

KEBUTUHAN AIR IRIGASI MENGGUNAKAN DUA METODE KLASIK DAN APLIKASI CROPWAT 8.0 DI DAERAH IRIGASI BATANG KURANJI

M. SHUBHI NURUL HADIE*, AZKIA HIDAYATI HANIFA

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

**Corresponding Author : ✉ nurulhadie@gmail.com*

Naskah diterima : 18 November 2024. Disetujui: 28 Desember 2024. Diterbitkan : 30 Desember 2024.

ABSTRAK

Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi bisa dilaksanakan dengan berbagai metode, baik beberapa metode klasik yang sudah biasa digunakan, maupun penerapan metode dan aplikasi baru berbasis software yang diharapkan akan mempermudah proses perhitungan dengan hasil yang memuaskan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan beberapa metode perhitungan kebutuhan air irigasi tanaman padi, khususnya pada Daerah Irigasi Batang Kuranji Kota Padang. Data hidrologi yang digunakan meliputi 15 tahun data (2003-2020) yang diambil dari Stasiun Hujan Gunung Nago dan Batu Busuk. Metode perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Penman Modifikasi, Penman Monteith manual, dan penggunaan Aplikasi CROPWAT 8.0 untuk menghitung Evapotranspirasi Potensial (ET_o), Evapotranspirasi Tanaman (ET_c), dan kebutuhan air irigasi (IR). Yang mana didapatkan hasil nilai ET_o 3,556 mm/hari menggunakan aplikasi CROPWAT 8.0, Penman Modifikasi sebesar 3,939 mm/hari, dan untuk Penman Monteith sebesar 3,655 mm/hari. Sedangkan untuk nilai evapotranspirasi tanaman (ET_c) untuk CROPWAT 8.0 diperoleh rata-rata 3,703 mm/hari, Penman Modifikasi 4,82 mm/hari, dan Penman-Monteith 5,56 mm/hari. Untuk nilai Kebutuhan air irigasi maksimum dengan menggunakan aplikasi CROPWAT 8.0 mencapai 11,29 mm/hari yang mana ini merupakan nilai paling besar yang terdapat pada bulan April dekade ke-2. Sedangkan untuk Penman Monteith dan Penman Modifikasi didapatkan hasil masing-masing sebesar 9,33 mm/hari dan 9,57 mm/hari. Untuk hasil perhitungan kebutuhan debit air irigasi (Dr) didapatkan dari ketiga metode yang dipakai yaitu CROPWAT 8.0 sebesar 1,307 lt/dt/ha, Penman Modifikasi sebesar 1,342 lt/dt/ha, dan untuk Penman-Monteith manual sebesar 1,302 lt/dt/ha. Hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya penggunaan teknologi dalam efisiensi pengelolaan sumber daya air untuk menunjang produktivitas pertanian, serta memberikan rekomendasi untuk penggunaan data tanah yang lebih akurat agar hasil analisis lebih dapat diandalkan.

Kata kunci : Kebutuhan Air, CROPWAT 8.0, Penman Monteith, Penman Modifikasi, ETo, Dr

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting dalam keberlanjutan kehidupan di bumi. Dalam kegiatan pertanian, air dimanfaatkan terutama bagi usaha tani padi sawah. Agar produktivitas pada padi cukup baik dan efektif, maka dibangunlah suatu sistem yang diberi nama Daerah Irigasi yang berfungsi mengoptimalkan pengairan pada wilayah persawahan agar tidak mengalami kekurangan air yang berakibat akan menurunkan hasil produksi. Irigasi sangat berperan penting bagi petani untuk mengalirkan air ke sawahnya.

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah total limpasan air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporatif, kehilangan air, dan kebutuhan air untuk tanaman, dengan memperhitungkan jumlah air yang disuplai oleh curah hujan dan pasokan air tanah. Kota Padang memiliki 11 kecamatan yang salah satunya adalah Kecamatan Pauh yang mana pada daerah ini terdapat salah satu sungai yaitu Sungai Batang Kuranji. Sumber air pada sungai ini dijadikan sebagai daerah kegiatan persawahan yang ada disana. Untuk panjang lokasi yang dijadikan sebagai lokasi penelitian yaitu sebesar 5,9 km dengan luasnya yaitu sebesar 2.901 Ha.

Berdasarkan Google Earth Pro yang telah diambil, untuk lokasi data primer yang dijadikan pada penelitian ini hanya terfokus pada daerah Cek Dam 2 Limau Manis (0°54'42.41"LS dan 100°28'49.46"BT) hingga Bendungan Batang Kuranji (0°55'25.91"LS dan 100°26'4.05"BT). Bertambahnya jumlah penduduk, maka luas wilayah yang harus ditanggung pun semakin besar sehingga perlu adanya pengelolaan sumber daya air. Untuk mencapai keseimbangan, jumlah air irigasi yang diperlukan harus dipenuhi dengan jumlah air yang tersedia. CROPWAT 8.0 merupakan aplikasi untuk menghitung dan mengetahui kebutuhan air tanaman maupun irigasi yang berdasarkan data iklim, data tanah dan data tanaman. CROPWAT 8.0 dapat dipergunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial, evapotranspirasi aktual, kebutuhan air irigasi satu jenis tanaman maupun beberapa jenis tanaman, serta merencanakan pemberian air irigasi.

Adapun dilakukannya penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan membandingkan nilai Evapotranspirasi Potensial (ETo), Evapotranspirasi Tanaman (Etc), dan kebutuhan air irigasi pada Daerah Irigasi Kuranji dengan menggunakan dua metode klasik yaitu metode Penman Modifikasi dan Penman Monteith dan satu aplikasi CROPWAT 8.0 untuk tanaman padi.

2. METODA PENELITIAN

2.1. LOKASI PENELITIAN

Untuk lokasi pada penelitian ini terfokus pada daerah Cek Dam 2 Limau Manis (0°54'42.41"LS dan 100°28'49.46"BT) hingga Bendungan Batang Kuranji (0°55'25.91"LS dan 100°26'4.05"BT) yang memiliki luas 2.901 Ha.

2.2. PENGUMPULAN DATA

Metodologi yang digunakan adalah metode penelitian dokumen yang melibatkan analisis berbagai dokumen seperti laporan, publikasi dan data relevan lainnya untuk memperoleh informasi yang sesuai dengan tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengakses data dari instansi pemerintah terkait, ini termasuk :

1. Data curah hujan didapatkan dari UPTD Balai SDA Sumbar dan Balai Wilayah Sungai Sumatera V.
2. Stasiun Hujan yang dipakai yaitu curah hujan Batu Busuk dan curah hujan Gunung Nago dengan periode 15 tahun (2003-2020).
3. Data Klimatologi; temperatur , kelembapan udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari diakses secara online melalui laman resmi Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Barat.

2.3. TAHAP ANALISIS DATA MENGGUNAKAN CROPWAT 8.0

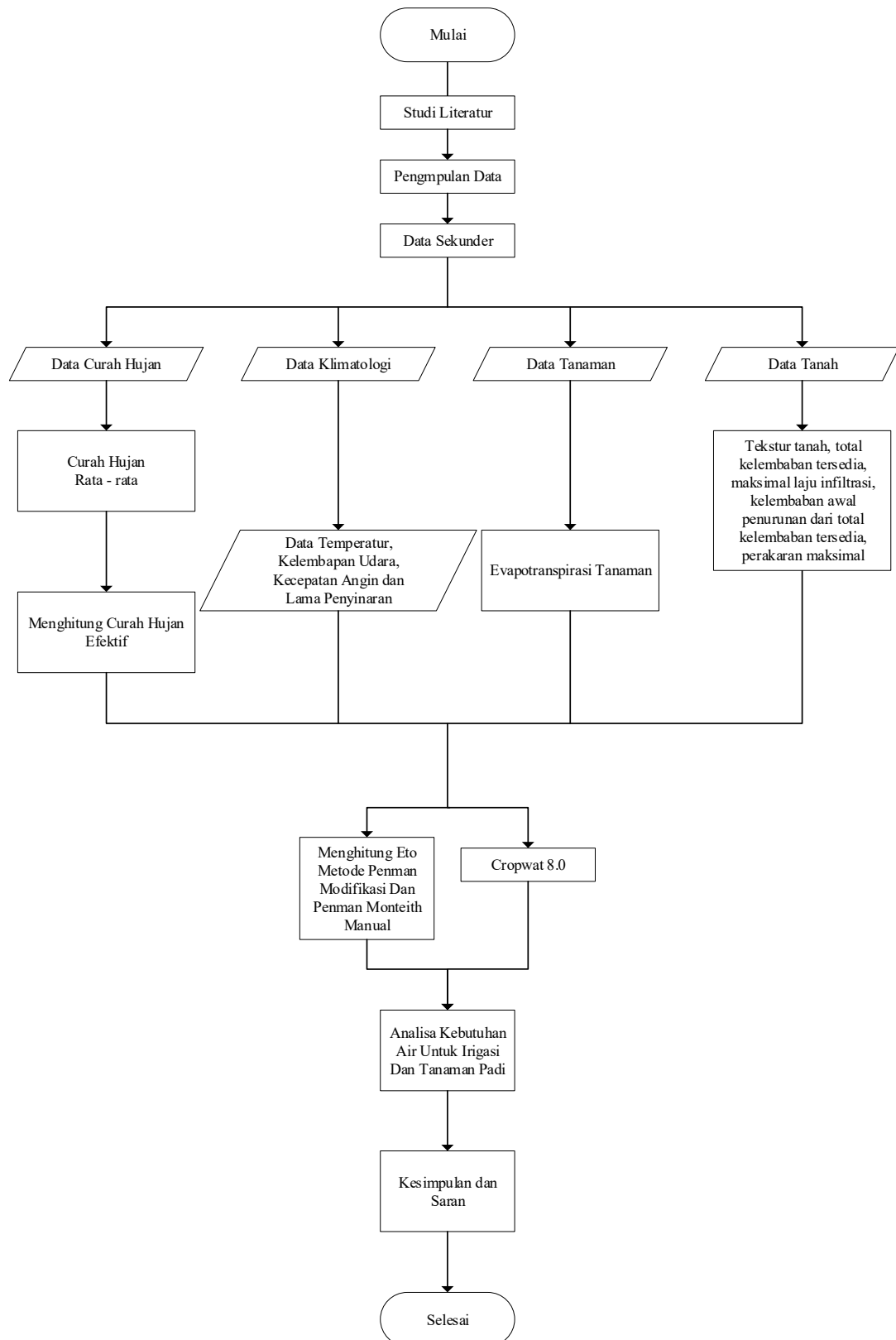
1. Jalankan CROPWAT 8.0, Pada aplikasi CROPWAT 8.0 akan muncul beberapa menu, yaitu menu *Climate/ETo*, *Rain*, *Crop*, *Soil*, *CWR* dan lainnya.
2. Buka menu *Climate/ETo* dan masukan data klimatologi berupa :
 - a. *Country*, yaitu negara asal dari data klimatologi yang digunakan.
 - b. *Station*, nama stasiun klimatologi yang digunakan.
 - c. *Altitude*, elevasi dari stasiun yang digunakan.
 - d. *Latitude*, yaitu data koordinat lintang stasiun dalam bentuk numerik.
 - e. *Longitude*, yaitu data koordinat bujur stasiun dalam bentuk numerik.
 - f. *Temperature*, data temperatur atau suhu yang mana terdapat temperatur maksimum dan minimum.
 - g. *Humidity*, data kelembapan, yang digunakan ialah data kelembapan rata-rata.
 - h. *Wind*, data kecepatan angin, yang digunakan ialah data kecepatan angin rata-rata.
 - i. *Sun*, data lama penyinaran matahari, yang digunakan ialah data lama penyinaran matahari rata-rata.

Setelah menginputkan data-data diatas, ETo akan terkalkulasi secara otomatis.

3. Lanjutkan ke menu *Rain* dan masukan data R_{80} yang dihitung dari data curah hujan dan pilih metode perhitungan yaitu *Fixed Percentage 70%* dan curah hujan efektif akan terhitung secara otomatis

4. Lanjutkan ke menu *Crop*, masukan data tanaman yang akan digunakan. Data tanaman bisa diambil dari *database* FAO dan memilih *Rice* (Padi) kemudian tentukan tanggal awal tanam.
5. Setelahnya lanjutkan ke menu *Soil*, masukan data tanah yang digunakan, data tanah meliputi:
 - a. Total air yang tersedia/*Total Available Water* (TAW);
 - b. Titik layu permanen/*Wilting Point* (WP);
 - c. Tingkat Infiltrasi maksimum/*Maximum Infiltration Rate*;
 - d. Kedalaman perakaran maksimum/*Maximum rooting depth*;
 - e. Depletasi kelembaban tanah awal/*Initial soil moisture depletion*;
 - f. *Drainable porosity*;
 - g. *Critical depletion for puddle cracking*;
 - h. *Maximum percolation rate after puddling*;
 - i. *Water availability at planting*;
 - j. *Maximum waterdepth*.
6. Lalu klik menu CWR dimana hasil dari kebutuhan air akan ditampilkan.

2.4. BAGAN ALIR (FLOWCHART) PENELITIAN



Seperti pada gambar *flowchart* diatas, pertama yaitu dimulai dengan studi literatur dilanjutkan dengan pengumpulan data yaitu data sekunder yang mana terdiri dari data curah hujan untuk menghitung curah hujan rata-rata dan menghitung curah hujan efektif. Data klimatologi didapatkan data berupa data temperatur, kelembapan udara, kecepatan angin, dan lama penyinaran. Data tanaman diproses mencari nilai Evapotranspirasi Tanaman (Etc), dan terakhir yaitu data tanah. Pada data tanah ini nanti digunakan untuk menentukan tekstur tanah, total kelembaban tersedia, maksimal laju infiltrasi, kelembaban awal penurunan dari total kelembaban tersedia, perakaran maksimal. Setelah data dikumpulkan dan diolah, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan untuk mencari nilai Eto menggunakan dua metode klasik yaitu Penman Monteith dan Penman Modifikasi dan juga dihitung menggunakan CROPWAT 8.0 dan dilanjutkan dengan mencari kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Kuranji Kota Padang. Serta terakhir didapatkan kesimpulan dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 CURAH HUJAN EFEKTIF

Curah hujan efektif (Re) diasumsikan sebesar 70% dari R_{80} :

$$R_e = \frac{0,7 \times R_{80}}{n} \quad (1)$$

Dimana :

N = Periode pengamatan

R_{80} = Tingkat hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan 80

Tabel 1. Rekapitulasi Curah Hujan Efektif

Bulan	Re 80 (mm/hari)
Januari	136,50
Februari	114,17
Maret	165,83
April	185,67
Mei	115,67
Juni	121,08
Juli	131,33
Agustus	147,08
September	124,50
Oktober	91,50
November	236,42
Desember	203,17

Dari tabel diatas didapatkan hasil, yang mana untuk curah hujan efektif yang terbesar yaitu terdapat pada bulan November dengan nilai 236,42 mm/hari. Sedangkan untuk nilai curah hujan efektif yang terkecil didapatkan nilai sebesar 91,50 mm/hari yang mana terjadi pada bulan Oktober.

3.2 ANALISA KEBUTUHAN AIR IRIGASI MENGGUNAKAN APLIKASI CROPWAT 8.0

Kebutuhan air irigasi (IR) untuk tanaman dapat ditentukan dengan rumus :

$$IR = \frac{NFR}{eff} \quad (2)$$

Dimana :

NFR = Kebutuhan Air Bersih Sawah

eff = Efisiensi Air Irigas (0,65)

IR = Kebutuhan Air Tanaman

Konversi satuan IR (mm/hari) menjadi DR (lt/dt/ha) dengan cara :

$$DR = \frac{IR}{8,64} \quad (3)$$

Tabel 2. Analisa Kebutuhan Air Irigasi Per-10 Hari CROPWAT 8.0

Musim Tanam	Bulan	Dekade	ETc (mm/dec)	IR (mm/hari)	DR (l/dt/Ha)
I	Desember	2	30,6	11,27	1,304
		3	21,36	7,48	0,866
	Januari	1	38,50	0,24	0,028
		2	39,90	0,95	0,110
		3	44,20	1,50	0,174
	Februari	1	39,80	1,31	0,152
		2	39,60	1,53	0,177
		3	31,20	0,21	0,024
	Maret	1	38,80	0,35	0,041
		2	38,60	0,00	0,000
		3	42,00	0,10	0,012
	April	1	36,70	0,00	0,000
		2	38,50	11,29	1,307
		3	38,20	9,24	1,069
	II	Mei	1	39,80	0,90
2			39,50	1,49	0,172
3			42,30	1,65	0,191
Juni		1	37,20	0,95	0,110
		2	36,00	0,79	0,091
		3	37,00	0,81	0,094
Juli		1	38,40	0,87	0,101
		2	39,70	0,92	0,106
		3	43,20	1,14	0,132
Agustus		1	37,30	0,34	0,039
	2	34,60	11,29	1,307	
	3	42,10	8,86	1,025	
III	September	1	39,80	0,88	0,118
		2	39,60	1,02	0,1
		3	37,90	1,12	0,130
	Oktober	1	35,80	1,58	0,183

	2	33,80	1,83	0,212
	3	36,60	0,79	0,091
November	1	33,30	0,00	0,00
	2	33,20	0,00	0,00
	3	33,10	0,00	0,00
Desember	1	32,00	0,00	0,00
	2	30,40	0,00	0,00
	3	27,20	0,00	0,00

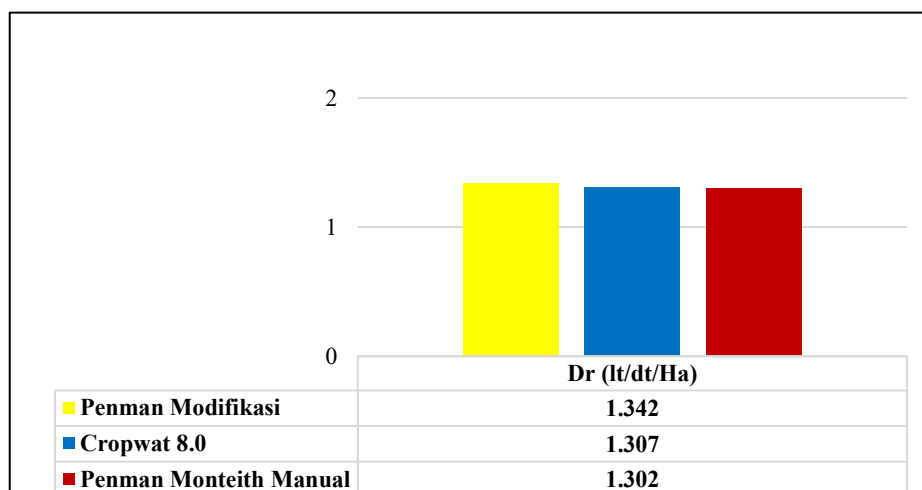
Dari tabel diatas dapat menunjukkan hasil perhitungan untuk Evapotranspirasi tanaman terbesar yaitu 44,2 mm/dec yang terjadi pada bulan Januari dekade 3 dengan rata-rata bisa dihitung berdasarkan data keseluruhan yaitu sebesar 36,302 mm/dec atau 3,703 mm/hari. Selanjutnya kebutuhan air maksimum yang terjadi pada dekade ke-2 bulan April dan dekade ke-2 bulan Agustus yaitu dengan nilai yang sama sebesar 112,90 mm/dec atau 11,29 mm/hari. Dan untuk hasil perhitungan menunjukkan besarnya debit irigasi (DR) yang diperlukan adalah 1,307 l/dt/Ha dan untuk total kebutuhan air irigasi seluruh wilayah Daerah Irigasi Kuranji didapatkan sebesar 2,73 m³/detik.

3.3 PERBANDINGAN NILAI DR MENGGUNAKAN METODE PENMAN MODIFIKASI, MONTEITH DAN CROPWAT 8.0

Tabel 3. Nilai Kebutuhan Irigasi Menggunakan 3 Metode

Metode	Dr (lt/dt/Ha)
Penman Modifikasi	1,342
Cropwat 8.0	1,307
Penman Monteith Manual	1,302

Terlihat pada Tabel 3. yaitu nilai kebutuhan irigasi yang telah direkap menggunakan 3 metode yaitu metode Penman Modifikasi, Penman Monteih, dan aplikasi CROPWAT 8.0.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Nilai Dr (lt/dt/ha)

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan perbandingan hasil perhitungan nilai Dr (lt/dt/ha) dari metode Penman Modifikasi, CROPWAT 8.0 dan metode Penman Monteith Manual.

Untuk perbandingan nilai Dr, hasil terbesar didapat dari dari metode Penman Modifikasi dengan nilai Dr sebesar 1,342 lt/dt/Ha, sedangkan dari CROPWAT 8.0 sebesar 1,307 lt/dt/Ha dan Penman Monteith sebesar 1,302 lt/dt/Ha.

3.4 EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (ETO) METODE PENMAN MONTEITH

Perhitungan Evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman Monteith (Monteith,1965) adalah :

$$ET_o = \frac{(0.408\Delta R_n) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + (\gamma(1 + 0.34U_2))} \quad (4)$$

Dimana :

E_{to} = Evapotranspirasi tanaman acuan [mm/hari]

R_n = Radiasi matahari netto diatas permukaan tanaman [MJ/m²/hari]

T = Suhu rata-rata (°C)

U_2 = Kecepatan angin pada ketinggian 2 meter di atas permukaan tanah [m/s]

e_s = Tekanan uap air jenuh [kPa]

e_a = Tekanan uap air aktual [kPa]

Δ = Kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu [kPa/°C]

γ = Konstanta psikometrik [kPa/°C]

3.5 EVAPOTRANSPIRASI POTENSIAL (ETO) METODE PENMAN MODIFIKASI

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial (E_{To}) dengan metode Penman-Modifikasi dilakukan secara manual menggunakan Microsoft Excel.

$$ET_o = c [W.R_n + (1-W).f(U).(e_s - e_a)] \quad (5)$$

Dimana :

E_{to} = Evapotranspirasi [mm/hari]

C = Faktor koreksi akibat keadaan iklim siang dan malam

W = Faktor bobot tergantung dari temperature udara dan ketinggian tempat

R_n = Radiasi netto ekivalen dengan Evapotranspirasi [mm/hari]

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (6)$$

Dimana :

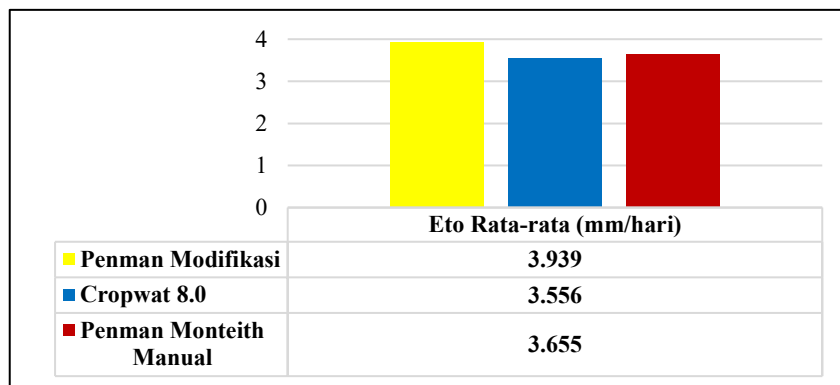
R_{ns} = Gelombang pendek radiasi yang masuk

3.6 PERBANDINGAN NILAI ETO MENGGUNAKAN METODE PENMAN MODIFIKASI, MONTEITH DAN CROPWAT 8.0

Setelah mencari nilai E_{To} pada masing-masing metode, didapatkan nilai E_{To} tiap bulannya yang direkap melalui tabel dan grafik yang terlihat seperti dibawah ini :

Tabel 4. Nilai Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Menggunakan 3 Metode

Eto/Bulan	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Eto Rata-rata (mm/hari)
Penman Modifikasi	4,04	4,28	4,25	4,10	4,00	3,79	4,01	4,03	3,94	3,60	3,64	3,59	3,939
Cropwat 8.0	3,62	3,86	3,80	3,65	3,57	3,39	3,73	3,65	3,59	3,27	3,30	3,24	3,556
Penman Monteith Manual	3,73	3,96	3,91	3,87	3,83	3,58	3,71	3,74	3,63	3,33	3,28	3,29	3,655



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai ETo (mm/hari)

Dari Grafik diatas untuk mencari nilai ETo menggunakan metode Penman Modifikasi, CROPWAT 8.0, dan Penman Monteith Manual, ditemukan bahwa nilai Evapotranspirasi potensial (Eto) menggunakan metode Penman Modifikasi memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu sebesar 3,939 mm/hari dibandingkan dengan metode CROPWAT 8.0 yang tidak jauh berbeda dengan Penman Monteith Manual yaitu sebesar 3,556 mm/hari dan 3,655 mm/hari. Perbedaan ini terjadi di karenakan adanya perbedaan albedo (Perbandingan sinar matahari yang tiba di permukaan bumi dengan sinar matahari yang dipantulkan kembali oleh permukaan bumi), untuk Penman Modifikasi menggunakan albedo 0,25 dan Penman Monteith 0,23.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa perhitungan kebutuhan air irigasi pada Daerah Irigasi Batang Kuranji Kota padang, Provinsi Sumatera Barat dengan luas 2091 Ha menggunakan aplikasi CROPWAT 8.0 dan juga menggunakan metode perhitungan secara manual dengan Ms.Excel yang dapat disimpulkan bahwa untuk nilai menghitung nilai Evapotranspirasi Potensial (Eto) menggunakan CROPWAT 8. 0 yaitu didapatkan sebesar 3,556 mm/hari, Penman Modifikasi 3,939 mm/hari, dan Penman Monteith manual 3,655 mm/hari. Untuk menghitung nilai evapotranspirasi tanaman (ETc) untuk CROPWAT 8. 0 diperoleh rata-rata 3,703 mm/hari, Penman Modifikasi 4,82 mm/hari, dan Penman-Monteith 5,56 mm/hari. Sedangkan untuk mencari nilai kebutuhan air irigasi diperoleh hasil perhitungan yang mana didapatkan rata-rata untuk CROPWAT 8.0 didapatkan nilai sebesar 1,307 lt/dt/ha, untuk Penman Modifikasi didapatkan nilai 1,342 lt/dt/ha, sedangkan untuk Penman-Monteith manual sebesar 1,302

lt/dt/ha. Penelitian yang memanfaatkan perangkat lunak CROPWAT 8.0 ini untuk menghitung kebutuhan air irigasi memiliki keunggulan dalam hal efisiensi waktu perhitungan. Selain itu, penggunaan data tanah pada CROPWAT 8.0 juga berpengaruh terhadap kebutuhan air irigasi yang dihasilkan, karena jenis tanah menentukan sifat fisik tanah yang mempengaruhi kebutuhan air tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen R G, Pereira LS, Raes D, and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome
- Asri, Abdul Hafiz (2021). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Tanaman Padi pada Daerah Aliran Batang Air Dingin dengan Aplikasi CROPWAT 8.0. Padang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Dasril, D., Istijono, B., & Nurhamidah, N. (2021). EVALUASI KEBUTUHAN AIR IRIGASI DENGAN APLIKASI CROPWAT 8.0 DAERAH IRIGASI AMPING PARAK. *Rang Teknik Journal*, 4(2), 374–382. <https://doi.org/10.31869/rtj.v4i2.2656>
- Feronsya, Thasya (2022). Analisa Kebutuhan Air Tanaman Padi Pada Daerah Irigasi Ladang Laweh Kabupaten Padang Pariaman Dengan Aplikasi CROPWAT 8.0. Padang: Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Kencana, R. (n.d.). *ANALISIS KEBUTUHAN AIR TANAMAN PADI PADA DAERAH IRIGASI SICAUNG KABUPATEN PADANG PARIAMAN DENGAN APLIKASI CROPWAT 8.0*.
- Manik, T. K., Rosadi, R. B. & Karyanto, A., 2012. Evaluasi Metode Penman Monteith dalam Menduga Laju Evapotranspirasi Standar (ET_o) di Dataran Rendah Provinsi Lampung, Indonesia. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, pp. 121-128.
- Maulana, Arif Rahman (2021). Analisis Kebutuhan Irigasi Tanaman Padi Pada Daerah Aliran Batang Kuranji Dengan Aplikasi CROPWAT 8.0. Padang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas
- Monteith, J. L, 1965. Evaporation and Environment. 19th Symposium of the Society for Experimental Biology: 205-234. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Prijono, Sugeng (2009). Aplikasi CROPWAT for Windows untuk Dasar Manajemen Sumberdaya Air di Petak Tersier. *Jurnal Teknik Waktu*. 7(1): 88-92.
- Putri, Zeni Awalia (2019). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Tanaman Padi pada Daerah Aliran Batang Arau dengan Aplikasi CROPWAT8.0 Padang: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.
- Shalsabillah, H., Amri, K., & Gunawan, G. (2019). ANALISIS KEBUTUHAN AIR IRIGASI MENGGUNAKAN METODE CROPWAT VERSION 8.0. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 61–68. <https://doi.org/10.33369/ijts.10.2.61-68>
- Sida, A. S., & Mustari, S. (2018). *"TINJAUAN ANALISIS KEBUTUHAN AIR IRIGASI DI DAERAH IRIGASI SALULEMO KABUPATEN LUWU UTARA*.
- SNI (2012), Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan dengan Metode Penman-Monteith. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional (BSN)
- Wulandari, Siska (2020), Analisa Kebutuhan Air Tanaman Padi dan Jagung Daerah Irigasi Batang Bayang Ujung Gading Pasaman Barat Dengan Aplikasi CROPWAT 8.0. Padang. Universitas Andalas