

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Penelitian Terdahulu

Ammar Hariz, dkk (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “*Analisis Kebutuhan Air Irigasi Sawah Padi Pada Daerah Irigasi Ciujung Kecamatan Ciruas*” melakukan penelitian dengan metode skema jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan air untuk saluran sekunder kesempangan dan bayongbong, untuk mengetahui cara pembagian pengaliran lahan sawah di saluran sekunder kesempangan dan bayongbong, dan untuk mengetahui jadwal tanam yang seharusnya dilaksanakan pada saluran sekunder kesempangan dan bayongbon. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebutuhan air saat pengolahan lahan sebesar 0,79 liter/detik, anakan 0,47 liter/detik, anakan maksimum 0,77 liter/detik, berbunga 0,72 liter/detik dan pematangan 0,33 liter/detik. Jika terjadi penutupan air dari bending, maka dilakukan sistem rotasi/bergiliran dalam menggunakan air dan melakukan tanam sesuai dengan jadwal penanaman yang sudah ditentukan.

Hanan Shalsabillah, dkk (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “*Analisis Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Metode Cropwat Version 8.0 (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Air Nipis Kabupaten Bengkulu Selatan)*” melakukan penelitian dengan metode Penman-Monteith. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan air untuk mendapatkan prediksi nilai minimum dan kebutuhan air irigasi maksimum di daerah irigasi Air Nipis dengan menggunakan metode *Cropwat* versi 8.0. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kebutuhan irigasi maksimum untuk perhitungan menggunakan *software Cropwat* 8.0 terjadi pada 10 hari pertama bulan Desember (14,49 m<sup>3</sup>/detik), sedangkan irigasi minimum kebutuhan air untuk *Cropwat* 8.0 terjadi pada pertengahan hingga akhir Maret (0,04 m<sup>3</sup>/detik).

Mutia Wardani, dkk (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Kebutuhan Air Irigasi Untuk Tanaman Padi Di Desa Berora Kecamatan Lopok” melakukan penelitian dengan metode KP-01 dan Penman-Monteith. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kebutuhan air irigasi di Desa Berora. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode KP-01(manual) dan *software Cropwat*. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kebutuhan air irigasi pada musim tanam I menggunakan metode KP-01 yaitu sebesar 2,169 l/dt/ha dan pada musim tanam II kebutuhan air irigasi sebesar 4,894 l/dt/ha sehingga total kebutuhan air irigasi pada perhitungan KP-01 (manual) adalah sebesar 7,063 l/dt/ha, sedangkan hasil perhitungan menggunakan *software cropwat* pada musim tanam I kebutuhan air irigasi sebesar 1,2 l/dt/ha dan pada musim tanam II kebutuhan air irigasi sebesar 1,8l/dt/ha sehingga total kebutuhan air irigasi menggunakan *software cropwat* adalah sebesar 4 l/dt/ha.

## **B. Hidrologi**

Di dalam hidrologi, salah satu aspek analisis yang diharapkan untuk menunjang perencanaan bangunan-bangunan hidraulik adalah penerapan besar-besaran rancangan, baik hujan, banjir ataupun unsur hidrologi lainnya. Hal ini merupakan salah satu masalah yang cukup rumit karena di suatu pihak di tuntut hasil yang memadai, namun di pihak lain sarana yang diperlukan untuk itu sering tidak memadai (Robert J. Kodoate, 1996).

Masalah praktis yang selama ini hampir dijumpai dalam analisis ialah terdapatnya banyak cara pendekatan, model, dan hasil penelitian dalam hidrologi yang satu sama lain menggunakan pendekatan yang berbeda dan hasil yang lebih sering berbeda. Meskipun pada dasarnya memiliki konsep dasar yang sama yakni konsep siklus hidrologi. Namun pada perkembangannya, masing-masing memberikan hasil perkiraan keluaran hidrologi yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh pemakaian model yang berbeda untuk satu macam kasus, dapat menghasilkan besaran

tanggapan yang berbedanya sangat besar. Dalam kaitan ini yang paling mendasar dalam menentukannya adalah hidrologinya. Siklus air atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan kembali mengalir ke laut (Robert J. Kodoate, 1996)

Menurut Robert J. Kodoatie. (1996), siklus hidrologi merupakan konsep dasar tentang keseimbangan air. Susunan secara siklus peristiwa tersebut sebenarnya tidak sesederhana yang digambarkan. Dalam perjalanan menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi ke atas atau langsung jatuh kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah lagi. Setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara berulang dalam tiga cara yang berbeda yaitu :

1) Evaporasi.

Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, kemudian akan menguap ke atmosfer dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh uap air akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun dalam bentuk hujan, salju, es.

2) Infiltrasi ke dalam tanah.

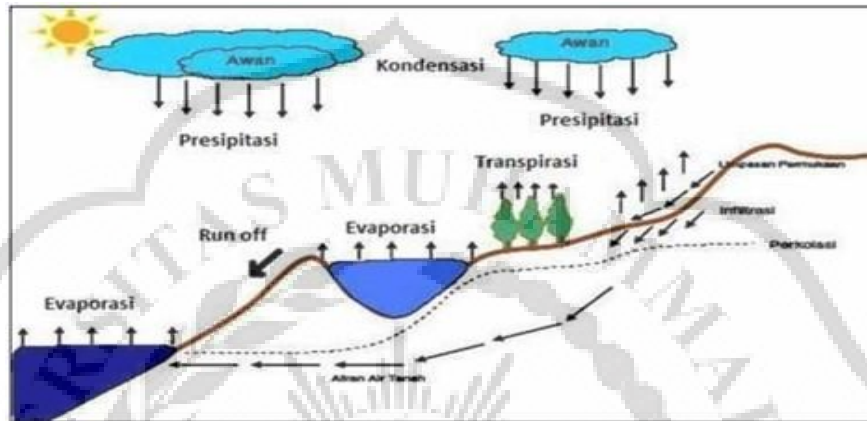
Air bergerak ke dalam tanah melalui pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat kapiler atau air dapat secara vertikal maupun horisontal di bawah permukaan tanah hingga air tersebut kembali menjadi sistem air permukaan.

3) Air permukaan.

Air yang bergerak di atas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau; semakin landai lahan semakin sedikit juga pori-pori tanahnya, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah bisa dilihat terutama pada daerah urban. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan disekitar daerah aliran sungai menuju laut.

Air permukaan, baik yang mengalir ataupun yang tergenang seperti (danau, rawa, waduk) dan sebagian air permukaan akan terkumpul dan

mengalir membentuk sungai dan berakhir di laut. Proses perjalananan air di daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk sistem daerah aliran sungai (DAS). Jumlah air di bumi secara keseluruhan relatif tetap, yang berubah ialah wujud dan tempatnya (C.D Soemarto, 1986).



Gambar 2.1. Siklus Hirdrologi

Sumber : Soemarto,1986.

Meskipun konsep daur hidrologi ini sudah disederhanakan, namun masih dapat membantu memberikan gambaran mengenai proses-proses penting dalam daur tersebut yang harus di mengerti oleh para ahli hidrologi. Air laut yang menguap karena adanya radiasi matahari dan awan yang terjadi oleh uap air, bergerak di atas daratan yang didesak oleh angin. Presipitasi karena adanya tabrakan antara butir-butir uap air yang diakibatkan oleh angin, dapat berbentuk hujan atau salju yang jatuh ke tanah yang membentuk limpasan yang mengalir kembali ke laut. Beberapa di antaranya masuk ke dalam tanah dan bergerak terus ke bawah ke daerah jenuh yang terdapat di bawah permukaan air tanah. Air di dalam daerah ini bergerak perlahan-lahan melewati akuifer masuk ke sungai atau langsung ke laut (Robert J. Kodoate, 1996).

Air yang merembes ke dalam tanah memberi hidup kepada tumbuhan dan beberapa di antaranya naik ke atas melalui akar dan batangnya, sehingga transpirasi, yaitu evaporasi lewat tumbuhan melalui

bagian bawah daun. Air yang tertahan di bawah tanah sebagian besar diuapkam dan sebagian besar mengalir ke sungai-sungai kecil dan mengalir sebagai limpasang permukaan ke dalam sungai. Permukaan sungai dan danau juga mengalami penguapan, sehingga masih ada air yang dipindahkan menjadi uap (Robert J. Kodoate, 1996).

### C. Irigasi

Pengertian irigasi menurut PP Nomor 77 Tahun 2001 adalah usaha manusia dalam menyediakan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi tambak. Sedangkan menurut Hansen, (1992). Irigasi adalah suatu seni yang dimiliki oleh manusia yang sesuai dengan peradaban manusia atau dikatakannya bahwa peradaban manusia ternyata mengikuti perkembangan irigasi.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1974 tentang pengairan, yang berisi tentang kebijakan dasar bagi peraturan-peraturan tentang pengairan. Pengairan merupakan pemanfaatan dan pengaturan, meliputi :

1. Irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian baik air permukaan ataupun air tanah.
2. Pengembangan daerah rawa adalah pematang tanah daerah-daerah rawa antara lain untuk pertanian.
3. Pengendalian banjir serta usaha untuk perbaikan sungai, waduk, dan lainnya.
4. Pengaturan penyediaan air minum, air perkotaan, air industri, dan pencegahan terhadap pencemaran atau pengotoran air dan lainnya bangunan pengairan diatur lebih lanjut pada Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 1982 bahwa,

- a) Penyediaan air irigasi pada dasarnya untuk mengairi tanaman, tetapi perlu diperhatikan keperluan untuk pemukiman dan perikanan air tawar.
- b) Penggunaan air irigasi hanya diperkenankan dengan mengambil air dari saluran tersier pada tempat pengambilan dengan mengambil yang telah ditetapkan pihak berwenang.
- c) Perkumpulan petani pemakai air (P3A), sangat ditekankan agar memperhatikan pemanfaatan air yang ada pada tanah untuk keperluan mencukupi pertumbuhan dan tumbuhnya tanaman terutama bagi tanaman pokok seperti tanaman padi dan palawija. Lebih umum diartikan sebagai pemanfaatan keberadaan air yang ada di dunia ini tidak hanya untuk pertanian tetapi untuk kebutuhan dan keperluan hidup dan kelestarian dunia itu sendiri.

## **1. Sistem Irigasi**

Sistem Irigasi merupakan upaya yang dilakukan oleh manusia untuk memperoleh air dengan menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk mengairi lahan pertanian. Upaya ini meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, dan sumber daya manusia. Terkait prasarana irigasi, dibutuhkan suatu perencanaan yang baik agar sistem irigasi yang dibangun merupakan irigasi yang efektif, efisien dan berkelanjutan, sesuai fungsinya mendukung produktivitas usaha tani (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013).

Kebutuhan pangan di Indonesia terutama beras terus meningkat dari waktu ke waktu sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk. Di sisi lain ketersediaan pangan terbatas sehubungan dengan terbatasnya lahan yang ada untuk bercocok tanam, modal, tenaga kerja, dan teknologi, sehingga defisit penyediaan bahan pangan masih sering terjadi di negeri ini (Sugeng Prijono, 2012).

Beberapa komponen dalam sistem irigasi diantaranya (Sugeng Prijono, 2012) ialah :

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

## **2. Jaringan Irigasi**

Jaringan irigasi adalah satu kesatuan bangunan dan saluran yang diperlukan pengaturan air irigasi, mulai dari penyediaan, pengambilan, pemberian, dan penggunaannya. Secara hirarki jaringan irigasi dibagi menjadi jaringan utama dan jaringan tersier. Jaringan utama meliputi bangunan, saluran primer dan saluran sekunder. Sedangkan saluran tersier terdiri dari bangunan dan saluran yang berbeda dalam petak tersier. (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2010).

Mengacu pada Direktorat Jenderal Pengairan (1986), cara pengaturan, pengukuran, serta kelengkapan fasilitas, jaringan irigasi dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu jaringan irigasi sederhana, jaringan irigasi semi teknis, dan jaringan irigasi teknis.

## **D. Ketersediaan Air**

Ketersediaan air terdiri dari tiga bentuk, yaitu air hujan, air permukaan, dan air tanah. Sumber air utama dalam pengelolaan alokasi air adalah sumber air dalam permukaan bentuk air di sungai, saluran, dan danau. Penggunaan air tanah kenyataannya sangat membantu pemenuhan kebutuhan air baku dan air irigasi pada daerah yang sulit mendapatkan air permukaan, akan tetapi berkelanjutannya perlu dijaga dengan pengembalian yang terkendali di bawah debit aman. Dalam pengelolaan alokasi air, air hujan berkontribusi untuk mengurangi kebutuhan air irigasi yakni dalam bentuk hujan efektif. Pada beberapa daerah dengan kualitas air permukaan yang tidak memadai, dilakukan pemanenan hujan yaitu air hujan ditampung

menjadi sumber air untuk keperluan rumah tangga (Direktorat Jenderal Pengairan, 2010).

Ketersediaan air permukaan dapat didefinisikan dalam berbagai cara. Lokasi ketersediaan air dapat berlaku pada satu titik, misalnya pada suatu lokasi pos duga air, bendung tempat pengambilan air irigasi, dan sebagainya sebagai satuan yang kerap digunakan adalah berupa nilai debit aliran dalam meter kubik per detik atau liter per detik. Banyaknya air yang tersedia terdapat pula dinyatakan untuk suatu area tertentu, misalnya pada suatu wilayah sungai, daerah aliran sungai, daerah irigasi, dan sebagainya, dimana satuan yang digunakan berupa air yang tersedia pada satu satuan waktu, misalnya juta meter kubik per tahun atau milimeter per hari. (Direktorat Jenderal Pengairan, 2010).

Analisis ketersediaan air menghasilkan perkiraan ketersediaan air di suatu wilayah sungai, secara spasial dan waktu. Analisis ini pada dasar terdiri dari lima langkah : (1) analisis data debit aliran, (2) analisis data hujan dan iklim, (3) pengisian data debit yang kosong, (4) memperpanjang data debit runtut waktu, dan (5) analisis frekuensi debit aliran rendah (Direktorat Jenderal Pengairan, 2010).

### **1. Curah Hujan**

Pengertian curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan satu milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu meter atau air tertampung sebanyak satu liter (Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor, 2012).

Curah hujan merupakan bagian dari keseluruhan curah hujan secara efektif untuk kebutuhan air tanaman. Curah hujan adalah untuk tanaman padi adalah probabilitas curah hujan yang jatuh dengan kegagalan 80% dan untuk tanaman palawija dengan kegagalan 50% (Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor, 2012).

Hujan yang ditetapkan berdasarkan persamaan weibul sebagai berikut :

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

dimana :

- P = probabilitas
- M = nomor urut data
- N = jumlah data

**a. Curah hujan rata-rata**

Curah hujan sangat diperlukan untuk sebuah rancangan pemanfaatan air baik untuk menentukan kebutuhan air yang diperlukan. Curah hujan di sini dimaksudkan adalah curah hujan rata-rata yang terjadi di daerah yang terkait, bukan di suatu titik tertentu pada daerah itu sendiri. Curah hujan ini biasanya dihitung dari beberapa titik hujan atau beberapa stasiun hujan (Suryono Sosrodarsono, 1980).

Salah satu cara untuk menghitung curah hujan rata-rata yaitu dengan cara menghitung *Polygon Tessen*,

$$P = \frac{a1.P1 + a2.P2 + a3.P3}{P1 + P2 + P3} \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

- P = Curah Hujan Rata-rata (mm/bulan)
- Pi= Curah Hujan ke-I (mm/bulan)

**b. Curah Hujan Efektif**

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah tertentu dan biasanya digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Curah hujan efektif ini dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air yang diakibatkan oleh evapotranspirasi tanaman, perkolasi tanaman, dan lain-lain. Pada umumnya, jumlah hujan yang dimanfaatkan tanaman tergantung pada jenis tanaman itu sendiri (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986)

Besar curah hujan yang jatuh dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air pada tanaman, sehingga dapat memperkecil debit yang dibutuhkan dari pintu pengambilan. Curah hujan efektif ditentukan besarnya  $R_{80}$  yang merupakan curah hujan yang dapat melampaui sebanyak 80% atau dilampauinya 8 kali dari 10 kejadian. Dengan kata lain bahwa peluang terjadinya adalah 80% atau risiko tidak terjadi hanya 20% (Priyonugraha, 2014).

Analisa curah hujan efektif dilakukan dengan maksud untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Curah hujan efektif adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif diambil setiap bulannya adalah 70% dari curah hujan minimum dengan periode ulang rencana tertentu dengan kemungkinan gagal atau risiko tidak terjadi 20% apabila data hujan yang digunakan ialah 10 harian, maka persamaannya menjadi (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986) :

Curah hujan untuk padi :

$$R_e \text{ padi} = (R_{80} \times 70\%) / \text{periode pengamatan (mm/hari)} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

$R_e$  = curah hujan efektif untuk sawah (mm/hari)

$R_{80}$  = curah hujan harian dengan probabilitas kemungkinan terjadi 80 persen (mm)

#### **E. Kebutuhan Air Irigasi**

Pada pengelolaan alokasi air di wilayah sungai, data kebutuhan air irigasi dapat diperoleh dari pengelolaan wilayah sungai, misalnya Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten, atau Dinas Sumber Daya Air Provinsi atau Balai Besar Wilayah Sungai, sebagai masukan untuk pengelolaan air. Besarnya kebutuhan air diperiksa kebenarannya dengan bantuan model komputer untuk menghitung kebutuhan air irigasi berdasarkan parameter-

parameter yang mempengaruhi antara lain curah hujan efektif, pola dan jadwal tanam, perkolasi efisiensi, golongan, dan sebagainya berdasarkan kriteria perencanaan jaringan irigasi KP 01 dari Direktorat Jenderal Pengairan (1985). Kebutuhan air di sawah untuk padi bergantung faktor-faktor penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan dinyatakan dalam satuan milimeter perhari.

### **1. Evapotranspirasi**

Evapotranspirasi merupakan kejadian bersama-sama antara Evaporasi dan Transpirasi, yang mana keduanya saling mempengaruhi dan sangat berkaitan satu sama lain. Evapotranspirasi juga berarti kehilangan air total akibat penguapan dari muka tanah dan penguapan air di tanaman. Analisa mengenai Evapotranspirasi ini bertujuan untuk mengetahui air yang menguap dari tanah dan tumbuhan, yang nantinya akan sangat menentukan jumlah air yang dibutuhkan dalam suatu irigasi (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

Evapotranspirasi berdasarkan keadaan meteorologi sangat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya :

#### **a. Radiasi Matahari.**

Evapotranspirasi ialah konversasi air ke dalam uap air. Proses ini berjalan terus menerus tanpa berhenti di siang hari juga di malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas, ini memerlukan energi berupa gas laten untuk evaporasi. Proese tersebut akan sangat efektif jika ada penyinaran matahari langsung. Awan merupakan penghalang radiasi matahari dan menghambat berjalannya evaporasi.

#### **b. Angin.**

Jika air menguap ke atmosfer, maka lapisan batas antara permukaan tanah dan udara menjadi uap, sehingga proses penguapan berhenti. Agar proses tersebut dapat berjalan terus, maka lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu mungkin jika terjadinya

angin yang menggeser komponen uap air. Jadi, kecepatan angin memegang peran penting dalam proses evaporasi.

c. Kelembaban relatif.

Faktor lain yang mempengaruhi evaporasi ialah kelembaban relatif ini naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan berkurang sehingga laju evaporasinya menurun. Penggantian lapisan udara pada batas tanah dan udara dengan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak akan menolong dalam memperbesar laju evaporasi.

d. Temperatur

Jika temperatur udara dan tanah cukup tinggi, maka proses evaporasi berjalan lebih cepat dibandingkan dengan jika temperatur udara dan tanah rendah dengan adanya energi panas yang tersedia. Kemampuan udara untuk menyerap uap air naik jika temperaturnya naik, maka temperatur udara mempunyai efek ganda terhadap besarnya evaporasi dengan mempengaruhi kemampuan udara menyerap uap air dan mempengaruhi temperatur tanah yang akan mempercepat penguapan. Sedangkan temperatur tanah dan air hanya memiliki efek tunggal.

Gabungan evaporasi dan transpirasi yang ada dilakukan bersama-sama, yang mana keduanya saling mempengaruhi. Evapotranspirasi dihitung berdasarkan metode *Penman* sebagai berikut.

$$ET_0 = c [(W.R_n + (1-W) .f(u).ea - ad)] \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

ET<sub>0</sub> = Evapotranspirasi acuan (mm/hari)

W = bobot faktor yang berhubungan dengan temperatur dari elevasi daerah antara 0 – 500 m

c = faktor penyesuaian untuk mengimbangi pengaruh cuaca siang dan malam hari

Rn = bobot faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi

ea = tekanan uap jenuh (mbar)

ed = tekanan uap sebenarnya (mbar)

f(u) = fungsi kecepatan angin pada ketinggian (m/detik)

Tabel 2.1 Hubungan Suhu (T) dengan ea (mbar)

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

Sumber : Soemarto, 1987

Tabel 2.2 Hubungan Suhu (T) dengan f(T)

Suhu (°C)	f(T)
0	11,0
2	11,4
4	11,7
6	12,0
8	12,4
10	12,7
12	13,1
14	13,5
16	13,8
18	14,2
20	14,6
22	15,0
24	15,4
26	15,9
28	16,3
30	16,7
32	17,2
34	17,7
36	18,1

Sumber : Soemarto, 1987

Tabel 2.3 Besaran angka (Ra) (mm/hari) untuk daerah Indonesia antara 6° LU hingga 10° LS

Bulan	Lintang Utara				Lintang Selatan				
	6	4	2	0	2	4	6	8	10
Januari	13,9	14,3	14,7	15,0	15,3	15,5	15,8	16,1	16,4
Februari	14,8	15,0	15,3	15,5	15,7	15,8	16,0	16,1	16,3
Maret	15,4	15,5	15,6	15,7	15,7	15,6	15,6	15,5	15,5
April	15,4	15,5	15,3	15,3	15,1	14,9	14,7	14,4	14,2
Mei	15,1	14,9	14,6	14,4	14,1	13,8	13,4	13,1	12,8
Juni	14,7	14,4	14,2	13,9	13,5	13,2	12,8	12,4	12,0
Juli	14,9	14,6	14,3	14,1	13,7	13,4	13,1	12,7	12,4
Agustus	15,2	15,1	14,9	14,8	14,5	14,3	14,0	13,7	13,5
September	15,3	15,3	15,3	15,3	15,2	15,1	15,0	14,9	14,8
Oktober	15,0	15,1	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9
November	14,2	14,5	14,8	15,1	15,3	15,5	15,8	16,0	16,2
Desember	13,7	14,1	14,4	14,8	15,1	15,4	15,7	16,0	16,2

Sumber : Soemarto, 1987

Tabel 2.4 Hubungan Suhu (T) dengan Ketinggian Terhadap Nilai W

Suhu (°C)	0 (m)	500 (m)	1000 (m)
2	0,43	0,44	0,46
4	0,46	0,48	0,49
6	0,49	0,51	0,52
8	0,52	0,54	0,55
10	0,55	0,57	0,58
12	0,58	0,60	0,61
14	0,61	0,62	0,64
16	0,64	0,65	0,66z
18	0,66	0,67	0,69
20	0,69	0,70	0,71
22	0,71	0,72	0,73
24	0,73	0,74	0,75
26	0,75	0,76	0,77
28	0,77	0,78	0,79
30	0,78	0,79	0,80
32	0,80	0,81	0,82
34	0,82	0,82	0,83
36	0,83	0,84	0,85
38	0,84	0,85	0,86
40	0,85	0,86	0,87

Sumber : Soemarto, 1987

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Kondisi Cuaca Disebabkan Siang dan Malam (c)

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
November	1,1
Desember	1,1

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2013

## 2. Penggunaan Konsumtif

Kebutuhan air untuk konsumtif tanaman adalah kedalaman air yang diperlukan untuk memenuhi evapotranspirasi yang bebas penyakit, tumbuh di areal yang cukup air dari kesuburan tanah dengan potensi pertumbuhan yang baik dan tingkat lingkungan pertumbuhan yang baik. Untuk menghitung kebutuhan air konsumtif tanaman dapat menggunakan persamaan Empiris sebagai berikut :

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

$K_c$  = koefisien tanaman

$ET_o$  = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

$ET_c$  = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

Koefisien tanaman diberikan untuk menghubungkan Eto dengan Etc dan dipakai dalam rumus Penman. Koefisien yang dipakai harus didasarkan pada pengalaman yang terus menerus proyek irigasi di daerah studi. Besarnya nilai suatu koefisien tanaman ini merupakan factor yang digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman dalam periode 10 harian yang akan datang (Kementerian PUPR, 2013)

### 3. Kebutuhan Air Untuk Tanaman

Kebutuhan air irigasi merupakan air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman di petak-petak irigasi. Besarnya kebutuhan air di sawah menurut tahap pertumbuhannya dan bergantungnya kepada cara pengelola lahan besarnya kebutuhan air di sawah dinyatakan dalam milimeter perhari. Kebutuhan air di sawah padi ditemukan oleh factor-faktor seperti penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan pergantian lapisan air. Perhitungan kebutuhan air untuk irigasi berdasarkan prinsip keseimbangan air dalam periode 15 harian (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986), sebagai berikut

#### a. Kebutuhan air bersih di sawah (NFR)

$$NFR = Etc + P + WLR - Re \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

NFR = kebutuhan air untuk persiapan lahan ( mm/hari )

Etc = evapotranspirasi untuk tanaman ( mm/hari )

WLR = kebutuhan air untuk pergantian lapisan tanah ( mm/hari )

P = perkolasi ( mm/hari )

Re = curah hujan efektif ( mm/hari )

Efisiensi irigasi dianggap bahwa seperempat hingga sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air tersebut mencapai sawah. Efisiensi 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:

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

1. Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya

$$DR = \frac{IR_{padi}}{8,64} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

DR = Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya  
(lt/dt/ha).

1/8,64 = Angka konversi satuan dari mm/hari ke  
lt/dt/ha.

**4. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan**

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan pada umumnya menentukan kebutuhan maksimum air pada suatu proyek irigasi selama penyiapan lahan, yaitu:

- a). Lama waktu yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan.
- b). Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.]

Kebutuhan air pada proyek irigasi selama penyiapan lahan, umumnya menggunakan metode yang dikembangkan oleh Van De Goor dan Zijlstra (1986). Metode ini berdasarkan pada laju air konstan dalam satuan 1/detik selama penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut :

$$IR = M.e^k / (e^k - 1) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

IR = kebutuhan air irigasi untuk pengelolaan tanah ( mm/hari )

M = kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi

e = Bilangan Napier (2,7183)

k = Konstanta

Dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan, dimana :

$$M = E_o + P$$

$E_o$  = Evaporasi air terbuka ( mm/hari ) =  $E_{to} \times 1,10$

P = kehilangan air akibat perkolasi ( mm/hari )

k =  $M \times T/S$

T = jangka waktu penyiapan lahan ( hari )

S = kebutuhan air (untuk menjenuhkan ditambah dengan lapisan air 50 mm, yakni  $250+50 = 300$  mm )

Untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak, kebutuhan air untuk penyiapan lahan diambil 200 mm. Setelah transplantasi selesai, nantinya lapisan air di sawah akan ditambah 50 mm. Maka secara total, berarti bahwa lapisan air awal setelah transplantasi selesai. Bila lahan telah diberikan bero selama jangka waktu yang lama lebih dari 2,5 bulan, maka lapisan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan diambil 250 mm, termasuk 50 mm untuk penggenangan selesai transplantasi (Direktorat Jenderal Pengairan, 2013).

## 5. Perkolasi

Dari hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan air, besarnya laju perkolasi tingkat kecocokan tanah dan untuk pengelolaan tanah bisa ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, maka tinggi muka

air tanah juga harus di perhitungkan. Perembesan yang terjadi diakibatkan air yang meresap melalui tanggul sawah (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Laju perkolasi normal pada tanah lempung setelah dilakukan genangan berkisar antara 1 sampai 3 mm/hari. Di daerah kemiringan diatas 5% paling tidak, akan terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan, maka dari laju perkolasi tersebut dapat memastikan seberapa besar penggunaan lahan yang dapat digunakan untuk lahan persawahan dan seberapa besar untuk penggenangan air di suatu lahan (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Tabel 2.6 Harga Perkolasi Dari Berbagai Jenis Tanah

No.	Jenis Tanah	Perkolasi (mm/hari)
1	Sandy Loam	3-6
2	Loam	2-3
3	Clay	1-2

Sumber : Soemarto, 1987

## 6. Pola Tanam

Pola tata tanam adalah perpaduan antara kebutuhan air dengan ketersediaan air irigasi, berusaha untuk mengatur waktu, tempat jenis dan luas penanaman saat musim hujan dan kemarau disertai penggunaan air yang efisien untuk mendapat produksi semaksimal mungkin (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986). Hal-hal yang diperlukan dalam perencanaan pola tanam :

- a. Pola tanam harus memaksimal pemakaian air dari sumber air yang tersedia.
- b. Pola tanam harus praktis berdasarkan kemampuan dan lingkungan yang ada.
- c. Pola tanam harus membawa keuntungan maksimal bagi petani.

Tabel 2.7. Koefisien tanaman padi per fase pertumbuhan

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

Sumber: Sidharta, 1997

## F. Aplikasi Cropwat

Dalam perkembangan irigasi di dunia khususnya di Indonesia tidak terlepas dari penggunaan teknologi untuk mempermudah dan mempersingkat pengerjaan irigasi agar mencapai hasil yang lebih maksimal, penggunaan teknologi sangat dibutuhkan dalam pengerjaan jaringan irigasi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam pengerjaan irigasi adalah aplikasi *Cropwat*, aplikasi ini merupakan suatu aplikasi pendukung yang dikembangkan oleh Devisi pengembangan tanah dan air *Food and Agriculture Organization of the United Nations* yang memasukkan perhitungan manual untuk irigasi menjadi suatu aplikasi yang di sebut *Cropwat* (Hanan Shalsabillah, 2018).

★ Data yang diperlukan dalam penggunaan *CROPWAT* adalah data klimatologi bulanan (temperatur maksimum-minimum atau rata-rata, penyinaran matahari, kelembaban, kecepatan angin dan curah hujan). Data tanaman tersedia dalam program secara terbatas dan dapat ditambahkan atau dimodifikasi sesuai dengan kondisi setempat (Shalsabilah dkk, 2018).

Fungsi utama *CROPWAT* (Richard G. Allen, dkk, 2006) adalah:

- a. Untuk menghitung referensi evapotranspirasi

FAO mengembangkan metode Penman-Monteith yang mana digunakan dalam perhitungan Evapotranspirasi pada

Software CROPWAT version 8.0. Metode tersebut mengatasi kekurangan dari metode FAO Penman sebelumnya dan memberikan nilai yang lebih konsisten (Richard G. Allen, dkk. 2006).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana:

- ET<sub>o</sub> = Evapotranspirasi acuan (mm/hari)
- R<sub>n</sub> = Radiasi netto pada permukaan tanaman  
(MJ/m<sup>2</sup>/hari)
- G = Kerapatan panas terus-menerus pada tanah  
(MJ/m<sup>2</sup>/hari)
- T = Temperatur harian rata-rata pada ketinggian 2 m  
(°C)
- u<sub>2</sub> = Kecepatan angin pada ketinggian 2 m (m/dt)
- e<sub>s</sub> = Tekanan uap jenuh (kPa)
- e<sub>a</sub> = Tekanan uap aktual (kPa)
- Δ = Kurva kemiringan tekanan uap (kPa/°C)
- γ = Konstanta *psychrometric* (kPa/°C)

b. Untuk menghitung kebutuhan air tanaman dan air irigasi