

APLIKASI CROPWAT 8.0 UNTUK MERENCANAKAN POLA TANAM OPTIMAL DAN MEMAKSIMALKAN HASIL PERTANIAN DI KECAMATAN GUNUNGPATI

CROPWAT 8.0 APPLICATION FOR PLANNING OPTIMAL CROPPING PATTERNS AND MAXIMIZING AGRICULTURAL PRODUCTION IN GUNUNGPATI DISTRICT

Susilawati Cicilia Laurentia^{1)*} Lesty Arlensietami²⁾

¹⁾Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

Jl. Pawiyatan Luhur, Bendan Dhuwur, Semarang, Indonesia

²⁾Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana, Jawa Tengah

Jl. Brigjend S. Soedarto 375 Semarang, Indonesia

*Correspondent email: susipi@untagsmg.ac.id

Diterima: 02 Februari 2022; Direvisi: 24 Juli 2022; Disetujui: 23 Oktober 2022

ABSTRACT

Population growth triggers an increasing agriculture in order to be able to meet food needs. Increasing agricultural yields depends on policies on how to arrange cropping patterns in the reality of water availability and limited field, to provide maximum yields. The Cropwat 8.0 application is part of a computer-based information system (including knowledge-based/knowledge management systems) that is used to support decision making to arrange optimal cropping patterns and maximizing agricultural yields. The purpose of this study was to simulate several alternative cropping patterns in the study area using the Cropwat 8.0 application. From the several alternative cropping patterns simulation, it was determined which could provide maximum agricultural yields. This research was conducted on improving agriculture in Gunung Pati District, using the Cropwat 8.0 application which has 5 input data modules namely climate/ET_o, rainfall, crops, soil and cropping patterns as well as 3 calculation data modules namely crop water requirements, irrigation water supply schedules and the number of irrigation water needs of an area in liters per second per Ha. Several alternative simulations are carried out by shifting the planting date or the type of plant and the area of land to find the optimal cropping pattern and provide maximum results. The analysis is generated quickly because every change in cropping pattern, it can immediately know the need for irrigation water in liters/second/hectare to find maximum agricultural yields. The simulation results of several alternatives found the most optimal quickly. Simulations by changing climate data are also generated quickly. This is very helpful for policy makers to determine the right and optimal cropping pattern in a climate change situation that demands speed in responding to maximize agricultural yields so that food availability is sustainable.

Keywords: Cropwat 8.0, cropping patterns, optimization of agricultural yields, sustainable food

ABSTRAK

Perkembangan penduduk memicu peningkatan pertanian agar mampu memenuhi kebutuhan pangan. Peningkatan hasil pertanian bergantung pada kebijakan cara menyusun pola tanam dalam realita ketersediaan air dan ketersediaan lahan yang semakin terbatas, agar dapat memberikan hasil yang maksimal. Aplikasi Cropwat 8.0 adalah bagian dari sistem informasi berbasis komputer (termasuk sistem berbasis pengetahuan/manajemen pengetahuan) yang dipakai untuk mendukung pengambilan keputusan dalam menyusun pola tanam yang optimal dan memaksimalkan hasil pertanian. Tujuan penelitian ini untuk mensimulasikan beberapa alternatif pola tanam pada lahan studi dengan menggunakan aplikasi Cropwat 8.0. Dari simulasi beberapa alternatif pola tanam, ditentukan yang dapat memberikan hasil pertanian maksimal. Penelitian ini dilakukan pada peningkatan pertanian di Kecamatan Gunungpati, menggunakan aplikasi Cropwat 8.0 yang memiliki 5 modul data masukan yaitu iklim/ET_o, curah hujan, tanaman, tanah dan pola tanam serta 3 modul data perhitungan yaitu kebutuhan air tanaman, jadwal pemberian air irigasi dan banyaknya kebutuhan air irigasi suatu daerah dalam liter per detik per Ha. Beberapa alternatif simulasi dilakukan dengan menggeser tanggal tanam ataupun jenis tanaman dan luasan lahan untuk menemukan pola tanam yang optimal dan memberikan hasil yang maksimal. Analisis dihasilkan secara cepat karena setiap perubahan pola tanam, langsung dapat diketahui kebutuhan air irigasi dalam liter/detik/hektar untuk menemukan hasil pertanian yang maksimal. Hasil simulasi beberapa alternatif ditemukan yang paling optimal dengan cepat. Simulasi dengan mengubah data iklim juga dihasilkan secara cepat. Hal ini sangat membantu pengambil kebijakan untuk menetapkan pola tanam yang tepat dan optimal dalam situasi perubahan iklim yang menuntut kecepatan dalam menanggapi untuk memaksimalkan hasil pertanian agar ketersediaan pangan berkelanjutan.

Kata Kunci: cropwat 8.0, pola tanam, optimasi hasil pertanian, pangan yang berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Perkembangan penduduk memicu peningkatan pertanian agar memenuhi kebutuhan pangan. Disebutkan dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) / *Sustainable Development Goals* (SDGs), bahwa pembangunan harus dapat menjaga kesejahteraan ekonomi dan kehidupan sosial masyarakat, sehingga meningkat dan berkelanjutan, khususnya terkait kualitas lingkungan hidupnya. Pembangunan juga menjaga terjaminnya keadilan dan terlaksananya tata kelola kualitas hidup antar generasi secara berkelanjutan.

TPB/SDGs, merupakan komitmen global dan nasional sebagai upaya untuk menyejahterakan masyarakat dengan tujuan antara lain mengakhiri kemiskinan dan kelaparan, memastikan kehidupan yang sehat dan sejahtera, serta memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan. Hal ini akan mendukung tujuan yang lain seperti air bersih dan sanitasi layak dalam upaya penanganan perubahan iklim (Armida & Endah, 2018).

Komitmen menyejahterakan masyarakat untuk mengatasi situasi tanpa kelaparan, mendorong suatu optimasi hasil pertanian dari lahan yang semakin terbatas untuk diupayakan dalam pengembangan pertanian. Hal ini sangat bergantung pada kebijakan cara menyusun pola tanam dalam realita ketersediaan air dan ketersediaan lahan yang semakin terbatas, agar dapat memberikan hasil yang maksimal. Peningkatan hasil pertanian dipengaruhi juga oleh penetapan pola tanam, yang merupakan variasi dari jenis-jenis tanaman yang dipilih untuk mendapatkan keuntungan finansial yang lebih menjanjikan (Mangobi, et.al., 2018).

Poin penting lain yang dapat menjadi pertimbangan adalah potensi pertanian organik dengan skala besar yang ada, karena menawarkan keuntungan ekonomi yang signifikan bagi pemilik hewan peliharaan. Satu hal yang dapat dilakukan adalah menganalisis bagaimana membuat produksi pertanian organik lebih efisien untuk melihat potensi perubahan hasilnya (Djafri, et.al., 2016). Hal ini sangat mendukung kualitas tanah yang ada. Data modifikasi karakteristik tanah akan sangat mudah dilakukan bila menggunakan Cropwat 8.0. Karakteristik tanah ini berpengaruh pada pengembangan pertanian, khususnya hasil pertanian.

Kajian terhadap optimalisasi usahatani padi dan sayuran pada musim gadu agar hasil pertanian optimal, dilakukan oleh petani di Kota Singkawang dalam melakukan diversifikasi pada lahan sawah dengan memasukkan usaha tani sawi dan mentimun, karena harga yang lebih tinggi

(Puspitasari, et.al., 2013). Perubahan pola tanam akan mudah dianalisis dengan menggunakan Cropwat 8.0, seperti kajian terhadap optimasi pola tanam usahatani sayuran selada dan sawi di lahan pertanian padi (Khalik, 2013).

Dua sudut pandang berbeda yang menjadi tantangan dalam mewujudkan ketahanan pangan yang berkelanjutan, yaitu dari sisi permintaan maupun dari sisi penawaran. Meningkatnya permintaan dipicu oleh pertumbuhan penduduk dengan segala karakteristik demografinya yang menimbulkan dinamika selera konsumen. Dari sisi penawaran, tantangan muncul sebagai dampak dari persaingan pemanfaatan sumber daya alam maupun perubahan iklim global (Suryana, 2014).

CROPWAT 8.0 dikembangkan oleh Divisi Pengembangan Tanah dan Air FAO untuk mendukung pengambil keputusan dalam menyusun pola tanam yang optimal dan memaksimalkan hasil pertanian (Smith, 1992). Cropwat 8.0 adalah bagian dari sistem informasi berbasis komputer yang dipakai untuk mendukung pengambil keputusan dalam menyusun pola tanam yang optimal dan memaksimalkan hasil pertanian (Smith, 1992). Sebuah algoritma komputer yang disebut CROPWAT 8.0 digunakan untuk memprediksi kebutuhan air untuk tanaman dan irigasi berdasarkan data tanah, iklim, dan karakteristik tanaman. Program ini memungkinkan untuk penggunaan jadwal irigasi berbagai pola tanam dan pengembangan berbagai kondisi pengelolaan. Selain itu, CROPWAT 8.0 dapat digunakan untuk menilai praktik irigasi petani dan memantau kinerja tanaman di bawah kondisi lahan tadah hujan dan beririgasi. Simulasi beberapa alternatif pola tanam yang dilakukan dengan bantuan program CROPWAT 8.0, dapat dengan mudah dan cepat memberikan hasil analisis kebutuhan air irigasi dalam kombinasi lahan dan tanaman yang diterapkan untuk menemukan pola tanam yang optimal dan hasil pertanian yang maksimal.

Kelebihan dari Cropwat 8.0 antara lain dalam menganalisis evapotranspirasi standar dan penyusunan neraca air suatu tanaman di dua lokasi berbeda. Nilai evapotranspirasi standar dapat dengan mudah ditemukan dengan memasukkan data iklim yang ada. Kemudian simulasi tanggal tanam dapat digeser-geser dalam penetapannya untuk menemukan kebutuhan air yang paling minimal namun hasil tetap optimal dengan memasukkan data hujan efektif dan karakteristik tanah sesuai lokasinya (Prastowo, et.al., 2016). Evaluasi kebutuhan air irigasi untuk suatu sistem layanan daerah irigasi juga dapat dengan cepat dilakukan (Dasril, et.al., 2021). Kelemahan dalam penggunaan Cropwat 8.0 ini, apabila pengguna

kurang memahami secara tepat data yang dimasukkan, khususnya terkait karakteristik tanaman maupun karakteristik tanah. Program ini penggunaannya masih oleh kalangan tertentu, khususnya banyak digunakan oleh ahli pertanian, namun jarang digunakan oleh ahli pengairan yang masih mendasarkan analisis pada standar KP-01 (Shalsabillah, et.al., 2018). Perhitungan kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi bila menggunakan KP-01 hasilnya lebih besar dari pada Cropwat 8.0 (Anggraeni & Kalsim, 2013).

Analisis kebutuhan air irigasi dan produksi tanaman jagung dengan menggunakan Cropwat 8.0, khususnya dalam menganalisis menurunnya hasil produksi terkait pengurangan air irigasi dilakukan oleh ahli pengairan (Clarke, 1998; Hendrik & Mulyadi, 2018). Penggeseran tanggal tanam untuk menanggapi perubahan iklim dapat dilakukan analisis jadwal pemberian air irigasinya dengan mudah bila menggunakan Cropwat 8.0, yang langsung dapat memberikan analisis hasil panennya, sehingga dapat dipilih tanggal tanam yang optimal (Truong, 2020; Dharmarathna, et.al., 2014). Penggeseran tanggal tanam ini sangat penting seperti yang telah dijelaskan oleh Babel, et.al. (2019) dengan menggunakan program AquaCrop.

Tujuan dari penelitian dengan mengaplikasikan CROPWAT 8.0 ini untuk:

1. Mensimulasikan beberapa alternatif pola tanam pada lahan studi
2. Menentukan dari beberapa simulasi alternatif pola tanam, yang memberikan hasil pertanian optimal

Penelitian dilakukan dalam bentuk studi kasus pengembangan pertanian di Kecamatan Gunung Pati, khususnya Kelurahan Patemon.

METODOLOGI

Metodologi studi dalam analisis pola tanam yang optimal dan memberikan hasil yang maksimal ini dijelaskan seperti dalam Gambar 1 berikut ini.

Sebagai masukan: situasi dan kondisi lahan pertanian, meliputi karakteristik tanah, iklim (suhu, kelembaban, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin) untuk menghitung besarnya evapotranspirasi potensial; komoditi tanaman, yaitu jenis tanaman/karakteristik tanaman; ketersediaan air untuk irigasi, serta data hujan untuk menghitung hujan efektif yang dapat digunakan oleh tanaman. Karakteristik tanaman ditunjukkan dalam masa inisiasi, perkembangan, dewasa maupun panen, yang ditampilkan sebagai koefisien tanaman K_c dalam menghitung kebutuhan air tanaman dan kebutuhan air irigasi untuk tanggal tanam tertentu. Ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, antara lain dari embung dalam studi kasus ini.

Proses analisis dengan aplikasi Cropwat 8.0 meliputi: analisis evapotranspirasi potensial/referensi (ET_0) yang dihitung dari data iklim (suhu, kelembaban, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin). Selanjutnya analisis kebutuhan air tanaman yang mengacu pada karakteristik tanaman K_c dan evapotranspirasi potensial, mengikuti persamaan:

$$ET_{\text{tanaman}} = K_c \times ET_0 \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

ET_{tanaman} : evapotranspirasi tanaman

K_c : koefisien tanaman

ET_0 : evapotranspirasi potensial



Gambar 1 Metodologi studi

Kebutuhan air irigasi untuk tanggal tanam tertentu, memperhitungkan hujan efektif dan data karakteristik tanah. Hujan efektif sebelumnya dianalisis untuk tahun hujan kering, normal dan basah. Kebutuhan air irigasi mengikuti persamaan:

$$\text{Keb. irigasi} = \text{ET}_{\text{tanaman}} - \text{R}_{\text{eff}} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

Keb. irigasi : kebutuhan air irigasi

$\text{ET}_{\text{tanaman}}$: evapotranspirasi tanaman

R_{eff} : Hujan efektif

Untuk tanaman padi sawah kebutuhan air tanaman padi sawah mengikuti persamaan:

$$\text{Keb. padi} = \text{ET}_{\text{padi}} + \text{Perk} + \text{Peny. Lahan} \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

Keb. padi : kebutuhan air tanaman padi

ET_{padi} : evapotranspirasi tanaman padi

Perk : perkolasi

Peny. Lahan : penyiapan lahan tanah

Kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi sawah mengikuti persamaan:

$$\text{Keb. ir. padi} = \text{Keb. padi} - \text{R}_{\text{eff}} \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

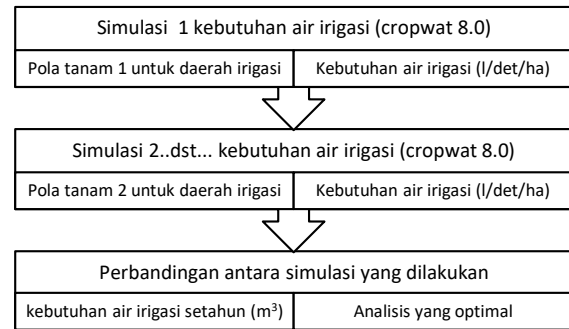
Keb. ir. padi : Kebutuhan air irigasi padi

Keb. padi : kebutuhan air tanaman padi

R_{eff} : Hujan efektif

Optimalisasi lahan dan ketersediaan air dilakukan dengan menggeser-geser tanggal tanam untuk berbagai jenis tanaman yang ditampilkan dalam simulasi pola tanam setahun.

Analisis neraca air, yaitu perbandingan antara ketersediaan air dan kebutuhan air dalam kondisi lahan yang optimal dijelaskan dalam sistematika seperti Gambar 2.



Gambar 2 Sistematika optimasi

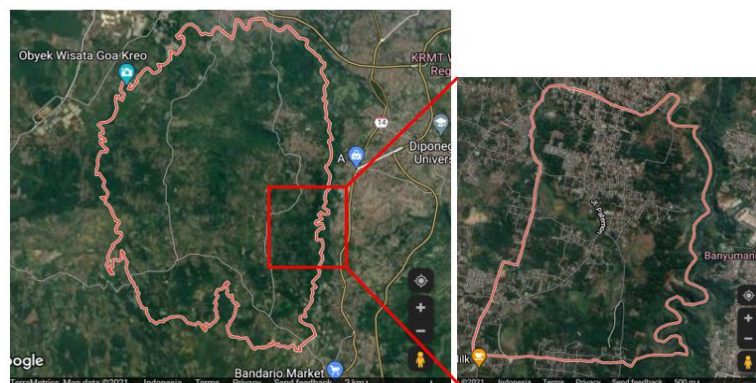
Dengan mengambil studi kasus peningkatan pertanian di Kecamatan Gunung Pati, khususnya Kelurahan Patemon (Gambar 3), dan penggunaan lahan seperti dijelaskan dalam Tabel 1, sebagai masukan, dapat disimulasikan penyusunan pola tanam untuk berbagai macam lahan pertanian sawah maupun lahan kering daerah tersebut.

Tabel 1 Penggunaan lahan di Kel. Patemon (Ha)

Jenis lahan	Jenis irigasi	Luas (ha)
Sawah ber-irigasi	teknis	10,50
	setengah teknis	5,50
	seederhana non PU	10,00
Sawah tadah hujan		258,69
tegakan		84,89
Pekarangan+bangunan		126,70

Sumber: BPS Kota Semarang (2020)

Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Cropwat 8.0 yang memiliki 5 modul data masukan (iklim/ ET_0 , curah hujan, tanaman, tanah dan pola tanam) serta 3 modul data perhitungan (kebutuhan air tanaman, jadwal pemberian air irigasi dan banyaknya kebutuhan air irigasi suatu daerah dalam satuan liter per detik per Ha). Optimasi dilakukan dalam simulasi dengan menggeser tanggal tanam ataupun jenis tanaman dan luasan lahan untuk menemukan pola tanam yang optimal dan memberikan hasil yang maksimal.



Sumber: Peta Citra Satelit dari Google Earth

Gambar 3 Wilayah Kecamatan Gunungpati dan Kelurahan Patemon

Jenis lahan pertanian, seperti ditunjukkan dalam Tabel 1. Penggunaan lahan di Kelurahan Patemon seluas 26 Ha sebagai sawah beririgasi, baik secara teknis (10,50 Ha), setengah teknis (5,50 Ha) maupun sederhana non PU (10,00 Ha). Lahan seluas 258,69 Ha, sebagai sawah tadah hujan, 84,89 Ha berupa tegalan serta seluas 126, 70 Ha berupa pekarangan dan bangunan.

Data hujan untuk Kecamatan Gunungpati diambil data hujan dari Pos Hujan Stasiun Gunungpati yang tersedia dari Tahun 2001 – 2019 (tahun 2002 data kurang lengkap sehingga tidak diikuti sertakan dalam analisis). Sedangkan data iklim diambil data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kota Semarang (BPS Kota Semarang, 2021).

Jenis tanaman di lokasi studi yang sedang dikembangkan adalah padi (sawah), pisang dan jahe (BPS Kota Semarang, 2021). Ketersediaan air diambil dari embung yang terdapat di lokasi studi, yaitu Embung Patemon, dengan data teknis seperti dijelaskan dalam Tabel 2.

Analisis Cropwat 8.0 untuk menghitung kebutuhan air irigasi diawali dengan analisis hujan efektif. Beberapa opsi yang diberikan dalam program Cropwat 8.0 ini seperti ditunjukkan dalam Tabel 3. Sebagai contoh simulasi diambil opsi persentase tertentu, yaitu 70% dari analisis hujan tahun basah-kering-normal. Untuk masukan data tanaman dapat diambil sebagai dasar adalah dari data yang ada (FAO) yang dapat disesuaikan dengan situasi nyata dalam praktek pertanian (mengacu dari karakteristik tanaman yang telah diteliti oleh dinas pertanian).

Mengacu dari data statistik pertanian yang dikeluarkan oleh BPS Kota Semarang (2021) untuk Kecamatan Gunung Pati, maka jenis tanaman yang diaplikasikan di Kelurahan Patemon adalah padi, pisang dan jahe. Dalam simulasi pola tanam optimal untuk memaksimalkan hasil pertanian, ditambahkan pula alternatif tanaman lain seperti jagung dan kacang.

Data tanaman untuk padi dijelaskan seperti dalam Gambar 4, sedangkan untuk tanaman pisang, jagung, kacang dan jahe dijelaskan seperti dalam Gambar 5.

Tabel 2 Data teknis Embung Patemon

Parameter	Deskripsi
Tipe Embung	Embung sawah dengan konstruksi beton bertulang
Jenis Embung	Tanah homogen
Tinggi Embung	6 m
Manfaat Embung	Irigasi, air baku dan konservasi
Volume Tampungan	19.250 m ³
Luas Genangan	3.500 m ²
Luas Daerah Layanan Irigasi	20 Ha
Panjang Pipa Inlet dia-6	350 m

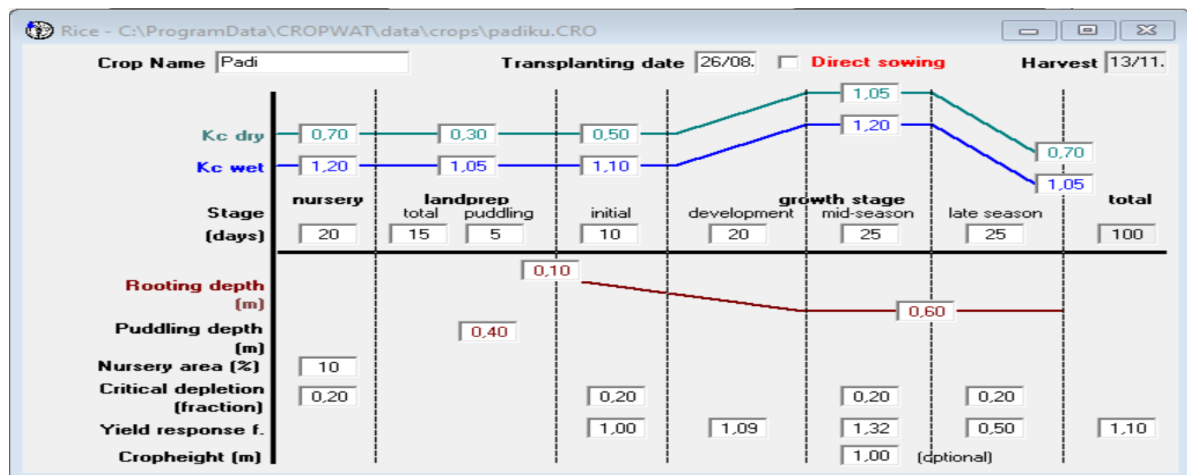
Sumber: Data BBWS Pemali Juana

Tabel 3 Opsi hujan efektif untuk analisis kebutuhan air tanaman

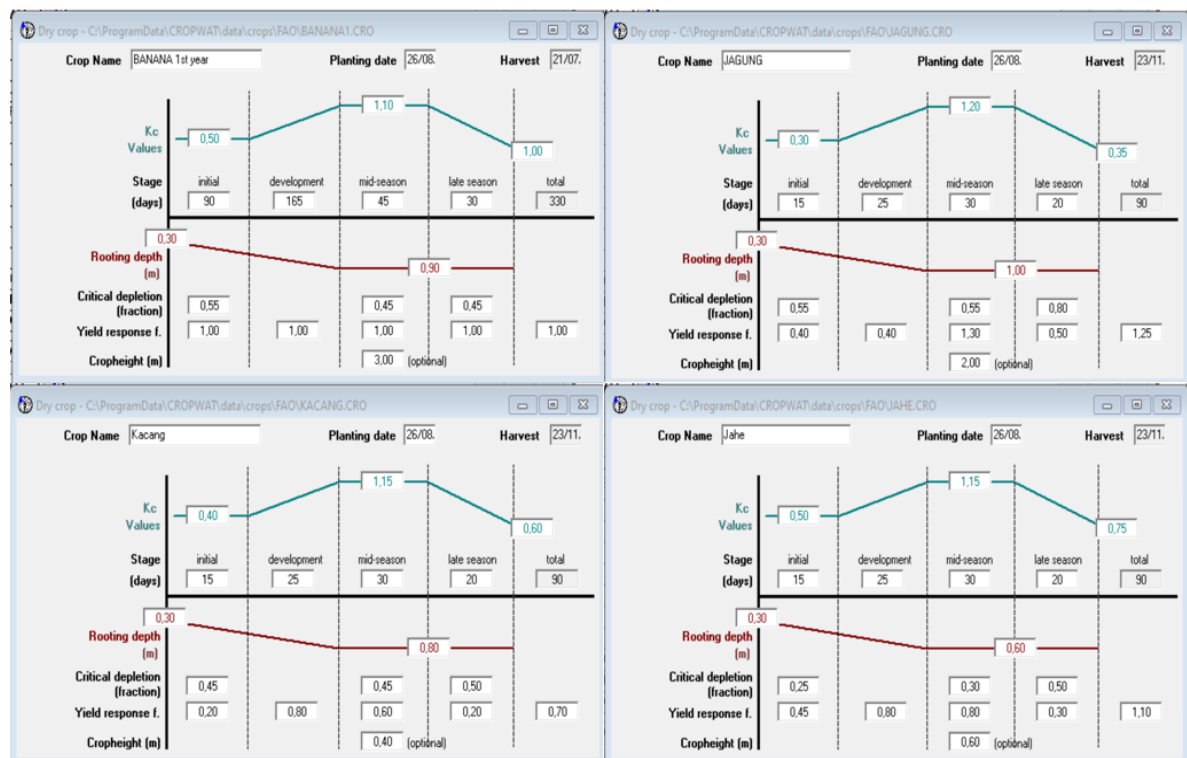
No	Opsi hujan efektif	Nilai
1	Persentase tetap	70 %
2	Hujan yang bisa diandalkan (rumus dari FAO/AGLW) $R_{eff} = 0,6 \times R - 10/3$ $R_{eff} = 0,8 \times R - 24/3$	untuk $R_{bulan} \leq 70/3$ mm untuk $R_{bulan} > 70/3$ mm
3	Rumus empiris $R_{eff} = 0,5 \times R - 5/3$ $R_{eff} = 0,7 \times R + 20/3$	untuk $R_{bulan} \leq 50/3$ mm untuk $R_{bulan} > 50/3$ mm
4	Layanan konservasi tanah USDA $R_{eff} = (R \times (125 - 0,2 \times 3 \times R))/125$ $R_{eff} = 125/3 + 0,1 R$	untuk $R_{bulan} \leq 250/3$ mm untuk $R_{bulan} > 250/3$ mm
5	Hujan tidak diperhitungkan dalam perhitungan irigasi	Hujan efektif sama dengan nol

Dari Gambar 4 dapat dilihat karakteristik tanaman yang meliputi tahap persemaian (*nursery*) untuk padi selama 20 hari, penyiapan lahan (*land preparation*) selama 15 hari dengan pembajakan tanah (*puddling*) selama 5 hari saat penyemaian dilakukan. Tahap awal pertumbuhan padi (*initial*) selama 10 hari, perkembangan (*development*) 20 hari, kemudian tahap dewasa (*mid-season*) 25 hari dan tahap akhir (*late season*) 25 hari sampai pada saat panen (*harvest*). Total pertumbuhan padi selama 100 hari. Gambar 6 adalah jenis tanaman lahan kering seperti pisang, jagung, kacang dan jahe yang tidak terdapat masa penyemaian ataupun penyiapan lahan. Tahapan pada tanaman ini hanya

meliputi tahan awal (*initial*), tahap perkembangan (*development*), tahap dewasa (*mid-season*) dan tahap akhir (*late-season*). Tahapan tersebut memiliki koefisien tanaman (K_c) berbeda-beda yang ditunjukkan sebagai grafik K_c dalam gambar di atas. Juga terdapat grafik perkembangan akar (*rooting depth*). Data tanaman ini juga memiliki koefisien kritis pemberian air (*critical depletion*) yang akan berpengaruh pada hasil panen (*yield response*). Terdapat juga koefisien tinggi tanaman (*cropheight*). Untuk tanaman padi, juga terdapat informasi terkait luasan area persemaian (*nursery area*) dalam persen lahan, dan kedalaman pembajakan tanah (*puddling depth*).



Gambar 4 Data tanaman padi pada CROPWAT



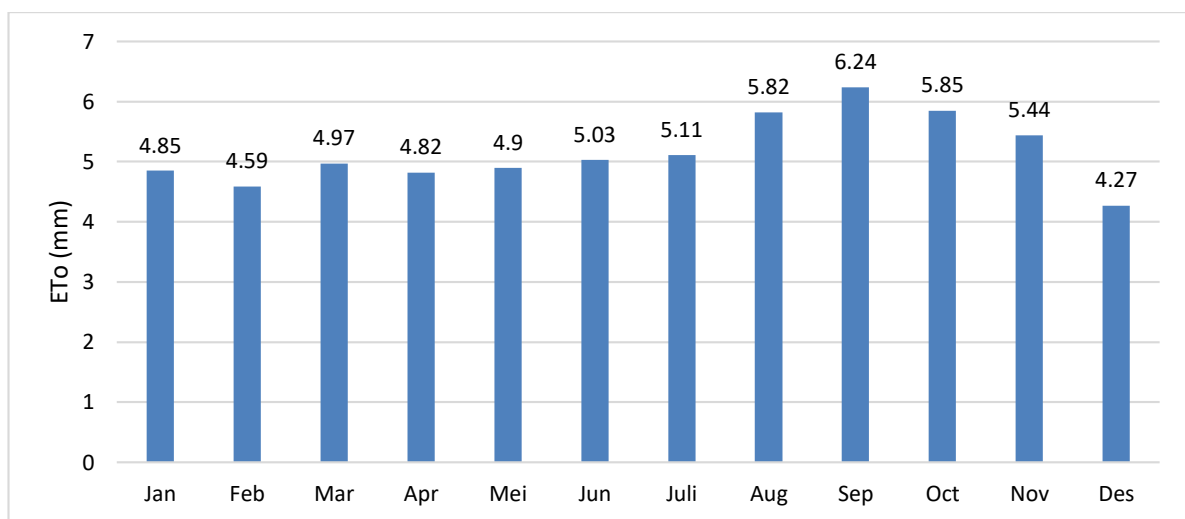
Gambar 5 Data tanaman pisang, jagung, kacang dan jahe pada CROPWAT

HASIL DAN PEMBAHASAN

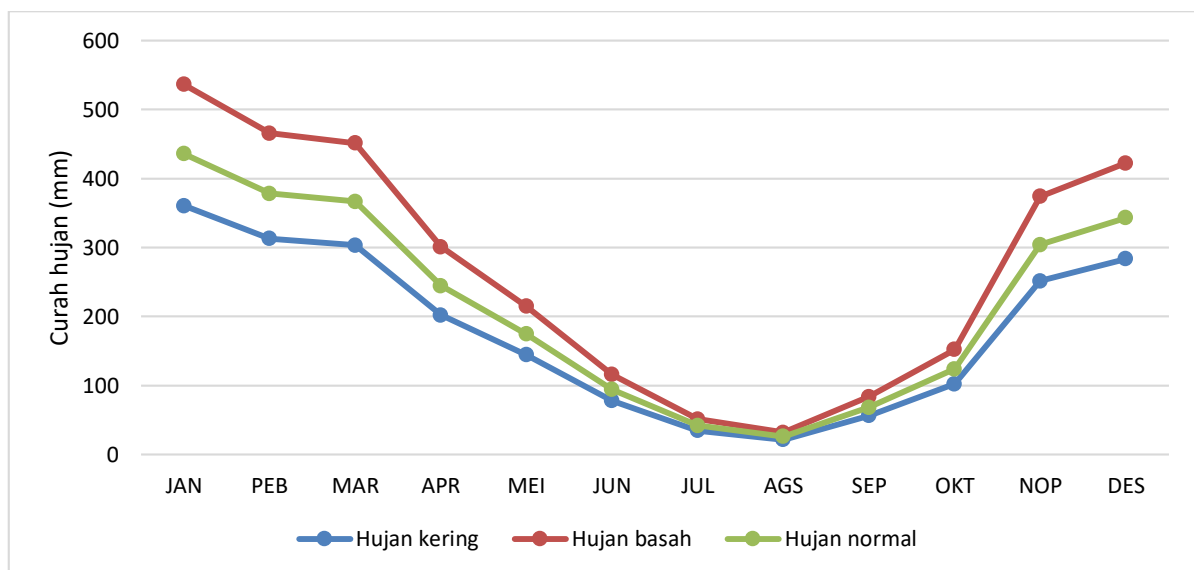
Hasil analisis evapotranspirasi potensial (ET_o) dengan menggunakan aplikasi Cropwat 8.0 dari data klimatologi kota Semarang ditunjukkan seperti dalam Gambar 6, grafik besarnya ET_o untuk tiap bulan. Hasil analisis tahun hujan basah-kering dan normal dari Pos hujan Gunungpati (2001-2019) ditunjukkan seperti dalam Gambar 7. Curah hujan bulanan ini dalam satuan mm. Analisis tahun hujan basah-kering-normal ini diperlukan untuk simulasi analisis selanjutnya dengan kemungkinan situasi banyak hujan, kekeringan ataupun normal. Hal ini juga dapat digunakan untuk mengantisipasi adanya perubahan iklim yang terjadi, yaitu dengan

mengubah masukan data iklim baru, sehingga dengan cepat dapat merespon dalam tindakan yang perlu dilakukan, yaitu dalam bentuk pengaturan pola tanam ataupun jadwal pemberian air irigasi.

Selanjutnya dilakukan analisis periode panjang tanaman (*Length Growth Period – LGP*) seperti ditunjukkan dalam Gambar 8, untuk menemukan tanggal tanam yang tepat dari berbagai tahun hujan. Tanggal tanam didapatkan dari titik potong antara grafik 0,5 ET_o dengan grafik tahun hujan basah-kering-normal. Sebagai contoh, saat analisis diambil untuk tahun hujan kering, maka tanggal tanam pertama didapatkan pada awal bulan Oktober.



Gambar 6 Grafik ET_o dari analisis Cropwat 8.0 untuk data klimatologi kota Semarang



Gambar 7 Grafik analisis tahun hujan basah-kering-normal Pos Hujan Gunung Pati

Hasil analisis kebutuhan air tanaman padi dengan tanggal tanam 21 November – panen tanggal 08 Februari, ditunjukkan seperti pada Tabel 4.

Simulasi untuk lahan sawah beririgasi (lihat Tabel 1 = 26 Ha) – Patemon 1, diterapkan polatanam: padi (90%) – padi (90%) – kacang

(50%), maka kebutuhan air irigasi besarnya ditunjukkan seperti dalam Tabel 5. Dari tabel 5 tersebut dapat ditemukan bahwa kebutuhan air irigasi untuk pola tanam padi (90%) – padi (90%) – kacang (50%) secara actual dalam liter/detik/hektar tiap bulannya dijelaskan seperti dalam Gambar 9.

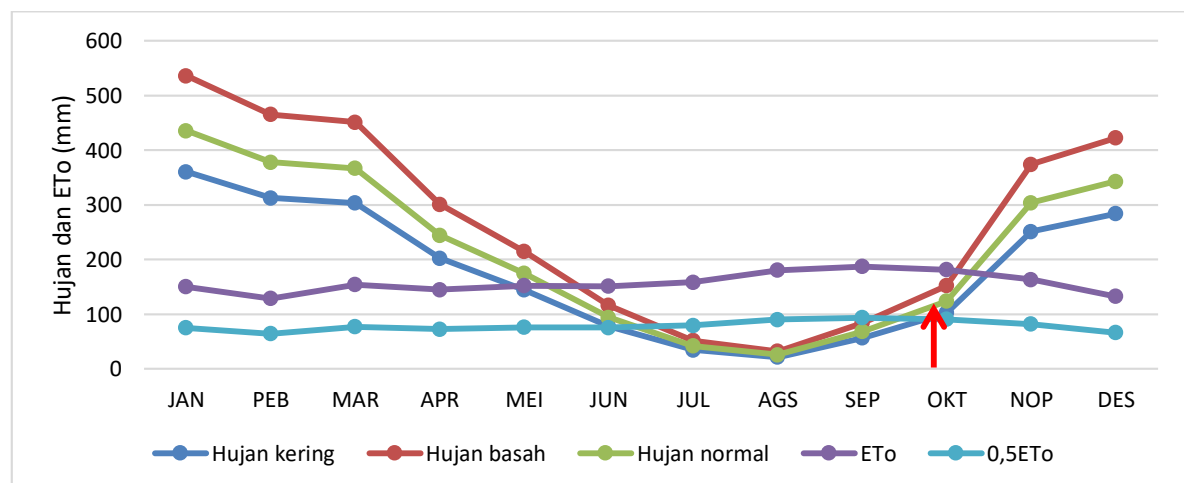
Tabel 4 Kebutuhan air tanaman padi untuk tanggal tanam 21 November

Bulan	Dekade	Stage	Kc-coeff	ETc (mm/hari)	ETc (mm/dekade)
November	1	Nurs/LPr	1,13	3,30	33,0
November	2	Nurs/LPr	1,06	5,80	58,0
November	3	Inisial	1,10	5,56	55,6
Desember	1	Develop	1,08	4,91	49,1
Desember	2	Develop	1,06	4,29	42,9
Desember	3	Mid	1,04	4,51	49,6
Januari	1	Mid	1,04	4,85	48,5
Januari	2	Late	1,03	4,99	49,9
Januari	3	Late	0,97	4,62	50,8
Februari	1	Late	0,92	4,28	34,2
					471,7

Tabel 5 Kebutuhan air irigasi untuk daerah lahan sawah beririgasi (26 Ha)

Defisit hujan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1. Padi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	181,6	0
2. Padi	0	0	170,8	15,9	57,1	49,8	0	0	0	0	0	0
3. Kacang	0	0	0	0	0	0	36,6	148,7	135,9	5,7	0	0
Kebutuhan irigasi netto dalam mm/hr	0	0	5	0,5	1,7	1,5	0,6	2,4	2,3	0,1	5,4	0
dalam mm/bulan	0	0	153,7	14,3	51,4	44,8	18,3	74,3	67,9	3,5	163,5	0
dalam l/det/ha	0	0	0,57	0,06	0,19	0,17	0,07	0,28	0,26	0,01	0,63	0
area irigasi (% dari total area)	0	0	90	90	90	90	50	50	50	140	90	0
Keb. irigasi areal nyata (l/det/ha)	0	0	0,64	0,06	0,21	0,19	0,14	0,56	0,52	0,01	0,7	0

Sumber: analisis Cropwat 8.0



Gambar 8 Analisis periode panjang tanaman

Simulasi lahan sawah tadah hujan – Patemon 2, diterapkan pola tanam padi gogo(90%)-jahe(80%)-jahe(80%), maka kebutuhan air irigasi ditunjukkan dalam Tabel 6.

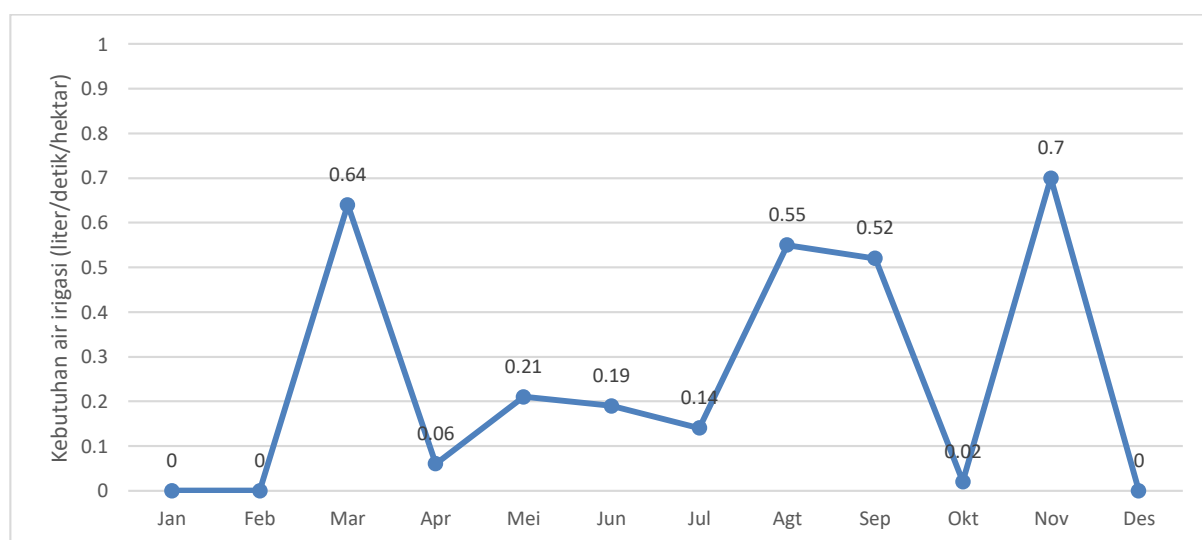
Simulasi untuk lahan tegalan – Patemon 3, diterapkan pola tanam pisang (50%) – jahe-jahe-jahe (masing-masing 40%), maka kebutuhan air irigasi besarnya ditunjukkan seperti dalam Tabel 7.

Tabel 6 Kebutuhan air irigasi untuk daerah lahan sawah tadah hujan (258,69 Ha)

Defisit hujan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1. Padi gogo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Jahe	0	0	2,4	8	44,8	0,8	0	0	0	0	0	0
3. Jahe	0	0	0	0	0	0	71,4	163,5	110,1	0	0	0
Kebutuhan irigasi netto												
dalam mm/hr	0	0	0,1	0,2	1,2	0	1,8	4,2	2,9	0	0	0
dalam mm/bulan	0	0	1,9	6,4	35,9	0,6	57,1	130,8	88,1	0	0	0
dalam l/det/ha	0	0	0,01	0,02	0,13	0	0,21	0,49	0,34	0	0	0
area irigasi (% dari total area)	0	0	80	80	80	80	80	80	80	0	0	0
Keb. irigasi areal nyata (l/det/ha)	0	0	0,01	0,03	0,17	0	0,27	0,61	0,42	0	0	0

Tabel 7 Kebutuhan air irigasi untuk daerah lahan tegalan (84,89 Ha)

Defisit hujan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1. Pisang (tahun-1)	0	0	0	0	16,7	70	118,5	145,1	101,3	0	0	0
2. Jahe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Jahe	0	0	0	10,8	23,1	0	0	0	0	0	0	0
4. Jahe	0	0	0	0	0	13,5	97,2	167	58,4	0	0	0
Kebutuhan irigasi netto												
dalam mm/hr	0	0	0	0,1	0,6	1,3	3,2	4,5	2,5	0	0	0
dalam mm/bulan	0	0	0	4,3	17,6	40,4	98,1	139,3	74	0	0	0
dalam l/det/ha	0	0	0	0,02	0,07	0,16	0,37	0,52	0,29	0	0	0
area irigasi (% dari total area)	0	0	0	40	90	90	90	90	90	0	0	0
Keb. irigasi areal nyata (l/det/ha)	0	0	0	0,04	0,07	0,17	0,41	0,58	0,32	0	0	0



Gambar 9 Kebutuhan air irigasi untuk satu sistem irigasi (Daerah Irigasi) dalam l/det/ha

Dari simulasi pola tanam (Patemon 1, 2, dan 3) yang memberikan hasil kebutuhan air irigasi untuk daerah layanan irigasi dalam liter/detik/hektar, dapat dianalisis volume air yang dibutuhkan untuk menyediakan air bagi tanaman, dengan mengalikan luas area seperti yang ditampilkan dalam Tabel 8.

Nampak dalam tabel 7 di atas bahwa volume air yang harus disediakan tiap bulan cukup besar, maka simulasi pola tanam diubah menjadi: Patemon 4: padi(90%) – kacang(80%); Patemon 5: padi gogo (90%)-jahe(90%); dan Patemon 6: pisang(50%)-jahe (40%)-jahe (40%). Hasil analisis volume air yang harus tersedia untuk tanaman menjadi seperti dalam Tabel 9.

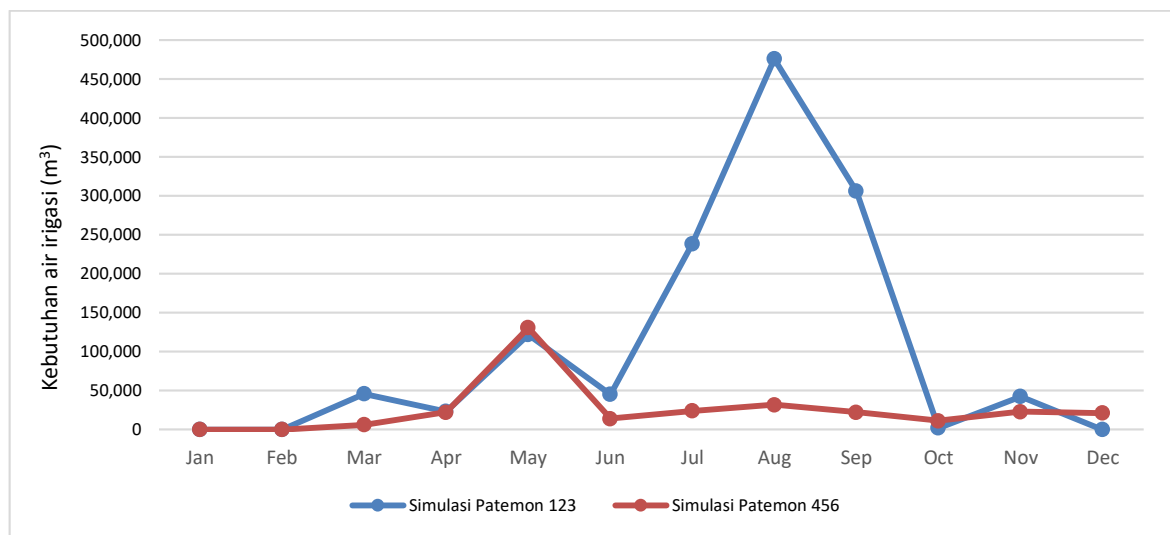
Perbandingan simulasi Patemon 123 dalam area pengembangan pertanian di Desa Patemon, ataupun simulasi Patemon 456, membutuhkan air tiap bulan dalam satu tahunnya, dijelaskan seperti dalam Gambar 10, Dari gambar grafik tersebut dapat dilihat kebutuhan air irigasi yang paling efektif, Pola tanam yang diterapkan untuk simulasi Patemon 123 adalah 3 kali tanam, sedangkan simulasi Patemon 456 adalah 2 kali tanam, Simulasi dapat diulang-ulang untuk menemukan pertanian yang optimal, yaitu antara kebutuhan air irigasi dan hasil pertanian yang paling ekonomi menjanjikan,

Tabel 8 Analisis volume air yang dibutuhkan dalam alternatif pola tanam Patemon 123

Simulasi	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	satuan
Patemon 1	0	0	15	1	5	4	2	7	7	1	16	0	l/det
Patemon 2	0	0	2	6	35	0	56	126	87	0	0	0	l/det
Patemon 3	0	0	0	1	5	13	31	44	24	0	0	0	l/det
Jumlah hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Patemon 1	0	0	40,112	3,639	13,162	11,524	4,875	19,151	17,522	1,950	42,457	0	m ³
Patemon 2	0	0	5,543	16,093	94,231	0	149,661	338,123	225,296	0	0	0	m ³
Patemon 3	0	0	0	3,521	14,324	33,665	83,899	118,687	63,370	0	0	0	m ³
Σ keb,air:	0	0	45,655	23,252	121,717	45,189	238,435	475,961	306,188	1,950	42,457	0	m ³

Tabel 9 Analisis volume air yang dibutuhkan dalam alternatif pola tanam Patemon 456

Simulasi	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	satuan
Patemon 4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	8,0	l/det
Patemon 5	0,0	0,0	2,3	7,0	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	l/det
Patemon 6	0,0	0,0	0,0	1,5	5,3	0,0	8,9	11,9	8,5	4,2	0,3	0,0	l/det
Jumlah hari	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Patemon 4	0	0	0	0	10.585	14.018	0	0	0	0	21.835	21.309	m ³
Patemon 5	0	0	6.236	18.104	106.010	0	0	0	0	0	0	0	m ³
Patemon 6	0	0	0	3.961	14.324	0	23.874	31.832	22.003	11.368	880	0	m ³
Σ keb. air:	0	0	6.236	22.065	130.919	14.018	23.874	31.832	22.003	11.368	22.715	21.309	m ³



Gambar 10 Perbandingan kebutuhan air antara simulasi Patemon123 dan Patemon 456

Demikianlah simulasi dapat dilakukan berulang-ulang sampai menemukan nilai yang optimal, yaitu dengan lahan yang ada dan pola tanam tertentu, membutuhkan air yang minimal dan keuntungan ekonomi yang maksimal. Hal ini sangat membantu pengambil kebijakan untuk akhirnya menetapkan pola tanam yang tepat dan optimal, karena dapat dengan cepat membuat simulasi praktek irigasi yang paling efektif, efisien dan menguntungkan,

KESIMPULAN

Hasil simulasi pada beberapa alternatif pola tanam pada lahan studi menunjukkan bahwa dengan dengan 3 kali tanam, kebutuhan air melonjak di bulan Juni sampai puncaknya di bulan Agustus (Gambar 10). Dengan mengubah menjadi 2 musim tanam, kebutuhan air menurun secara signifikan. Alternatif simulasi Patemon 456 memberikan hasil yang lebih efektif. Simulasi ini masih dapat diulang-ulang untuk analisis lebih lanjut secara cepat, sehingga dapat ditemukan alternatif yang paling optimal,

Simulasi juga dapat dilakukan secara cepat untuk merespon perubahan iklim yang terjadi, yaitu dengan mengubah masukan data iklimnya sehingga dapat dikatakan bahwa cropwat 8,0 bisa membantu dalam pengambilan keputusan untuk mengantisipasi perubahan iklim. Sistem CROPWAT 8,0 dapat mulai diterapkan untuk pengambil kebijakan dalam menetapkan pola tanam yang tepat, dengan kebutuhan air minimal dan hasil maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada BBWS Pemali Juana yang telah mendukung penelitian ini dengan melibatkan staf personilnya. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada masyarakat Desa Patemon yang banyak memberikan informasi terkait penelitian ini. Kepada reviewer dan editor yang membantu penulisan ini menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, I.D.S. & Kalsim, D.K. (2013), Perbandingan perhitungan kebutuhan irigasi padi metoda KP-01 dengan Cropwat-8,0. *Jurnal Irigasi*, 8(1), 15-23.

Armida, S.A. & Endah, M. (2018). *Tujuan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia: Konsep, Target dan Strategi Implementasi*, Bandung: UNPAD Press,

Babel, M.S., Deb, P., & Soni, P. (2019). Performance evaluation of AquaCrop and DSSAT-CERES for maize under different irrigation and manure application rates in the Himalayan Region of India. *Agricultural Research*, 8(2), 207-217.

BPS Kota Semarang. (2020), *Kecamatan Gunungpati Dalam Angka 2020*, Semarang: Badan Pusat Statistik Kota Semarang.

BPS Kota Semarang. (2021). *Kecamatan Gunungpati Dalam Angka 2021*. Semarang: Badan Pusat Statistik Kota Semarang.

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.

Clarke, D. (1998). *CropWat for Windows : User Guide*. Rome: FAO.

Dharmarathna, W.R.S.S., Herath, S., & Weerakoon, S.B. (2014). Changing the planting date as a climate change adaptation strategy for rice production in Kurunegala district, Sri Lanka. *Sustainability Science*, 9(1), 103-111.

Djafri, M.S., Harianto, H., & Syaukat, Y. (2016). Optimasi Produksi Usahatani Sayuran Organik (Studi Kasus Yayasan Bina Sarana Bakti, Cisarua, Bogor). *Forum Agribisnis*, 6(1), 111-129.

Hendrik, P., & Mulyadi. 2018. *Aplikasi Cropwat 8,0 Sebagai Upaya Menganalisa Kebutuhan Air Irigasi Dan Hasil Produksi Tanaman Jagung di Kelurahan Matalamagi Kota Sorong*. Diperoleh dari <https://doi.org/10.17605/osf.io/5tw8h>

Khalik, R. (2013). Optimasi pola tanam usahatani sayuran selada dan sawi di daerah produksi padi (studi kasus Desa Lam Seunong, Kecamatan Kota Baro, Kabupaten Aceh Besar). *Jurnal Agrisepe*, 14(1), 19-27.

Mangobi, J.U.L., Salajang, S.M., & Sambuaga, O.T. (2018). Model matematik awal optimasi lahan pertanian. *Jurnal Frontiers*, 1(1), 39-45.

Prastowo, D.R., Manik, T.K., Rosadi, R.A.B. (2016). Penggunaan model Cropwat untuk menduga evapotranspirasi standar dan penyusunan neraca air tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) di dua lokasi berbeda. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5(1), 1- 12.

Puspitasari, E., Kusri, N., Nurliza. (2013). Optimalisasi usahatani padi dan sayuran pada musim gadu di Kota Singkawang. *Jurnal Social Economic of Agriculture*, 2(2), 75-84.

Shalsabillah, Amri, & Gunawan, G. (2018). Analisis kebutuhan air irigasi menggunakan metode

- Cropwat Version 8.0. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 61-68.
- Smith, M. (1992). *CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Management* (FAO Irrigation and Drainage Paper No, 46), Rome: Food & Agriculture Organization.
- Suryana, A. (2014). Menuju ketahanan pangan indonesia berkelanjutan 2025: tantangan dan penanganannya. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 32(2), 123-135.
- Truong An, D. (2020). Shifting crop planting calendar as a climate change adaptation solution for rice cultivation region in the Long Xuyen Quadrilateral of Vietnam. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(4), 468-477.