

Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi untuk Perluasan Daerah Irigasi (Studi Kasus: Daerah Irigasi Cisadeng II, Desa Leuwisadeng, Kecamatan Leuwisadeng, Kabupaten Bogor)

Uga Sri Rahayu, Feril Hariati, Alimuddin, Jantiara Eka Nandiasa
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

E-mail: srirahayuuga@gmail.com; feril.hariati@uika-bogor.ac.id; alimuddin@uika-bogor.ac.id;
jantiaraekan@gmail.com;

ABSTRAK

Kebutuhan air irigasi secara keseluruhan perlu diketahui dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. Mengingat bahwa Daerah Irigasi (DI) Cisadeng II yang terletak di Kec. Leuwisadeng Kab, Bogor mengalami perluasan areal lahan sawah dari 32 ha menjadi 42 ha, maka perlu dilakukan suatu analisis kebutuhan debit air irigasi pada berbagai pola tanam. Metode penelitian ini menggunakan dua cara yaitu perhitungan dengan cara manual (konsep KP-01) dan perhitungan menggunakan aplikasi *CROPWAT version 8.0*. Pada penelitian ini penulis membandingkan hasil dari dua perhitungan tersebut. Dari hasil penelitian, besar kebutuhan air irigasi pola tanam padi-padi dengan awal pengolahan lahan pada Bulan November, dengan perhitungan manual (konsep KP-01) menggunakan metode Penman modifikasi adalah 8,12 - 19,00 m³/dt. Sedangkan, menurut perhitungan *CROPWAT Version 8.0*, adalah sebesar 8,03 - 18,39 m³/dt. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perhitungan dengan kedua metode tidak memberikan nilai yang terlalu berbeda. Selain itu, dari hasil perhitungan debit andalan, penggunaan metode *CROPWAT Version 8.0*, memberikan nilai yang lebih akurat.

Kata kunci: Irigasi, Kebutuhan air, Perhitungan Manual (KP-01), *CROPWAT Version 8.0*

ABSTRACT

The need for irrigation water as a whole need to be known in the planning and management of irrigation systems. Given that the Cisadeng II Irrigation Area (DI) located in Leuwisadeng District, Bogor Regency, experienced an expansion of the paddy field area from 32 ha to 42 ha, it is necessary to carry out an analysis of the demand for irrigation water discharge on various cropping patterns. This study used two methods, namely manual calculation (KP-01 concept) and calculation using the CROPWAT application version 8.0. This study aims to compare the results of the two calculations. From the results of the study, the amount of irrigation water needed for rice cropping pattern with the beginning of land preparation in November, with manual calculations (KP-01 concept) using the modified Penman method is 8.12 - 19.00 m³/sec. Meanwhile, according to CROPWAT Version 8.0 calculations, it is 8.03 - 18.39 m³/sec. Thus, it can be concluded that the calculations with the two methods do not give too different values. In addition, from the results of calculating the reliable debit, the use of the CROPWAT Version 8.0 method provides a more accurate value.

Keywords: Irrigation, water demand, manual calculation (KP-01), *CROPWAT Version 8.0*

Submitted:	Reviewed:	Revised:	Published:
22 Oct, 2022	22 Jan, 2023	15 Mar 2023	06 Jun 2023

PENDAHULUAN

Salah satu usaha peningkatan produksi pangan khususnya padi adalah tersedianya air irigasi di sawah-sawah sesuai dengan kebutuhan, yang umumnya bersumber dari sungai, waduk, air tanah dan sistem pasang surut. Besarnya kebutuhan air irigasi dapat diprediksi pada waktu tertentu, kapan ketersediaan air dapat memenuhi dan kapan tidak dapat memenuhi kebutuhan air irigasi sebesar yang dibutuhkan. Jika air tersedia tidak dapat memenuhi kebutuhan maka dapat dicari solusinya bagaimana kebutuhan tersebut tetap harus dipenuhi. Maka kebutuhan air irigasi secara keseluruhan perlu diketahui dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi.

Menurut BPS (2021), jumlah luas lahan sawah di Kabupaten Bogor mencapai 46.780 ha, terdiri dari

32.674 Ha lahan sawah irigasi dan 14.105 Ha lahan sawah non irigasi. Salah satu Daerah Irigasi (DI) yang terdapat pada Kabupaten Bogor adalah D.I Cisadeng II Desa Leuwisadeng Kec. Leuwisadeng Kab. Bogor, dengan luas lahan persawahan sebesar 32 ha. Sumber air D.I. Cisadeng II berasal dari Sungai Cisadeng.

Mengingat bahwa DI Cisadeng II mengalami perluasan areal lahan sawah menjadi 42 Ha, maka perlu dilakukan suatu analisis kebutuhan air untuk mendapatkan besarnya debit kebutuhan air irigasi pada Daerah Irigasi Cisadeng II Kec. Leuwisadeng.

Pengertian Irigasi

Irigasi adalah menyalurkan air yang perlu untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusinya secara sistematis (Sosrodarsono

& Takeda, 2003). Sedangkan menurut PP No. 20 tahun 2006 tentang irigasi, 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.

Penilaian kinerja teknis daerah irigasi di beberapa daerah di Indonesia telah dilakukan, seperti di DI Cimuncang, Kab. Sukabumi (Namara dkk, 2017a), DI Waluran (Namara dkk, 2017b) dan di Way Kandis, Prov. Lampung (Oktarina & Kusuma, 2021)

Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Sosrodarsono & Takeda, 2003). Kebutuhan air sawah untuk padi ditentukan oleh faktor-faktor berikut:

- a. Penyiapan lahan
- b. Penggunaan konsumtif
- c. Perkolasi dan rembesan
- d. Pergantian lapisan air
- e. Curah hujan efektif

Penyiapan Lahan

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor & Zijlsha (1968). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt/ha selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$IR = Me^k / (e^k - 1) \dots\dots\dots (1)$$

di mana :

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

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

$$M = E_o + P \dots\dots\dots (2)$$

di mana :

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

P = Perkolasi (mm/hari)

$$K = M.T / S \dots\dots\dots (3)$$

di mana :

T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)

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

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

dipertimbangkan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (*puddling*) bisa diambil 200 mm. Ini meliputi penjenuhan (*presaturation*) dan penggenangan sawah, pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi. Angka 200 mm di atas mengandaikan bahwa tanah itu "bertekstur berat, cocok digenangi dan bahwa lahan itu belum bera (tidak ditanami) selama lebih dari 2,5 bulan. Jika tanah itu dibiarkan bera lebih lama lagi, ambillah 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian (KP-01, 2010).

Penggunaan Konsumtif

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

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \dots\dots\dots (4)$$

di mana :

K_c = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi potensial (Penman modifikasi) (mm/hari)

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

Tabel 1 Harga perkolasi dari berbagai jenis tanah

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

Sumber : Soemarto, 1987.

Penggantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi. (Hariati & Nahrudin, 2017)

Curah Hujan

Curah hujan rata-rata menggunakan cara rata-rata aljabar cara ini adalah perhitungan rata-rata aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar

daerah yang bersangkutan.

$$IR = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \dots \dots \dots (5)$$

di mana :

- R = Curah hujan daerah (mm)
- n = Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan
- $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = Curah hujan ditiap 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 ialah bahwa cara ini adalah obyektif yang berbeda dengan umpama cara isohiet, dimana faktor subyektif turut menentukan (Sosorodarsono & Kensaku, 2003).

Curah hujan efektif ditentukan besarnya R_{80} 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 R_{80} mempunyai kemungkinan hanya 20%.

$$R_{80} = \frac{N}{n+1} m = R_{80} \times (n+1) \dots \dots \dots (6)$$

di mana :

- R_{80} = 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), 1996*).

Untuk padi :

$$Re \text{ padi} = (R_{80} \times 0,7) / \text{periode pengamatan} \dots (7)$$

Untuk palawija :

$$Re \text{ palawija} = (R_{80} \times 0,5) / \text{periode pengamatan} \dots \dots \dots (8)$$

Dikaitkan dengan tabel.

di mana :

- Re = Curah hujan efektif (mm/hari)
- R_{80} = Curah hujan dengan kemungkinan terjadi sebesar 80%

Pola Tanam

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Tabel dibawah ini merupakan contoh pola tanam yang dapat dipakai.

Tabel 2 Tabel Pola Tanam

Ketersediaan air untuk jaringan irigasi	Pola tanam dalam satu tahun
Tersedia air cukup	Padi – Padi – Palawija

banyak	
Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – Padi – Beras Padi – Palawija – Palawija
Daerah cenderung kekurangan air	Padi – Palawija – Beras Palawija – Padi – Beras

Sumber : Sidharta, (1997).

Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan bersih air di sawah untuk padi adalah:

$$NFR = ET_c + P + WLR - Re \dots \dots \dots (9)$$

di mana :

- NFR = *Netto Field Water Requirement*, kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)
- ET_c = Evaporasi tanaman (mm/hari)
- P = Perkolasi (mm/hari)
- WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari)
- Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

Kebutuhan air irigasi untuk padi adalah :

$$IR = \frac{NFR}{e} \dots \dots \dots (10)$$

di mana :

- IR = Kebutuhan air irigasi (mm/hari)
 - e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan
- Kebutuhan air irigasi untuk palawija
- $$IR = (ET_c - Re) / e \dots \dots \dots (11)$$

Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya

$$DR = \frac{IR}{8,64} \dots \dots \dots (12)$$

di mana :

- DR = Kebutuhan pengambilan air pada sumbernya (lt/dt/ha)
- 1/8.64 = Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/ha

Evapotranspirasi tanaman acuan (ET_o) adalah kebutuhan konsumtif tanaman rumput-rumputan, berwarna hijau, tinggi sekitar 12 cm, tumbuh sehat, menutupi tanah dengan sempurna, pada kondisi air cukup (Doorenbos; Kassam, 1979). Pada KP-01 penetapan nilai ET_o menggunakan metode *Penman Modifikasi*, sedangkan pada *CROPWAT Version 8.0* menggunakan metode *Penman-Monteith*. Nilai ET_o yang dihasilkan dari metode *Penman Modifikasi* menghasilkan nilai perkiraan yang terlalu tinggi sehingga pada akhirnya dikembangkan metode *Penman-Monteith* yang hasilnya mendekati nilai setempat (Allen R.G. et.al. 1998). ET_o diterapkan dalam KP-01 dihitung menggunakan persamaan *Penman Modifikasi* FAO sebagai berikut:

$$ET_o = C \{W.Rn + (1-W) f(u) (ea-ed)\} \dots \dots (13)$$

di mana :

- C = Faktor pergantian kondisi cuaca akibat siang dan malam

W = Faktor pemberat yang mempengaruhi penyinaran matahari
 1-W = Faktor pemberat sebagai pengaruh angin dan kelembapan
 Ea = Tekanan uap jenuh, mbar
 ed = Tekanan uap nyata, mbar
 f(u) = Fungsi pengaruh angin
 (ea-ed) = Perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap nyata, mbar
 $R_n = R_{ns} - R_{n1}$, mm/hari.....(14)

di mana:

Rn = Radiasi penyinaran matahari
 Rns = Radiasi netto gelombang pendek
 Rn1 = Radiasi netto gelombang panjang
 $R_{ns} = R_s (1 - \alpha)$, mm/hari.....(15)

di mana:

Rs = Radiasi gelombang pendek
 α = Koefisien pemantulan (albedo), 0,25
 $R_s = (0,25 + 0,5(n/N)) R_a$, mm/hari.....(16)

di mana:

n/N = Rasio lama penyinaran matahari
 Ra = Radiasi extraterrestrial, mm/hari
 $F(u) = 0,27 (1 + U/100)$, km/hari.....(17)

di mana:

f(u) = Fungsi pengaruh angin,
 U = Kecepatan angin

Software Cropwat Version 8.0

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, 2010). Dari beberapa studi didapatkan bahwa model Penman-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).

Pada laporan ini penulis mencoba membandingkan hasil perhitungan kebutuhan air irigasi secara manual dengan hasil menggunakan *software CROPWAT version 8.0*. Dari segi perhitungan, perhitungan kebutuhan air irigasi secara manual berpedoman dengan Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01 2010, sedangkan *CROPWAT* berpedoman FAO karena memang *CROPWAT* adalah *software* yang dikembangkan oleh FAO. Penggunaan *software CROPWAT version 8.0* ini hanya sebatas sampai menghitung kebutuhan air irigasi saja dan tidak sampai diluar

dari hal tersebut. Berikut beberapa penjelasan tentang *CROPWAT version 8.0*.

1) Data *input* yang dibutuhkan untuk *software CROPWAT version 8.0* adalah :

Data meteorologi berupa suhu maksimum dan minimum, kelembapan relatif, lama penyinaran dan kecepatan angin untuk menentukan nilai evapotranspirasi tanaman potensial (ET₀) melalui persamaan Penman-Monteith. Rumus perhitungan evapotranspirasi potensial (ET₀) dengan menggunakan persamaan Penman-Monteith adalah:

$$ET_0 = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(\frac{r_s}{r_a}\right)} \dots\dots\dots(18)$$

di mana :

R_n = Radiasi netto pada permukaan tanaman (MJ/m²/hari),
 G = Kerapatan panas terus-menerus pada tanah (MJ/m²/hari),
 (e_s - e_a) = Tekanan uap jenuh (kPa) & tekanan uap aktual (kPa)
 ρ_a = Kerapatan udara pada tekanan konstan
 c_p = Panas spesifik udara
 Δ = Kemiringan hubungan suhu tekanan uap jenuh
 γ = Konstanta *psikometrik*
 r_s & r_a = Permukaan (massal) dan *resistensi aerodinamis*

- Data curah hujan harian (periode atau bulanan)
- Data tanaman berupa tanggal penanaman, koefisien tanaman (Kc), fase pertumbuhan tanaman, fraksi depleksi dan luas areal taman (0-100% dari luas total area).

2) Untuk penentuan jadwal irigasi (*schedulling*), dibutuhkan data:

- Tipe tanah yang meliputi total air tersedia, kedalaman perakaran maksimum, depleksi lengas tanah awal (% dari kadar lengas total tersedia).
- Ketebalan pemberian air yang dikehendaki.

3) Data yang dihasilkan dari analisis *software CROPWAT version 8.0* berupa tabel dan grafik. Hasil analisis dapat dilihat dalam bentuk interval harian, 10 harian atau bulanan. Data yang dihasilkan *software CROPWAT version 8.0* antara lain :

- Evapotranspirasi tanaman potensial, ET₀ (mm/periode)
- Kc tanaman, nilai rata-rata dari koefisien tanaman untuk setiap periode.
- Curah hujan efektif (mm/periode),

- jumlah air yang masuk ke dalam tanah.
- Kebutuhan air tanaman, CWR atau ET_m (mm/periode)
 - Kebutuhan air irigasi, IWR (mm/periode)
 - Total air tersedia, TAM (mm)
 - Air yang siap digunakan tanaman, RAM (mm)

Debit Andalan

Debit adalah (*dependable discharge*) debit yang berhubungan dengan probabilitas atau nilai kemungkinan terjadinya. Merupakan debit yang kemungkinan terjadinya sama atau melampaui dari yang diharapkan. Debit yang mengalir pada suatu penampang sungai dalam suatu daerah aliran sungai (DAS). Perencanaan teknik sumber daya air membutuhkan nilai probabilitas debit yg diandalkan:

- Penyediaan air minum dengan debit andalan 99%
- Pembangkit tenaga listrik dengan debit andalan 85%-90%
- Perencanaan irigasi dengan debit andalan 70% - 85%

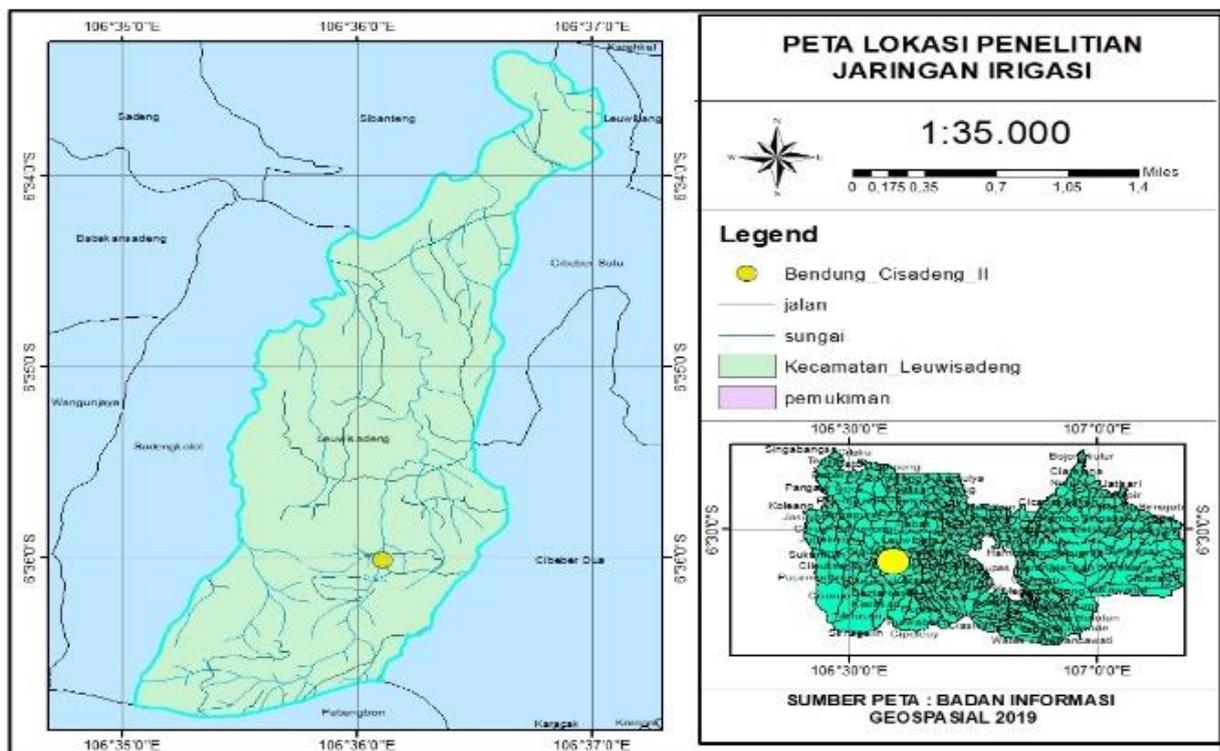
Misal dengan andalan 90% diperoleh debit andalan 100m³/det. Berarti akan dihadapi adanya debit - debit yang sama atau lebih besar dari 100m³/det sebesar 90% dari banyaknya pengamatan selama waktu tertentu. Dan akan

dihadapi resiko debit - debit lebih kecil dari 100m³/det sebesar 10% dari banyaknya pengamatan. Menghitung debit dalam penelitian ini menggunakan metode Mock yang di kembangkan oleh F.J. Mock (1973), metode Mock dikembangkan untuk menghitung debit bulanan rata-rata. Data yang diperlukan:

- Data hujan rata-rata bulanan
- Data klimatologi (penyinaran matahari, kecepatan angin, kelembaban relatif, tempratur
- Luas DAS.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode survei deskriptif kuantitatif. Menggambarkan keadaan subjek atau objek penelitian pada saat sekarang ini berdasarkan fakta-fakta yang tampak atau sebagaimana adanya. Penelitian deskriptif hanyalah memaparkan situasi atau peristiwa penelitian, tidak mencari atau menjelaskan hubungan, tidak menguji hipotesis atau membuat prediksi. Selain itu penelitian ini menitikberatkan pada observasi dan suasana alamiah. Peneliti hanya bertindak sebagai pengamat, hanya membuat kategori perilaku, mengamati gejala dan mencatat dalam buku observasinya. Penelitian deskriptif merupakan suatu metode yang menggambarkan fenomena yang ada, berlangsung pada saat ini atau saat yang lampau.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggambarkan suatu kondisi apa adanya Creswell (2008). Adapun penelitian

kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan

untuk meneliti populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan data dilakukan secara acak bertujuan untuk menguji analisa yang telah ditetapkan Sugiyono (2013)

Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di D.I Cisadeng II yang terletak pada koordinat $6^{\circ}36'00.7''S$ $106^{\circ}36'06.8''E$ di Desa Leuwisadeng, Kecamatan Leuwisadeng, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Pada bulan Maret tahun 2021 - November 2021.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder berupa data yang terlihat secara langsung di lapangan seperti data eksisting bangunan irigasi. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu unit komputer yang dilengkapi *software Cropwat 8.0, Ms Excel*, printer serta alat tulis, adapun peralatan teknis lain yang dibutuhkan guna penelitian survei di dalam lokasi ada pada tabel 3:

Tabel 3 Alat survei lapangan

No	Alat	Unit
1.	Peta topografi daerah	1
2.	Meteran	1
3	<i>Current meter</i>	1
4	Alat tulis	1
5	Papan dada	1

Langkah-langkah metode penelitian secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Data Primer (Data fisik), berupa data hasil survey yang didapatkan langsung pada lokasi eksisting Bangunan Irigasi Cisadeng II dilakukan dengan cara pendataan pengambilan

foto, kondisi lapangan serta adanya pengukuran lahan untuk mengetahui luasan dari obyek yang akan dilakukan penelitian.

2. Data Sekunder, berupa data curah hujan yang tercatat di stasiun hujan berada dalam cakupan areal irigasi tersebut didapat dari BMKG, serta data klimatologi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan dengan Cara Manual (KP-01)

Perhitungan Evapotranspirasi

Dalam mencari nilai evapotranspirasi dihitung menggunakan rumus perhitungan evapotranspirasi potensial (ET_o) dengan menggunakan Metode Penman Modifikasi karena adanya data-data yang mendukung.

$$ET_o = c \cdot (W \cdot R_n + (1-W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed))$$

$$ET_o = \text{Evapotranspirasi acuan (mm/hari)}$$

C = Faktor penyesuaian kondisi cuaca akibat siang dan malam

W = Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari (mengacu Tabel Penman hubungan antara temperatur dengan ketinggian)

R_n = Radiasi penyinaran matahari (mm/hari)

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

R_{ns} = Harga netto gelombang pendek

R_{n1} = Harga netto gelombang panjang

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

R_s = Radiasi gelombang pendek

α = Koefisien pemantulan = 0,25

$$R_s = (0,25 + 0,5 (n/N)) Ra$$

n/N = Lama penyinaran matahari

Ra = Radiasi extra terrensial (berdasarkan lokasi stasiun pengamatan)

Tabel 4 Perhitungan Evapotranspirasi

No.	Perhitungan	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nov	Des
1	(ea)	mbar	23,40	21,55	21,77	22,87	22,98	23,44	21,70	21,59	21,44	21,73	21,65	21,54
2	(ed)	mbar	20,02	18,60	18,05	19,40	18,94	18,98	16,91	16,75	16,14	17,44	18,22	19,51
3	(ea-ed)	mbar	3,37	2,95	3,72	3,46	4,04	4,46	4,79	4,84	5,30	4,29	3,43	3,11
4	f(u)	km/hari	0,60	0,59	0,58	0,56	0,56	0,55	0,56	0,56	0,56	0,57	0,56	0,55
5	Faktor W		0,68	0,54	0,68	0,67	0,69	0,68	0,57	0,56	0,57	0,65	0,67	0,67
6	(1-W)		0,32	0,46	0,32	0,33	0,31	0,32	0,43	0,44	0,43	0,35	0,33	0,33
7	(Ra)	mm/hari	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
8	n/N	mm/hari	1,58	1,59	2,60	3,22	3,60	3,71	4,14	4,39	4,69	3,98	2,80	1,65
9	(Rs)	mm/hari	3,83	3,97	4,12	4,07	3,94	3,85	3,90	4,07	4,18	4,14	3,95	4,27
10	(Rns)	mm/hari	2,87	2,98	3,09	3,05	2,95	2,89	2,92	3,05	3,14	3,11	2,96	3,20
11	f(T)		14,35	11,97	13,62	13,77	14,60	13,06	14,03	11,81	12,06	13,62	13,00	11,94
12	f(ed)		0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,17	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15
13	f(n/N)		0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14
14	(Rn1)	mm/hari	0,23	0,20	0,25	0,26	0,29	0,26	0,31	0,26	0,28	0,29	0,25	0,24
15	(Rn)	mm/hari	2,64	2,78	2,83	2,80	2,67	2,63	2,62	2,79	2,85	2,82	2,71	2,96
16	(C)		1,10	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
17	(ET_o)	mm/hari	2,67	2,45	2,68	2,70	2,71	2,56	2,51	3,00	3,15	3,37	2,87	2,81

$Rn1 = 2,01 \times 10^9 \cdot T^4 (0,34 - 0,044 ed^{0,5}) (0,1 + 0,9 n/N) = f(T) \times f(ed) \times f(n/N)$
 (1-W) = Faktor berat sebagai pengaruh angin dan kelembaban
 f(u) = Faktor yang tergantung dari kecepatan angin / fungsi relatif angin
 = $0,27 \times (1 + U_2/100)$
 dimana U_2 merupakan kecepatan angin selama 24 jam dalam km/h diketinggian 2 m.
 ea = Tekanan uap jenuh (mbar)

ed = Tekanan uap nyata (mbar)
 (ea-ed) = Perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata (mbar)

Curah Hujan Rata-Rata

Curah hujan rata-rata dihitung dengan metode aljabar. Metode ini dipilih dengan alasan bahwa cara ini adalah cara obyektif yang berbeda dengan cara isohiet, dimana faktor subyektif turut menentukan (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

Tabel 5 Curah hujan rata-rata

Bulan/Tahm	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Jan	I	2,07	13,40	19,07	12,53	14,60	12,60	30,73	21,02	6,80	12,23	8,21	7,28	12,71	17,62	10,14
	II	23,13	7,13	19,94	14,31	10,53	12,19	24,38	51,17	11,39	5,57	8,61	13,99	13,61	9,81	14,49
Feb	I	45,21	21,93	29,00	20,07	10,50	10,93	17,93	22,13	15,93	27,15	29,23	32,32	13,23	16,44	27,76
	II	21,21	13,29	9,21	17,29	8,43	13,00	6,21	22,43	8,74	13,44	19,95	15,64	17,65	20,46	20,82
Mar	I	19,07	25,47	18,53	13,47	7,80	10,40	15,87	10,47	9,82	23,65	11,61	16,72	7,28	11,88	4,41
	II	6,81	8,38	6,69	17,06	6,75	5,25	10,44	6,85	11,78	12,41	6,84	11,33	6,35	20,85	7,58
Apr	I	12,27	15,93	7,00	3,60	4,13	18,07	12,47	16,23	6,71	15,76	10,32	13,79	6,35	10,13	15,22
	II	13,47	11,13	7,80	2,00	10,47	3,13	10,47	10,69	6,38	14,99	16,40	5,60	24,31	11,75	8,66
Mei	I	2,67	6,40	15,13	11,20	7,47	4,40	10,73	3,67	9,46	7,43	13,63	0,13	7,44	5,53	2,17
	II	4,63	3,69	10,13	7,69	3,94	4,88	20,81	10,30	0,38	7,48	1,34	6,63	3,49	18,79	5,17
Jun	I	3,13	2,60	7,80	13,20	4,93	4,00	5,53	7,57	0,99	3,81	4,27	0,31	4,01	2,94	5,81
	II	5,80	1,60	0,73	3,80	4,40	0,27	2,67	5,71	0,00	9,64	4,45	9,85	0,11	2,95	11,36
Jul	I	0,47	0,00	0,13	2,87	1,73	2,47	11,07	9,99	0,00	5,78	1,15	0,01	2,36	3,97	1,28
	II	0,00	0,19	5,31	5,94	0,63	0,25	6,81	12,14	0,00	10,37	4,71	0,55	0,00	0,23	2,94
Aug	I	0,53	0,53	0,40	6,00	0,00	0,67	5,53	9,89	0,00	2,67	2,17	0,77	0,00	2,46	8,22
	II	4,00	4,13	0,56	13,50	0,20	0,13	3,00	6,34	0,00	2,66	1,05	0,56	1,18	0,07	2,65
Sept	I	1,00	4,87	1,27	14,87	0,20	4,53	0,33	0,05	0,00	12,11	0,19	4,64	0,11	0,14	5,01
	II	3,13	5,80	3,00	10,13	3,67	3,60	4,34	2,19	1,25	12,28	2,05	6,14	0,27	4,42	7,49
Okt	I	1,13	4,33	13,40	8,53	5,53	7,87	6,23	1,51	3,28	12,99	12,15	0,17	11,53	3,81	5,81
	II	9,38	9,94	9,81	18,69	12,56	8,88	6,57	4,47	0,06	11,99	11,58	7,99	0,46	13,71	13,99
Nov	I	14,33	23,93	9,27	7,40	9,80	7,27	12,73	19,70	13,67	12,43	11,81	10,13	1,37	5,93	12,45
	II	1,40	7,60	11,47	11,67	16,47	17,13	4,54	16,85	16,85	8,21	16,25	15,35	8,21	5,11	10,47
Des	I	14,27	8,80	6,40	12,07	9,00	15,73	13,99	1,13	15,79	7,55	11,35	8,46	8,66	14,67	15,39
	II	23,13	4,93	8,50	6,88	9,00	11,69	18,23	26,79	10,76	1,83	9,41	4,30	11,94	6,24	13,44

Curah Hujan Efektif

Menghitung curah hujan efektif untuk padi sebesar 70% dari R_{80} dari waktu dalam suatu periode sedangkan untuk curah hujan efektif palawija sebesar 50% dan dikaitkan dengan Tabel. ET tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan rata-rata bulanan (USDA(SCS), 1696).

Tabel 6 Curah Hujan Efektif untuk Padi

Bulan	Periode	R_{80}	Re Padi		
			70% R_{80}	mm/hr	mm/bln
Jan	1	16,63	11,64	6,50	16,20
	2	22,79	15,95	9,70	
Feb	1	17,25	12,07	5,10	14,50
	2	13,96	9,77	9,40	
Mar	1	13,38	9,37	2,00	9,00
	2	12,31	8,62	7,00	
Apr	1	11,49	8,04	6,20	8,20
	2	8,95	6,27	2,00	
Mei	1	8,54	5,98	3,25	5,50
	2	7,64	5,35	2,25	
Jun	1	7,42	5,20	2,40	4,70
	2	6,54	4,58	2,30	
Jul	1	6,41	4,48	1,20	3,20
	2	4,44	3,11	2,00	
Ag	1	3,91	2,74	1,60	2,80
	2	2,82	1,97	1,20	
Sep	1	1,96	1,37	1,40	3,20
	2	1,10	0,77	1,80	
Okt	1	0,48	0,34	3,30	6,70
	2	0,33	0,23	3,40	
Nov	1	0,15	0,11	3,60	8,00
	2	0,12	0,09	4,40	
Des	1	0,03	0,02	3,40	8,40
	2	0,00	0,00	5,00	

Tabel 7 Curah Hujan Efektif Untuk Palawija

Bulan	Periode	R_{80}	50%	Re Palawija	
			R_{80}	mm/bln	mm/hr
Jan	1	16,63	34,84	6,3	17,80
	2	22,79	35,38	11,5	
Feb	1	17,25	21,22	9,6	18,60
	2	13,96	21,10	9,0	
Mar	1	13,38	27,23	5,2	12,40
	2	12,31	29,58	7,2	
Apr	1	11,49	20,00	5,1	11,20
	2	8,95	24,80	6,1	
Mei	1	8,54	28,59	4,2	7,40
	2	7,64	25,25	3,2	
Jun	1	7,42	33,85	2,2	5,28
	2	6,54	39,25	3,1	
Jul	1	6,41	42,30	4,1	5,12
	2	4,44	42,90	1,0	
Ag	1	3,91	30,00	2,4	3,53
	2	2,82	43,25	1,1	
Sep	1	1,96	18,20	2,2	4,40
	2	1,10	18,23	2,2	
Okt	1	0,48	15,45	4,1	11,20
	2	0,33	33,40	7,1	
Nov	1	0,15	7,30	6,3	11,40
	2	0,12	8,00	5,1	
Des	1	0,03	12,20	6,3	11,40
	2	0,00	22,00	5,1	

Perhitungan kebutuhan air pada masa persiapan lahan

Perhitungan kebutuhan air pengolahan lahan di

bulan Januari:

Mencari harga evaporasi terbuka yang diambil

1,1 ET_o selama penyiapan lahan (E_o)

$$E_o = ET_o \times 1,1 = 2,67 \times 1,1 = 2,94 \text{ mm/hr}$$

Perkolasi

$$P = 2 \text{ mm/hr}$$

Mencari harga kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan (M)

$$M = E_o + P = 2,94 + 2 = 4,94 \text{ mm/hr}$$

Jangka waktu penyiapan lahan

$$T = 45 \text{ hari}$$

Air yang dibutuhkan untuk penjenjutan ditambah dengan 50 mm

$$S = 200 + 50 = 250 \text{ mm}$$

Konstanta

$$k = M.T / S$$

$$= 4,94 \cdot 45 / 250 = 0,89$$

Kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan

$$IR = Me^k / (e^k - 1) \\ = 4,94 \cdot e^{0,89} / (e^{0,89} - 1) \\ = 8,10 \text{ mm/hr}$$

Tabel 8 Perhitungan kebutuhan air persiapan lahan

No.	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1	E_{io}	mm/hari	2,67	2,45	2,68	2,7	2,71	2,56	2,51	3	3,15	3,37	2,87	2,81
2	E_o	mm/hari	2,94	2,70	2,95	2,97	2,98	2,82	2,76	3,30	3,47	3,71	3,16	3,09
3	P	mm/hari	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	M	mm/hari	4,94	4,70	4,95	4,97	4,98	4,82	4,76	5,30	5,47	5,71	5,16	5,09
5	T	hari	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
6	S	mm	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
7	K		0,89	0,85	0,89	0,89	0,90	0,87	0,86	0,95	0,98	1,03	0,93	0,92
8	IR	mm/hari	8,10	7,80	8,00	7,30	7,42	7,43	8,50	8,97	8,60	8,13	8,35	

Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan Air Irigasi yang diambil untuk Daerah Irigasi Sungai Cisadeng adalah periode

harian tengah bulanan. Untuk padi ditanam di areal persawahan, pola tanam masyarakatnya adalah padi-padi dengan musim tanam 2 kali dalam setahun dengan jenis padi varietas biasa.

Contoh Perhitungan kebutuhan air irigasi padi dimulai awal tanam pada Bulan November periode 1:

$$ET_c = IR \text{ pengolahan lahan} = 10,02 \text{ mm/hr}$$

$$P = 2 \text{ mm/hr}$$

$$WLR = 0$$

$$Re = 7,30 \text{ mm/hari}$$

$$NFR = 10,02 + 2 - 0 + 7,30 = 19,32 \text{ mm/hr}$$

$$IR = \frac{19,32}{0,65} \\ = 29,72 \text{ mm/hari}$$

Kebutuhan Pengambilan Air Pada Sumbernya

$$DR = \frac{29,72}{8,64} \\ = 3,44 \text{ lt/dt/ha}$$

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

Contoh Perhitungan kebutuhan air irigasi padi untuk bulan yang lain yaitu Bulan Desember periode 2:

$$ET_c = Kc \cdot ET_o = 1,1 \times 2,81 = 3,09 \text{ mm/hr}$$

$$P = 2 \text{ mm/hr}$$

$$WLR = 1,1 \text{ mm/hr}$$

$$Re = 22,00 \text{ mm/hari}$$

$$NFR = 3,09 + 2 - 1,1 + 22,00 = 25,99 \text{ mm/hr}$$

$$IR = \frac{25,99}{0,65} \\ = 39,99 \text{ mm/hari}$$

Tabel 9 Perhitungan kebutuhan air irigasi

Bulan	Periode	Hari	ET_o (mm/hr)	P (mm/hr)	WLR (mm/hr)	Re (mm/hr)	Padi								
							Koefisien Tanaman				Etc (mm/hr)	NFR (mm/hr)	IR (mm/hr)	DR	
							c1	c2	c3	c				(lt/dt/ha)	(lt/dt/ha)
NOV	1	15	2,87	2		3,67	LP		LP	10,02	15,69	24,14	2,79	5,72	
	2	15	2,87	2		4,40	1,1	LP	LP	10,02	16,42	25,26	2,92		
DES	1	15	2,81	2		3,40	1,1	1,1	LP	LP	10,02	15,42	23,72	2,75	4,35
	2	16	2,81	2	1,1	5,00	1,1	1,1	1,1	1,1	3,09	8,99	13,83	1,60	
JAN	1	15	2,67	2	1,1	7,20	1,1	1,1	1,1	1,1	2,94	11,04	16,98	1,97	3,83
	2	16	2,67	2	2,2	7,60	1,1	1,1	1,1	1,1	2,94	10,34	16,15	1,87	
FEB	1	15	2,45	2	1,1	5,10	1,05	1,1	1,1	1,08	2,57	8,57	13,19	1,53	3,75
	2	13	2,45	2	1,1	9,40	0,9	1,05	1,1	1,02	2,21	12,51	19,24	2,23	
MAR	1	15	2,68	2		2,00	0	0,9	1,05	0,65	0,00	4,00	6,15	0,71	2,31
	2	16	2,68	2		7,00	0	0,9	0,45	0,00	9,00	13,85	1,60		
APR	1	15	2,7	2		6,20		0	0	0,00	8,20	12,62	1,46	3,32	
	2	15	2,7	2		8,46	0		LP	0,00	10,46	16,09	1,86		
MEI	1	15	2,71	2		3,27	1,1	LP	LP	2,98	8,25	12,69	1,47	2,76	
	2	16	2,71	2		2,25	1,1	1,1	LP	LP	2,98	7,23	11,12		1,29
JUN	1	15	2,56	2	1,1	2,40	1,1	1,1	1,1	1,1	2,82	6,12	9,41	1,09	2,17
	2	15	2,56	2	1,1	2,33	1,1	1,1	1,1	1,1	2,82	6,05	9,30	1,08	
JUL	1	15	2,51	2	2,2	1,20	1,1	1,1	1,1	1,1	2,76	3,76	5,88	0,68	1,67
	2	16	2,51	2	1,1	2,00	1,05	1,1	1,1	1,08	2,64	5,54	8,52	0,99	
AG	1	15	3	2	1,1	1,67	0,9	1,05	1,1	1,02	2,70	5,27	8,11	0,94	1,51
	2	15	3	2		1,20	0	0,9	1,05	0,65	0	3,20	4,92	0,57	
SEP	1	15	3,15	2		1,40		0	0,9	0,65	0	3,40	5,23	0,61	1,28
	2	15	3,15	2		1,80		0	0	0	0	3,80	5,85	0,68	
OKT	1	15	3,37	2		3,33	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	16	3,37	2		3,40	-	-	-	-	-	-	-	-	

Kebutuhan Pengambilan Air Pada Sumbernya

$$DR = \frac{39,99}{8,64}$$

$$= 4,63 \text{ lt/dt/ha}$$

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

Hasil perhitungan dapat diperlihatkan pada tabel 9 Perhitungan dengan Cara Aplikasi Cropwat Version 8.0

Perhitungan Evapotranspirasi

Memulai input data meteorologi berupa lama penyinaran matahari, kelembapan udara, temperatur udara maksimum dan minimum serta kecepatan angin. ET_o otomatis terkalkulasi.

Tabel 10 Perhitungan Evapotranspirasi dengan aplikasi *cropwat 8.0*

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
Do	2,37	2,36	2,58	2,61	2,47	2,35	2,35	2,92	2,92	3,26	2,71	2,39

Perhitungan Curah Hujan Efektif

Data hujan yang di *input* adalah data curah hujan R_{80} (rata-rata) dalam periode per bulan.

1. Untuk curah hujan efektif padi, input data R_{80} per bulan kemudian klik *option-Fixed Percentage (70%)*.
2. Untuk palawija, curah hujan R_{80} per bulannya telah dikalikan dengan 50%
3. kemudian klik *option-USDA soil conservation service*.
4. Curah hujan efektif (*Eff rain*) otomatis terkakulasi.

Perhitungan diperlihatkan pada tabel 11

Perhitungan Kebutuhan Air

Untuk tahap analisis kebutuhan air, selanjutnya *input* data koefisien tanaman, awal tanam dan tanah. Data tanaman mengambil dari *data base* FAO (*open-FAO-Rice*),

Tabel 11 Perhitungan curah hujan efektif dengan aplikasi *cropwat 8.0*

Bulan	Re Padi		Re Palawija	
	mm/bulan	mm/hari	mm/bulan	mm/hari
Jan	390,6	12,6	542,5	17,5
Feb	372,4	13,3	515,2	18,4
Mar	260,4	8,4	365,8	11,8
Apr	231,0	7,7	324,0	10,8
Mei	151,9	4,9	213,9	6,9
Jun	84,0	2,8	120,0	4,0
Jul	65,1	2,1	93,0	3,0
Aug	65,1	2,1	93,0	3,0
Sept	84,0	2,8	120,0	4,0
Okt	173,6	5,6	244,9	7,9
Nov	231,0	7,7	324,0	10,8
Des	238,7	7,7	334,8	10,8

Kemudian *editing* tanggal awal tanam. Data tanaman ini merupakan data *default* untuk padi dari FAO. Penulis kesulitan untuk lebih memahami dan menginput data sesuai perhitungan manual yang menggunakan jenis padi varietas biasa karena keterbatasan sumber tinjauan pustaka, sehingga menggunakan data default dari *data base* FAO.

Tabel 12 Perhitungan kebutuhan air dengan aplikasi *cropwat 8.0*

Bulan	Periode	IR		DR	
		(mm/dec)	mm/hr	(lt/dt/ha)	(lt/dt/ha)
NOV	1	3,5	0,35	0,04	2,98
	2	78,2	7,82	0,91	
	3	17,6	1,76	2,04	
DES	1	24,7	2,47	0,29	0,89
	2	22	2,2	0,25	
	3	29,9	2,99	0,35	
JAN	1	35,8	3,58	0,41	1,37
	2	42	4,2	0,49	
	3	40,2	4,02	0,47	
FEB	1	27,9	2,79	0,32	0,82
	2	22,5	2,25	0,26	
	3	20,8	2,08	0,24	
MAR	1	30	3	0,35	1,06
	2	31,6	3,16	0,37	
	3	30,3	3,03	0,35	
APR	1	3,3	0,33	0,04	3,05
	2	78,6	7,86	0,91	
	3	18,2	1,82	2,11	
MEI	1	33,7	3,37	0,39	1,25
	2	35,4	3,54	0,41	
	3	39	3,9	0,45	
JUN	1	36,1	3,61	0,42	1,30
	2	36,5	3,65	0,42	
	3	39,7	3,97	0,46	
JUL	1	42,4	4,24	0,49	1,60
	2	45,1	4,51	0,52	
	3	50,5	5,05	0,58	
AUG	1	45,4	4,54	0,53	1,44
	2	44,4	4,44	0,51	
	3	34,7	3,47	0,40	
SEPT	1	-	-	-	
	2	-	-	-	
	3	-	-	-	
OKT	1	-	-	-	
	2	-	-	-	
	3	-	-	-	

Untuk padi (*rice*) dari *data base* FAO, lama dari pengolahan lahan sampai panen 150 hari dengan lama pengolahan lahan 30 hari di awal. Data tanah mengambil dari database FAO (*open-FAO-Medium*). *Medium* diambil karena tanah pada penelitian ini berada pada *level medium*. *Input* data pun selesai kemudian dilanjutkan dengan kalkulasi perhitungan kebutuhan air irigasi dengan mengklik *icon CWR* dan hasilnya terlihat pada tabel 12.

Debit Andalan

Untuk tahap perhitungan debit, perhitungan yang harus dilakukan yaitu evapotranspirasi potensial dengan metode penman modifikasi. Perhitungan hari hujan yang di amati perbulannya pula dihitung. Pada lahan daerah ladang pertanian perencanaanya 30% - 50% (*exposed surface*). Rasio antara selisih evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual dengan evapotranspirasi potensial dipengaruhi oleh *exposed surface* (m) dan jumlah hari hujan (n) dalam satu bulan. Perhitungan *water surplus* = air hujan (*presipitasi*) yang telah

mengalami evapotranspirasi dan mengisi probabilitasnya hingga terdapatlah nilai debitnya tampungan tanah (*soil storage*). Perhitungan *infiltrasi* sampai *runoff* lalu menghitung yang terdapat pada tabel 13.

Tabel 13 Perhitungan Debit Andalan Dengan Probabilitas 90%

No.	Uraian	Sat.	Ket.	Januari		Februari	
				I	II	I	II
I Data Meteorologi							
1.	Hujan Setengah Bulanan (R)	mm/0.5bl	Data	145,21	123,13	123,13	121,21
2.	Hari Hujan (n)	Hari	Data	17	17	23	23
II Evapotranspirasi Aktual (Ea)							
3.	Evapotranspirasi Potensial (ET _p)	mm/0.5bl	Data	2,67	2,67	2,45	2,45
4.	Faktor Singkapan Tanah & Vegetasi (m)	%	Data	40,00	40,00	40,00	40,00
5.	$m^2/20(18 - n)$		Hitungan	2	2	-10	-10
6.	AE	-	Hitungan	5,34	5,34	-24,5	-24,5
7.	$Ea = ET_p - AE$	mm/0.5bl	Hitungan	-2,67	-2,67	26,95	26,95
III Keselimbangan Air							
8.	$S = R - Ea$	mm/0.5bl	Hitungan	147,88	125,80	96,18	94,26
9.	Kandungan Air Tanah	mm/0.5bl	-	0	0	0	0
10.	Kelembaban Tanah	mm/0.5bl	-	100,00	100,00	100,00	100,00
11.	Kelebihan Air	mm/0.5bl	Hitungan	47,88	125,80	96,18	94,26
IV Limpasan & Penyimpanan Air Tanah							
12.	Koefisien Infiltrasi (i)	0.2	-	0,2	0,2	0,2	0,2
13.	Faktor Resesi Aliran Air Tanah (k)	0.5	-	0,5	0,5	0,5	0,5
14.	Infiltrasi (I)	mm/0.5bl	Hitungan	9,58	25,16	19,24	18,85
15.	$0.5(1 + k) \times I$		-	0,15	0,15	0,15	0,15
16.	$k \cdot V_{(n-1)}$		-	0,075	0,075	0,075	0,075
17.	Volume Penyimpanan		Hitungan	0,225	0,225	0,225	0,225
18.	$DV_n = V_n - V_{(n-1)}$		-	0,15	0,15	0,15	0,15
19.	Aliran Dasar	mm/0.5bl	Hitungan	9,43	25,01	19,09	18,70
20.	Aliran Langsung	mm/0.5bl	Hitungan	38,30	100,64	76,94	75,41
21.	Aliran Total	mm/0.5bl	Hitungan	47,73	125,65	96,03	94,11
V Debit Aliran Sungai							
22.	Debit Efektif	m ³ /dt	Hitungan	200,47	527,73	403,33	395,26

Tabel 14 Lanjutan Perhitungan Debit Andalan

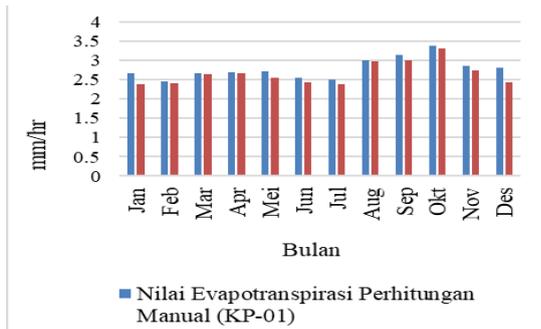
Bulan Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Bulan	Q90%	m3/det	l/det	
Jan	I	705,52	721,06	47,67	552,82	51,288	761,80	419,16	319,50	822,62	232,29	44,31	1430	19,00	221,76	245,88	Jan	1820		
	II	705,52	728,59	2468,55	522,14	81,165	761,29	617,74	584,30	822,59	279,50	206,20	1400	18,20	20,038	232,95		1776	3632	420
Feb	I	705,52	719,08	221,77	499,04	490,24	470,80	529,70	539,02	172,14	239,19	217,24	1400	18,40	233,04	278,07	Feb	1782		
	II	699,89	712,82	720,47	492,44	483,29	619,29	523,61	322,22	742,64	237,71	249,07	1400	23,00	28,774	233,16		2140	3892	490
Mar	I	612,49	625,08	713,85	492,41	472,55	619,08	522,52	328,65	741,29	235,07	244,57	1100	14,20	202,66	233,94	Mar	1536		
	II	610,97	635,11	711,19	487,23	471,75	617,40	519,67	311,85	740,12	234,86	227,45	1000	14,00	201,98	213,28		1520	2676	310
Apr	I	547,24	625,12	633,62	440,66	457,43	614,71	473,90	298,58	702,91	210,03	226,67	1200	16,60	192,00	210,59	Apr	1588		
	II	546,12	624,23	631,04	437,83	454,04	612,19	463,07	298,58	702,91	208,60	186,07	1200	16,00	190,13	152,43		1520	3108	300
Mei	I	547,24	589,01	533,82	378,80	502,99	474,42	452,68	238,42	684,22	168,20	165,22	9,80	14,00	18,47	145,57	Mei	1316		
	II	505,05	584,50	532,85	377,83	494,47	454,45	393,42	238,42	685,86	168,00	162,20	8,00	14,00	18,47	126,76		1280	2596	300
Jun	I	430,21	531,09	501,56	375,40	453,24	491,26	392,07	278,58	486,78	142,71	153,89	1400	16,00	174,99	173,02	Jun	1560		
	II	438,23	501,19	493,94	371,87	427,10	424,05	386,19	207,48	493,75	142,62	145,03	7,00	9,00	16,670	110,38		8,64	2420	280
Jul	I	433,89	494,00	424,67	312,23	353,24	401,90	374,07	204,74	454,82	138,63	144,23	8,00	12,00	12,478	109,66	Jul	1120		
	II	403,33	492,24	381,61	310,63	353,87	303,45	370,78	202,44	453,22	136,79	126,63	6,00	9,30	120,88	102,56		8,64	1984	230
Aug	I	288,24	475,99	275,82	307,23	323,65	301,78	359,44	202,44	445,91	131,82	126,00	6,00	11,00	11,536	94,80	Aug	1000		
	II	321,21	435,23	274,25	279,18	323,53	289,92	332,81	199,08	407,27	128,69	122,89	3,00	5,13	11,542	90,34		4,72	1472	170
Sept	I	218,22	435,23	245,11	274,23	314,47	278,46	328,82	132,12	247,34	88,45	119,23	5,00	9,00	10,408	80,26	Sept	740		
	II	208,20	424,41	242,85	226,62	312,11	263,82	323,84	122,72	245,90	85,68	109,49	8,20	20,00	102,84	78,47		1764	2504	290
Okt	I	208,11	420,75	238,90	226,79	312,45	178,50	325,67	87,37	272,21	57,22	107,81	5,00	9,00	8,639	65,21	Okt	820		
	II	208,84	409,42	236,62	210,00	247,42	178,00	317,18	87,37	268,88	47,62	89,79	5,00	10,00	59,21	67,79		9,10	1730	200
Nov	I	288,20	362,42	246,73	207,82	245,62	153,97	308,70	76,94	268,80	29,15	82,15	4,50	9,00	59,26	32,05	Nov	810		
	II	200,47	306,81	236,06	189,40	221,23	127,08	289,22	76,94	248,01	16,80	81,19	2,00	11,00	52,46	18,40		9,20	1730	200
Des	I	108,86	306,25	295,60	185,83	224,49	123,37	249,40	14,78	248,01	16,59	31,96	22,00	30,00	52,33	18,77	Des	2640		
	II	106,89	117,86	265,24	106,71	98,81	81,32	82,27	81,6	141,67	8,52	17,64	5,00	13,00	47,24	17,30		1510	4180	480
P0b	0%	1%	10%	20%	31%	38%	44%	50%	50%	63%	69%	75%	81%	88%	94%					

(Sumber: Hasil Perhitungan)

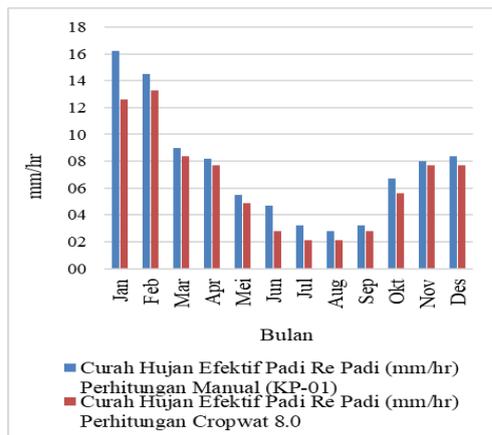
Pembahasan

Pada perhitungan evapotranspirasi manual konsep KP-01 menggunakan metode Penman Modifikasi dan penggunaan metode ini juga dikarenakan data yang mendukung, sedangkan pada perhitungan evapotranspirasi dengan *software CROPWAT version 8.0*. Konsep perhitungannya menggunakan metode Penman Monteith yang sudah sesuai dengan ketentuan dari FAO (*Food and Agriculture Organization*). Pada perhitungan curah hujan efektif, konsep

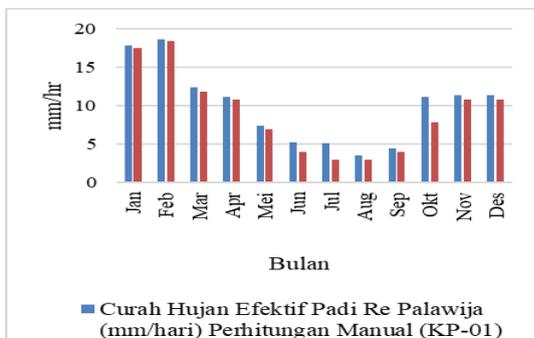
perhitungan sama, hanya berbeda waktu periode khusus untuk padi. Pada perhitungan manual periode yang diambil adalah periode tengah bulanan sedangkan pada perhitungan dengan menggunakan *software CROPWAT version 8.0* periodenya adalah periode bulanan (*default*). Untuk palawija periode sama-sama per bulan. Hasil Perbedaannya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



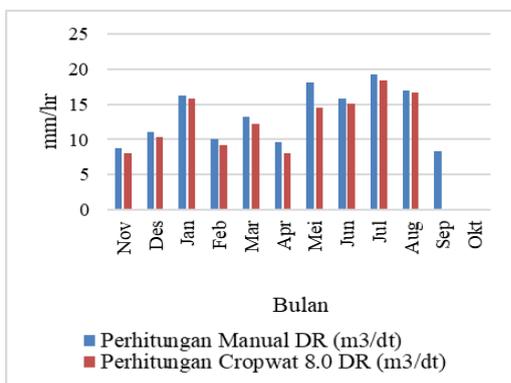
Gambar 2 Perbandingan Evapotranspirasi Perhitungan pada Manual dengan Aplikasi *Cropwat 8.0*



Gambar 3 Perbandingan Curah Hujan Efektif Padi pada Perhitungan Manual dan Aplikasi *Cropwat 8.0*

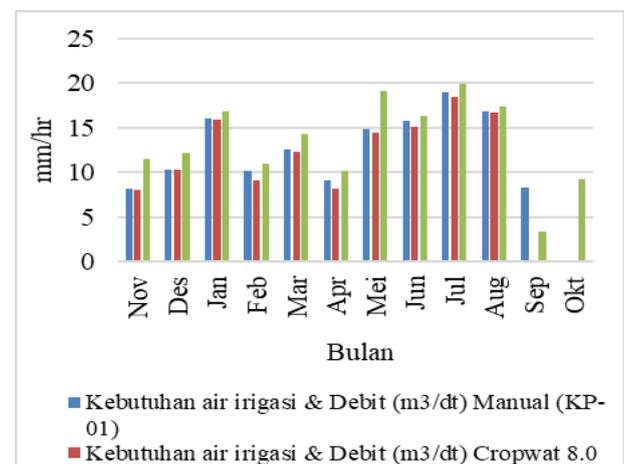


Gambar 4 Perbandingan Curah Hujan Efektif Palawija pada Perhitungan Manual dan Aplikasi *Cropwat 8.0*



Gambar 5 Perbandingan Kebutuhan Air Irigasi pada Perhitungan Manual dan Aplikasi *Cropwat 8.0*

Setelah melakukan perhitungan kebutuhan air dari aplikasi *Cropwat Version 8.0* dan perhitungan manual lalu dapat dilihat perbandingannya dengan debit yang sudah dihitung ketersediannya, terdapat perbedaan dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi *Cropwat Version 8.0* dengan perhitungan manual, diperhitungan manual kebutuhan airnya lebih banyak dibanding aplikasi *Cropwat Version 8.0*, karena *Cropwat* adalah aplikasi atau alat yang praktis untuk merencanakan dan mengatur irigasi metode ini juga memberikan pendugaan yang akurat sehingga mempermudah para petani untuk menentukan kebutuhan air tanaman.



Gambar 6 Perbandingan Kebutuhan Air Irigasi pada Perhitungan Debit Andalan, Perhitungan Manual dan Aplikasi *Cropwat 8.0*

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, besar kebutuhan air irigasi pola tanam padi-padi dengan awal pengolahan lahan pada Bulan November, dengan perhitungan manual (konsep KP-01) menggunakan metode Penman modifikasi adalah 8,12 - 19,00 m³/dt. Sedangkan, menurut perhitungan *CROPWAT Version 8.0*, adalah sebesar 8,03 - 18,39 m³/dt. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perhitungan dengan kedua metode tidak memberikan nilai yang terlalu berbeda. Selain itu, dari hasil perhitungan debit andalan, penggunaan metode *CROPWAT Version 8.0*, memberikan nilai yang lebih akurat.

Saran

Perlunya dilakukan perhitungan kebutuhan air di sawah pada Daerah Irigasi Cisadeng II menggunakan Aplikasi *CROPWAT Version 8.0* karena perhitungannya lebih akurat dan untuk mempermudah para petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor. (2021) Kabupaten Bogor dalam Angka (2021). Bogor (ID) :BPS Kabupaten Bogor.
- Creswell, J. W. (2002). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative* (Vol. 7). Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2010) Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01.
- Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). Yield response to water. *Irrigation and drainage paper*, 33, 257.
- Gavilán, P., Lorite, I. J., Tornero, S., & Berengena, J. (2006). Regional calibration of Hargreaves equation for estimating reference ET in a semiarid environment. *Agricultural water management*, 81(3), 257-281.
- Hariati, F., & Nahrudin, M. (2017). Pemodelan Sistem Manajemen Pemberian Air pada Daerah Irigasi Cihoe-Cikumpeni Kabupaten Bogor. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 1(1).
- Namara, I., Taqwa, F. M. L., & Samsul, S. (2017a). Evaluasi Kinerja teknis Daerah Irigasi (DI) Cimuncang di Kecamatan Sukaraja Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 1(2), 59-67.
- Namara, I., & Taqwa, F. M. L. (2017b). Evaluasi Kinerja Teknis Daerah Irigasi (DI) Gegebeng Kecamatan Waluran Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 1(1), 1-9.
- Oktarina, D., & Kusuma, A. M. (2022). Analisa Kondisi Jaringan Irigasi (Studi Kasus: Daerah Irigasi Way Kandis Lampung). *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 5(1), 1-5.
- Priyonugroho, A. (2014). *Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang)* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Pratama, A. R., & Permana, S. (2019). Analisis Kebutuhan Air di Daerah Irigasi Leuwigoong Kabupaten Garut. *Jurnal Konstruksi*, 17(1), 46-56.
- Priyonugroho, A. (2014). *Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang)* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Purwanto dkk (2006) Analisis Kebutuhan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Bendung Mrican. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sidharta, S.K. (1997) Irigasi dan Bangunan Air. *Gunadarma, Jakarta*.
- Sosrodarsono, S. (2003) Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Soemarto, C.D. (1987) Hidrologi Teknik.
- Stancalie, G., Marica, A., & Toullos, L. (2010). Using earth observation data and CROPWAT model to estimate the actual crop evapotranspiration. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(1-2), 25-30.
- Sumadriansyah A. A., (2019). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Menggunakan Cropwat 8.0 (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Persawahan Daerah Mamburungan Timur)
- Undang Undang No. 20 tahun 2006 tentang Irigasi.
- United States Department of Agriculture (1969) Soil Conesevation Service
- Van de Goor, G. A. W., & Zijlstra, G. (1968). *Irrigation requirements for double cropping of lowland rice in Malaya= Les besoins en eau pour une double recolte de riz par an en Malaisie= Der Wasserbedarf in Reisfeldern mit zwei Ernten pro Jahr in Malaysia* (No. 14). Veenman.
- Weibull, W. (1951). A Statistical Distribution Function Of Wide Applicability. *Journal of applied mechanics*.
<https://doi.org/10.1115/1.4010337>