d. Soil yang berisi data tanah untuk menghitung infeltarasi max, rooting depth max.
e. Crw yang berisi data kc, ETc, dan effective rain untuk menghitung ketersediaan air irigasi (irrigation requiment).

Metode Cropwat sangat mudah digunakan dibandingkan dengan metode lain yang bersifat konvensional. Dengan adanya Cropwat, menghitung kebutuhan air tanaman menjadi lebih praktis. Hampir semua jenis tanaman (30 jenis tanaman) dapat diketahui kebutuhan airnya secara tepat dan teliti, selain itu data yang disajikan lengkap. Kita dapat

mengetahui kapan waktu penanaman, jadwal irigasi, dan kebutuhan air tanaman setiap bulannya. Selain itu Cropwat 8.0 mudah digunakan, sangat praktis karena juga sangat cepat dalam mengolah data dan menyajikan hasil yang diinginkan, mampu mendesain, memanejemen, serta mampu menampilkan hasil dalam bentuk grafik dan form. File-file jadwal irigasi dapat disimpan sehingga dapat digunakan di kemudian hari, sedangkan metode lainnya.

Kelebihan dari prangkat lunak cropwat 8, aplikasi ini mempermudah pekerjaan dalam menghitung kebutuhan air tanaman, dan bagaimana penjadwalan pengairan untuk tanaman yang ingin diketahui. Disamping itu program ini memungkinkan pengembangan jadwal irigasi untuk kondisi manajemen yang berbeda dan perhitungan pasokan skema air untuk berbagai pola tanaman. Sofware Cropwat 8.0 juga dapat digunakan untuk mengevaluasi praktek-praktek irigasi petani dan untuk menilai kinerja tanaman yang berhubungan dengan kebutuhan air. Namun ada kekurangan dari aplikasi ini adalah, bahwa aplikasi ini masih digunakan hanya oleh kalangan tertentu belum menyeluruh, misal para petani biasa belum bisa menggunkan aplikasi ini, kemudian 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 dan pengoperasian pengguna dan kekurangan lainya dari cropwat 8.0 adalah hasil data yang hanya berkisar dua angka di belakang koma sehingga nilai yang dihasilkan sangat bergantung pada pembulatan yang dilakukan.(Prijono, Sugeng. 2009).