



BULETIN H A S I L PENELITIAN

VOL. 18, 2021

2021

**BALAI PENELITIAN
AGROKLIMAT DAN HIDROLOGI**
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN

 @balitklimat

 Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

 @balitklimat.kementan

<http://balitklimat.litbang.pertanian.go.id/>



ISSN 0216-3934



BULETIN H A S I L PENELITIAN

VOL. 18, 2021

2021

**BALAI PENELITIAN
AGROKLIMAT DAN HIDROLOGI
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

 @balitklimat  Balai Penelitian Agroklimat dan Hirdrologi  @balitklimat.kementan
<http://balitklimat.litbang.pertanian.go.id/>



Buletin Hasil Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

@ 2021, Balitklimat Bogor

ISSN 0216-3934

Volume 18, 2021

Penanggung Jawab: A. Arivin Rivaie

Redaksi Teknis: Kharmila Sari H, Anggri Hervani, Nani Heryani, Nurwindah Pujilestari, Suciantini, Erni Susanti dan Yulius Argo Baroto

Redaksi Pelaksana: Eko Prasetyo

Penerbit: Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl, Tentara Pelajar 1A, Bogor 16111, Jawa Barat, Indonesia

Telepon +62-0251-8312760

Faksimil +62-0251-8323909

PRAKATA

Buletin ini memuat makalah hasil penelitian primer ataupun *review* yang berkaitan dengan sumber daya iklim dan air. Makalah yang disajikan sudah melalui tahap seleksi dan telah dikoreksi Tim Redaksi, baik dari segi isi, bahasa, maupun penyajiannya. Pada edisi ini terdapat lima makalah, yang disajikan dalam bahasa Indonesia.

Untuk memperlancar penerbitan tahun-tahun berikutnya, artikel yang dimuat tidak perlu terikat secara kronologis oleh penyajian makalah atau acara seminar, tetapi lebih ditentukan oleh ketanggapan penulis dan kelayakan ilmiah tulisan.

Redaksi mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu memperlancar proses penerbitan. Semoga media ini bermanfaat bagi khalayak. Kritik dan saran dari pembaca selalu kami nantikan.

Redaksi

Penentuan Waktu Tanam Padi Wilayah Jawa Tengah Berdasarkan Analisis Neraca Air Tanaman. IRWAN SANTOSA dan MISNAWATI	3
Pemodelan Limpasan Air Hujan Menggunakan GR2M Berbasis R Di Hilir Daerah Aliran Sungai Cimanuk. MUCHAMAD WAHYU TRINUGROHO DAN ANDRI PRIMA NUGROHO	14
Analisis Variabilitas Iklim Terhadap Produktivitas Melati Di Tiga Kabupaten Sentra Melati Di Jawa Tengah. ROHMAN RONA GILANG PRADANA, DIDIK WISNU WIDJAJANTO dan SUCIANTINI ..	22
Potensi Produksi Dan Analisis Ekonomi Tanaman Sayuran Hidroponik NFT Melalui Pengembangan Berbasis Panel Surya. MUHAMMAD YUSUF FAJRI, NURWINDAH PUJILESTARI dan ANGGRI HERVANI	33
Efisiensi Penggunaan Air Dalam Sistem Irigasi Lahan Dan Hidroponik. ANGGRAENI NUR Hidayah, NURWINDAH PUJILESTARI dan ANGGRI HERVANI	44

CARA MERUJUK YANG BENAR

Santosa, I dan Misnawati. 2020. Penentuan Waktu Tanam Padi Wilayah Jawa Tengah Berdasarkan Analisis Neraca Air TAnaman. Buletin Hasil Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. 18 : 3-15.

Tulisan yang dimuat adalah hasil penelitian primer maupun *review* yang berkaitan dengan sumberdaya iklim dan air, dan belum pernah dipublikasikan pada media cetak mana pun. Tulisan hendaknya mengikuti Pedoman Bagi Penulis (lihat halaman sampul dalam). Redaksi berhak menyunting makalah tanpa mengubah isi dan makna tulisan atau menolak penerbitan suatu makalah.

PENENTUAN WAKTU TANAM PADI WILAYAH JAWA TENGAH BERDASARKAN ANALISIS NERACA AIR TANAMAN

Irwan Santosa dan Misnawati¹

¹misnawati.msaleh@gmail.com

¹Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

ABSTRAK

Sebagai negara agraris, sebagian besar penduduk Indonesia memiliki mata pencaharian sebagai petani dan padi merupakan tanaman pokok bagi penduduk Indonesia. Permasalahan yang sangat umum terjadi khususnya pada tanaman padi adalah gagal panen yang dimana dapat diakibatkan oleh beberapa faktor baik itu terserang hama dan penyakit, kekeringan, bencana alam, cuaca ekstrem dan lainnya. Jawa Tengah sebagai salah satu wilayah dengan hasil produksi padi terbesar di Indonesia memiliki potensi untuk memenuhi kebutuhan pangan padi bagi penduduk Indonesia apabila dilakukan penanaman padi secara baik dan tepat. Penentuan waktu tanam sangat penting dilakukan mengingat kini sering terjadinya kondisi cuaca yang tak menentu sehingga berpotensi meningkatkan faktor-faktor yang dapat menyebabkan gagal panen. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan waktu tanam padi wilayah Jawa Tengah dengan menggunakan metoda Neraca Air beserta komponen-komponen yang diperlukan. Penelitian dilakukan pada 2 wilayah di Jawa Tengah dalam rentang waktu 10 tahun yakni tahun 2002-2011 dan 2 wilayah yang dikaji adalah Kabupaten Tegal dan Kabupaten Cilacap. Hasil perhitungan Neraca Air yang didapatkan menunjukkan bahwa pada Kabupaten Tegal, tanam padi pertama dilakukan pada DES-II hingga MAR-III dengan waktu semai dilakukan pada NOV-III hingga DES-I dan pola tanam yang digunakan adalah Padi Bero. Sementara untuk Kabupaten Cilacap, tanam padi pertama dilakukan pada OKT-III hingga FEB-I dengan waktu semai OKT-I hingga OKT-II kemudian untuk tanam padi kedua dilakukan pada FEB-III hingga JUN-1 dengan waktu semai FEB-1 hingga FEB-II dan pola tanam yang digunakan antara lain antara lain Padi Gogo-Padi-Kacang Hijau, Padi-Kedelai- Kacang Hijau, dan Padi-Jagung.

Kata kunci: padi, ketersediaan air, waktu tanam, pola tanam

PENDAHULUAN

Jawa Tengah merupakan sebuah provinsi Indonesia yang terletak di bagian tengah Pulau Jawa dan merupakan salah satu provinsi penghasil produksi padi tertinggi di Indonesia. Provinsi Jawa Tengah memperoleh penghargaan sebagai daerah dengan tingkat produksi beras tertinggi se-Indonesia pada tahun 2019. Wilayah ini memiliki pola hujan musonal yang dimana hanya memiliki satu kali musim hujan pada rentang bulan Desember-Februari dan satu musim kemarau pada bulan Juni-Agustus.

Jawa Tengah merupakan salah satu wilayah yang rentan akan terjadinya kekeringan atau musim kemarau yang panjang. Salah satu penyebabnya adalah El Nino. Fenomena ini secara ilmiah diartikan dengan peningkatan suhu muka laut di sekitar Pasifik Tengah dan Timur. Ciri-ciri terjadi El Nino adalah meningkatnya suhu muka laut di kawasan Pasifik secara berkala dan meningkatnya perbedaan tekanan udara antara Darwin dan Tahiti (Taufiq & Marnita, 2011).

Sebagai salah satu provinsi produksi padi terbesar di Indonesia, Jawa Tengah tentunya akan mengalami dampak kerugian yang cukup besar apabila penanaman padi dilakukan dalam waktu yang kurang tepat sehingga memungkinkan terjadi gagal panen cukup tinggi. Penentuan waktu tanam sangat baik dilakukan untuk menjaga stabilitas tanaman khususnya tanaman padi, selain itu manfaat dilakukannya penentuan waktu tanam adalah mengurangi resiko gagal panen atau puso akibat kekurangan air, mengurangi resiko gangguan hama dan penyakit tanaman sehingga secara tidak langsung dapat menekan penggunaan pestisida dan produksi panen diharapkan bisa maksimal apabila ditanam pada waktu yang tepat, karena keberhasilan budidaya tanaman sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.

Untuk membantu petani dalam melakukan penanaman padi khususnya pada provinsi Jawa Tengah, dapat dilakukan penentuan waktu tanam. Penentuan waktu tanam dapat diperoleh dengan salah satunya adalah menggunakan metoda neraca air. Metoda neraca air dapat dilakukan dengan memperhitungkan beberapa komponen, antara lain data curah hujan (CH), kapasitas lapang (KL), ketersediaan air tanah (KAT), kandungan air pada titik layu permanen (TLP) dan evapotranspirasi aktual (ETA). Berdasarkan tujuan penggunaannya, Neraca air dapat dibedakan menjadi 4 yakni neraca air umum, neraca air lahan dan neraca air lahan tanaman (Nasir dan Effendy, 2002).

Penentuan waktu tanam dapat digunakan pula sebagai penentuan pola tanam pada suatu wilayah. Pola tanam adalah suatu kegiatan penanaman pada sebidang lahan dengan mengatur pola pertanaman, sedangkan pola pertanaman adalah suatu susunan tata letak dan tata urutan tanaman pada sebidang lahan selama periode tertentu termasuk didalamnya pengolahan tanah dan bera (Doorenbos dan Pruiitt, 1977).

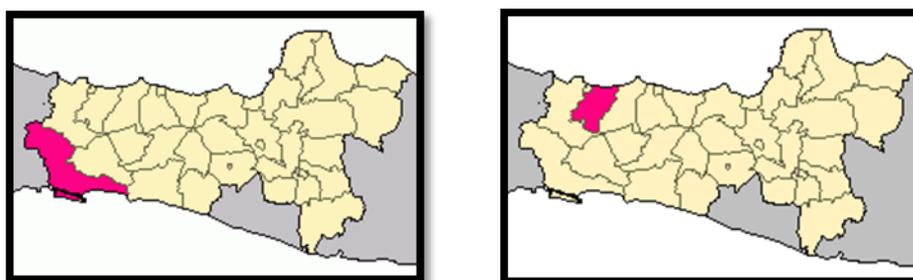
Tujuan penelitian

Menentukan waktu tanam padi wilayah Jawa Tengah dengan menggunakan metoda neraca air beserta komponen-komponen yang diperlukan juga sebagai acuan untuk petani diwilayah Jawa Tengah dalam melakukan penanaman padi.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada 2 wilayah di Jawa Tengah dalam rentang waktu 10 tahun yakni tahun 2002 hingga 2011. Wilayah yang dikaji adalah Kabupaten Tegal dan Kabupaten Cilacap. Kedua Kabupaten tersebut berada pada wilayah utara dan selatan Provinsi Jawa Tengah dan berdekatan dengan laut. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini diasumsikan sama untuk setiap wilayah.



Gambar 1. Kabupaten Cilacap dan Kabupaten Tegal (sumber: Wikipedia)

Data

Tabel 1. beberapa data yang diperlukan dalam perhitungan

NO	Jenis Data	Sumber
1	Data Curah Hujan Harian (2002-2011)	<i>dataonline.bmkg. go.id</i>
2	Data Temperatur Harian (2002-2011)	<i>dataonline.bmkg. go.id</i>
3	Data Kapasitas Lapang dan Titik Layu Permanen	<i>soilgrids.org</i>

Data curah hujan dan suhu udara yang digunakan adalah data dari 2 stasiun yang ada di Jawa Tengah, yaitu (1) Stasiun Meteorologi Tegal untuk mewakili Kabupaten Tegal dengan koordinat -6.868LS dan 109.121 BT, (2) Stasiun Meteorologi Tunggul Wulung Cilacap untuk mewakili Kabupaten Cilacap dengan koordinat -7.718 LS dan 109.014 BT.

Perhitungan Neraca Air

Setelah dilakukan pengumpulan data, kemudian data tersebut akan diolah dengan perhitungan Neraca Air. Perhitungan ini dilakukan untuk melihat kebutuhan air untuk tanaman padi dengan menggunakan data yang tersedia terkait Neraca Air. Perhitungan Neraca Air lahan pada penelitian ini menggunakan sistem tata buku (*bookkeeping*) yang dikembangkan oleh Thornthwaite dan Mather (1957) per dasarian (10 harian) yang diasumsikan efektif untuk pertanian.

1. Baris-1: Temperatur $^{\circ}\text{C}$
2. Baris-2: Curah Hujan (mm)
3. Baris-3: Indeks Panas Dasarian (mm)

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514} (^{\circ}\text{C}) \rightarrow I = \sum_{1}^{36} i (^{\circ}\text{C})$$

4. Baris-4: Evapotranspirasi Potesial (ETP) (mm)

$$ETP = 16 \times \left(10 \times \frac{T}{I}\right)^8$$

$$\varepsilon = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 \times 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,792 \times 10^{-2} \times I + 0,49239$$

5. Baris-5: ETP Pertanian (mm)

$$ETP = ETP \times kc$$

6. Baris-6: CH-ETP

7. Baris-7: APWL (mm)

$$APWL = 0 \quad , CH - ETP \geq 0$$

$$APWL = \sum |CH - ETP|_{NEG} \quad , CH - ETP < 0$$

8. Baris-8: Ketersediaan Air Tanah (KAT) (mm)

$$KAT = WHC \times \left(1,000412351 - \frac{1,073807306}{AT}\right)^{APWL} \quad (mm)$$

9. Baris-9: Perubahan Ketersediaan Air Tanah (ΔKAT) (mm)

$$\Delta KAT = KAT_{(t)} - KAT_{(t-1)}$$

10. Baris-10: Evapotranspirasi Aktual (ETA) (mm)

$$ETA = ETP \quad , CH - ETP \geq 0$$

$$ETA = CH - \Delta KAT \quad , CH - ETP < 0$$

11. Baris -11: Defisit (mm)

$$Defisit = 0 \quad , CH - ETP \geq 0$$

$$Defisit = CH - ETP - \Delta KAT \quad , CH - ETP < 0$$

12. Baris -12: Surplus (mm)

$$Surplus = ETA \quad , CH - ETP \geq 0$$

$$Surplus = CH - \Delta KAT \quad , CH - ETP < 0$$

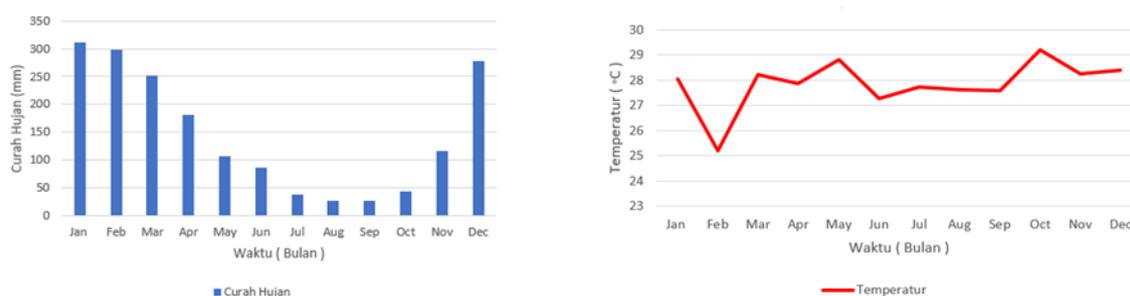
Penentuan Waktu Tanam Padi

Hasil analisis grafik dapat menjadikan acuan untuk menentukan waktu tanam padi. Dengan memperhitungkan nilai curah hujan, ketersediaan air tanah serta surplus dan defisit dapat menghasilkan penentuan waktu penanaman yang diharapkan akurat untuk dilakukan tanam padi di wilayah Jawa Tengah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Klimatologis Kabupaten Tegal

Grafik curah hujan rata-rata Kabupaten Tegal dalam rentang waktu 2002-2011 (Gambar 2) menunjukkan pola musonal dimana terdapat perbedaan yang jelas antara periode basah dan periode kering (Tjasyono, 1999). Pada grafik curah hujan rata-rata Kabupaten Tegal, terlihat curah hujan tinggi terjadi dalam rentang bulan Desember hingga Februari dengan curah hujan tertinggi pada bulan Januari dan terendah pada bulan Agustus serta September. Curah hujan mulai menurun ketika memasuki rentang bulan April hingga September yang menandakan musim kemarau.

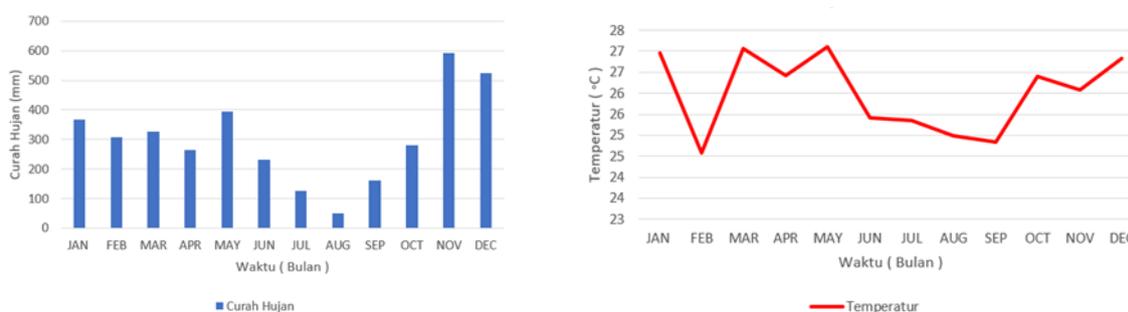


Gambar 2. Curah hujan dan suhu udara rata-rata Kabupaten Tegal

Grafik temperatur selama rentang periode 10 tahun Kabupaten Tegal mengalami fluktuasi yang dimana temperatur tertinggi terjadi pada bulan Oktober sementara temperatur terendah terjadi pada bulan Febuari. Rata-rata temperatur pada Kabupaten Tegal sebesar 28 °C.

Kondisi Klimatologis Kabupaten Cilacap

Sama halnya dengan Kabupaten Tegal, Kabupaten Cilacap memiliki pola hujan musonal yang diperlihatkan oleh grafik di bawah. Terdapat rentang bulan dengan curah hujan tinggi yakni pada bulan November hingga Februari namun tidak signifikan seperti Kabupaten Tegal dan curah hujan mulai mengalami penurunan pada bulan Juni hingga Agustus yang menandakan memasuki periode kering atau musim kemarau.

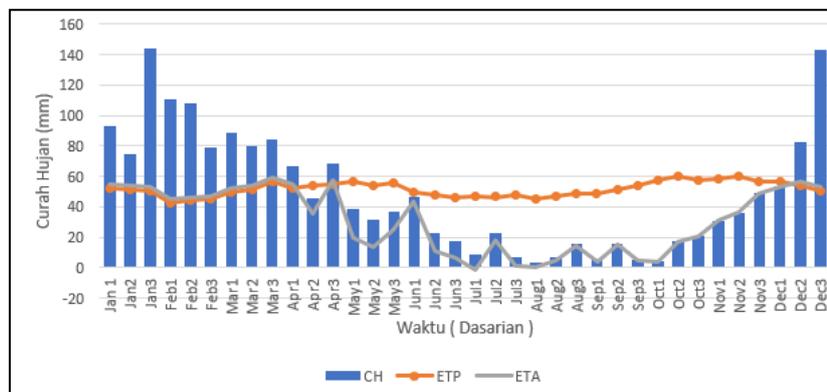


Gambar 2. Curah hujan dan suhu udara rata-rata Kabupaten Cilacap

Grafik temperatur memperlihatkan terjadi temperatur yang fluktuatif dari bulan Januari hingga Desember. Temperatur tertinggi terjadi pada bulan Maret dan Mei sementara temperatur terendah terjadi pada bulan Februari. Rata-rata temperatur pada wilayah Kabupaten Cilacap sebesar 26 °C yang apabila dibandingkan dengan temperatur Kabupaten Tegal memiliki temperatur yang lebih rendah.

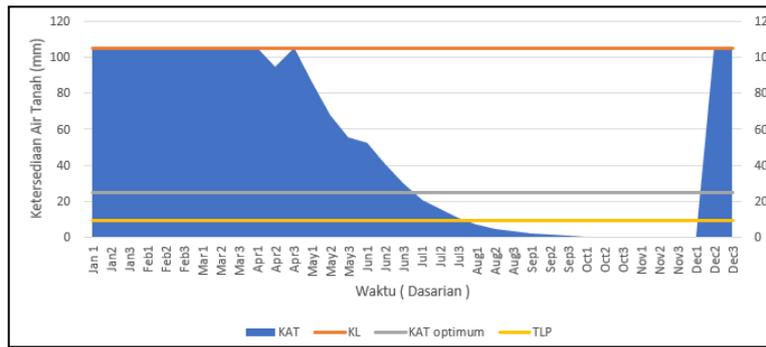
Neraca Air Lahan dan Periode Tanam Padi di Kabupaten Tegal

Dari hasil perhitungan neraca air yang didapatkan, diketahui bahwa Kabupaten Tegal berada pada kondisi normal dengan besar nilai curah hujan yakni 1766 mm/tahun yang dipergunakan untuk keperluan ETA sebesar 1119 mm/tahun. Pada gambar 7, terlihat bahwa curah hujan diatas 50 mm/dasarian terjadi pada bulan Desember hingga April, kecuali April-II dengan curah hujan sebesar 46 mm/dasarian. Curah hujan mengalami penurunan saat memasuki bulan Mei hingga November. Dari nilai curah hujan tersebut dapat diketahui kondisi musim pada wilayah Kabupaten Tegal yakni pada bulan Desember hingga April sedang terjadi musim hujan dan pada bulan Mei hingga November terjadi musim kemarau. Pada bulan Desember-April terjadi musim hujan yang mengakibatkan tanaman memiliki kebutuhan air yang cukup karena curah hujan yang tinggi untuk proses evapotranspirasi dapat dilihat dari nilai curah hujan melebihi nilai ETP (Koswara,2017). Sementara pada bulan Mei-November terjadi musim kemarau sehingga tanaman mengurangi laju evapotranspirasi untuk menghindari dehidrasi dan menjadi evapotranspirasi aktual (ETA) karena nilai curah hujan di bawah ETP.

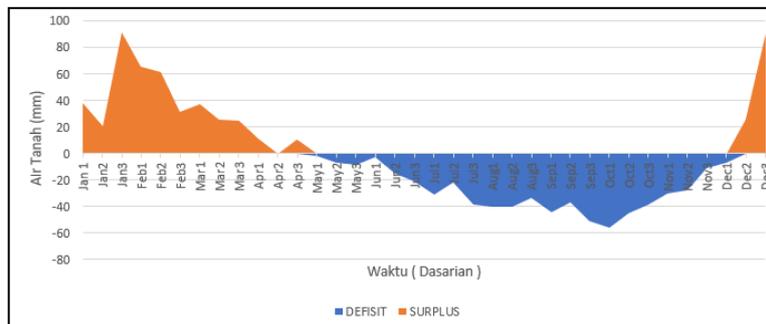


Gambar 3. Neraca air Kabupaten Tegal

Tanaman padi dapat tumbuh apabila kadar air tanah berada diatas KAT optimum. Apabila air tanah dibawah KAT optimum, maka harus ditambah dengan air irigasi, namun apabila air tanah telah mencapai titik layu permanen, tidak disarankan untuk menambahkan air irigasi karena memerlukan dana yang besar dan tanaman pun akan sulit untuk tumbuh lagi (Koswara, 2017). Pada perhitungan neraca air Kabupaten Tegal diketahui memiliki potensi tanam yakni 21 dasarian karena memiliki ketersediaan air diatas KAT optimum. Kabupaten Tegal mengalami surplus sebanyak 14 dasarian untuk evapotranspirasi dan defisit sebanyak 22 dasarian. Daerah Kabupaten Tegal memiliki 15 dasarian yang ketersediaan airnya dibawah KAT optimum sehingga memerlukan kurang lebih 136 mm/tahun air irigasi. Waktu tanam padi yang sesuai di wilayah Kabupaten Tegal adalah tanam padi pertama dilakukan pada DES-II hingga MAR-III dengan waktu semai dilakukan pada NOV-III hingga DES-I.



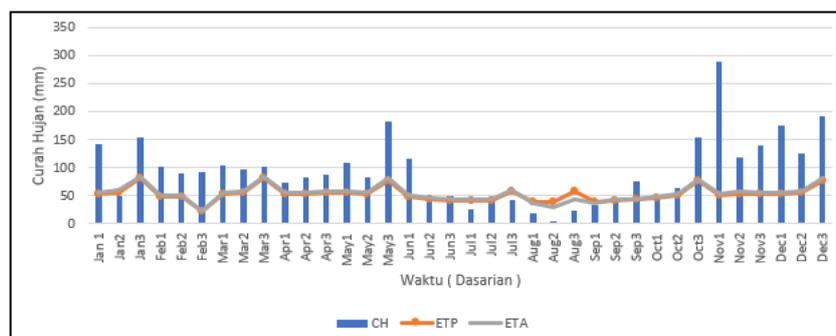
Gambar 4. Ketersediaan air tanah Kabupaten Tegal



Gambar 5. Kondisi surplus dan defisit air tanah Kabupaten Tegal

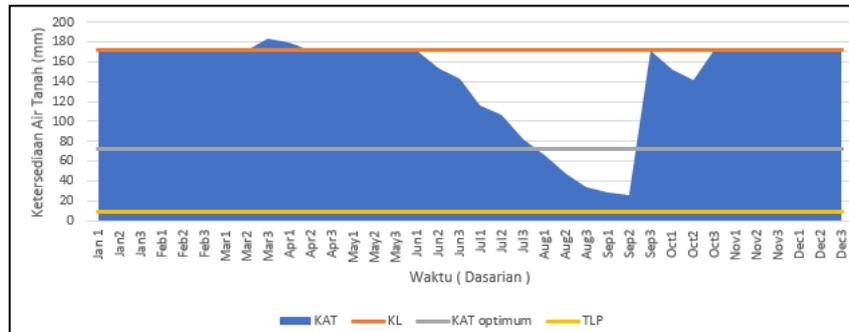
Neraca Air Lahan dan Periode Tanam Padi di Kabupaten Cilacap

Dari hasil yang perhitungan neraca air yang didapatkan, diketahui bahwa Kabupaten Cilacap berada pada kondisi normal dengan besar nilai curah hujan yakni 3503 mm/tahun yang dipergunakan untuk keperluan ETA sebesar 1954 mm/tahun. Pada gambar 10, terlihat bahwa curah hujan diatas 50mm/dasarian terjadi pada bulan Oktober hingga Juni. Kemudian curah hujan mengalami penurunan saat memasuki bulan Juli hingga September. Dari nilai curah hujan tersebut dapat diketahui kondisi musim pada wilayah Kabupaten Cilacap yakni pada bulan Oktober hingga Juni sedang terjadi musim hujan dan pada bulan Juli hingga September terjadi musim kemarau. Pada bulan Oktober-Juni terjadi musim hujan yang mengakibatkan tanaman memiliki kebutuhan air yang cukup karena curah hujan yang tinggi untuk proses dapat dilihat dari nilai curah hujan melebihi nilai ETP (Koswara, 2017). Sementara pada bulan Juli-September terjadi musim kemarau sehingga tanaman mengurangi laju evapotranspirasi untuk menghindari dehidrasi dan menjadi evapotranspirasi aktual (ETA) karena nilai curah hujan di bawah ETP.

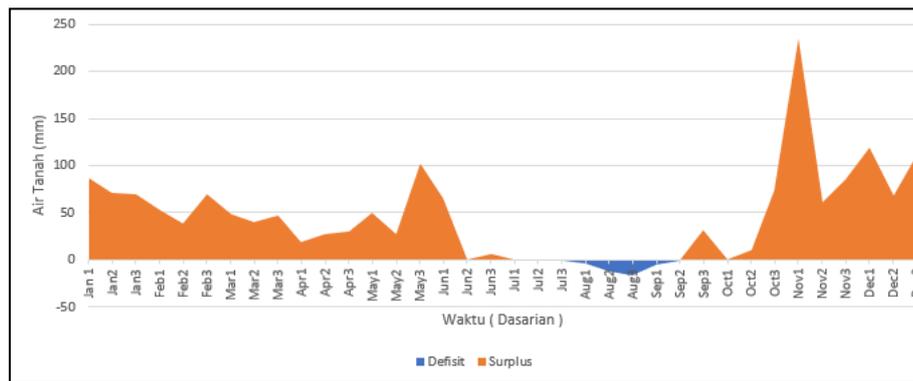


Gambar 6. Neraca air Kabupaten Cilacap

Perhitungan neraca air Kabupaten Tegal diketahui memiliki potensi tanam yakni 31 dasarian karena memiliki ketersediaan air diatas KAT optimum. Kabupaten Cilacap mengalami surplus 29 dasarian untuk evapotranspirasi dan defisit sebanyak 7 dasarian. Daerah Kabupaten Cilacap memiliki 5 dasarian yang ketersediaan airnya dibawah KAT optimum sehingga memerlukan kurang lebih 224 mm/tahun air irigasi. Waktu tanam padi yang sesuai di wilayah Kabupaten Cilacap adalah tanam padi pertama dilakukan pada OKT-III hingga FEB-I dengan waktu semai OKT-I hingga OKT-II. Kemudian untuk tanam padi kedua dilakukan pada FEB-III hingga JUN-1 dengan waktu semai FEB-1 hingga FEB-II.



Gambar 7. Ketersediaan air tanah Kabupaten Cilacap



Gambar 8. Kondisi surplus dan defisit air tanah Kabupaten Cilacap

Perbandingan Prakiraan Awal Waktu Tanam Padi

WAKTU TANAM KABUPATEN CILAPAC																																				
SKENARIO IKLIM	SEPTEMBER			OKTOBER			NOVEMBER			DESEMBER			JANUARI			FEBRUARI			MARET			APRIL			MEI			JUNI			JULI			AGUSTUS		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
KEGIATAN				SEMAI			WAKTU TANAM PADI I						OT	WAKTU TANAM PADI II																						

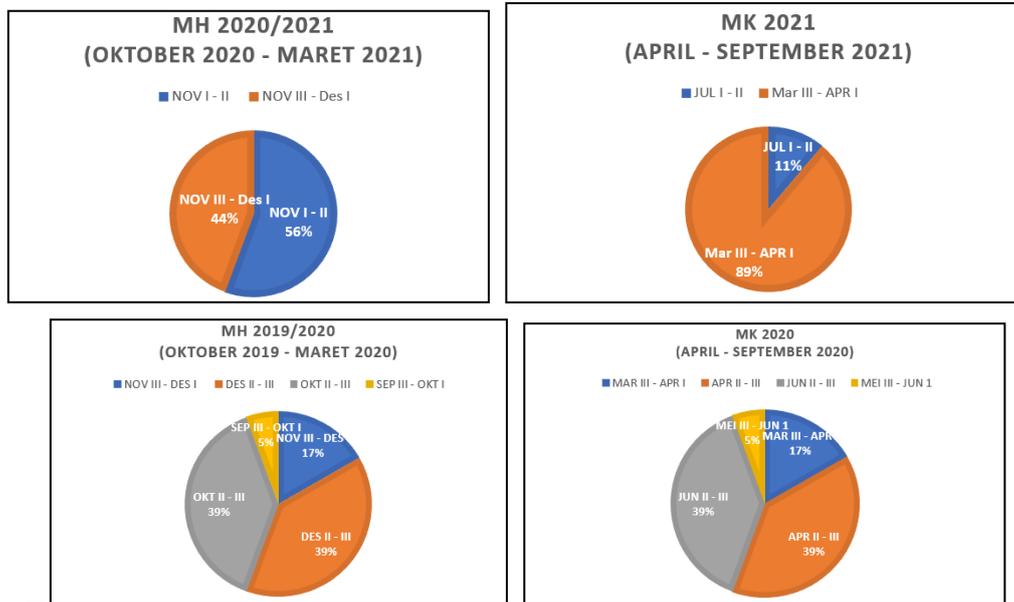
Hasil Penelitian

Tabel 2. Penentuan Waktu Tanam Kabupaten Cilacap

Tabel 3. Penentuan Waktu Tanam Kabupaten Tegal

WAKTU TANAM KABUPATEN TEGAL																																				
SKENARIO IKLIM	SEPTEMBER			OKTOBER			NOVEMBER			DESEMBER			JANUARI			FEBRUARI			MARET			APRIL			MEI			JUNI			JULI			AGUSTUS		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
KEGIATAN							SEMAI			WAKTU TANAM PADI																										

SI Katam Terpadu



Gambar 14. Grafik Prakiraan Awal Waktu Tanam Kabupaten Cilacap (atas) dan Tegal (bawah) Grafik prakiraan awal waktu tanam yang didapat dari SI Katam Terpadu untuk Kabupaten

Tegal dan Kabupaten Cilacap ditampilkan pada grafik diatas. Secara keseluruhan hasil prakiraan awal waktu tanam yang ada pada *SI Katam Terpadu* bersesuaian dengan prakiraan awal waktu tanam hasil penelitian. Secara rinci, dapat terlihat bahwa prakiraan awal waktu tanam *SI Katam Terpadu* untuk wilayah Kabupaten Tegal adalah NOV I – II dan MAR III – APR I. Prakiraan awal waktu tanam tersebut masih berada pada rentang hasil penelitian, dimana hasil penelitian memeperlihatkan prakiraan awal waktu tanam untuk wilayah Tegal berada pada rentang DES II – MAR III. Untuk kabupaten Cilacap, prakiraan awal waktu tanam dominan berdasarkan *SI Katam Terpadu* berada pada rentang APR II – III dan DES II – III. Sama seperti Kabupaten Tegal, prakiraan awal waktu tanam Kabupaten Cilacap memiliki kesesuaian dengan hasil penelitian, dimana hasil penelitian menunjukkan bahwa prakiraan awal waktu tanam pertama Kabupaten Cilacap berada pada rentang waktu OKT III – FEB I dan prakiraan awal waktu tanam kedua berada pada rentang waktu FEB III – JUN I.

Perencanaan Pola Tanam

Pola tanam adalah suatu kegiatan penanaman pada sebidang lahan dengan mengatur pola pertanaman, sedangkan pola pertanaman adalah suatu susunan tata letak dan tata urutan tanaman pada sebidang lahan selama periode tertentu termasuk di dalamnya pengolahan tanah dan bera (Doorenbos dan Pruitt, 1977). Pola tanam didefinisikan sebagai suatu pola bercocok tanam selama kurang lebih satu tahun, yang terdiri dari beberapa kali bertanam dari satu atau beberapa jenis tanaman secara bergeliran atau bersisipan dengan maksud untuk meningkatkan produksi usaha tani atau pendapatan petani persatuan luas persatuan waktu. Dengan demikian dalam pola tanam terdapat suatu peningkatan intensitas pertanaman dan pengaturan cara bercocok tanam. Pola tanam diatur berdasarkan jenis, varietas, umur tanaman, aspek agroklimat dan kondisi petani (Setjanata, 1983; Karama et al., 1988; Karama, 1989). Pola tanam yang dapat dianjurkan pada berbagai lahan tanam adalah sebagai berikut:

1. Lahan Tadah Hujan

Lahan: 7-9 bulan basah	Lahan: 5-6 bulan basah	Lahan: 3-4 bulan basah
Padi -Padi-Kacang Hijau Padi-Kedelai-Kacang Hijau Padi-Jagung	Padi-Kedelai	Padi-Bera

2. Sawah Irigasi setengah Teknis

Padi - Padi - Bera

Padi - Padi - Kacang Hijau

Padi - Kedelai - Kacang Hijau

3. Sawah Irigasi

Padi – Padi - Kedelai

Padi - Padi - Kedelai + Jagung

4. Lahan Tegalan Kering

Lahan: 7-9 bulan basah	Lahan: 5-6 bulan basah	Lahan: 3-4 bulan basah
Padi-Kedelai-Kedelai Padi-Kedelai-Jagung Padi-Padi-Bera	Padi Gogo-Kedelai+Jagung Padi Gogo-Kedelai Padi Gogo-Jagung	Padi Gogo-Bera Jagung+Kedelai

Pada penelitian ini, bulan basah dikategorikan dengan intensitas hujan $\geq 200 \text{ mm}$ dan lahan diasumsikan mengandalkan air hujan sebagai sumber air maka dikategorikan sebagai lahan tadah hujan. Neraca air Kabupaten Tegal, terlihat bahwa Kabupaten Tegal memiliki 4 bulan basah dengan lahan tadah hujan yang mengindikasikan dapat digunakan pola tanam Padi Bera. Sementara pada grafik pada Kabupaten Cilacap, terlihat bahwa Kabupaten Cilacap memiliki 7-9 bulan basah dengan lahan tadah hujan yang mengindikasikan dapat digunakan pola tanaman antara lain Padi Gogo-Padi-Kacang Hijau, Padi-Kedelai-Kacang Hijau, dan Padi-Jagung.

KESIMPULAN

Kondisi Klimatologis pada Kabupaten Tegal dalam rentang waktu 2002-2011 menunjukkan pola muson, dimana periode basah terjadi pada rentang bulan Desember-Februari sementara periode kering terjadi saat memasuki rentang bulan April-September. Kabupaten Cilacap memiliki kondisi klimatologis yang sama dengan Kabupaten Tegal yakni memiliki pola hujan muson dengan periode basah terjadi pada bulan November-Februari sementara periode kering terjadi pada bulan Juni-Agustus. Pada Kabupaten Tegal, tanam padi pertama dilakukan pada DES-II hingga MAR-III dengan waktu semai dilakukan pada NOV-III hingga DES-I dan pola tanam yang digunakan adalah Padi Bero. Sementara untuk Kabupaten Cilacap, tanam padi pertama dilakukan pada OKT-III hingga FEB-I dengan waktu semai OKT-I hingga OKT-II kemudian untuk tanam padi kedua dilakukan pada FEB-III hingga JUN-1 dengan waktu semai FEB-1 hingga FEB-II dan pola tanam yang digunakan antara lain antara lain Padi Gogo-Padi-Kacang Hijau, Padi-Kedelai-Kacang Hijau, dan Padi- Jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayu WI, Prijono S, Sumarno. 2013. Evaluasi Ketersediaan Air Tanah Lahan Kering di Kecamatan Unter Iwes, Sumbawa Besar. *J-PAL* 4(1).
- BMKG, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofosika, [Online]
- Doorenbos J and Pruitt WO. 1977. Guidelines for Predicting Crops Water Requirements. FAO, Irrigation and Drainage Paper 24. Rome. Food Agriculture Organization.
- Hasanah NAI. 2015. Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Pada Berbagai Perlakuan Muka Air. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Irawan B. 2006. Fenomena Anomali Iklim El Nino dan La Nina: Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Pangan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* 24(1): 28-45.
- Koswara, MRS. 2017. Penentuan Waktu Tanam Padi Kondisi Curah Hujan Tahun El Nino dan La Nina di Kabupaten Indramayu. Departemen Geometereologi, FMIPA IPB Bogor.
- Mather JR. 1974. *Climatology, Fundamentals and Applications*. New York (US): Academi Press. 239p.
- Nasir AA, Effendy S. 2002. Neraca Air Agroklimatik. Makalah Pelatihan Bimbingan Pengamanan Tanaman Pangan dari Bencana Alam. Departemen Geofika dan Metereologi. FMIPA IPB Bogor.
- Oldeman L.R and M. Frere. 1982. A Study on The Agroclimatology of South East Asia, Technical Report.
- Pramudia A. 1989. Perhitungan Neraca Air Tanah Untuk Membuat Perencanaan Musim Tanam Kedelai (*Glycine max (L.) Merr*) Di Kecamatan Sagaranten Kabupaten Sukabumi. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sarjiman dan Muladi. 2006. Analisis Neraca Air Lahan Kering pada Iklim Kering untuk Mendukung Pola Tanam. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian DI Yogyakarta.
- Setjanata, S. 1983. Perkembangan Penerapan Pola Tanam dan Pola Usahatani dalam Usaha Intensifikasi (Proyek Bimas). Lokakarya Teknologi dan Dampak Penelitian Pola Tanam dan Usahatani, Bogor, 20-21 Juni 1983. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor, p:105-110.
- Thornthwaite CW, Mather, J.R., 1957. Instruction and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Publ. In *Clim*. Vol. X No. 3. Centerton. New Jersey.

PEMODELAN LIMPASAN AIR HUJAN MENGGUNAKAN GR2M BERBASIS R DI HILIR DAERAH ALIRAN SUNGAI CIMANUK

Muchamad Wahyu Trinugroho^{1,2} dan Andri Prima Nugroho²

^{1,2}Departemen Teknik Pertanian Dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.

²wahyutrinugroho@pertanian.go.id

²Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

ABSTRAK

Curah hujan salah satu factor kyunci dalam studi karakteristik hidrologis dalam suatu Daerah Aliran Sungai. Proses transformasi hujan menjadi suatu aliran limpasan dapat dilakukan melalui pemodelan. Tujuan Penelitian ini adalah mengestimasi limpasan curah hujan menggunakan GR2M di wilayah sungai Cimanuk hilir. Dalam studi ini, data input curah hujan dan evapotranspirasi potensial bulanan digunakan dalam kalibrasi disandingkan dengan data observasi debit bulanan. Dua tahapan yang dilakukan dalam pemodelan ini, pertama adalah kalibrasi model dan kedua adalah validasi model. Model kalibrasi dan validasi menggunakan input data 4 tahun. Kualitas model ditentukan dengan Nash-Sutcliffe koefisien (NS) dan the Kling–Gupta efficiency (KGE). Nilai optimal 2 parameter bebas, kapasitas maksimum penyimpanan kelembaban tanah dan volume pertukaran air dengan daerah tangkapan air sebelumnya dihitung secara iterasi Kalibrasi menggunakan data debit yang diamati dari stasiun Kertasemaya dan data observasi beberapa stasiun curah hujan di stasiun Kertasemaya dan Jatibarang daerah aliran sungai Cimanuk. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja model GR2M layak dalam merepresentasikan fenomena hidrologi, parameter yang dihasilkan menunjukkan pola curah hujan dan debit yang tidak berubah secara signifikan. Berdasarkan hasil studi, penggunaan R program mempunyai sisi kemudahan dalam menyelesaikan model matematis hidrologis yang dapat diaplikasikan pada suatu das dengan keterbatasan data aliran limpasan.

Kata kunci : GR2M, Limpasan air hujan, Perangkat R

PENDAHULUAN

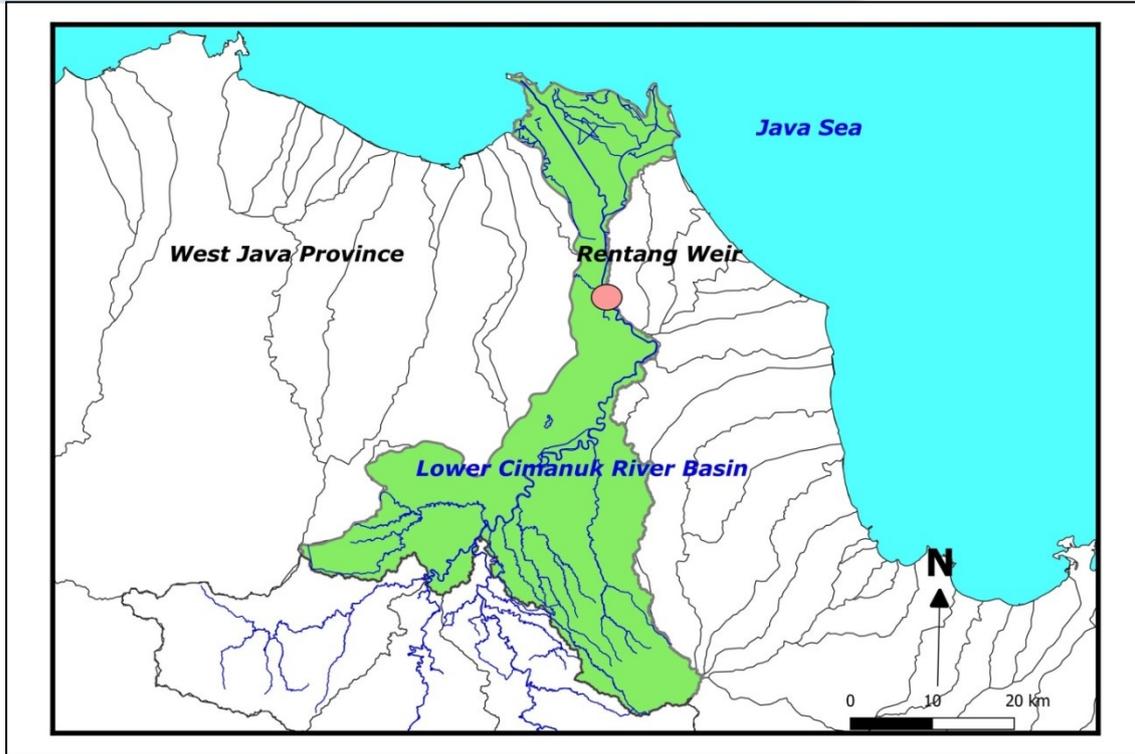
Pergerakan aliran limpasan di Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan sebuah proses dinamis yang sangat bergantung pada distribusi curah hujan, jenis penggunaan lahan, evapotranspirasi dan topografi. Minimnya ketersediaan data telah menjadi kendala utama dalam pengembangan sumber daya air. Pada suatu kajian hidrologi data hujan diperlukan untuk melakukan transformasi dari data hujan menjadi data debit. Pemodelan hidrologi sangat penting untuk pengelolaan sumber daya air (Bellin *et al.*, 2016). Ada beberapa jenis model digunakan untuk operasional pada skala daerah tangkapan yang disederhanakan dari transformasi curah hujan menjadi debit sungai. Pada umumnya data yang digunakan adalah terbatas dan dapat dengan mudah diimplementasikan (Lampert dan Wu, 2015). Untuk alasan tersebut, model ini sering digunakan dalam dunia pendidikan serta kajian yang berkaitan dengan penembangan wilayah DAS. Salah satu model yang dapat digunakan yaitu model *Global Rainfall-Run Off Model* (GR2M). Menurut Perez-Sanchez, (2019) dari 6 model NRECA, model *Mock* dan lainnya, model GR2M merupakan model paling baik performanya dalam mendeskripsikan suatu DAS. GR2M (Global Rainfall-Run Off Model) adalah sebuah model sederhana yang dijalankan dengan data bulanan dua parameter iklim (curah hujan dan evapotranspirasi) serta data debit outlet DAS (Ibrahim *et al.*, 2015). Model GR2M merupakan salah satu metode konseptual yang didasarkan pada konsep keseimbangan air. Metode konseptual ini dinyatakan dengan rumus empiris yang menggambarkan cara mengalirnya air pada suatu DAS dari waktu ke waktu.

Modul airGR merupakan fasilitas *plug in* yang bebas biaya yang dapat diintegrasikan dalam *R studio*. Modul digunakan untuk memudahkan implementasi model GR2M, yang keandalannya telah diaplikasikan untuk berbagai kajian hidrologi (Andreassian *et al.*, 2006; Coron *et al.*, 2017). Modul ini dirancang pada skema pengujian ekstensif, dengan mempertimbangkan efisiensi komputasi dan integrasi dengan model eksternal.

Studi Yanti & Rusnam (2020) mengungkapkan bahwa model GR2M diimplementasikan pada suatu Kawasan DAS yang mempunyai data debit yang lengkap dengan factor curah hujan yang bersifat ekuatorial. Ketersediaan air dapat dimodelkan melalui model GR2M yang berbasis spreadsheet (Raeni Evanta Br. Tarigan *et al.*, 2019). Kajian ini menyajikan model GR2M dari sisi kemudahan tool berbasis R pada suatu DAS dengan data hidrologis yang terbatas. Tujuan kajian ini adalah melakukan transformasi curah hujan ke aliran di DAS Cimanuk hilir menggunakan model GR2M berbasis R program.

METODOLOGI

Kajian dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk (DAS), Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat (Gambar 1). Luas DAS Cimanuk Hilir adalah 1,192.83 km², terletak pada koordinat 107° 42' 51,02" - 108°54' 31,38" E and 6° 14' 43,96 - 7° 23' 56,03" S, dengan panjang sungai 230 km.



Gam-

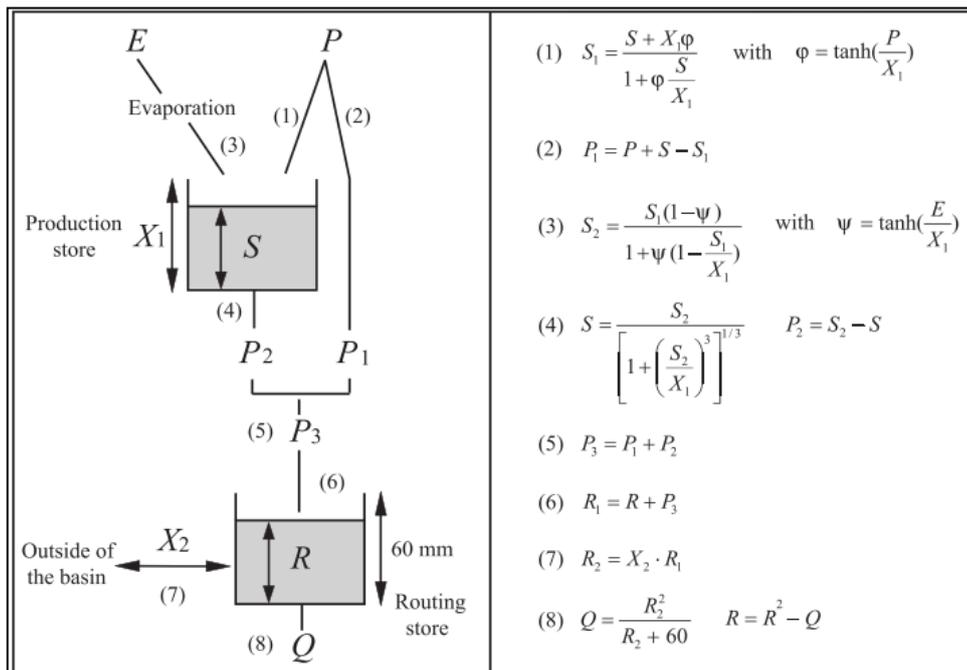
bar

1. Lokasi kajian

Metode GR2M yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang diaplikasikan Moelhi, (2006). Metode ini menggunakan dua parameter, yaitu:

a. Fungsi produksi digunakan untuk perhitungan kapasitas simpanan kelembaban tanah (X_1)

Fungsi transfer/ pertukaran air hanya menggunakan quadratic routing store (X_2)



Dalam kajian ini, simulasi model GR2M dilakukan periode dari tahun 2004 sampai 2007 untuk kalibrasi, sedangkan periode 2005-2009 untuk validasi. Evaluasi kinerja suatu model dapat dilakukan dengan persamaan tertentu. Evaluasi performa model hidrologi dapat menggunakan indikator Nash-Sutcliffe dan Kling-Gupta efisiensi (Nash dan Sutcliffe, 2007; King *et al.*, 2012; Oudin *et al.*, 2005).

$$E_{Kg} = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + (\beta - 1)^2 + (\alpha - 1)^2}$$

$$r = \frac{Cov(Q_{obs}, Q_{sim})}{\sigma_{Obs}^2 \sigma_{Sim}^2}$$

$$\beta = \frac{\mu_{sim}}{\mu_{Obs}}$$

(3)

$$\alpha = \frac{\sigma_{sim}}{\sigma_{Obs}}$$

Dimana, R Adalah Koefisien Korelasi Pearson; β Adalah Bias, α adalah Ratio Standard Deviasi; Cov Adalah Kovarian; Q_{obs} , Q_{sim} Adalah Debit Pengamatan Dan Simulasi; σ Adalah Standar Deviasi; μ Adalah Rata-Rata. Sedangkan Formula Nash-Sutcliffe Yang Digunakan,

$$S = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q'_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2}$$

dimana, Q_i = data debit observasi

Q'_i = data debit simulasi

\bar{Q}_i = rata data debit

n = jumlah data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data input model diperoleh dari pengukuran dan referensi yang ada. Data spasial seperti jarak, penampang melintang dan konduktivitas *hydraulic* diperoleh dari data sekunder dari Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung.

Variabel Iklim

Curah hujan dan evapotranspirasi potensial merupakan variabel utama dalam simulasi model GR2M. Data hujan dan suhu merupakan hasil observasi 2 stasiun iklim di Kertasemaya dan Jatibarang. Data suhu digunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial dengan metode Oudin, (2005) dengan R program, hasil perhitungan evapotranspirasi potensial seperti pada Gambar 3.

Kalibrasi

Kalibrasi model dilakukan untuk mencari parameter-parameter yang sesuai pada suatu daerah aliran sungai terutama parameter X1 dan X2, hasil kalibrasi model ini untuk X1 adalah 1450.988, sedangkan untuk X2 adalah 0.085.

Evaluasi Model

Pada Gambar 4 dan 5 secara visual antara pola yang dihasilkan hasil simulasi dan data observasi menunjukkan realita visual yang hampir sama. Semakin tinggi jumlah hujan maka nilai debit yang dihasilkan akan semakin tinggi. Fluktuasi nilai debit sesuai dengan pergerakan jumlah hujan pada setiap bulannya. Terdapat beberapa perbedaan nilai debit simulasi dan observasi, hal ini disebabkan karena debit simulasi yang dihasilkan oleh model tergantung kepada jumlah hujan yang terjadi.

KGE merupakan indikator yang menunjukkan kinerja model. Dari perspektif hidrologi penggunaan KGE lebih dapat diterima, karena secara umum merepresentasikan dinamika temporal, serta memperhatikan distribusi aliran (kurva durasi aliran). Pertimbangan lebih lanjut, dikarenakan indikator ini menggunakan persamaan yang sederhana dan mudah dalam menginterpretasikan dari hasil yang diperoleh.

Tabel 1. Hasil evaluasi kinerja model GR2M

	Kalibrasi	Validasi
NSE	0,73	0,58
KGE	0,81	0,78

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai efisiensi Nash-Sutcliffe koefisien memberikan nilai 0,73 untuk kalibrasi dan validasi model memberikan nilai 0,58. Sedangkan nilai efisiensi KGE memberikan nilai 0,81 untuk kalibrasi dan 0,78 untuk validasi. Nilai evaluasi tersebut menunjukkan kalibrasi dan validasi data memiliki kemiripan yang sama dengan data observasi sesungguhnya. Nash-Sutcliffe menjelaskan Jika nilainya mendekati satu, maka Debit hasil pemodelan memiliki kecenderungan mendekati nyata dengan debit observasi. (Gambar 5)

Hasil efisiensi Kalibrasi tersebut dipengaruhi oleh kualitas data iklim dan sebaran sumber data stasiun pengamatan. Namun demikian, model GR2M yang telah dilakukan pada kajian ini layak untuk diaplikasikan dalam merepresentasikan fenomena hidrologi di DAS Cimanuk Hilir.

Pembahasan

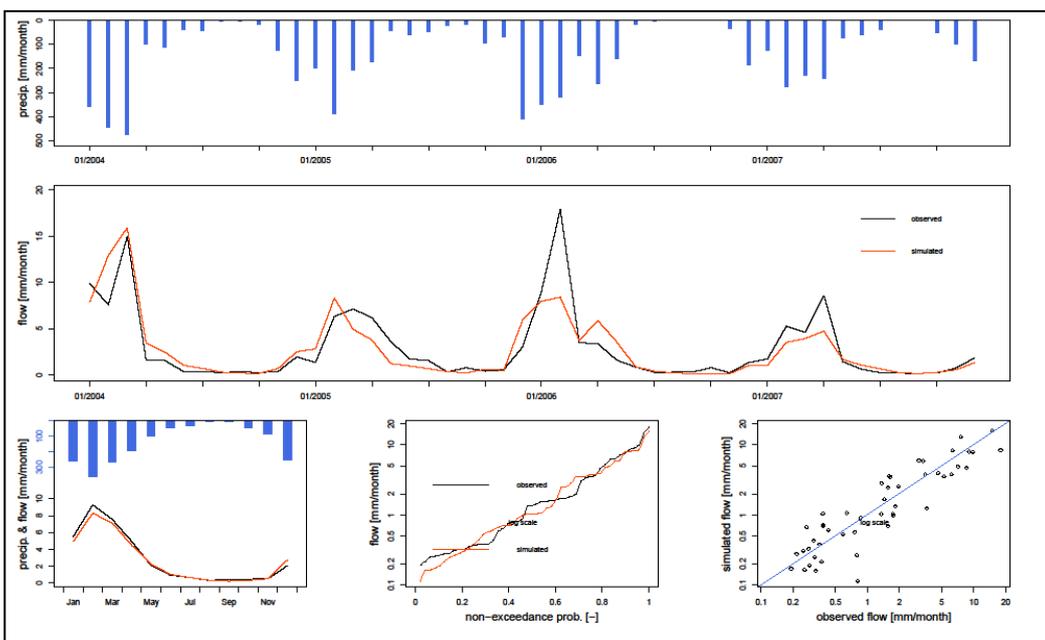
Dalam suatu pemodelan hidrologi sangat ditentukan kualitas data input . dalam kajian ini digunakan data series dengan periode waktu kurang dari 10 tahun. Keterbatasan jumlah stasiun klimatologi dan hidrologi, kelengkapan dan periode data menentukan dalam proses kalibrasi dan validasi. Berdasarkan hasil yang diperoleh semakin tinggi jumlah hujan maka nilai debit yang dihasilkan akan semakin tinggi. Fluktuasi nilai debit sesuai dengan pergerakan jumlah hujan pada setiap bulannya. Terdapat perbedaan nilai debit simulasi dan observasi dalam suatu periode (sebagai contoh pada Januari 2006) , hal ini disebabkan karena debit simulasi yang dihasilkan oleh model tergantung kepada jumlah hujan yang terjadi.

Pada periode bulan hujan mulai berkurang, menunjukkan hasil simulasi dan observasi yang semakin baik. Secara keseluruhan kinerja model menunjukkan angka yang dapat diterima sesuai kaidah yang ada.

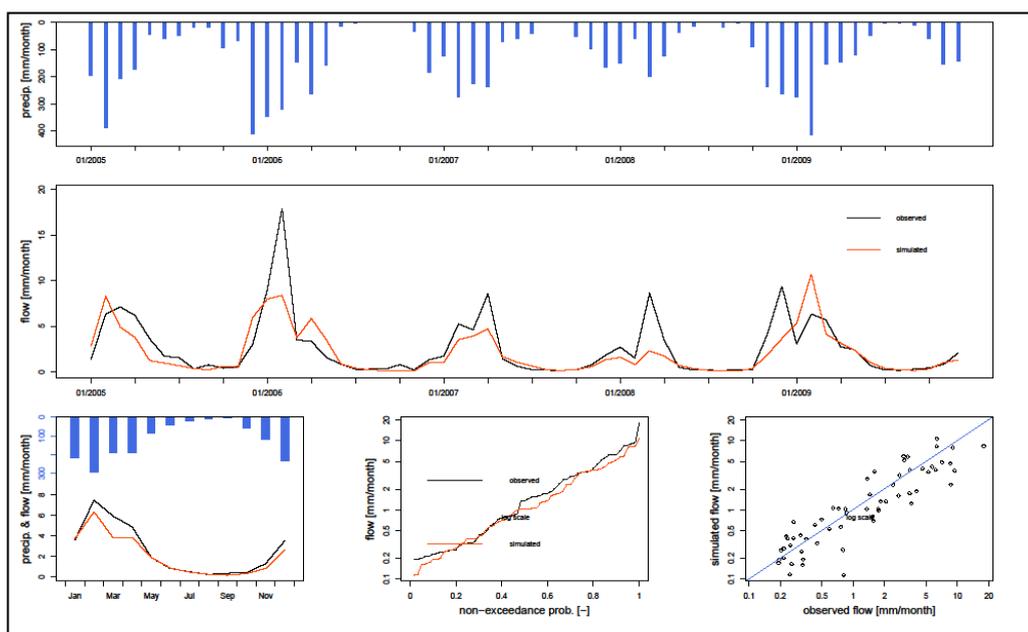
```

> EstPotEvap
[1] 5.337839 5.531336 5.420367 5.135551 4.769848 4.502686 4.497480 4.760896
[9] 5.173188 5.250423 5.235318 5.054048 5.210573 5.435873 5.339914 5.033293
[17] 4.649308 4.421013 4.473839 4.862379 5.206564 5.316477 5.177984 5.216462
[25] 5.302538 5.434701 5.413848 5.119338 4.729601 4.469732 4.523915 4.815559
[33] 5.232394 5.288373 5.344501 5.450228 5.483352 5.670951 5.581708 5.277459
[41] 4.819215 4.424258 4.509644 4.829159 5.335311 5.571588 5.526255 5.523112
[49] 5.533898 5.658379 5.534456 5.285211 4.822726 4.487311 4.527062 4.826486
[57] 5.303971 5.459317 5.540494 5.339334 5.561923 5.565469 5.505049 5.215055
[65] 4.776441 4.471833 4.559099 4.842909 5.301973 5.429926 5.249509 5.225489
[73] 5.317975 5.495126 5.410432 5.117367 4.767028 4.518734 4.556140 4.800175
[81] 5.126103 5.384162 5.220660 5.259650
  
```

Gambar 3. Hasil perhitungan Evaporasi Potensial dengan metode Oudin dengan menggunakan R Program



Gambar 4. Hasil kalibrasi model G2M DAS Cimanuk periode 2004-2007



Gambar 5. Hasil validasi model G2M DAS Cimanuk periode 2005-2009

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Transformasi dari curah hujan menjadi limpasan air permukaan dengan menggunakan model GR2M berbasis modul *airGR* R program telah berhasil dilaksanakan di DAS Cimanuk hilir dengan efisiensi yang memadai baik dalam kalibrasi maupun validasi dengan nilai yang dapat diterima, koefisien NSE untuk kalibrasi adalah 0,73 dan untuk validasi 0,58 sedangkan koefisien KGE menghasilkan nilai 0,81 untuk kalibrasi dan 0,78 untuk validasi. Evaluasi kinerja model menunjukkan bahwa model yang dibangun layak dalam merepresentasikan suatu fenomena hidrologi secara sederhana, sehingga model ini dapat diaplikasikan pada kajian hidrologi di lokasi lain. Modul *airGR* pada R Program membantu dalam melakukan perhitungan fenomena hidrologi, sehingga Program ini mempunyai potensi sebagai *tool* dalam kajian hidrologi dan perencanaan ketersediaan air di bidang pertanian dan pengelolaan sumber daya air dalam suatu DAS.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka beberapa saran dalam kajian selanjutnya sebagai berikut :

1. Diperlukan adanya studi tambahan mengenai analisis ketersediaan air menggunakan model GR2M berbasis R dengan memperhitungkan factor kebutuhan dan pengambilan air di DAS Cimanuk.
2. Untuk mengantisipasi kekurangan data klimatologi dan hidrologis, diperlukan alternatif lain dengan menggunakan data global dalam pemodelan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat berterima kasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Indonesia yang mendanai penelitian ini. Selain itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Air Sungai Cimanuk-Cisanggarung atas kerjasama dan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreassian, V., *et al.*,. 2006. Catalogue of the Models used in MOPEX 2004/2005, vol. 307. IAHS Publication, pp. 41e93.
- Bellin, A., Majone, B., Cainelli, O., Alberici, D., Villa, F. 2016. A continuous coupled hydrological and water resources management model Environ. Model. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.10.013>
- Coron L, Thirel G, Delaigue O., Perrin C Andreassian V.2017.The suite of lumped GR hydrological models in an R package. Environmental Modelling & Software, Environmental Modelling & Software 94 : 166-171
- Hambali, R.. Analisis Ketersediaan Air dengan Model Mock. 2008. Bahan Ajar.Yogyakarta : University Gadjah Mada.

- Ibrahim, B., Karambiri, H., & Polcher, J. 2015. Hydrological impacts of the changes in simulated rainfall fields on Nakanbe basin in Burkina Faso. *Climate*, 3(3), 442–458. doi:10.3390/cli3030442
- Kling, H., Fuchs, M., and Paulin, M. 2012. Runoff conditions in the upper Danube basin under ensemble of climate change scenarios, 2015. *J. Hydrol.*, 424–425, 264–277, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol..01.011>.
- Lampert, D., Wu, M.,. 2015. Development of an open-source software package for watershed modeling with the hydrological simulation program in fortran. *Environ. Model. Softw.* 68, 166e174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.02.018>.
- Mouehli, S.,. 2006. Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier (Towards a consistent chain of lumped conceptual rainfall-runoff models at the interannual, annual, monthly and daily time steps). Ph.D. thesis. ENGREF, Paris, France..
- Nash J E and Sutcliffe J. V .1970. River Flow Forecasting through Conceptual Models part - A Discussion of Principles *J. Hydrol.* 10: 282
- Oudin, L., *et al.* 2005. "Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall-runoff model?: Part 2- Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall-runoff modelling. *J. Hydrol.* (Amsterdam), 303(1-4), 290–306.
- Perez-Sanchez J, Senent-Aparicio J, Segura-Mendez F, Pulido-Velazquez D, Srinivasan R. 2019. Evaluating hydrological models for deriving water resources in peninsular Spain *Sustainability* 11(2019 (2872)):1–32
- Yanti, N. R., & Rusnam. 2020. Transformasi Data Hujan – Debit Menggunakan Model Gr2m Pada Das Air Dingin. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 24(2), 202–209.

ANALISIS VARIABILITAS IKLIM TERHADAP PRODUKTIVITAS MELATI DI TIGA KABUPATEN SENTRA MELATI DI JAWA TENGAH

Rohman Rona Gilang Pradana¹, Didik Wisnu Widjajanto¹ dan Suciantini²

¹Program Studi Agroekoteknologi, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro
²suciantini@yahoo.com

²Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

ABSTRAK

Melati merupakan salah satu tanaman yang telah dikenal luas oleh masyarakat Indonesia yang biasa dijadikan sebagai tanaman hias dan bunga tabur serta biasa digunakan dalam berbagai upacara adat. Dalam lanscape pertamanan, melati merupakan salah satu tanaman yang digunakan. Bunga melati merupakan komoditas internasional yang dapat dijadikan sebagai bahan baku dalam industri parfum, kosmetik, pengharum teh, dan obat tradisional. Iklim dan perubahannya dari tahun ke tahun memiliki dampak terhadap sektor pertanian, sehingga perlu dilakukan kajian pada berbagai komoditas termasuk melati. Artikel ini merupakan hasil analisis untuk mengetahui produktivitas melati terhadap variabilitas iklim di Jawa Tengah dengan mengambil sampel data tiga wilayah sentra produksi bunga melati yaitu Kabupaten Tegal, Pekalongan, dan Purbalingga. Berdasarkan uji korelasi dan regresi diketahui bahwa secara umum tidak terdapat korelasi signifikan antara unsur-unsur iklim terhadap produktivitas melati. Nilai produktivitas melati diperkirakan lebih dipengaruhi oleh teknik budidaya yang digunakan petani.

Kata kunci: melati, iklim, produktivitas

PENDAHULUAN

Melati (*Jasminum spp.*) merupakan tanaman yang telah dikenal luas oleh masyarakat Indonesia. Bunga melati telah diresmikan sebagai puspa bangsa, yaitu bunga nasional yang memiliki arti kesucian dan kemurnian. Bunga melati yang putih dan tidak mencolok melambangkan kesucian dan keelokan budi (Luthfiah dan Fatimah, 2019). Bunga melati dikenal luas oleh masyarakat Indonesia karena telah sejak dahulu dipakai dalam berbagai kegiatan adat-istiadat. Bunga melati biasa digunakan sebagai bunga rangkaian dan bunga tabur, serta dalam upacara adat seperti pernikahan, kelahiran, kematian, acara kenegaraan, maupun acara resmi lainnya (Hayati dan Sugiarti, 2009).

Melati merupakan tanaman perdu yang telah banyak ditanam di pekarangan masyarakat Indonesia sebagai tanaman hias. Tanaman melati memiliki batang yang tumbuh menjalar dengan daun kecil berbentuk oval yang sedikit bergelombang di bagian tepi. Bunga melati berbentuk terompet mungil dengan 5-6 mahkota selapis atau bertumpuk yang memiliki warna putih besih, muncul dari ujung cabang dan

tersusun dalam tandan (Yuningsih *et al.*, 2012). Bunga melati memiliki kandungan minyak esensial dan mengeluarkan aroma harum yang menjadikannya memiliki banyak manfaat. Bunga melati selain sebagai tanaman hias dalam pot atau taman, juga dijadikan sebagai bahan baku dalam industri parfum, kosmetik, pengharum teh, dan obat tradisional (Lesmana *et al.*, 2018).

Beragam manfaat yang dikandung dalam bunga melati menjadikannya komoditas bernilai tinggi hingga ke kancah internasional. Indonesia merupakan salah satu negara eksportir bunga melati dengan produksi terbesar berada di Provinsi Jawa Tengah. Wilayah sentra produksi bunga melati di Jawa Tengah berada di Kabupaten Tegal, Pemalang, Pekalongan, Batang, dan sekitarnya yang memiliki tanah gembur berpasir dengan kandungan unsur hara cukup tinggi (Palupi *et al.*, 2019). Komoditas bunga melati di pasar internasional cukup luas, namun kualitas bunga melati dari Indonesia masih kalah saing dibanding negara lain. Hal tersebut dikarenakan kualitas bunga melati di Indonesia yang masih kalah dalam segi ukuran, keseragaman, maupun penampilan (Suyanti *et al.*, 2004). Seperti halnya budidaya tanaman lain, budidaya melati juga memerlukan penggunaan pupuk dan pestisida yang dapat mempengaruhi produksi. Setiawan (2018) yang melakukan penelitian pada tanaman melati mini, menyatakan bahwa terdapat hubungan yang cukup erat hingga sebesar 96% antara produksi dengan luas lahan, pupuk, pestisida, dan tenaga kerja.

Tanaman Melati dapat tumbuh di dataran rendah hingga dataran tinggi hingga 1.600 mdpl (Yuningsih *et al.*, 2012) dan tumbuh baik di dataran rendah hingga ketinggian ± 600 mdpl (Handriatni, 2008). Melati sangat cocok untuk tumbuh pada daerah yang memiliki suhu siang hari 28-36°C dan suhu malam hari 24-30°C, kelembapan udara 70-80%, serta penyinaran matahari penuh (Yuningsih *et al.*, 2012). Melati merupakan jenis tanaman yang membutuhkan sinar matahari penuh (Handriatni, 2008) untuk diperoleh warna, ukuran dan aroma yang lebih baik. Pertumbuhan tanaman melati akan cenderung kurus dan tinggi serta jarang berbunga bila kekurangan sinar matahari, juga akan mudah gugur dan busuk bila iklim terlalu basah (Yuningsih *et al.*, 2012). Salah satu kendala utama dari budidaya melati yaitu permasalahan ketersediaan air pada tanaman, terutama pada fase-fase kritis tanaman sangat membutuhkan air. Ketika musim kemarau terjadi kekurangan ketersediaan air sehingga tanaman melati tidak bisa memproduksi bunga secara maksimal (Palupi *et al.*, 2019). Melati membutuhkan curah hujan sebanyak 112 mdan 119 m dengan 6-7 hari hujan per bulan (Handriatni, 2008). Di samping itu, pembungaan tanaman juga dipicu oleh suhu kritis yang menentukan optimalisasi produksi tanaman. Studi ini bertujuan untuk mengkaji sejauhmana produktivitas melati terpengaruh oleh variabilitas iklim selama beberapa tahun terakhir, mengingat fluktuasi iklim diperkirakan dapat berpengaruh terhadap pertanaman, termasuk pertanaman melati. Studi mengenai hal ini belum banyak ditemukan.

METODELOGI

Materi yang digunakan dalam studi yaitu data produktivitas tanaman melati dari tiga kabupaten terpilih di Jawa Tengah meliputi Kabupaten Tegal, Pekalongan, dan Purbalingga. Data iklim diperoleh dari stasiun BMKG terdekat yaitu Stasiun Meteorologi Tegal melalui https://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim. Data produktivitas tanaman melati diambil dari website BPS masing-masing kabupaten (<https://tegalkab.bps.go.id/>, <https://pekalongankab.bps.go.id/>, dan <https://purbalinggakab.bps.go.id/>).

Unsur-unsur iklim dinotasikan sebagai berikut:

Tn	: suhu udara minimum (°C)
Tx	: suhu udara maksimum (°C)
Tavg	: suhu udara rata-rata (°C)
RH_avg	: kelembapan rata-rata (%)
RR	: curah hujan (mm/tahun)
ss	: lama penyinaran Matahari (jam)

Data iklim dan produktivitas melati dikumpulkan kemudian dihitung nilai anomalnya berdasarkan kelengkapan data. Nilai anomali menunjukkan sejauh mana perbedaan nilai tiap tahun dibanding nilai rata-rata seluruh tahun. Berikut rumus perhitungan nilai anomali:

$$\text{Anomali} = \text{nilai tahun ke-X} - \text{nilai rata-rata seluruh tahun}$$

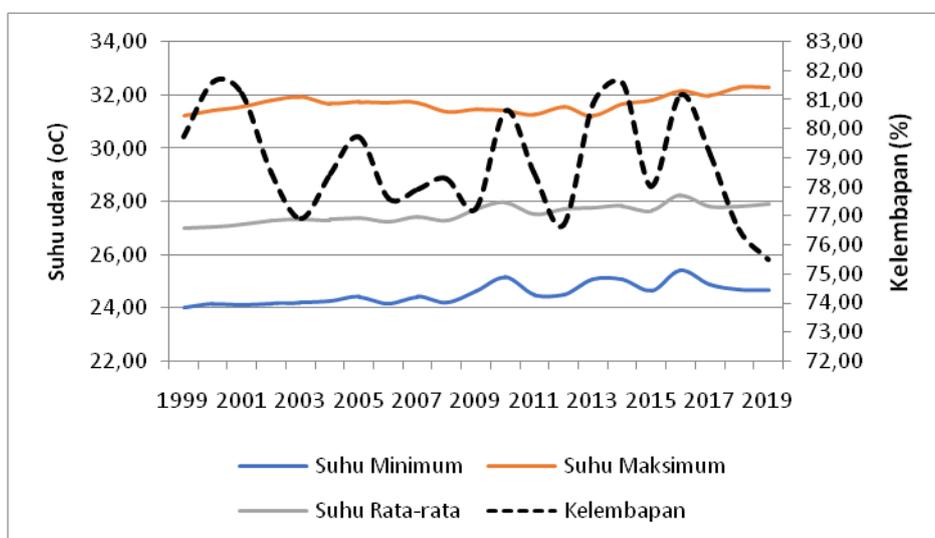
Metode analisis data yang digunakan yaitu analisis korelasi dan dilanjutkan dengan analisis regresi berganda. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan tunggal tiap unsur iklim terhadap produktivitas melati. Analisis regresi berganda digunakan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh bersama seluruh unsur iklim terhadap nilai produktivitas melati. Uji statistik Anova yang digunakan dalam analisis regresi, dianalisis dengan menggunakan excel. Taraf interval kepercayaan yang digunakan adalah 95% (taraf uji signifikansi pada level $\alpha = 0,05$). Hipotesis : H0 : Tidak ada hubungan yang erat antara suhu minimum, suhu maksimum, suhu rata-rata, kelembapan rata-rata, curah hujan dan lama penyinaran dengan produktivitas melati. H1: Ada hubungan yang erat antara suhu minimum, suhu maksimum, suhu rata-rata, kelembapan rata-rata, curah hujan dan lama penyinaran dengan produktivitas melati. H0 ditolak jika dalam uji yang dilakukan didapat nilai signifikansi yang lebih kecil daripada 0,05, yang berarti terdapat hubungan yang erat antara suhu minimum, suhu maksimum, suhu rata-rata, kelembapan rata-rata, curah hujan dan lama penyinaran dengan produktivitas melati. Kemudian dilanjutkan menghitung nilai pengaruh iklim terhadap produktivitas melati menggunakan persamaan regresi linier berganda:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6$$

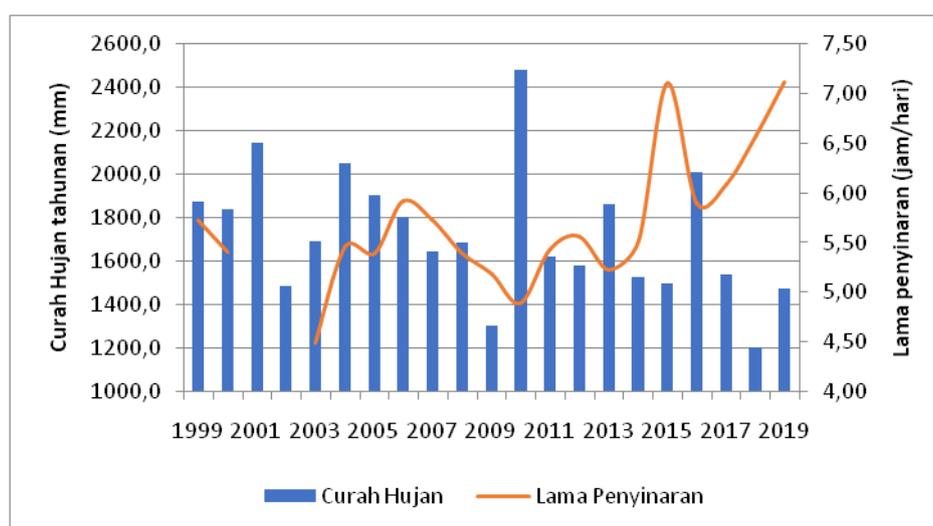
Keterangan:	Y	: produktivitas melati (ton/ha)
	a	: nilai konstanta
	b	: koefisien regresi
	X1	: suhu udara minimum (°C)
	X2	: suhu udara maksimum (°C)
	X3	: suhu udara rata-rata (°C)
	X4	: kelembapan rata-rata (%)
	X5	: curah hujan (mm/tahun)
	X6	: lama penyinaran matahari (jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

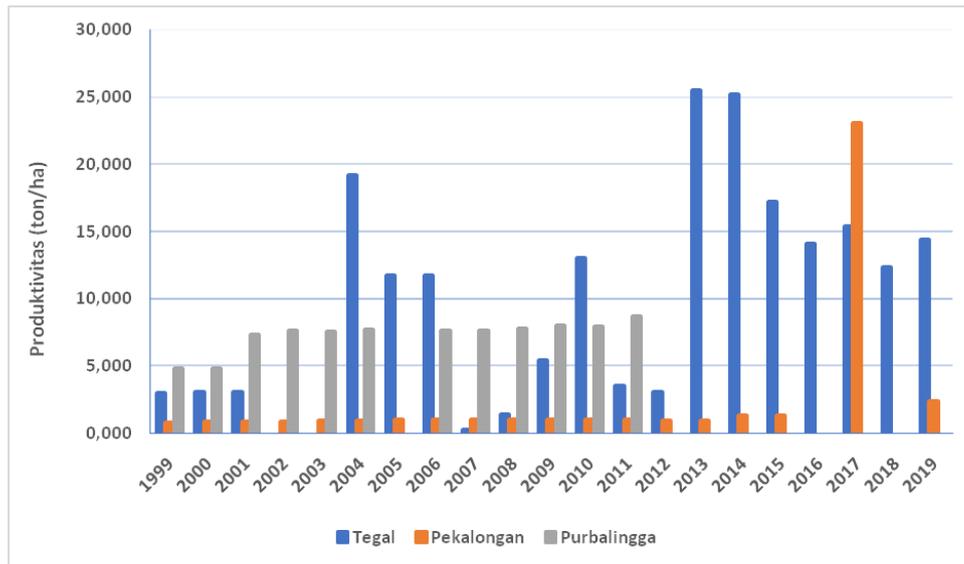
Fluktuasi unsur iklim yang terdiri dari suhu minimum, suhu maksimum, suhu rata-rata, kelembapan, curah hujan dan lama penyinaran disajikan pada Gambar 1 dan 2. Dari grafik yang disajikan terlihat bahwa untuk suhu fluktuasi tidak terlalu tinggi meskipun memperlihatkan tren meningkat, berbeda dengan curah hujan dan lama penyinaran. Produktivitas tertinggi di Tegal diperoleh pada tahun 2013, di Purbalingga tahun 2011 dan Pekalongan tahun 2017 (Gambar 3). Untuk melihat perubahan setiap tahunnya, maka dihitung anomali dari rata-rata jangka panjangnya. Dengan menggunakan anomalnya dapat terlihat tahun dimana produksi maksimum atau sebaliknya. Dengan mengetahui hal tersebut, dapat dikatakan bahwa iklim berpengaruh atau tidak berpengaruh terhadap pertanaman melati atau budidaya melati lebih ditentukan oleh faktor lain. Tiap tanaman memiliki kondisi iklim ideal untuk dapat menghasilkan produktivitas maksimal.



Gambar 1. Fluktuasi suhu udara minimum, maksimum, rata-rata dan kelembapan di Stasiun BMKG Tegal



Gambar 2. Fluktuasi curah hujan tahunan dan lama penyinaran di Stasiun BMKG Tegal



Gambar 3. Produktivitas melati di Kabupaten Tegal, Pekalongan dan Purbalingga

Pada Tabel 1 disajikan data anomali unsur-unsur iklim dan produktivitas melati di Kabupaten Tegal. Berdasarkan data tersebut dapat dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan tiap-tiap unsur iklim terhadap produktivitas melati. Tabel 2 menyajikan korelasi tiap-tiap unsur terhadap produktivitas melati di Kabupaten Tegal. Dari data tersebut, dapat diketahui bahwa hanya unsur suhu minimum (T_n) yang memiliki nilai signifikan dengan nilai korelasi 0.588, sedangkan unsur iklim lain tidak berbeda nyata. Hal ini menyatakan bahwa suhu minimum memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai produktivitas melati di Kabupaten Tegal. Untuk pengembangan melati, suhu minimum di Kabupaten Tegal cukup memenuhi syarat (Suciantini, 2000), hampir sama dengan suhu di sentra melati lainnya. Gambar 4 memperlihatkan bahwa suhu minimum tren menaik demikian juga dengan produktivitas di Tegal.

Berdasarkan Tabel 1. dilakukan uji regresi berganda sehingga diperoleh persamaan $Y = -0.001 + 69,2(X_1) + 5,29(X_2) - 67,5(X_3) - 3,26(X_4) + 0,0025(X_5) + 2,42(X_6)$. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,556 atau 55,6% yang berarti pengaruh variabel independen (unsur-unsur iklim) dapat menjelaskan variabel dependen (produktivitas melati) sebesar 55,6%.

Berdasarkan hasil Anova diperoleh nilai probabilitas yaitu 0,11 yang mana lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara variabel independen (unsur-unsur iklim) terhadap variabel dependen (produktivitas melati), sehingga model persamaan regresi antar unsur-unsur iklim tidak dapat digunakan untuk memprediksi produktivitas melati di Kabupaten Tegal.

Tabel 1. Data anomali unsur-unsur iklim dan produktivitas melati Kabupaten Tegal

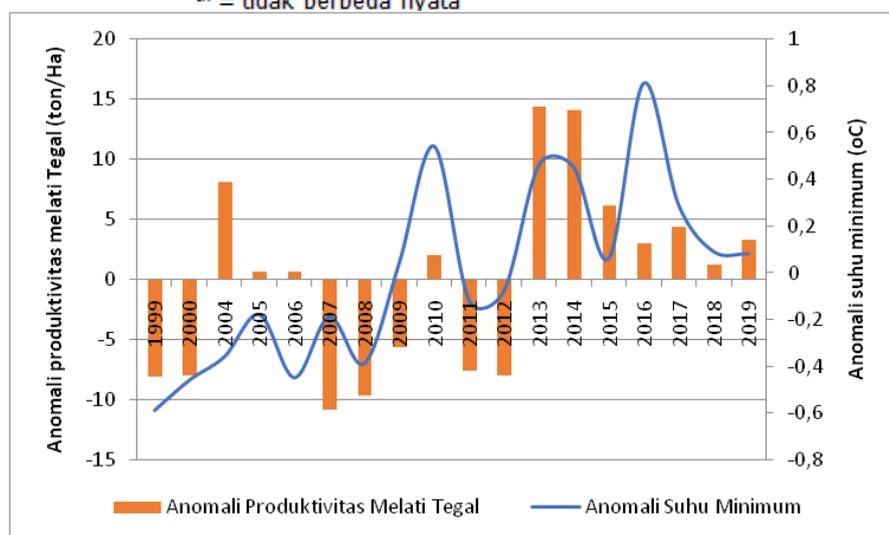
Tahun	Tn	Tx	Tavg	RH_avg	RR	ss	Produktivitas
1999	-0,59	-0,43	-0,60	0,90	157,0	-0,03	-8,11
2000	-0,46	-0,23	-0,55	2,78	125,3	-0,35	-8,06
2004	-0,36	0,01	-0,29	-0,38	333,8	-0,30	8,13
2005	-0,18	0,07	-0,21	0,89	187,3	-0,37	0,62
2006	-0,45	0,06	-0,37	-1,24	85,8	0,17	0,62
2007	-0,19	0,06	-0,17	-0,93	-74,6	-0,03	-10,86
2008	-0,39	-0,29	-0,30	-0,56	-30,1	-0,36	-9,67
2009	0,04	-0,20	0,14	-1,59	-411,7	-0,57	-5,68
2010	0,54	-0,24	0,38	1,78	763,2	-0,87	1,98
2011	-0,12	-0,40	-0,06	-0,37	-97,3	-0,33	-7,58
2012	-0,08	-0,10	0,13	-2,16	-139,6	-0,19	-8,00
2013	0,46	-0,46	0,17	2,02	146,8	-0,53	14,40
2014	0,45	0,00	0,23	2,72	-187,8	-0,24	14,10
2015	0,06	0,13	0,06	-0,83	-217,6	1,35	6,16
2016	0,81	0,49	0,64	2,32	295,3	0,14	3,04
2017	0,29	0,31	0,23	0,28	-176,6	0,33	4,32
2018	0,09	0,63	0,24	-2,30	-515,2	0,82	1,27
2019	0,08	0,59	0,33	-3,33	-243,8	1,37	3,33

Tabel 2. Uji korelasi unsur-unsur iklim dengan produktivitas melati Kabupaten Tegal

	Tn	Tx	Tavg	RH_avg	RR	ss	Produktivitas
Tn	1	0,326 ^{tn}	0,930*	0,316 ^{tn}	0,099 ^{tn}	0,027 ^{tn}	0,588*
Tx		1	0,508*	-0,377 ^{tn}	-0,348 ^{tn}	0,727*	0,266 ^{tn}
Tavg			1	-0,032 ^{tn}	-0,101 ^{tn}	0,211 ^{tn}	0,467 ^{tn}
RH_avg				1	0,586*	-0,525*	0,294 ^{tn}
RR					1	-0,524*	0,105 ^{tn}
ss						1	0,176 ^{tn}
Produktivitas							1

Keterangan : * = berbeda nyata pada taraf uji 5% (r tabel = 0,468)

^{tn} = tidak berbeda nyata



Gambar 4. Anomali produktivitas melati di Kabupaten Tegal dan anomali suhu minimum

Tabel 3. menunjukkan data anomali unsur-unsur iklim dan produktivitas melati di Kabupaten Pekalongan. Berdasarkan data tersebut dapat dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan tiap-tiap unsur iklim terhadap produktivitas melati.

Tabel 4. menunjukkan korelasi tiap-tiap unsur terhadap produktivitas melati di Kabupaten Pekalongan. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa tidak ada unsur iklim yang memiliki nilai signifikan. Hal ini menyatakan bahwa berdasarkan data yang ada, unsur-unsur iklim tidak memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai produktivitas melati di Kabupaten Pekalongan.

Berdasarkan Tabel 3. dilakukan uji regresi berganda sehingga diperoleh persamaan

$$Y = -0,006 + 11,33(X_1) + 8,85(X_2) - 9,77(X_3) + 0,292(X_4) - 0,004(X_5) - 0,098(X_6).$$

Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,278 atau 27,8% yang berarti pengaruh variabel independen (unsur-unsur iklim) dapat menjelaskan variabel dependen (produktivitas melati) sebesar 27,8%.

Tabel 3. Data anomali unsur-unsur iklim dan produktivitas melati Kabupaten Pekalongan

Tahun	Tn	Tx	Tavg	RH_avg	RR	ss	Produktivitas
1999	-0,51	-0,38	-0,54	1,01	145,6	0,10	-1,59
2000	-0,38	-0,18	-0,49	2,90	113,9	-0,22	-1,55
2003	-0,34	0,31	-0,19	-1,80	-38,8	-1,14	-1,44
2004	-0,28	0,06	-0,22	-0,27	322,4	-0,17	-1,41
2005	-0,10	0,12	-0,14	1,01	175,9	-0,24	-1,41
2006	-0,37	0,11	-0,30	-1,13	74,4	0,30	-1,40
2007	-0,11	0,11	-0,10	-0,81	-86,0	0,10	-1,39
2008	-0,31	-0,24	-0,23	-0,45	-41,5	-0,23	-1,39
2009	0,11	-0,15	0,21	-1,48	-423,0	-0,44	-1,39
2010	0,62	-0,19	0,45	1,89	751,8	-0,74	-1,41
2011	-0,04	-0,34	0,00	-0,25	-108,7	-0,19	-1,35
2012	-0,01	-0,04	0,20	-2,04	-150,9	-0,06	-1,45
2013	0,53	-0,41	0,24	2,14	135,4	-0,40	-1,45
2014	0,53	0,05	0,30	2,84	-199,1	-0,11	-1,05
2015	0,13	0,18	0,12	-0,72	-228,9	1,48	-1,09
2017	0,37	0,36	0,29	0,39	-187,9	0,46	20,73
2019	0,16	0,64	0,40	-3,21	-255,1	1,50	0,03

Tabel 4. Uji korelasi unsur-unsur iklim dengan produktivitas melati Kabupaten Pekalongan

	Tn	Tx	Tavg	RH_avg	RR	ss	Produktivitas
Tn	1	0,059 ^{tn}	0,914*	0,283 ^{tn}	0,021 ^{tn}	0,073 ^{tn}	0,287 ^{tn}
Tx		1	0,284 ^{tn}	-0,527*	-0,335 ^{tn}	0,509*	0,373 ^{tn}
Tavg			1	-0,109 ^{tn}	-0,169 ^{tn}	0,198 ^{tn}	0,284 ^{tn}
RH_avg				1	0,480 ^{tn}	-0,339 ^{tn}	0,028 ^{tn}
RR					1	-0,419 ^{tn}	-0,204 ^{tn}
ss						1	0,225 ^{tn}
Produktivitas							1

Keterangan : * = berbeda nyata pada taraf uji 5% (r tabel = 0,482)

^{tn} = tidak berbeda nyata

Berdasarkan hasil Anova diperoleh nilai probabilitas yaitu 0,697 yang mana lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara variabel independen (unsur-unsur iklim) terhadap variabel dependen (produktivitas melati), sehingga model persamaan regresi antar unsur-unsur iklim tidak dapat digunakan untuk memprediksi produktivitas melati di Kabupaten Pekalongan.

Tabel 5. menunjukkan data anomali unsur-unsur iklim dan produktivitas melati di Kabupaten Purbalingga. Berdasarkan data tersebut dapat dilakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan tiap-tiap unsur iklim terhadap produktivitas melati.

Tabel 5. Data anomali unsur-unsur iklim dan produktivitas melati Kabupaten Purbalingga.

Tahun	Tn	Tx	Tavg	RH_avg	RR	ss	Produktivitas
1999	-0,35	-0,29	-0,40	1,05	74,6	0,36	-2,41
2000	-0,22	-0,09	-0,35	2,94	42,9	0,05	-2,44
2003	-0,18	0,40	-0,05	-1,76	-109,8	-0,88	0,31
2004	-0,12	0,15	-0,08	-0,23	251,4	0,09	0,45
2006	-0,21	0,20	-0,16	-1,09	3,4	0,56	0,36
2007	0,05	0,20	0,04	-0,77	-157,0	0,36	0,39
2008	-0,15	-0,15	-0,09	-0,41	-112,5	0,04	0,51
2009	0,28	-0,06	0,35	-1,44	-494,0	-0,18	0,75
2010	0,78	-0,10	0,59	1,93	680,8	-0,48	0,67
2011	0,12	-0,25	0,14	-0,21	-179,7	0,07	1,42

Tabel 6. Korelasi unsur-unsur iklim dengan produktivitas melati Kabupaten Purbalingga.

	Tn	Tx	Tavg	RH_avg	RR	ss	Produktivitas
Tn	1	-0,159 ^{tn}	0,956*	0,147 ^{tn}	0,364 ^{tn}	-0,402 ^{tn}	0,519 ^{tn}
Tx		1	-0,022 ^{tn}	-0,546 ^{tn}	-0,063 ^{tn}	-0,258 ^{tn}	0,264 ^{tn}
Tavg			1	-0,136 ^{tn}	0,176 ^{tn}	-0,470 ^{tn}	0,711*
RH_avg				1	0,609 ^{tn}	0,078 ^{tn}	-0,6317 ^{tn}
RR					1	-0,135 ^{tn}	-0,136 ^{tn}
ss						1	-0,239 ^{tn}
Produktivitas							1

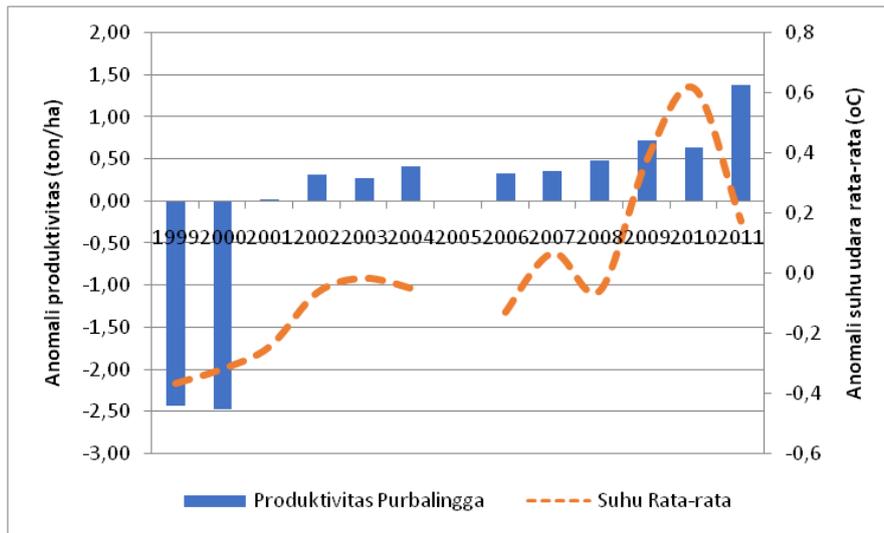
Keterangan : * = berbeda nyata pada taraf uji 5% (r tabel = 0,632)

^{tn} = tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 5. dilakukan uji regresi berganda sehingga diperoleh persamaan $Y = 0,026 - 19,3(X_1) + 0,82(X_2) + 24,6(X_3) + 0,622(X_4) + 0,00115(X_5) + 1,39(X_6)$. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,907 atau 90,7% yang berarti pengaruh variabel independen (unsur-unsur iklim) dapat menjelaskan variabel dependen (produktivitas melati) sebesar 90,7%.

Berdasarkan hasil Anova diperoleh nilai probabilitas yaitu 0,111 yang mana lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara variabel independen (unsur-unsur iklim) terhadap variabel dependen (produktivitas melati), sehingga model persamaan regresi antar unsur-unsur iklim tidak dapat digunakan untuk memprediksi produktivitas melati di Kabupaten Purbalingga.

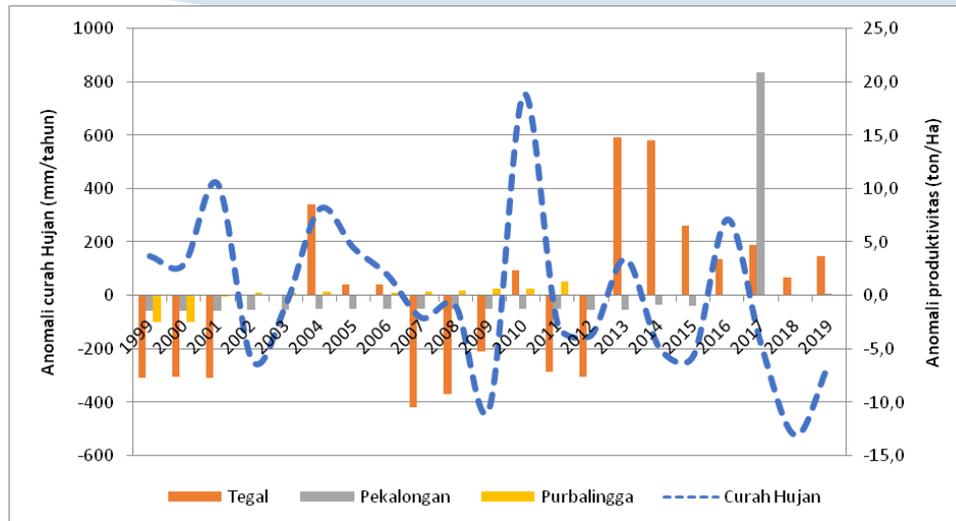
Tabel 6. menunjukkan korelasi tiap-tiap unsur terhadap produktivitas melati di Kabupaten Purbalingga. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa hanya unsur suhu rata-rata (Tavg) yang memiliki nilai signifikan (0.711), sedangkan unsur iklim lain tidak berbeda nyata. Hal ini menyatakan bahwa unsur suhu rata-rata memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai produktivitas melati di Kabupaten Purbalingga. Pada Gambar 5 ada tren yang menunjukkan kenaikan suhu udara rata-rata, meningkatkan produktivitas melati di Kabupaten Purbalingga.



Gambar 5. Anomali produktivitas melati di Kabupaten Purbalingga dan anomali suhu udara rata-rata

Pengaruh Iklim terhadap Produktivitas Melati

Berdasarkan hasil Anova ketiga lokasi kabupaten, dapat diketahui bahwa tidak ada pengaruh signifikan antara unsur-unsur iklim terhadap produktivitas melati. Salah satu unsur iklim yang paling berpengaruh terhadap produktivitas melati yaitu curah hujan yang mempengaruhi ketersediaan air irigasi. Namun demikian, berdasarkan data anomali unsur-unsur iklim dan produktivitas melati di tiga kabupaten pada Tabel 1, 3, dan 5, dapat dilihat bahwa naik-turunnya curah hujan tahunan tidak berpengaruh secara konsisten terhadap naik-turunnya produktivitas melati (Gambar 6). Hal ini diasumsikan bahwa dengan penggunaan data tahunan untuk melihat pengaruh variabilitas iklim terhadap melati, belum dapat menunjukkan fluktuasi produktivitas melati secara signifikan. Diduga apabila data produktivitas pada level yang lebih detil tersedia (musim atau bulan), pengaruh variabilitas iklim dapat lebih terlihat. Intensitas curah hujan tiap tahun dapat berbeda tetapi selama keberadaan bulan basah dan bulan kering tidak berubah, maka produktivitas melati dalam tahun tersebut cenderung konstan dibanding tahun-tahun lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hayati dan Sugiarti (2009) yang menyatakan bahwa produksi bunga melati akan berlimpah di musim penghujan, kemudian berkurang di musim kemarau. Tanaman melati akan berproduksi secara maksimal di bulan basah ketika ketersediaan air irigasi berlimpah, kemudian menurun memasuki bulan kering ketika ketersediaan air berkurang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Palupi *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa permasalahan irigasi adalah salah satu kendala utama dalam budidaya melati di mana pada musim kemarau ketersediaan air berkurang sehingga tanaman melati tidak dapat menghasilkan bunga.



Gambar 6. Produktivitas melati di Kabupaten Tegal, Pekalongan dan Purbalingga dan curah hujan tahunan di masing-masing kabupaten

Berdasarkan data anomali pada tabel 1, 3, dan 5, dapat diketahui bahwa tidak ada nilai yang sangat menonjol dan cenderung konstan pada unsur suhu (T_n , T_x , T_{avg}), kelembapan (RH_{avg}), dan lama penyinaran (ss). Hal tersebut berarti dengan menggunakan data tahunan belum terlihat memberi pengaruh signifikan terhadap produktivitas melati. Selama tidak terjadi perubahan iklim yang ekstrem maka kondisi lingkungan tumbuh melati cenderung tetap sehingga tidak memberi pengaruh terhadap produktivitas melati. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yuningsih *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa kondisi tumbuh ideal tanaman melati memiliki suhu siang hari $28-36^{\circ}\text{C}$ dan suhu malam hari $24-30^{\circ}\text{C}$, kelembapan udara $70-80\%$, dan mendapat cukup sinar matahari. Produktivitas melati diperkirakan lebih dipengaruhi oleh teknik budidaya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Handayani (2006) yang mengungkapkan bahwa usahatani melati masih dilakukan secara tradisional turun-menurun selama 50 tahun yang memiliki berbagai masalah mulai dari pembibitan, pasca panen, hingga pemasaran karena belum adanya teknologi yang memadai untuk pengembangan usaha ini. Hal tersebut juga didukung oleh Suyanti *et al.* (2004) yang mengatakan bahwa harga melati dari Indonesia lebih rendah dibandingkan negara lain dikarenakan rendahnya kualitas yang ditunjukkan oleh ukuran yang lebih kecil, bentuk kurang seragam, dan penampilan yang kurang segar dan indah.

KESIMPULAN

Dengan menggunakan data tahunan, unsur iklim secara umum belum terlihat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas melati di Kabupaten Tegal, Pekalongan, dan Purbalingga. Uji korelasi dan regresi menunjukkan bahwa secara umum tidak terdapat korelasi yang signifikan antara unsur-unsur iklim terhadap produktivitas melati, kecuali suhu minimum di Kabupaten Tegal, dan suhu rata-rata di Kabupaten Purbalingga. Produktivitas melati tidak terpengaruh oleh variabilitas iklim dilihat dari data tahunan, tetapi diperkirakan terpengaruh pada data bulanan atau yang lebih detail. Pada kajian ini, produktivitas melati diperkirakan lebih dipengaruhi oleh teknik budidaya. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh iklim serta teknik budidaya terhadap produktivitas melati dengan menggunakan data yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Handayani, T. 2006. Pembibitan Secara Stek-Mini Tanaman Melati [*Jasminum sambac* (L.) Aiton]. J. Sains dan Teknologi Indonesia, 8(1) : 21-25.
- Handriatni, A. 2008. Budidaya Tanaman Melati Di Wilayah Pesisir dengan Bahan Organik: Sarana Pembelajaran Ekologi. Cakrawala Pendidikan. 1 : 95-104
- Hayati, M. dan T. Sugiarti. 2009. Prospek Agribisnis Tanaman Melati Dan Peran Wanita Madura. J. Embryo, 6(1): 56-48.
- Lesmana, I., D. Nurdiana, dan T. Siswancipto. 2018. Pengaruh Berbagai Zat Pengatur Tumbuh Alami Dan Asal Stek Batang Terhadap Pertumbuhan Vegetative Bibit Melati Putih (*Jasminum sambac* (L.) W. Ait.). J. Jagros, 2(2): 80-98.
- Luthfiah, V. dan D. Fatimah. 2019. Bentuk Dan Fungsi Ragam Hias Bunga Melati Pada Arsitektur Candi. J. Ilmiah Desain Interior, 2(2): 367-472.
- Palupi, T. I., E. Prasetyo, dan Mukson. 2019. Analisis Pendapatan Usahatani Bunga Melati (*Jasminum sambac*) di Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah. J. Sosial Ekonomi Pertanian, 13(3): 396-408.
- Setiawan, F. 2018. Analisis Usahatani Tanaman Hias Bunga Melati Mini (*Jasminum Sambac* L.) (Studi Kasus: Desa Bangun Sari, Kecamatan Tanjung Morawa, Kabupaten Deli Serdang). Skripsi. Medan : Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Suciantini. 2000. Prospek Pengembangan Melati (*Jasminum sambac*) Berdasarkan Potensi Agroklimat di Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Tanah, Iklim dan Pupuk. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Suyanti, S. Prabawati, dan Sjaifullah. 2004. Standar Mutu Bunga Melati Segar Dan Untuk Bahan Baku Industri. J. Hortikultura, 14(2): 127-133.
- Yuningsih, N., Erfahmi, dan M. Ramanto. 2012. Bunga Melati Sebagai Objek Lukisan Bercorak Realis Kontemporer. J. Serupa, 1(1) : 90-100.

POTENSI PRODUKSI DAN ANALISIS EKONOMI TANAMAN SAYURAN HIDROPONIK NFT MELALUI PENGEMBANGAN BERBASIS PANEL SURYA

Muhammad Yusuf Fajri¹, Nurwindah Pujilestar² dan Anggri Hervani²

¹Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. hi.fajri@gmail.com

²Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

ABSTRAK

Hidroponik merupakan suatu sistem budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah. Air merupakan media tanam yang umum digunakan dalam budidaya sayuran hidroponik. Hidroponik dapat mengatasi keterbatasan lahan untuk bercocok tanam, unsur hara dari pupuk juga akan lebih efektif terserap tanaman serta meningkatkan produksi dan kualitas hasil panen karena lingkungannya yang lebih terjaga. Salah satu sistem hidroponik yaitu *Nutrient Film Technique* membutuhkan suplai listrik terus menerus sebagai daya pompa sirkulasi. Panel surya sebagai pengubah energi cahaya matahari menjadi listrik dapat dijadikan solusi sumber listrik dari hidroponik sistem NFT. Listrik yang dihasilkan dari panel surya akan melewati *solar charge controller* sebagai alat untuk mengatur tegangan agar tidak *overcharge*. Tegangan yang sudah stabil akan masuk untuk mengisi daya baterai atau aki yang selanjutnya digunakan untuk menghidupkan pompa sirkulasi air dan nutrisi agar dapat tersebar ke seluruh tanaman di kit hidroponik. Penghematan biaya operasional dan biaya investasi di awal harus dihitung dengan analisis usahatani untuk memastikan bahwa usaha budidaya hidroponik tanaman sayuran memenuhi kelayakan usahatani. Untuk itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk analisis potensi produksi tanaman sayuran hidroponik berbasis panel surya dan analisis ekonomi usahatani. Perhitungan R/C ratio yang dilakukan mendapatkan nilai >1 yaitu sebesar 1,77 yang menandakan bahwa usaha yang dijalankan sudah memenuhi kriteria kelayakan usaha. Perhitungan B/C ratio yang dilakukan mendapatkan nilai positif sebesar 0,77 yang menandakan bahwa usaha yang dijalankan mendapat keuntungan sebesar 77%. Perhitungan BEP menunjukkan bahwa untuk mencapai titik impas usaha tani tanaman sayuran hidroponik seharusnya harga yang diberikan pada produk sebesar Rp. 2.824 atau unit yang diproduksi dalam satu tahun sebanyak 1.440 pack.

Kata kunci: Budidaya, hidroponik, panel surya, usaha tani

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, cara budidaya hidroponik pun bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan dan tingkat efisiensinya. Budidaya sayuran hidroponik dapat dijadikan suatu alternatif dalam meningkatkan penghasilan karena memberikan keuntungan yang relatif besar dengan penggunaan lahan yang tidak terlalu luas, dan kondisi pasar potensial yang terus berkembang (Anika dan Putra, 2020). Hidroponik digunakan sebagai suatu sarana bisnis terutama bagi pebisnis tanaman yang kurang memiliki lahan untuk digunakan budidaya tanaman. Tren yang berkembang di masyarakat kelas menengah keatas untuk pola hidup sehat menggunakan bahan-bahan makanan organik semakin meningkat sehingga permintaan pasar juga semakin beragam dan mengalami peningkatan. Sayuran hidroponik memiliki pasar potensial yang terus berkembang seperti swalayan, restoran, kafe, hotel, masyarakat perumahan sehingga dengan tren peningkatan gaya hidup sehat dapat menjadikan harga produk lebih tinggi dan margin yang didapat lebih menguntungkan (Silviyanti dan Saris, 2018). Sebagai upaya pemenuhan kebutuhan sayuran yang berkembang di masyarakat, untuk hanya mengandalkan pertanian secara konvensional yaitu di lahan belum optimal ditambah lagi dengan siklus cuaca yang kurang bisa diprediksi oleh petani dan juga banyaknya faktor yang dapat mempengaruhi kualitas hasil panen saat budidaya di lahan, maka berkembanglah sistem budidaya tanaman yang lebih bisa dikontrol yaitu hidroponik.

Awal mula sistem hidroponik dikenalkan pada masyarakat adalah dengan cara yang paling sederhana, yaitu dengan drip sistem dimana akar tanaman mendapatkan suplai air yang berada pada wadah dengan kondisi air yang tergenang dan tidak tersirkulasi. Seiring perkembangan teknologi, terdapat berbagai macam teknik dalam budidaya dengan hidroponik, salah satunya yaitu teknik NFT. *Nutrient Film Technique* (NFT) yaitu metode budidaya tanaman dimana akar tanaman tumbuh pada lapisan nutrisi yang dangkal dan tersirkulasi sehingga memungkinkan tanaman memperoleh air, nutrisi dan oksigen sesuai kebutuhan tanaman (Wibowo, 2017). Kondisi air yang terus menerus tersirkulasi membuat larutan air dan nutrisi lebih tersebar merata ke setiap akar tanam, dan juga tidak membuat suatu endapan yang dapat memicu timbulnya penyakit atau jamur pada akar tanaman. Sayuran yang ditanam menggunakan metode hidroponik NFT memiliki potensi masa panen yang lebih cepat karena kondisi lingkungan yang lebih terkontrol, efisiensi penggunaan nutrisi, serta penanganan terhadap adanya organisme pengganggu tanaman (Irawati dan Widodo, 2017). Sistem hidroponik NFT memiliki berbagai faktor yang harus terpenuhi salah satunya kebutuhan listrik yang harus terus menerus tersuplai agar sirkulasi dalam hidroponik tetap berjalan sehingga persebarannya dapat merata. Biaya operasional yang harus ditanggung untuk menyediakan kebutuhan listrik cukup mahal dan juga ada kemungkinan ketika terjadi pemadaman listrik, hidroponik sistem NFT tidak mendapat suplai listrik. Solusi yang dapat diterapkan terhadap permasalahan suplai listrik adalah dengan penyediaan sumber listrik cadangan atau sebagai sumber listrik secara tetap yang tidak berasal dari PLN melainkan dari energi terbarukan yang bersumber dari cahaya matahari yaitu panel surya. Prinsip kerja dari hidroponik *solar cell* adalah menangkap cahaya matahari, menstabilkan tegangan, penyimpanan tenaga dalam aki, dan penggunaan energi oleh pompa DC (Suprayitno et al., 2018).

Kebutuhan biaya yang ditanggung dalam budidaya tanaman sayuran hidroponik harus diperhitungkan ketika produksi panen tanaman sayuran akan diperjualbelikan kepada konsumen. Perhitungan yang dilakukan adalah analisis usaha tani terhadap kegiatan budidaya tanaman sayuran secara hidroponik. Anal-

Analisis usaha tani dilakukan untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dikeluarkan di awal sebagai investasi modal, perhitungan biaya operasional bulanan serta perhitungan terhadap margin yang ingin ditetapkan agar hasil usaha mendapatkan keuntungan. Perhitungan analisis usaha tani terdiri dari biaya tetap, biaya variable, pendapatan, R/C rasio dan B/C rasio. Untuk mengetahui bahwa usaha budidaya tanaman sayuran secara hidroponik memenuhi kelayakan usaha untuk dijalankan, hasil dari perhitungan analisis usaha tani harus memperoleh nilai yang baik. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi produksi tanaman sayuran hidroponik berbasis panel surya serta menganalisis ekonomi usahatani.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan observasi terhadap kegiatan budidaya tanaman sayuran secara hidroponik sistem NFT berbasis panel surya di Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Data yang dibutuhkan diantaranya adalah biaya investasi di awal untuk alat dan bahan hidroponik, potensi jumlah tanaman, hasil produksi sayuran hidroponik, dan harga jual hasil panen tanaman. Perhitungan analisis usaha tani yang dilakukan yaitu menggunakan cara sebagai berikut :

Biaya produksi merupakan biaya investasi di awal yang dikeluarkan atau biaya tetap ditambahkan dengan biaya habis pakai atau biaya variabel yang dikeluarkan dalam satu tahun.

$$\text{Biaya Produksi} = \text{Biaya Variabel} + \text{Biaya Tetap}$$

$$\text{Biaya Variabel} = \text{Biaya Variabel per bulan} \times 12 \text{ Bulan}$$

Kelayakan usaha terhadap budidaya tanaman sayuran hidroponik di Balitklimat dihitung dengan membagi antara biaya penerimaan dengan biaya total dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{R/C rasio} = \text{Revenue (biaya penerimaan)} / \text{Cost (biaya total)}$$

Benefit cost ratio merupakan perbandingan antara keuntungan dengan biaya yang dikeluarkan, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{B/C ratio} = \text{Benefit (pendapatan)} / \text{Cost (biaya total)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Budidaya Sayuran Hidroponik Sistem NFT

Budidaya tanaman sayuran melalui hidroponik memiliki berbagai tahap untuk sampai pada proses pemanenan, diantaranya adalah persiapan media tanam, persiapan instalasi hidroponik, skarifikasi benih, penyiwaan, pindah tanam, pemberian nutrisi, pemeliharaan, pemanenan hingga pasca panen. Persiapan media tanam dilakukan dengan mempersiapkan media yang akan dipakai yaitu *rockwool*. *Rockwool* yang digunakan berukuran 16x8 cm yang dipotong berbentuk kubus dengan ukuran 2x2x2 cm. Pemotongan *rockwool* dilakukan dengan menggunakan gergaji kecil/cutter dan dialasi nampan agar *rockwool* terpotong dengan sempurna dan tidak rusak. Media tanam *rockwool* yang digunakan berfungsi sebagai tempat tumbuhnya akar sekaligus berfungsi menyerap dan menyimpan air yang mengandung nutrisi untuk akar tanaman yang nantinya diserap oleh tanaman.

dilakukan dengan menggunakan gergaji kecil/cutter dan dialasi nampan agar *rockwool* terpotong dengan sempurna dan tidak rusak. Media tanam *rockwool* yang digunakan berfungsi sebagai tempat tumbuhnya akar sekaligus berfungsi menyerap dan menyimpan air yang mengandung nutrisi untuk akar tanaman yang nantinya diserap oleh tanaman.

Persiapan instalasi hidroponik dilakukan pada awal sebelum melakukan penanaman sebagai upaya pengecekan atau pembersihan sebelum dipakainya kit hidroponik pada periode tanam selanjutnya. Pengecekan dilakukan pada setiap alat yang terpasang dalam hidroponik seperti kebersihan pipa, berfungsi SCC, pompa DC hingga perangkat yang saling tersambung satu sama lain. Penyemaian merupakan tahap awal dalam budidaya yaitu dengan melakukan penanaman benih yang sudah diskarifikasi dengan air hangat bersuhu sekitar 40-50°C selama semalam (12 jam), lalu ditanam pada media tanam yang telah disiapkan. Setiap satu buah *rockwool* diisi dengan 5-7 benih tanaman yang berukuran kecil namun bisa juga hanya satu benih untuk ukuran yang besar. Hasil benih yang telah disemai pada *rockwool* disimpan pada ruang yang tidak terkena cahaya matahari secara langsung selama 1 hari untuk mempercepat tumbuh, setelah benih mulai berkecambah maka diletakkan pada luar ruangan yang tercukupi penyinaran matahari agar tidak etiolasi serta temperaturnya sesuai kebutuhan tumbuh benih dan dilakukan pemeliharaan yaitu pemberian air menggunakan sprayer dengan tujuan menjaga *rockwool* agar tetap lembab dan tidak mengalami kekeringan. Selanjutnya dilakukan pindah tanam pada tanaman yang setidaknya sudah memiliki helai daun sebanyak 3-4 helai. Pindah tanam dilakukan dengan meletakkan *rockwool* yang telah ditumbuhi tanaman ke dalam netpot dan dipasangkan pada lubang kit hidroponik.

Pemeliharaan yang dilakukan pada tanaman sayuran hidroponik diawali dengan penyulaman, yaitu mengganti tanaman yang tidak tumbuh setelah pindah tanam dalam jangka waktu 7-20 hari setelah semai. Pemberian nutrisi merupakan hal pokok dalam hidroponik karena hanya dengan air saja tanaman tidak mendapatkan suplai kebutuhan nutrisi sehingga perlu penambahan zat nutrisi untuk tumbuh tanaman. Nutrisi yang digunakan adalah ABmix dan dengan menjaga kondisi larutan tetap berada pada kisaran 900-1200 PPM untuk keadaan optimal bagi tanaman. Pengukurannya dilakukan dengan TDS meter. Tanaman yang semakin tumbuh besar dicek apakah terkendala dan terkena serangan OPT atau tidak. OPT yang sering menyerang tanaman sayuran hidroponik adalah belalang, ulat daun, kutu daun dan juga penyakit busuk akar. Serangan OPT pada tanaman sayuran hidroponik dapat ditangani dengan cara manual ketika serangan yang terjadi dalam skala kecil, namun dalam skala besar dapat dilakukan penanganan secara kimiawi yaitu dengan penyemprotan pestisida alami maupun buatan. Tanaman yang sudah melewati umur sekitar 21-35 hari setelah tanam menandakan bahwa sudah masuk masa pemanenan (Silviyanti dan Sari, 2018). Pemanenan dilakukan dengan mengambil seluruh bagian tanaman termasuk *rockwool* pada akar dan dilakukan pada pagi hari saat kondisi tanaman dalam keadaan segar. Tanaman yang sudah dipanen dilakukan pembersihan dan sortir untuk pengecekan kualitas, lalu dilakukan pengemasan dan hasil panen sudah siap jual. Adapun beberapa tahapan budidaya tanaman sayuran hidroponik NFT berbasis panel surya disajikan pada gambar berikut :



Gambar 1. Persiapan media tanam



Gambar 2. Penyemaian



Gambar 3. Pindah Tanam



Gambar 4. Pemberian nutrisi



Gambar 5. Pengecekan OPT dan Kesehatan tanaman



Gambar 6. Hasil panen untuk dijual ke konsumen

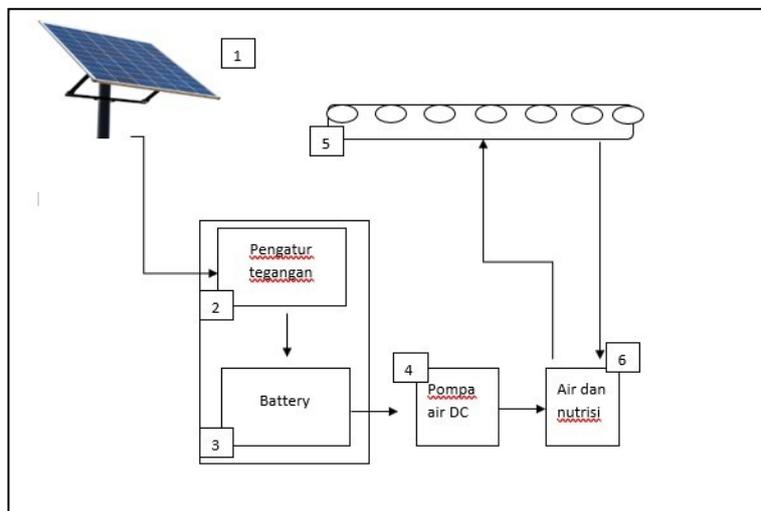
Hidroponik Sistem NFT berbasis Solar Cell

Sistem kerja dari hidroponik semi NFT berbasis panel surya yaitu energi dari cahaya matahari ditangkap oleh panel surya dan dikonversikan menjadi energi listrik yang akan digunakan untuk menjalankan alat pompa sirkulasi air dan nutrisi sekaligus menyimpan daya, namun ketidakstabilan tegangan yang diterima panel surya dapat membuat *overcharged* pada baterai atau aki sehingga dapat mempercepat kerusakan alat (Samsurizal dan Aji, 2021). Solusi dari hal tersebut adalah diterapkannya penggunaan *charge controller* untuk menstabilkan tegangan yang masuk dari panel surya ke baterai atau aki. *Charging* dilakukan pada saat terdapat cahaya matahari, keadaan tidak ada cahaya matahari akan otomatis membuat panel surya berhenti bekerja, pompa sirkulasi akan tetap hidup karena masih terdapat daya yang tersimpan pada baterai untuk beberapa jam bergantung pada kapasitas baterai dan besar kebutuhan daya pompa. Setelah daya baterai habis, pompa akan mati namun tanaman tetap mendapatkan nutrisi dikarenakan aliran air pada hidroponik dibuat menggenang serta daya simpan larutan nutrisi dari *rockwool* hingga keesokan harinya. Rangkaian kit hidroponik NFT berbasis panel surya disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 7. Rangkaian kit hidroponik NFT berbasis panel surya

Secara rinci alur dari setiap perangkat dan rangkaian hidroponik NFT berbasis panel surya disajikan dalam ilustrasi 1.



Ilustrasi 1. Rangkaian

kit hidroponik NFT

berbasis panel surya

Perancangan dari kit hidroponik sistem NFT berbasis panel surya secara rinci adalah sebagai berikut :

1. Modul surya tersusun dari beberapa lempeng sel surya, selanjutnya dirangkai dalam hubungan seri dan paralel sehingga didapat daya keluaran yang diinginkan, secara umum tegangan terbuka tiap sel surya adalah sekitar 0,6 V. Arus optimal panel surya adalah pada 1,92 Ampere, suhu optimum pada 37,4°C, sudut panel optimal terhadap matahari adalah 25-35°C (Syahab et.al, 2019). Jenis modul surya 100 wp dipasang secara paralel sebanyak 2 buah untuk kit hidroponik yang kecil, sedangkan untuk kit hidroponik yang sedang dipasang 3 gabungan panel surya. Pada *solar cell* 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16-21 Volt.
2. Tegangan masukan dari panel surya akan masuk ke dalam modul *solar charge controller*. Fungsi dari modul ini adalah sebagai pemutus otomatis pada saat pengisian baterai, agar baterai tidak cepat rusak dikarenakan pengisian tegangan yang terus menerus. Contoh modul *solar charge controller* adalah tipe PWM SOLAR CHARGE CONTROLLER SLC NR2410A. Sebagian besar panel surya PV 12 V menghasilkan tegangan keluar (V-Out) sekitar 16 V sampai 20 V DC, dimana umumnya baterai 12 V membutuhkan

3. Perancangan hidroponik sistem semi NFT berbasis sel surya dapat menggunakan jenis aki atau baterai *industrial lead acid*, merupakan jenis yang banyak digunakan yaitu tipe baterai VRLA Deep Cycle JS12-12; 12V 12Ah. Dalam penggunaannya, tipe baterai ini memiliki batas ideal 80%. Nilai tegangan baterai konstan yaitu 12V, 12Ah maka energi yang tersimpan di baterai adalah 144 Wh. Total suplai kebutuhan jika pompa menggunakan daya 20 Watt maka pompa akan bertahan $(12 \text{ Ah} \times 12 \text{ Watt} \times 0,8) / (20 \text{ Watt}) = 5\text{-}6$ jam (Samsurizal dan Aji, 2021). Daya yang tersimpan dalam baterai digunakan untuk menyalakan pompa DC.
4. Pompa DC berfungsi untuk menyalurkan air dan nutrisi untuk tanaman. Pompa memerlukan catu daya, maka dari itu catu daya yang digunakan bersumber dari tenaga surya yang dikonversi menjadi tenaga listrik. Pemanfaatan daya listrik dari panel surya mampu menggerakkan pompa dengan jenis DC mencapai ketinggian 3,2 meter dengan efisiensi debit air yang dihasilkan masih sebesar 38%. Spesifikasi pomp DC yang digunakan yaitu bertegangan 12V dengan kekuatan mengalirkan debit air sebesar 600L/H.
5. Rangkaian *hydroponic nutrient film technique* (nft) menggunakan pipa pvc ukuran 2 inch dengan setiap panjang 100 cm terdapat 9 lubang tanaman dan dapat disusun berjumlah 6 pipa sejajar. Debit air yang mengalir pada pipa hidroponik sebesar 600 L/h dan ketinggian maksimum tekanan air adalah 3,2 m, namun untuk mengoptimalkan sirkulasi air maka ketinggian dibuat 1,8 m sehingga rangkaian hidroponik dapat dibuat secara bertingkat.

Analisis Usaha Tani

Analisis usaha tani dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah usaha yang sedang dijalankan memiliki nilai keuntungan dan juga memenuhi nilai kelayakan usaha. Analisis usaha tani hidroponik tanaman sayuran di Balitklimat dilakukan dengan menggunakan perhitungan struktur biaya, penerimaan, keuntungan, kelayakan usaha dan titik impas dalam 1 tahun produksi.

1. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap adalah pengeluaran yang tidak bergantung pada tingkat barang yang dihasilkan dari bisnis yang dijalankan. Perhitungan penyusutan diperhitungkan agar perusahaan dapat melakukan reinvestasi atas sarana dan prasarana yang digunakan.

Biaya tetap per tahun di Balitklimat meliputi:

Tabel 1. Komponen Biaya Tetap

Keterangan	Harga	Nilai Sisa	Jangka Usia	Biaya Penyusutan	Jumlah
Rangkaian kit hidroponik (3)	Rp. 12.400.000	Rp. 5.000.000	5	Rp. 1.480.000	
Panel surya (7)	Rp. 6.314.000	Rp. 2.800.000	5	Rp. 702.800	
SCC (3)	Rp. 177.000	Rp. 60.000	5	Rp. 23.400	
Aki (3)	Rp. 750.000	Rp. 240.000	5	Rp. 102.000	
Pompa sirkulasi (3)	Rp. 171.000	Rp. 60.000	5	Rp. 22.200	
TDS meter (1)	Rp. 155.000	Rp. 50.000	5	Rp. 21.000	
Baki semai (8)	Rp. 128.000	Rp. 24.000	5	Rp. 20.800	
Ember dll	Rp. 200.000	Rp. 20.000	5	Rp. 36.000	
Biaya air					Rp. 600.000
Total				Rp. 2.408.200	Rp. 600.000
Total Biaya Tetap				Rp. 3.008.200	

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa komponen biaya tetap yang dimiliki oleh Balitklimat sebesar Rp. 3.008.200 dengan jangka usia 5 tahun. Biaya yang besar ini dikarenakan kebutuhan alat hidroponik.

2. Biaya Variabel

Biaya variabel adalah biaya yang bisa berubah tergantung produksi yang dikeluarkan. Biaya variabel bisa naik atau turun tergantung pada volume produksi perusahaan. Biaya variabel ini dapat dihitung sebagai jumlah biaya marginal (*marginal cost*) dari semua unit yang diproduksi.

Tabel 2. Komponen Biaya Variabel.

Keterangan	Jumlah	Jumlah
Benih	1 pack	Rp. 12.000
Rockwool	3 slab	Rp. 165.000
Nutrisi	2 liter	Rp. 60.000
Kemasan	150 pcs	Rp. 112.500
Total Biaya Variabel		Rp. 349.500

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa total biaya variable yaitu sebesar Rp. 349.500 dimana terdiri dari biaya barang habis pakai.

3. Biaya Produksi/Biaya Total

Biaya produksi merupakan gabungan dari biaya tetap dan biaya variable yang dikeluarkan oleh Balitklimat dalam melakukan budidaya dan produksi tanaman hidroponik. Rincian biaya produksi di Balitklimat yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Biaya Total} &= \text{Biaya Variabel} + \text{Biaya Tetap} \\ \text{Biaya Variabel} &= \text{Biaya Variabel per bulan} \times 12 \text{ Bulan} \\ &= \text{Rp. } 349.500 \times 12 \text{ bulan} \\ &= \text{Rp. } 4.194.000 \\ \text{Biaya Total} &= \text{Rp. } 3.008.200 + \text{Rp. } 4.194.000 \\ &= \text{Rp. } 7.202.200 \end{aligned}$$

4. Penerimaan

Penerimaan dihitung pada suatu usaha dipengaruhi oleh harga barang yang dijual dan juga jumlah barang yang dapat dijual dalam kegiatan produksi. Usaha budidaya hidroponik di Balitklimat memiliki lubang tanam kurang lebih sebanyak 1200 dimana dalam satu pack sayuran hasil panen seberat 300gram berasal dari 8 lubang tanam sehingga dalam satu periode tanam dapat menghasilkan panen sebanyak 150 pack. Harga untuk 1 pack hasil panen bayam hijau yaitu Rp. 5.000. Perhitungan penerimaan dalam satu tahun dihitung dengan data produktivitas sayuran bayam hijau dalam satu periode tanam yaitu sekitar 21 hss. Rincian penerimaan sayuran hidroponik Balitklimat dalam satu tahun adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Penerimaan/tahun} &= \text{Jumlah Produksi (pack)} \times \text{harga (Rp)} \\ &= 2.550 \text{ pack} \times \text{Rp. } 5.000 \\ &= \text{Rp. } 12.750.000 \end{aligned}$$

5. Pendapatan

Pendapatan merupakan indikator dari keuntungan usahatani. Perhitungan pendapatan dari usahatani budidaya sayuran hidroponik Balitklimat adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan} &= \text{Biaya Penerimaan} - \text{Biaya Total} \\ &= \text{Rp. } 12.750.000 - \text{Rp. } 7.202.200 \\ &= \text{Rp. } 5.547.800 \end{aligned}$$

6. R/C Rasio

Kelayakan usaha merupakan perhitungan untuk mengetahui bahwa usaha yang dijalankan menghasilkan profit dan layak untuk dijalankan. R/C rasio dihitung dengan membagi total penerimaan dan total biaya. Usaha dikategorikan efisien apabila memiliki nilai R/C rasio >1. Perhitungan efisiensi usaha sayuran hidroponik di Balitklimat dalam kurun satu tahun adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{R/C} &= \text{Revenue/Cost} \\ &= \text{Rp. } 12.750.000 / \text{Rp. } 7.202.200 \\ &= 1,77 \end{aligned}$$

Kelayakan usaha dari budidaya sayuran secara hidroponik di Balitklimat sebesar 1,77 atau >1, sehingga dapat dikatakan bahwa usaha tersebut sudah layak dijalankan.

7. B/C Rasio

Benefit cost ratio atau B/C rasio merupakan perbandingan antara keuntungan dengan biaya yang dikeluarkan. Perhitungan dari B/C rasio usahatani budidaya sayuran hidroponik di Balitklimat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{B/C rasio} &= \text{Benefit/Cost} \\ &= \text{Rp. 5.547.800/Rp. 7.202.200} \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

8. BEP (*Break Even Point*)

Break event point merupakan titik impas dari suatu usaha sehingga perlu dianalisis untuk mengetahui jumlah minimum sayuran yang harus terjual agar hasil penerimaan sama dengan jumlah biaya yang dikeluarkan. Kondisi ini ditujukan agar usaha yang dijalankan tidak mengalami kerugian, namun juga belum mendapatkan keuntungan. Berikut perhitungan dari BEP tanaman sayuran hidroponik di Balitklimat :

- BEP Rupiah

$$\begin{aligned} \text{BEP Rupiah} &= \text{Total Pengeluaran} : \text{Total Produksi per Tahun} \\ &= \text{Rp. 7.202.200} : 2.550 \text{ pack} \\ &= \text{Rp. 2.824} \end{aligned}$$

Dengan total produksi sebanyak 2.550 pack, maka usaha budidaya sayuran hidroponik akan mengalami titik impas atau tidak mengalami keuntungan maupun kerugian jika dijual pada harga Rp. 2.824.

- BEP Unit

$$\begin{aligned} \text{BEP Unit} &= \text{Total Pengeluaran} : \text{Harga per pack} \\ &= \text{Rp. 7.202.200} : \text{Rp. 5.000} \\ &= 1.440 \text{ pack} \end{aligned}$$

Dengan harga sebesar Rp. 5.000 untuk satu pack, maka usaha budidaya sayuran hidroponik akan mengalami titik impas atau tidak mengalami keuntungan maupun kerugian jika dapat memproduksi sebanyak 1.440 *pack*.

KESIMPULAN

Perancangan hidroponik NFT berbasis panel surya dapat menjadi solusi penghematan biaya operasional dalam budidaya hidroponik NFT, karena tidak bergantungnya pada sumber listrik PLN yang dapat menambah biaya pengeluaran, serta adanya potensi pemadaman sehingga kemungkinan tidak ada sumber listrik cadangan. Rangkaian hidroponik NFT berbasis panel surya antara lain modul surya, *solar charge controller*, aki, pompa air DC, kit hidroponik. Selama satu kali masa periode tanam yaitu sekitar 21 HSS setidaknya pemanenan dilakukan sebanyak 3-4 kali dimana hasil panen dalam satu periode tanam dapat mencapai 150 *pack* sayuran segar. Pemasaran yang dilakukan yaitu secara langsung ke konsumen atau secara daring melalui aplikasi *whatsapp* dimana target konsumen yang dipilih yaitu masyarakat perumahan atau civitas kantor. Perhitungan R/C ratio yang dilakukan mendapatkan nilai >1 yaitu sebesar 1,77 yang menandakan bahwa usaha yang dijalankan sudah memenuhi kriteria kelayakan usaha. Perhitungan B/C ratio yang dilakukan mendapatkan nilai positif sebesar 0,77 yang menandakan bahwa usaha yang dijalankan mendapat keuntungan sebesar 77%. Perhitungan BEP menunjukkan bahwa untuk mencapai titik impas usaha tani sayuran hidroponik seharusnya harga yang diberikan pada produk sebesar Rp. 2.824 atau unit yang diproduksi dalam satu tahun sebanyak 1.440 *pack*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anika, N., dan E. P. D. Putra. 2020. Analisis pendapatan usahatani sayuran hidroponik dengan sistem *deep flow technique* (dft). J. Teknik Pertanian Lampung. 9(4): 367-373.
- Irawati, T., dan S. Widodo. 2017. Pengaruh umur bibit dan umur panen terhadap pertumbuhan dan produksi hidroponik NFT tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) varietas grand rapids. J. Ilmiah Hijau Cendekia. 2(2): 21-26.
- Samsurizal, S., dan M. T. Aji. 2021. Pemanfaatan tenaga surya pada photovoltaic jenis polycrystalline untuk catu daya tanaman hidroponik. J. Energi dan Kelistrikan. 13(1): 58-66.
- Silviyanti, N. A., dan S. Sari. 2018. Pengaruh metode penanaman hidroponik dan konvensional terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah. J. Agribios. 16(2): 49-54.
- Suprayitno, E. A., R. Dijaya, dan M. Atho'llah. 2018. Otomasi sistem hidroponik dft (*deep flow technique*) berbasis arduino android dengan memanfaatkan panel surya sebagai energi alternatif. J. ELINVO (Electronics, Informatics, and Vocational Education). 3(2): 30-37.
- Syahab, A. S., H. C. Romadhon, dan M. L. Hakim. 2019. Rancang bangun solar tracker otomatis pada pengisian energi panel surya berbasis Internet of Things. J. Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 6 (2): 21-29.
- Wibowo, S. 2017. Aplikasi hidroponik NFT pada budidaya pakcoy (*Brassica rapa chinensis*). J. Penelitian Pertanian Terapan. 13(3): 159-167.

EFISIENSI PENGGUNAAN AIR DALAM SISTEM IRIGASI LAHAN DAN HIDROPONIK

Anggraeni Nur Hidayah¹, Nurwindah Pujilestar² dan Anggri Hervani²

¹Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. anggernh@gmail.com

²Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan penting untuk tanaman yang harus tercukupi. Tanaman menyerap air kemudian digunakan sebagai bahan yang membantu proses fisiologis pada tanaman. Kekurangan air pada tanaman dapat memberi dampak buruk diantaranya tanaman layu, kering, proses pembungaan dan pembuahan terhambat sehingga menurunkan produktivitas dan kualitas tanaman. Pemenuhan kebutuhan air tanaman tidak dapat tercukupi sepenuhnya oleh air hujan mengingat cuaca atau curah hujan yang sewaktu-waktu dapat berubah serta intensitas hujan yang tidak merata. Hal tersebut dapat teratasi dengan pemberian air melalui irigasi. Irigasi dapat diberikan pada tanaman yang ditanam di lahan pertanian dengan berbagai model dan jenis irigasi. Pemberian air irigasi disesuaikan dengan kebutuhan air tanaman yang tidak dapat tercukupi oleh air hujan. Namun terdapat alternatif penanaman yang dapat meminimalisir penggunaan air irigasi yaitu penanaman dengan sistem hidroponik. Sistem hidroponik dinilai dapat menghemat penggunaan air dikarenakan sistem yang tertutup dapat mengurangi kemungkinan terbuangnya air atau air yang mengalami evaporasi. Sistem hidroponik dinilai efektif dan efisien untuk memenuhi kebutuhan air tanaman dan menghemat air hingga 60%. Efisiensi penggunaan air dapat dilihat berdasarkan neraca air dengan membandingkan air yang diberikan dengan air yang tersisa.

Kata kunci : Evaporasi, hidroponik, irigasi

PENDAHULUAN

Kebutuhan air tanaman merupakan jumlah air yang harus terpenuhi untuk tanaman sehingga dapat melakukan proses fisiologi dengan baik. Jumlah kebutuhan air tanaman berbeda-beda untuk setiap jenis tanaman dengan memerhatikan jenis tanaman serta iklim yang meliputi suhu serta curah hujan di suatu daerah. Kebutuhan air tanaman tidak selalu dapat tercukupi oleh air hujan terutama untuk daerah yang beriklim relatif kering sehingga intensitas curah hujan rendah. Hal tersebut dapat diatasi dengan pemberian air irigasi melalui model dan jenis irigasi tertentu yang disesuaikan dengan kebutuhan air tanaman. Tujuan irigasi yaitu untuk mengalirkan air secara teratur sesuai dengan kebutuhan tanaman ketika persediaan lengas tanah tidak mencukupi untuk mendukung pertumbuhan tanaman sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal (Susanawari dan Suharto, 2017). Irigasi dapat dibedakan menjadi 4 sistem yaitu sistem irigasi permukaan (*surface irrigation*), sistem irigasi curah (*sprinkler*), sistem irigasi tetes (*deep/trickle*), dan sistem irigasi bawah permukaan (*subsurface irrigation*) yaitu langsung memberikan air ke lahan pertanian dengan memanfaatkan gravitasi maupun penyiraman langsung (Habib et al., 2019).

Setiap jenis tanaman menyerap air dalam jumlah yang berbeda bergantung pada jenis dan tahap pertumbuhan tanaman. Pemberian air yang tidak tepat seperti terlalu banyak air menyebabkan terjadi pembusukan akar akibat kelebihan air (Fuadi et al., 2016). Pemberian air irigasi pada lahan memerlukan air yang relatif banyak dikarenakan aliran air dapat terbuang atau mengalami evaporasi sehingga presentase air diserap tanaman relatif kecil dengan perhitungan 70-75% air menguap melalui proses evaporasi dan 5% dari sisa air mengalami proses *run off*. Dengan demikian untuk sistem penanaman di lahan dengan diberi pengairan melalui irigasi dapat diperhitungkan presentase air yang diserap tanaman kurang lebih 1-10%. Penanaman menggunakan sistem hidroponik juga memerlukan air sebagai kebutuhan utama tanaman namun pada sistem hidroponik penggunaan air dapat lebih efisien. Sistem hidroponik mengalirkan air dengan aliran yang langsung mengalirkan air ke akar tanaman sehingga dapat diserap secara langsung oleh akar tanaman. Hal tersebut menjadikan sistem hidroponik dinilai lebih efisien dalam penggunaan air sehingga mampu menekan biaya produksi serta mengonservasi ketersediaan air. Kelebihan hidroponik sistem NFT yaitu hemat dalam penggunaan air karena sistem kerjanya bersifat resirkulasi sehingga air dapat digunakan secara berulang dan tidak terbuang (Arifin, 2016). Hidroponik yang digunakan yaitu sistem semi NFT (*Nutrient Film Technique*) dengan aliran terbuka namun dalam penghitungan penggunaan air dilakukan tanpa menghitung curah hujan yang masuk ke dalam saluran air pipa hidroponik. Untuk dapat menghitung jumlah air yang digunakan tanaman pada sistem hidroponik dapat dilakukan dengan menghitung selisih jumlah air yang diberikan untuk tanaman dengan jumlah kehilangan air menggunakan metode neraca air.

Neraca air merupakan perincian tentang semua masukan, keluaran, dan perubahan simpanan air yang terdapat pada suatu lahan untuk menetapkan jumlah air yang terkandung di dalam tanah yang menggambarkan perolehan air (surplus atau defisit) dari waktu ke waktu (Paski et al., 2017). Perincian dari neraca air merupakan perhitungan yang mencakup kebutuhan air tanaman hingga pemberian air irigasi untuk tanaman. Metode yang dapat digunakan yaitu metode Thornthwaite yang menghitung neraca air berdasarkan pasokan (input) dan luaran air (output) dalam rentang waktu tertentu. Faktor yang penting

berdasarkan pasokan (input) dan luaran air (output) dalam rentang waktu tertentu. Faktor yang penting untuk menghitung neraca air adalah data air hujan, suhu udara, tutupan lahan, serta jenis dan kondisi tanah di tempat yang akan diteliti (Hartanto, 2017). Pemberian air irigasi disesuaikan dengan kebutuhan air tanaman, salah satunya tanaman bayam hijau. Irigasi diberikan untuk memenuhi kebutuhan air yang tidak dapat dipenuhi oleh curah hujan pada daerah tersebut. Kebutuhan air tanaman bayam hijau secara umum yaitu sebesar $9,4 \text{ m}^3$ untuk setiap lahan seluas 50 m^2 (Tarigan, 2008). Dengan demikian untuk lahan seluas 50 m^2 memerlukan air sebanyak 94 liter untuk memenuhi kebutuhan air pada tanaman bayam hijau secara umum.

METODOLOGI

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada periode tanam Agustus 2021 sampai Oktober 2021 dengan melakukan observasi jumlah air yang digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan irigasi. Data yang dibutuhkan diantaranya jumlah air yang diberikan, jumlah air yang tersisa, dan data iklim berupa suhu dan curah hujan daerah Bogor Tengah sejak awal masa tanam hingga akhir masa tanam.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan membandingkan penggunaan air pada penanaman bayam dengan sistem hidroponik dan secara konvensional. Metode yang dilakukan yaitu benih tanaman bayam hijau Maestro disiapkan kemudian diskarifikasi pada suhu kurang lebih 40°C selama 24 jam. Benih yang sudah diskarifikasi kemudian disemai pada *rockwool* dengan ukuran $1,5 \times 1,5 \text{ cm}$. Penyemaian bayam dilakukan selama 10 hari kemudian dipindahkan ke dalam netpot. Semai bayam yang sudah dipindahkan ke dalam netpot kemudian diletakkan pada lubang tanam kit hidroponik. Pemeliharaan tanaman bayam dilakukan dengan memberikan nutrisi berupa AB Mix, mengecek kandungan nutrisi, mengendalikan hama yang menyerang tanaman, serta menambahkan air ke dalam bak penampung air pada kit hidroponik. Penambahan air tersebut yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan penggunaan air pada penanaman bayam secara hidroponik. Terdapat total 3 kit hidroponik yang ditanami tanaman bayam dengan penggunaan air yang berbeda-beda. Pada kit 1 tercatat pemberian air sebanyak 4 kali selama masa tanam dari Agustus – Oktober 2021 yaitu sebanyak 150 liter, 112,5 liter, 37,5 liter, dan 75 liter. Penambahan air pada kit 1 dilakukan pertama kali setelah pindah tanam yaitu pada tanggal 8 September 2021 dan terakhir ditambahkan sebelum masa panen yaitu pada tanggal 4 Oktober 2021. Penambahan air pada kit 2 dilakukan sebanyak 2 kali yaitu 150 liter dan 75 liter yang dilakukan pada tanggal 8 September 2021 dan 21 September 2021. Pada kit 3 pemberian air dilakukan sebanyak 4 kali yaitu 150 liter, 75 liter, 37,5 liter, dan 75 liter yang diberikan pertama kali pada tanggal 8 September 2021 dan terakhir kali pada 4 Oktober 2021 yaitu sebelum dilakukan pemanenan.

Berdasarkan data tersebut diperoleh total pemberian air pada hidroponik kit 1, kit 2, dan kit 3 masing-masing yaitu 375 liter, 225 liter, dan 337,5 liter serta jumlah air yang tersisa pada kit 1, kit 2, dan kit 3 pada akhir masa penanaman yaitu masing-masing sebesar 225 liter, 75 liter, dan 187,5 liter. Dengan demikian diketahui volume air yang digunakan selama masa tanam pada masing-masing kit hidroponik yaitu 150 liter. Volume total air yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung persentase penggunaan air dengan cara membandingkan volume total air yang digunakan dengan volume total air yang diberikan selama masa tanam. Persentase penggunaan air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ penggunaan air} = \frac{\text{volume total air yang digunakan}}{\text{volume total air kontrol}} \times 100\%$$

Persentase penggunaan air kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik. Efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi penggunaan air} = 100\% - \% \text{ penggunaan air pada teknik hidroponik}$$

Metode penelitian untuk mengetahui penggunaan air di lahan dilakukan dengan menghitung kebutuhan air irigasi. Data yang diperlukan untuk perhitungan kebutuhan air irigasi berupa curah hujan dan suhu pada wilayah Bogor Tengah serta nilai Kc tanaman bayam pada tiap masa tanam. Nilai Kc merupakan koefisien tanaman yang berbeda pada tiap masa tanam dan berbeda pula pada tiap tanaman. Data curah hujan kemudian dirata-rata untuk periode tanam per 30 hari. Setelah memperoleh data rata-rata curah hujan dan rata-rata suhu, kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan metode Thornthwaite. Analisis neraca air tanaman menggunakan metode Thornthwaite dilakukan dengan nilai evapotranspirasi tanaman (ETC) dalam perhitungan nilai evapotranspirasi aktual (ETA) di lapangan (Perwitasari dan Bafdal, 2016).

Perhitungan Penggunaan Air dengan Neraca Air

Perhitungan dilakukan menggunakan neraca air sebagai berikut :

$$\Delta W = W_i - W_o$$

Keterangan :

ΔW = perubahan kandungan air dalam tanah

W_i = jumlah air yang diberikan

W_o = jumlah air yang diambil

Secara rinci perhitungan penggunaan air pada teknik hidroponik sebagai berikut:

a. Hidroponik Kit I

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang digunakan (a)} &= 375 - 225 \text{ liter} \\ &= 150 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ penggunaan air} &= \frac{\text{volume total air yang digunakan}}{\text{volume total air kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{150}{375} \times 100\% = 40\% \end{aligned}$$

b. Hidroponik Kit 2

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang digunakan (a)} &= 225 - 75 \text{ liter} \\ &= 150 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{penggunaan air} &= \frac{\text{volume total air yang digunakan}}{\text{volume total air kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{150}{225} \times 100\% = 66,7\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi penggunaan air} &= 100\% - 66,7\% \\ &= 33,3\% \end{aligned}$$

c. Hidroponik Kit 3

$$\begin{aligned} \text{Volume air yang digunakan (a)} &= 337,5 - 187,5 \text{ liter} \\ &= 150 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{penggunaan air} &= \frac{\text{volume total air yang digunakan}}{\text{volume total air kontrol}} \times 100\% \\ &= \frac{150}{337,5} \times 100\% = 44,4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi penggunaan air} &= 100\% - 44,4\% \\ &= 55,6\% \end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Metode Thornthwaite

Secara rinci perhitungan kebutuhan air irigasi sebagai berikut:

Perhitungan ETP. ETP merupakan evapotranspirasi potensial tanaman yang akan digunakan sebagai acuan pemberian air irigasi. Evaporasi potensial merupakan laju evapotranspirasi yang terjadi dengan anggapan persediaan air dan kelembaban tanah cukup sepanjang waktu (Sholikhati et al., 2013). Air irigasi diberikan untuk memenuhi kehilangan air pada tanaman melalui evapotranspirasi. Evapotranspirasi terdiri dari proses evaporasi yaitu perpindahan air dari permukaan tanah ke atmosfer serta proses transpirasi yang merupakan perpindahan air dari tanaman ke atmosfer melalui permukaan daun. Perhitungan nilai ETP dapat dilakukan menggunakan metode Thornthwaite sebagai berikut:

Heat Index (Indeks Bahang)

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$$

Nilai a

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,000071 I^2 + 0,017921 I + 0,49239$$

Menghitung nilai ETP untuk suhu rata-rata <26,5 °C menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{ETP (mm/bulan)} = 1,6 (10 t/I)^a$$

Menghitung nilai ETP untuk suhu rata-rata >25 °C menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{ETP (mm/bulan)} = -0,0433 t^2 + 3,2244 t - 41,545$$

Menghitung nilai ETP Terkoreksi

$$\text{ETP}^* = \text{ETP} \times F$$

Nilai F diperoleh dari nilai F tabel dimana menunjukkan periode bulan dan garis lintang suatu daerah.

Perhitungan ETC. ETC merupakan nilai evapotranspirasi potensial pada suatu tanaman tertentu. Nilai ETC dihitung dengan mengalikan ETP dengan Kc yaitu koefisien tanaman yang disesuaikan pada jenis tanaman dan tahap pertumbuhan. Berbagai jenis tanaman mempunyai kebutuhan air yang bervariasi, bergantung pada jenis dan tahap pertumbuhan tanaman (Sari et al., 2011). Nilai Kc pada tanaman bayam hijau per 2 minggu masa tanam berturut-turut mulai dari masa awal tanam hingga masa panen yaitu 0,45; 0,60; 1,00; 0,90.

$$\text{ETC (mm/bulan)} = \text{ETP}^* \times \text{Kc}$$

Perhitungan Hujan Efektif (He). Hujan efektif merupakan bagian dari total hujan yang digunakan untuk keperluan tanaman. Metode empirik yang digunakan untuk menghitung hujan efektif sebagai berikut:

Curah hujan >60 mm/bulan

$$\text{Peff (mm/bulan)} = 0,8 \times \text{Pmean} - 25$$

Curah hujan <60 mm/bulan

$$\text{Peff (mm/bulan)} = 0,6 \times \text{Pmean} - 10$$

Secara rinci perhitungan kebutuhan air irigasi pada tanaman bayam hijau untuk periode tanam Agustus – Oktober 2021 sebagai berikut:

Periode I = Agustus – September 2021

Periode II = September – Oktober 2021

a. Heat Index (Indeks Bahang)

$$i \text{ (I)} = \left(\frac{26,46}{5} \right)^{1,514} \\ = 12,46$$

$$i \text{ (II)} = \left(\frac{26,88}{5} \right)^{1,514} \\ = 12,76$$

$$I \text{ (Total Indeks Bahang)} = 25,22$$

b. Nilai ETP (Evapotranspirasi) Tidak Terkoreksi (nilai a = 0,48)

$$\text{ETP (I) suhu rata-rata} < 26,5 \text{ } ^\circ\text{C} \\ = 1,6 (10 \text{ t/I})^a \\ = 1,6 (10 (26,46)/25,22)^{0,48} = 3,87 \text{ mm/bulan}$$

$$\text{ETP (II) suhu rata-rata} > 26,5 \text{ } ^\circ\text{C} \\ = -0,0433 \text{ t}^2 + 3,2244 \text{ t} - 41,545 \\ = -0,0433 (26,88)^2 + 3,2244 (26,88) - 41,545 = 13,835 \text{ mm/bulan}$$

c. Nilai ETP* (Evapotranspirasi) Terkoreksi

ETP x Nilai F tabel garis lintang

$$\text{ETP}^* \text{ (I)} = 3,87 \times 1,03 \\ = 3,98 \text{ mm/bulan} \\ = 1,935 \text{ mm per 2 minggu masa tanam}$$

$$\text{ETP}^* \text{ (II)} = 13,835 \times 1,00 \\ = 13,835 \text{ mm/bulan} \\ = 6,92 \text{ mm per 2 minggu masa tanam}$$

d. Nilai ETC (Kebutuhan Air Tanaman) Bayam Hijau

$$\text{ETC bayam masa awal tanam} = 3,98 \times 0,45$$

$$= 1,791 \text{ mm per 2 minggu masa tanam}$$

$$\text{ETC bayam masa awal perkembangan} = 3,98 \times 0,60$$

$$= 2,388 \text{ mm per 2 minggu masa tanam}$$

$$\text{ETC bayam masa pertengahan tanam} = 13,835 \times 1,00$$

$$= 13,835 \text{ mm per 2 minggu masa tanam}$$

$$\text{ETC bayam masa akhir tanam} = 13,835 \times 0,90$$

$$= 12,4515 \text{ mm per 2 minggu masa tanam}$$

e. Nilai Hujan Efektif (Peff)

$$\text{Peff (I)} = 0,8 \times P_{\text{mean}} - 25$$

$$= 0,8 \times 235,8 - 25$$

$$= 163,64 \text{ mm/bulan}$$

$$= 5,45 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Peff (II)} = 0,8 \times P_{\text{mean}} - 25$$

$$= 0,8 \times 153,6 - 25$$

$$= 97,88 \text{ mm/bulan}$$

$$= 3,26 \text{ mm/hari}$$

f. Kebutuhan Air Irigasi

Masa Tanam	ETC – Hujan Efektif (mm per 2 minggu masa tanam)	Kebutuhan Air Irigasi (mm/hari)
Awal Tanam	-3,66	-
Awal Perkembangan	-3,06	-
Pertengahan Tanam	10,575	0,75
Panen	9,192	0,66

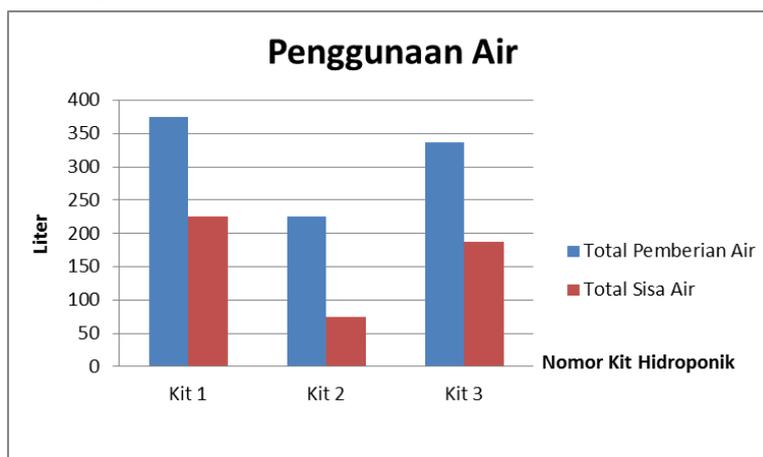
Keterangan:

$$\text{Kebutuhan Air Irigasi (mm/hari)} = \frac{(\text{ETC} - \text{Hujan Efektif})}{14 \text{ hari}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan Air pada Teknik Hidroponik

Penggunaan air pada teknik hidroponik diketahui dengan menghitung selisih total air yang diberikan ke dalam bak penampung air dengan sisa air yang terdapat pada bak penampung air pada akhir masa penanaman. Dengan demikian dapat diketahui jumlah air yang digunakan tanaman dengan anggapan tanaman tidak menyerap atau menggunakan air hujan untuk masa pertumbuhannya.



Gambar 1. Grafik Total Pemberian dan Total Air yang Tersisa

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa pemberian air paling tinggi pada kit 1 dengan total pemberian air 375 liter dan pemberian air paling rendah pada kit 2 sebanyak 225 liter. Sisa air pada bak penampung air kit 1 sebesar 225 liter dan pada kit 2 sebesar 75 liter. Banyaknya air yang digunakan diperoleh dengan menghitung selisih total pemberian air dengan total sisa air sehingga diperoleh hasil penggunaan air pada kit 1, kit 2, dan kit 3 yaitu masing-masing 150 liter. Penggunaan air tersebut terhitung sejak awal pindah tanam hingga masa panen dengan anggapan tanaman tidak menyerap air hujan yang masuk ke dalam saluran pipa hidroponik.

Hasil Penggunaan Air dan Efisiensi Penggunaan Air pada Teknik Hidroponik

Data yang diperlukan untuk perhitungan penggunaan air pada kit hidroponik diperoleh dari pengukuran penggunaan air sejak awal masa tanam hingga panen. Volume air tersebut dicatat dan diamati. Pada teknik hidroponik, volume air yang digunakan secara total (a) dalam satu periode tanam merupakan hasil selisih antara ketersediaan air di awal dan volume ketersediaan air di akhir pada setiap kit hidroponik. Kemudian volume air kontrol (b) merupakan total volume air penyiraman yang diberikan. Perhitungan penggunaan air pada kit hidroponik adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Penggunaan Air dan Efisiensi Penggunaan Air pada Teknik Hidroponik

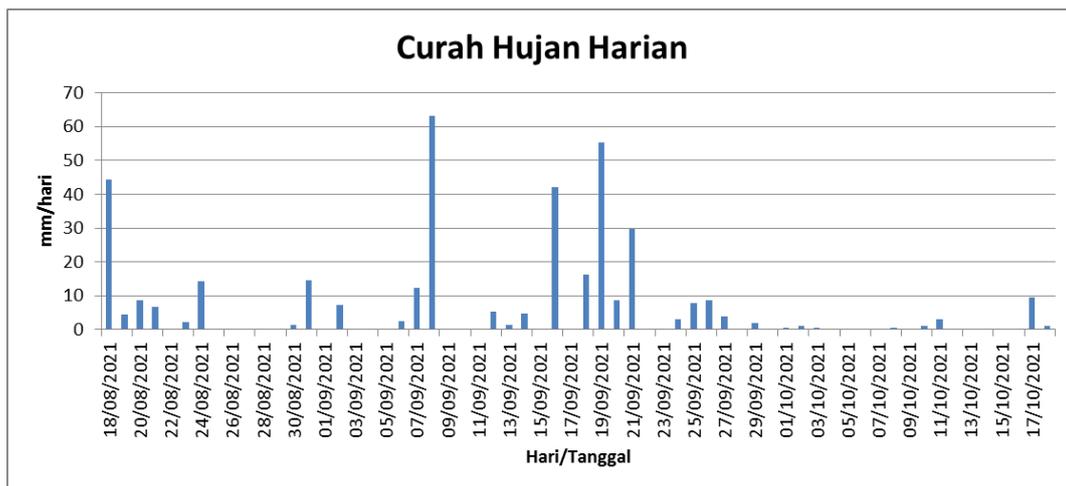
Nomor Kit Hidroponik	Volume air yang digunakan (liter)	%penggunaan air	Efisiensi penggunaan air (%)
Kit 1	150	40%	60%
Kit 2	150	66,7%	33,3%
Kit 3	150	44,4%	55,6%

Berdasarkan Tabel 1. diperoleh hasil bahwa efisiensi penggunaan air tertinggi terdapat pada hidroponik kit 1 dengan efisiensi penggunaan air mencapai 60%. Hidroponik kit 1 memiliki volume air secara total sebanyak 375 liter yang ditambahkan pada beberapa periode waktu pada bak ukuran 150 liter. Penggunaan air pada hidroponik kit 1 sebesar 225 liter sehingga total volume air yang digunakan pada hidroponik kit 1 sebesar 150 liter. Volume air total pada hidroponik kit 2 sebesar 225 liter dengan jumlah air yang tersisa sebanyak 75 liter sehingga penggunaan air pada hidroponik kit 2 yaitu 150 liter. Efisiensi penggunaan air

penggunaan air pada hidroponik kit 2 sebesar 33,3% dan tergolong cukup efisien. Selanjutnya pada kit 3 volume total air sebesar 337,5 liter dengan sisa air yang terukur yaitu 187,5 liter sehingga total penggunaan air sebesar 150 liter. Dengan demikian diperoleh efisiensi penggunaan air pada kit 3 yaitu 55,6%. Total penggunaan air pada teknik hidroponik untuk jumlah 1.200 tanaman yaitu 450 liter selama satu periode tanam. Efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik berbeda-beda yang dapat dipengaruhi oleh perbedaan penggunaan air dan penambahan air pada teknik hidroponik di setiap kit. Teknik hidroponik dinilai lebih efisien dalam penggunaan air sehingga dapat menekan biaya produksi namun tetap memiliki hasil produksi tanaman yang sangat baik.

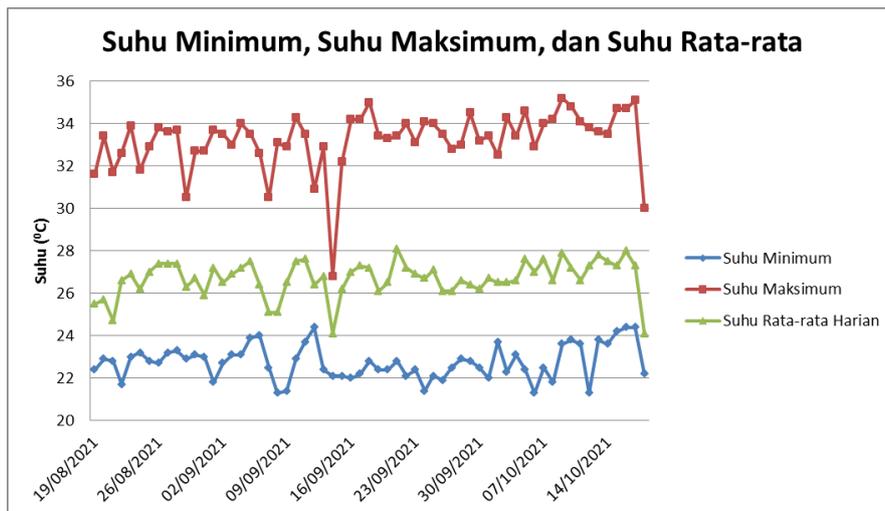
Penggunaan Air Irigasi di Lahan

Penghitungan penggunaan air irigasi di lahan memerlukan faktor-faktor yang harus diperhatikan yaitu iklim berupa suhu udara dan curah hujan. Suhu udara dan curah hujan di Kecamatan Bogor Tengah mempengaruhi besarnya air irigasi yang diperlukan di lahan. Air irigasi diperlukan apabila curah hujan yang terdapat di suatu daerah tidak dapat memenuhi kebutuhan air tanaman. Daerah dengan curah hujan tinggi dan mampu memenuhi kebutuhan air tanaman maka tidak perlu diberi irigasi.



Gambar 2. Grafik Curah Hujan Harian Kecamatan Bogor Tengah Periode Tanam Agustus – Oktober 2021

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa curah hujan pada periode tanam Agustus – September 2021 lebih tinggi dibandingkan periode tanam September – Oktober 2021. Periode tanam Agustus – September 2021 merupakan masa tanam pada awal penanaman dan awal perkembangan sedangkan September – Oktober 2021 merupakan masa tanam pada pertengahan hingga akhir penanaman dan panen. Tanaman bayam hijau yang ditanam memerlukan air lebih banyak pada masa pertengahan hingga akhir penanaman dibandingkan masa awal tanam. Curah hujan tertinggi pada bulan Agustus – September 2021 terdapat pada tanggal 8 September 2021 yaitu 63,2 mm/hari. Pada bulan September – Oktober 2021 curah hujan tertinggi sebesar 55,4 mm/hari pada tanggal 19 September 2021. Jumlah curah hujan yang dihitung per 30 hari pada setiap periode tanam yaitu bulan Agustus – September 2021 sebanyak 235,8 mm/bulan dan 153,6 mm/bulan untuk periode tanam September – Oktober 2021.



Gambar 3. Grafik Suhu Kecamatan Bogor Tengah Periode Agustus – Oktober 2021

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa suhu minimum, suhu maksimum, dan suhu rata-rata harian pada Kecamatan Bogor Tengah relatif stabil untuk periode tanam Agustus – Oktober 2021. Pada periode tanam Agustus – September 2021 diketahui suhu paling rendah terdapat pada tanggal 8 September 2021 yaitu $21,3^{\circ}\text{C}$ dan suhu tertinggi pada tanggal 23 Agustus yaitu $33,9^{\circ}\text{C}$ sehingga diperoleh rata-rata suhu harian yaitu $26,4^{\circ}\text{C}$. Pada periode tanam September – Oktober 2021 diperoleh suhu terendah yaitu $21,3^{\circ}\text{C}$ pada tanggal 12 Oktober 2021 dan suhu tertinggi yaitu $34,8^{\circ}\text{C}$ pada tanggal 10 Oktober 2021 sehingga diperoleh rata-rata suhu harian yaitu $26,8^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya kebutuhan air irigasi pada lahan yang dihitung menggunakan metode Thornthwaite adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik Kebutuhan Air Irigasi per Hari

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa air irigasi diperlukan ketika tanaman mencapai masa pertengahan tanam dimana tanaman sudah berukuran cukup besar dan memerlukan air semakin banyak. Pada masa awal tanam sampai awal perkembangan, air irigasi belum diperlukan yang menandakan bahwa curah hujan Kecamatan Bogor Tengah pada periode tersebut mampu mencukupi kebutuhan air tanaman tanpa perlu pemberian air irigasi.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Penggunaan Air Irigasi di Lahan

Masa tanam	ETC – Hujan Efektif (mm per 2 minggu masa tanam)	Kebutuhan Air Irigasi (mm/hari)	Kebutuhan Air Irigasi (l/det/ha)
Awal Tanam	-3,66	-	-
Awal perkembangan	-3,06	-	-
Pertengahan Tanam	10,575	0,75	0,087
Panen	9,192	0,66	0,076

Berdasarkan Tabel 2. dapat diketahui bahwa irigasi atau pengairan untuk tanaman bayam hijau di lahan dibutuhkan ketika umur tanaman mencapai masa pertengahan pertumbuhan sampai dengan masa akhir penanaman hingga panen. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan air yang diperlukan tanaman diantaranya jenis tanaman, iklim, jenis dan keadaan tanah, pola penanaman, cara pemberian air, keadaan jaringan irigasi, dan luas areal pertanian.

Hasil yang diperoleh yaitu pada tanaman bayam hijau diperlukan irigasi ketika masa pertengahan penanaman sebanyak 10,575 mm dalam kurun waktu 2 minggu sehingga diperoleh hasil kebutuhan air irigasi sebesar 0,75 mm/hari dan masa akhir penanaman sebanyak 9,162 mm dalam kurun waktu 2 minggu sehingga diperoleh hasil kebutuhan air irigasi sebesar 0,66 mm/hari. Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi untuk lahan 1 ha yaitu pada masa pertengahan penanaman sebesar 0,087 l/det/ha dan pada masa akhir penanaman sebesar 0,076 l/det/ha. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui serapan air pada tiap 1 tanaman yang ditanam pada jarak tanam yang ideal (Sidemen et al., 2017) yaitu 20 x 25 cm atau sama dengan 0,05 m². Serapan air pada tiap 1 tanaman dengan total populasi 200.000 tanaman untuk lahan seluas 1 ha dengan jarak tanam 20 x 25 cm yaitu 0,000000435 l/det/tanaman pada masa pertengahan penanaman dan 0,00000038 l/det/tanaman pada masa akhir penanaman dengan anggapan setiap tanaman menyerap air dalam jumlah yang sama. Dengan demikian dapat diketahui kebutuhan air irigasi untuk jumlah 1.200 tanaman yaitu 0,000522 l/det pada masa pertengahan tanam dan 0,000456 l/det pada masa akhir penanaman hingga panen. Apabila hasil tersebut dikonversi menjadi kebutuhan air tanaman per hari untuk 1.200 tanaman maka memperoleh hasil 45,1008 liter/hari untuk masa pertengahan tanam dan 39,3984 liter/hari untuk masa akhir penanaman hingga panen. Total kebutuhan air pada sistem konvensional selama 1 periode tanam (Agustus – Oktober 2021) untuk 1.200 tanaman yaitu 1.182,1 liter dengan pemberian air sebanyak total 631,41 liter pada masa pertengahan tanam dan total 551,58 liter pada masa akhir penanaman hingga panen. Pemberian air irigasi tersebut telah disesuaikan dengan kondisi iklim berupa suhu dan curah hujan wilayah Bogor Tengah serta disesuaikan dengan nilai koefisien tanaman (Kc) untuk tanaman bayam hijau.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat diketahui bahwa kebutuhan air tanaman bayam hijau pada periode tanam Agustus – Oktober 2021 yaitu 450 liter untuk sistem hidroponik dan 1.182,1 liter untuk sistem konvensional dengan total masing-masing 1.200 tanaman pada sistem hidroponik maupun konvensional. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemakaian air pada sistem hidroponik lebih efisien dibandingkan konvensional. Irigasi di lahan dilakukan ketika bayam hijau berusia 5 MST sampai akhir penanaman hingga panen. Sedangkan pada teknik hidroponik, tanaman menggunakan air sejak pertama kali tanam namun tetap menghasilkan rata-rata efisiensi penggunaan air sebesar 49,64%. Efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik dapat dikatakan cukup tinggi karena mencapai 50% sehingga presentase kehilangan air dapat diminimalisir. Efisiensi penggunaan air di lahan dapat ditingkatkan dengan pemilihan model irigasi yang tepat sehingga dapat meminimalisir kehilangan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, R. 2016. *Bisnis Hidroponik Ala Roni Kebun Sayur*. Jakarta Selatan. PT Agro Media Pustaka.
- Fuadi, N. A., M. Y. J. Purwanto, dan S. D. Tarigan. 2016. Kajian kebutuhan air dan produktivitas air padi sawah dengan sistem pemberian air secara SRI dan konvensional menggunakan irigasi pipa. *J. Irigasi*, 11 (1) : 23 – 32.
- Habib, F., Hamri, Iskandar, dan Z. Arifin. 2019. Sistem irigasi pompanisasi persawahan. *J. Teknik Mesin*, 1 (2) : 26 – 33.
- Hartanto, P. 2017. Perhitungan neraca air DAS Cidanau menggunakan metode thornthwaite. *J. Riset Geologi dan Pertambangan*, 27 (2) : 213 – 225.
- Paski, J. A. I., G. I. S. L. Faski, M. F. Handoyo, dan D. A. S. Pertiwi. 2017. Analisis neraca air lahan untuk tanaman padi dan jagung di Kota Bengkulu. *J. Ilmu Lingkungan*, 15 (2) : 83 – 89.
- Perwitasari, S. D. dan N. Bafdal. 2016. Penjadwalan irigasi berbasis neraca air pada sistem pemanenan air limpasan permukaan untuk pertanian lahan kering. *J. Keteknikan Pertanian*, 4 (2) : 219 – 226.
- Sari, I. K., L. M. Limantara, dan D. Priyantoro. 2011. Analisa ketersediaan dan kebutuhan air pada DAS Sampean. *J. Teknik Pengairan*, 2 (1) : 1 – 13.
- Sholikhati, I., D. Harisuseno, dan E. Suhartanto. 2013. Studi identifikasi indeks kekeringan hidrologis pada daerah aliran sungai (DAS) berbasis sistem informasi geografis (SIG). *J. Teknik Pengairan*, 4 (2) : 1 – 15.
- Sidemen, I. N., I. D. Raka, dan P. B. Udiyana. 2017. Pengaruh jenis pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus Sp.*) pada tanah tegalan asal daerah Kubu, Karangasem. *J. AGRIMETA*, 7 (13) : 31 – 40.
- Susanawati, L. D. dan B. Suharto. 2017. Kebutuhan air tanaman untuk penjadwalan irigasi pada tanaman jeruk keprok 55 di Desa Selorejo menggunakan cropwat 8.0. *J. Irigasi*, 12 (2) : 109 – 118.
- Tarigan, S. D. 2008. Efektivitas embung untuk irigasi tanaman hortikultura di Cikakak Sukabumi. *J. Tanah dan Lingkungan*, 10 (1) : 1 – 6.

PEDOMAN BAGI PENULIS BULETIN BALITKLIMAT

Naskah hasil penelitian primer ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris dengan urutan pembagian bab sebagai berikut:

JUDUL & NAMA PENULIS ditulis dengan huruf besar pada awal setiap kata dan disertai catatan kaki yang ditulis lengkap (tidak disingkat) tentang profesi/jabatan dan nama instansi tempat penulis bekerja. Judul hendaknya singkat (tidak lebih dari 14 kata) dan mampu menggambarkan isi pokok tulisan.

Contoh: Prospek dan Kendala Dam Parit di Lahan Kering.

ABSTRAK ditulis dalam bahasa Indonesia, sebanyak-banyaknya 150 kata yang dituangkan pada satu alinea dengan susunan: judul, nama(-nama) penulis, dan ringkasan isi. ABSTRAK merupakan inti seluruh tulisan dan harus mampu memberikan uraian yang tepat, jelas tapi singkat tentang latar belakang, tujuan yang ingin dicapai, metodologi yang digunakan dalam pencapaian tujuan, hasil penelitian yang terpenting, dan kesimpulan (apabila memungkinkan).

Contoh: ABSTRAK <Judul> <Nama[-nama] penulis> <Abstrak isi>.

KATA KUNCI terdiri dari beberapa kata atau gugus kata yang menggambarkan isi naskah. Demi keseragaman format dan kemudahan dalam pen-*database*-an, dianjurkan untuk diawali dengan <nama komoditas> (apabila jenis komoditasnya tidak terlalu banyak).

Contoh: Kedelai, Neraca air, Indeks Palmer.

ABSTRACT & KEY WORDS ditulis dengan bahasa Inggris dengan ketentuan seperti pada ABSTRAK & KATA KUNCI. Pada naskah berbahasa Inggris, bab ini mendahului ABSTRAK & KATA KUNCI.

PENDAHULUAN (nama bab tidak ditulis), mencakup latar belakang masalah, alasan pentingnya penelitian itu dilakukan, temuan terdahulu yang akan disanggah atau dikembangkan (termasuk didalamnya telusuran pustaka terkait), pendekatan umum, dan tujuan penelitian. Nama jasad hidup yang menjadi topik penelitian harus disertai nama ilmiahnya.

Contoh: Kedelai (*Glycine max* L. [Merrill]).

BAHAN & METODE berisi penjelasan ringkas tentang waktu dan tempat penelitian, bahan dan teknik yang digunakan, rancangan percobaan, dan analisis data. Teknik yang dirujuk tidak perlu diuraikan (kecuali apabila dimodifikasi), tetapi cukup disebut nama sumbernya dan tahun atau metodenya. Nama piranti lunak komputer yang digunakan untuk menganalisis data seyogyanya disebutkan.

HASIL & PEMBAHASAN merupakan kupasan penulis tentang hasil, menerangkan arti hasil penelitian, persamaan dan perbedaan hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian terdahulu (baik dari dalam maupun luar negeri), peran hasil penelitian terhadap pemecahan masalah yang disebutkan di bab pendahuluan, hubungan antara parameter yang satu dengan yang lain, dan kemungkinan pengembangannya.

KESIMPULAN (apabila memungkinkan) hasil kongkrit atau keputusan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran. Informasi yang bersifat faktual (e.g., umur tanaman, dll.) bukanlah kesimpulan, sehingga tidak perlu dimasukkan ke dalam bab kesimpulan.

PUSTAKA disusun menurut abjad dan diberi nomor urut. Secara umum, setiap pustaka hendaknya terdiri atas nama penulis, tahun, judul, halaman, dan penerbit. Pustaka seyogyanya dipilih yang masih mempunyai kaitan dengan topik penelitian dan ditulis sebagai berikut:

Untuk Artikel di dalam buku: Nama(-nama) penulis, tahun penerbitan, judul artikel, halaman, nama penyunting, judul publikasi atau buku, nama dan tempat penerbit. Contoh:

Ginting, Z., K. Romimohtarto, S. Hadi, dan S. Saimima. 2004. Prediksi perkembangan iklim di Indonesia Tahun 2004, hal. 135-185. *Dalam* H. Djodihardjo *et al.* (red.). Strategi Antisipasi Dampak Perubahan Iklim, Bogor, 21-23 Maret 2003. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Bogor.

Untuk Terbitan Berkala: Nama(-nama) penulis, tahun penerbitan, judul artikel, nama terbitan (disingkat, apabila dianjurkan), volume dan nomor, dan nomor halaman. Contoh:

UCAPAN TERIMA KASIH (apabila dianggap perlu), berisi penghargaan singkat kepada pihak-pihak yang telah berjasa selama penelitian (3-5 kalimat ringkas).

PUSTAKA disusun menurut abjad dan diberi nomor urut. Secara umum, setiap pustaka hendaknya terdiri atas nama penulis, tahun, judul, halaman, dan penerbit. Pustaka seyogyanya dipilih yang masih mempunyai kaitan dengan topik penelitian dan ditulis sebagai berikut:

Untuk Artikel di dalam buku: Nama(-nama) penulis, tahun penerbitan, judul artikel, halaman, nama penyunting, judul publikasi atau buku, nama dan tempat penerbit. Contoh:

Ginting, Z., K. Romimohtarto, S. Hadi, dan S. Saimima. 2004. Prediksi perkembangan iklim di Indonesia Tahun 2004, hal. 135-185. *Dalam* H. Djodjodhardjo *et al.* (red.). Strategi Antisipasi Dampak Perubahan Iklim, Bogor, 21-23 Maret 2003. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Bogor.

Untuk Terbitan Berkala: Nama(-nama) penulis, tahun penerbitan, judul artikel, nama terbitan (disingkat, apabila dianjurkan), volume dan nomor, dan nomor halaman. Contoh:

Yates, A. W., Jr., J. R. Boyle, and D. R. Duran. 2004. Improving water use efficiency in the rainfed farming systems. *J. Agric. Science.* 72(4): 519-522.

Untuk buku: Nama(-nama) penulis, tahun penerbitan, judul buku, edisi dan tahun revisi, nama dan tempat penerbit, dan jumlah halaman. Contoh:

Su, J. 2004. *Forecasting and time series analysis*, vol I. Edwards, Ann Arbor, Michigan, 345pp.

PERSIAPAN TULISAN.

Persiapan Tulisan. Naskah diketik dua spasi pada kertas ukuran A4, satu muka, tipe huruf baku ukuran 12 cpi dan tidak lebih dari 15 halaman (termasuk tabel, gambar, dan pustaka). Badan naskah dicetak dengan ketentuan batas pinggir kertas 3cm atas, bawah, dan kanan, dan 4 cm dari kiri.

Tabel 'masuk' ke dalam teks, tidak dikumpulkan di bagian akhir makalah sebagaimana halnya lampiran.

Judul tabel terletak di atas tabel yang bersangkutan dan hendaknya berupa satu kalimat yang singkat dan jelas (termasuk keterangan tempat dan waktu).

Judul gambar terletak di bawah gambar yang bersangkutan

Angka desimal ditandai dengan koma (bahasa Indonesia) atau titik (bahasa Inggris).

Besaran ditulis menurut Standar Internasional, bukan besaran lokal (e.g., kuintal, are) dan mengikuti kaidah Ejaan Bahasa Indonesia yang Disempurnakan (misalnya: g, l, kg, bukan gr. Ltr, atau Kg).

Catatan kaki pada tabel ditandai dengan huruf atau angka dengan posisi agak naik (*superscript*).

Gambar & Grafis hendaknya dibuat dengan piranti lunak komputer berikut ini: Microsoft Excel dan Corel Draw. **Foto** hendaknya kontras, tajam, dan jelas.

Penyerahan File Penulis yang makalahnya akan segera diterbitkan agar menyerahkan *file* teks dan gambar (format seperti tertera sebelumnya) file diserahkan ke bagian **Jasa Penelitian** Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi jl. Tentara Pelajar No. 1 A Cimanggu Bogor 16111.