

**PENGUJIAN DAN VALIDASI MODEL AQUACROP FAO DALAM
MEMPREDIKSI PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG MERAH
(*Allium ascolanicum* L.) PADA LAHAN KERING DENGAN PEMUPUKAN
NITROGEN DAN PEMBERIAN IRIGASI**

(Tesis)

Oleh

MU'ADDIN
NPM 2024011003



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

TESTING AND VALIDATION OF THE FAO AQUACROP MODEL IN PREDICTING THE GROWTH AND YIELD OF SHALLOTS (*Allium ascolanicum* L.) ON DRY LAND WITH NITROGEN FERTILIZATION AND IRRIGATION

By

MU'ADDIN

Shallot (*Allium ascolanicum* L.) is a national strategic commodity in the horticulture sector which plays an important role in maintaining inflation and national economic growth. The demand for shallots continues to increase with the increasing population, the development of the processed food industry and market development. The main problem faced by farmers in the development of shallot cultivation on dry land is soil fertility and irrigation. In this study, field testing was carried out with nitrogen (N) fertilization and irrigation using a sprinkler. In addition, the FAO Aquacrop model was tested using field data including soil analysis data, climate, irrigation schedule and plant development data. This study aims to (1) study the growth response and yield of shallots on dry land with different nitrogen (N) fertilization and irrigation; (2) studied the use of the FAO Aquacrop model in predicting shallot growth and yield on dry land with nitrogen fertilization and irrigation. Field research was conducted from June to August 2022 in the BPP experimental land, Mesuji District, Mesuji Regency, Lampung Province. This study used a factorial design in a striped plot design (RPB) with 3 replications. The nitrogen factor is placed as the first factor with 4 levels i.e. 0 kg N/ha (N0), 80 kg N/ha (N80), 160 kg N/ha (N160) and 240 kg (N240), while the irrigation factor is placed as the second factor with 4 levels i.e. 25% ETc (W25), 50% ETc (W50), 75% ETc (W75) and 100% ETc (W100). The observed shallot growth variables were plant height, number of leaves and canopy cover, while the observed shallot yield (production) variables were tuber fresh weight, tuber diameter, tuber dry weight and harvest index. The results showed that the significant effect of the treatment was more due to the main effect of each treatment (nitrogen fertilization and irrigation). Nitrogen fertilization had a significant effect on plant height (40 DAP), tuber fresh weight, tuber diameter, tuber dry weight and harvest index, while the number of leaves and canopy cover had no significant effect. The main effect

of the irrigation treatment had a significant effect on all observed variables and only on the tuber dry weight variable which showed a significant effect of the interaction of nitrogen fertilization and irrigation. The best treatment in supporting the growth and yield of shallots was in the nitrogen fertilization treatment with a dose of 160 kg N/ha and the application of irrigation 75% ETc. The simulation results of the FAO Aquacrop model on the shallot canopy cover showed that the nitrogen fertilization treatment of 160 kg N/ha with 75% ETc irrigation resulted in the most optimal growth of the canopy cover. The validation of the Aquacrop model on shallot yields showed satisfactory performance with RSME = 0.93, Willmott's index of agreement (d_{mod}) = 0.96 and the Nash coefficient (E) = 0.85, and there is a strong positive correlation between the model and the observations with a correlation coefficient (r) = 0.96.

Keywords: Aquacrop, Dry Land, Irrigation, Nitrogen Fertilization, Shallots

ABSTRAK

PENGUJIAN DAN VALIDASI MODEL AQUACROP FAO DALAM MEMPREDIKSI PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG MERAH (*Allium ascolanicum* L.) PADA LAHAN KERING DENGAN PEMUPUKAN NITROGEN DAN PEMBERIAN IRIGASI

Oleh

MU'ADDIN

Bawang merah (*Allium ascolanicum* L.) merupakan komoditas strategis nasional di sektor hortikultura yang berperan penting dalam menjaga inflasi dan pertumbuhan perekonomian nasional. Permintaan bawang merah terus meningkat dengan bertambahnya jumlah penduduk, berkembangnya industri pangan olahan dan pengembangan pasar. Masalah utama yang dihadapi petani dalam pengembangan budiaya bawang merah pada lahan kering adalah kesuburan tanah dan pengairan. Penelitian ini bertujuan (1) mempelajari respon pertumbuhan dan hasil bawang merah pada lahan kering dengan pemupukan nitrogen (N) dan pemberian irigasi yang berbeda; (2) mempelajari penggunaan model Aquacrop FAO dalam memprediksi pertumbuhan dan hasil bawang merah pada lahan kering dengan pemupukan nitrogen dan pemberian irigasi. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian lapang dengan perlakuan pemupukan nitrogen (N) dan pemberian irigasi menggunakan sprinkler. Selain itu, dilakukan pengujian model Aquacrop FAO dengan menggunakan data-data lapang diantaranya data analisis tanah, iklim, jadwal irigasi dan data perkembangan tanaman. Penelitian lapang dilakukan pada bulan Juni hingga Agustus 2022 di lahan percobaan BPP Kecamatan Mesuji Kabupaten Mesuji Provinsi Lampung. Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial dalam rancangan petak-berjalur (RPB) dengan 3 kali ulangan. Faktor nitrogen ditempatkan sebagai faktor pertama dengan 4 taraf yaitu 0 kg N/ha (N0), 80 kg N/ha (N80), 160 kg N/ha (N160) dan 240 kg (N240), sedangkan faktor irigasi ditempatkan sebagai faktor kedua dengan 4 taraf yaitu 25% ETc (W25), 50% ETc (W50), 75% ETc (W75) dan 100% ETc (W100). Variabel pertumbuhan bawang

merah yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun dan tutupan kanopi, sedangkan variabel hasil (produksi) bawang merah yang diamati adalah bobot segar umbi, diameter umbi, bobot kering umbi dan indeks panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh signifikan perlakuan lebih disebabkan oleh pengaruh utama dari masing-masing perlakuan (pemupukan nitrogen dan pemberian irigasi). Pemupukan nitrogen berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman (40 HST), bobot segar umbi, diameter umbi dan indeks panen, sedangkan jumlah daun dan tutupan kanopi tidak berpengaruh nyata. Pengaruh utama dari perlakuan irigasi berpengaruh nyata pada semua variabel pengamatan dan hanya pada variabel bobot kering umbi yang menunjukkan pengaruh nyata interaksi pemupukan nitrogen dan irigasi. Perlakuan terbaik dalam menunjang pertumbuhan dan hasil bawang merah pada perlakuan pemupukan nitrogen dengan dosis 160 kg N/ha dan pemberian irigasi 75% ETc. Hasil simulasi model Aquacrop FAO pada tutupan kanopi tanaman bawang merah menunjukkan perlakuan pemupukan nitrogen 160 kg N/ha dengan pemberian irigasi 75% ETc menghasil pertumbuhan tutupan kanopi yang paling optimal. Validasi model Aquacrop pada hasil panen bawang merah menunjukkan performa yang memuaskan dengan $RSME = 0,93$, *Willmott's index of agreement* (d_{mod}) = 0,96 dan koefisien Nash (E) = 0,85, serta terdapat korelasi positif yang kuat antara model dengan hasil observasi dengan koefisien korelasi (r) = 0,96.

Kata Kunci: Aquacrop FAO, Bawang Merah, Lahan Kering, Pemupukan Nitrogen, Irigasi

**PENGUJIAN DAN VALIDASI MODEL AQUACROP FAO DALAM
MEMPREDIKSI PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG MERAH
(*Allium ascolanicum* L.) PADA LAHAN KERING DENGAN PEMUPUKAN
NITROGEN DAN PEMBERIAN IRIGASI**

Oleh

Mu'addin

Tesis

**Sebagai Salah Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN**

Pada

**Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Tesis : **PENGUJIAN DAN VALIDASI MODEL
AQUACROP FAO DALAM MEMPREDIKSI
PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG
MERAH (*Allium ascolanicum* L.) PADA
LAHAN KERING DENGAN PEMUPUKAN
NITROGEN DAN PEMBERIAN IRIGASI**

Nama Mahasiswa : **Mu'addin**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2024011003**

Program Studi : **Magister Agronomi**

Fakultas : **Pertanian**



Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M. S., IPM.
NIP 196209281987031001

Dr. Ir. Tumiari K Manik, M. Sc.
NIP 196302021987032001

Dr. Agustiansyah, S.P., M.S.
NIP 197208042005011002

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

Prof. Dr. Ir. Yusnita, M. Sc.
NIP 196108031986032002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing utama : **Dr. Ir. Paul B. Timotiwiu, M.S., IPM.**

Pembimbing kedua : **Dr. Ir. Tumiar K Manik, M. Sc.**

Pembimbing ketiga : **Dr. Agustiansyah, S.P., M.S.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Darwin Pangaribuan, M. Sc.**

2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si.
NIP. 196110201986031002

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP 197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 03 April 2023

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

Tesis dengan judul “**PENGUJIAN DAN VALIDASI MODEL AQUACROP FAO DALAM MEMPREDIKSI PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG MERAH (*Allium ascolanicum* L.) PADA LAHAN KERING DENGAN PEMUPUKAN NITROGEN DAN PEMBERIAN IRIGASI**” merupakan karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulisan lain dengan cara yang tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme;

1. Pembimbing tesis berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya;
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 03 April 2023
Pembuat pernyataan



Mu'addin
NPM 2024011003

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Karta, Kec. Tulang Bawang Udik, Kab. Tulang Bawang Barat, Propinsi Lampung pada 10 Nopember 1983, sebagai anak pertama dari enam bersaudara dari bapak Zulkipli dan ibu Haina. Jenjang pendidikan yang pernah ditempuh Penulis adalah Sekolah Dasar (SD) Negeri 2 Karta, Tulang Bawang Barat diselesaikan tahun 1994, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Negeri 1 Tulang Bawang Udik, Tulang Bawang Barat diselesaikan tahun 1997, dan Sekolah Menengah Umum (SMU) Negeri 1 Tulang Bawang Udik, Tulang Bawang Barat diselesaikan tahun 2000, serta S1 pada Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung diselesaikan pada tahun 2006. Pada bulan Agustus tahun 2020, penulis diterima menjadi mahasiswa Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Saat ini, penulis bekerja sebagai ASN Fungsional Penyuluh Pertanian di Dinas Pertanian Kabupaten Mesuji Propinsi Lampung.

Bismillahirrahmanirrahim

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wata'ala*, yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan tesis ini, Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad *Shallallahu 'alaihi wassallam*.

Dengan cinta dan rasa syukur kupersembahkan karya ini untuk kedua orang tua ku, adik-adikku dan istriku tercinta Netiyana serta anak-anak terhebatku: Hanif, Fathan dan Shanum atas doa, pengorbanan serta kasih sayang yang diberikan kepada penulis.

Serta Almamater Tercinta

Magister Agronomi

Fakultas Pertanian

Universitas Lampung

"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal,"

(QS Ali Imran: 190)

"Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga."

(HR Muslim, no. 2699)

"Jika seorang manusia mati, maka terputuslah darinya semua amalnya kecuali dari tiga hal; dari sedekah jariyah atau ilmu yang diambil manfaatnya atau anak shalih yang mendoakannya."

(HR Muslim no. 1631)

SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah *Subhanuhu wata'ala* yang telah melimpah segala kenikmatan baik lahir maupun bathin, sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul PENGUJIAN DAN VALIDASI MODEL AQUACROP FAO DALAM MEMPREDIKSI PERTUMBUHAN DAN HASIL BAWANG MERAH (*Allium ascolanicum* L.) PADA LAHAN KERING DENGAN PEMUPUKAN NITROGEN DAN PEMBERIAN IRIGASI. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian (S2) di Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan perhatian dan saran yang diberikan kepada Penulis;
5. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., IPM., selaku Dosen Pembimbing I atas fasilitas penelitian, saran, kesabaran, motivasi, dan nasihat yang telah diberikan selama penelitian sampai penulisan tesis ini selesai;
6. Dr. Ir. Tumiar Katarina Manik, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II dan Pembimbing Akademik atas bimbingan, saran, nasihat dan motivasi yang diberikan kepada Penulis;

7. Dr. Agustiansyah, S.P., M.S., selaku Dosen Pembimbing III atas bimbingan, saran, nasihat dan motivasi yang diberikan kepada Penulis;
8. Dr. Ir. Darwin Pangaribuan, M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada Penulis;
9. Kedua orang tua tercinta bapak Zulkipli dan ibu Haina, ibu mertuaku Hj. Mas Diana, adik-adiku dan keluarga besar H. Achmad Daelumi (alm) atas segala motivasi dan dukungan yang diberikan kepada Penulis;
10. Istriku tercinta Netiyana, S.Pd. dan anak-anak terhebatku: Hanif, Fathan dan Shanum atas segala doa, dan kasih sayang kepada Penulis;
11. Sahabat-sahabat S2 Magister Agronomi Angkatan 2020, atas segala saran, motivasi dan dukungan yang diberikan kepada Penulis;
12. Rekan – rekan Penyuluh Pertanian, Operator dan Staf BPP Kecamatan Mesuji atas segala bantuan, dukungan dan saran yang diberikan kepada Penulis;
13. Semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu yang secara langsung telah membantu Penulis baik selama pelaksanaan penelitian maupun dalam proses penyelesaian tesis ini.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya, dan Penulis berharap semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Bandar Lampung,..... 2023
Penulis,

Mu'addin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	4
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Morfologi Bawang Merah.....	7
2.2. Syarat Tumbuh Bawang Merah	8
2.3. Pemupukan Nitrogen (N) Pada Tanaman Bawang Merah.....	11
2.4. Kebutuhan Air Tanaman Bawang Merah	13
2.5. Irigasi Suplemen.....	16
2.6. Pemodelan Tanaman	17
2.7. Model Aquacrop.....	19
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Waktu dan Tempat	23
3.2. Alat dan Bahan.....	23
3.3. Metode Penelitian.....	24
3.3.1. Rancangan Penelitian.....	24
3.3.2. Pemupukan Nitrogen (N) Bawang Merah	24
3.3.3. Pemberian Irigasi Tanaman Bawang Merah.....	26
3.4. Pelaksanaan	27
3.4.1. Persiapan Lahan	27

3.4.2.	Persiapan Bahan Tanam.....	27
3.4.3.	Pemasangan Sarana Irigasi Sprinkler.....	28
3.4.4.	Penanaman	28
3.4.5.	Penyiraman.....	28
3.4.6.	Pemupukan.....	29
3.4.7.	Pengendalian Gulma dan OPT	30
3.4.8.	Panen.....	30
3.5.	Pengamatan	30
3.5.1.	Analisis Data	32
3.5.2.	Tahapan Simulasi Pada Model Aquacrop.....	32
3.5.3.	Data Input Aquacrop.....	34
3.5.4.	Kalibrasi Parameter dan Validasi Pada Model Aquacrop....	36
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1.	Penelitian Lapang.....	37
4.1.1.	Tinggi Tanaman	37
4.1.2.	Jumlah Daun	39
4.1.3.	Tutupan Kanopi.....	40
4.1.4.	Bobot Segar Umbi.....	42
4.1.5.	Diameter Umbi.....	44
4.1.6.	Bobot Kering Umbi.....	45
4.1.7.	Indeks Panen	47
4.1.8.	Korelasi Variabel Pertumbuhan dan Hasil.....	48
4.2.	Simulasi Model Aquacrop FAO.....	51
4.2.1.	Karakteristik Agroklimat Pada Lokasi Penelitian.....	51
4.2.2.	Pemberian Irigasi pada Budidaya Bawang Merah.....	53
4.2.3.	Kalibrasi Parameter Model Aquacrop.....	55
4.2.4.	Simulasi Tutupan Kanopi dan Validasi Hasil Panen	56
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1.	Kesimpulan	67
5.2.	Saran	68
	DAFTAR PUSTAKA	69
	LAMPIRAN.....	76
	Hasil Analisis Statistik Dengan Program R pada Variabel Pengamatan.....	84
	Hasil Analisis Fisika dan Kimia Tanah	110

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kelas Kesesuaian Lahan Bawang Merah	10
2. Hubungan Antara Pemupukan N, Hasil, Efisiensi Penggunaan N, Rasio C:N, Jenis Tanah, Ketersediaan P dan K Dalam Tanah	12
3. Nilai Koefisien Tanaman Bawang Merah Pada Lahan Kering	15
4. Daftar Model Tanaman yang Paling Umum.....	18
5. Ringkasan Keseluruhan Kinerja dan Temuan pada Model AquaCrop yang Digunakan Di Lokasi Berbeda.....	21
6. Kebutuhan Air Tanaman Bawang Merah Berdasarkan Fase Pertumbuhan	26
7. Jenis Pupuk Kimia dan Dosis Aplikasi.....	29
8. Rerata Tinggi Tanaman Bawang Merah.....	38
9. Rerata Jumlah Daun Bawang Merah	39
10. Rerata Tutupan Kanopi Tanaman Bawang Merah	41
11. Rerata Bobot Segar Umbi Bawang Merah	43
12. Rerata Diameter Umbi Bawang Merah	44
13. Interaksi Pemupukan Nitrogen dan Pemberian Irigasi Terhadap Rerata Bobot Kering Umbi Bawang Merah (transformasi $\log(x)$)	45
14. Rerata Indeks Panen Bawang Merah.....	47
15. Korelasi Variabel Pertumbuhan dan Hasil Pada Perlakuan N.....	49
16. Korelasi Variabel Pertumbuhan dan Hasil Pada Perlakuan Irigasi	49
17. Hasil Analisis Sifat Fisika dan Sifat Kimia Tanah	51
18. Rerata Debit Sprinkler	54
19. Waktu Operasional Sprinkler Sesuai Periode Pertumbuhan	54
20. Parameter Konservatif dan Non Konservatif Model Aquacrop	55
21. Biomassa Relatif dan Indeks Panen Bawang Merah	59
22. Hasil Observasi dan Simulasi Hasil Panen Bawang Merah	65
23. Nilai Evapotranspirasi Acuan (ET ₀) Hasil Perhitungan menggunakan Aplikasi ET ₀ Calculator	77
24. Data Suhu dan Kelembaban (RH) Selama Periode Tanam	78
25. Data Curah Hujan dan Pemberian Irigasi Selama Periode Tanam	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Alir Penelitian.....	6
2. Penampang Membujur Umbi Bawang Merah	8
3. Bagan Aquacrop yang Menunjukkan Komponen Utama dari Kontinum Tanah-Tanaman-Atmosfer.....	20
4. Lokasi Penelitian	23
5. Tata Letak Rancangan Percobaan.....	25
6. Empat Langkah Skema Perhitungan Aquacrop	34
7. Data Input Pada Model Aquacrop	35
8. Kondisi Curah Hujan dan Evapotranspirasi Acuan (ET _o) Selama Periode Tanam Bawang Merah.....	53
9. Menu Karakteristik Tanaman Pada Model Aquacrop	56
10. Kalibrasi Produksi Biomassa Hasil Observasi Lapang	57
11. Kalibrasi Biomassa Akibat Cekaman Kesuburan Tanah.....	59
12. Simulasi Perkembangan Tutupan Kanopi (A. Irigasi 25% ET _c (W25), B. Irigasi 50% ET _c (W50), C. Irigasi 75% ET _c (W75), D. Irigasi 100% ET _c (W100))	60
13. Plot Sebar Simulasi dan Observasi Hasil Bawang Merah	63
14. Performa Model Aquacrop Pada Simulasi dan Observasi Hasil Panen Bawang Merah.....	64
15. Hasil Umbi Bawang Merah Pada Berbagai Perlakuan N dengan Pemberian Irigasi 25% ET _c	82
16. Hasil Umbi Bawang Merah Pada Berbagai Perlakuan N dengan Pemberian Irigasi 50% ET _c	82
17. Hasil Umbi Bawang Merah Pada Berbagai Perlakuan N dengan Pemberian Irigasi 75% ET _c	83
18. Hasil Umbi Bawang Merah Pada Berbagai Perlakuan N dengan Pemberian Irigasi 100% ET _c	83

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bawang merah (*Allium ascolanicum* L.) merupakan komoditas strategis nasional di sektor hortikultura yang berperan penting dalam menjaga inflasi dan pertumbuhan perekonomian nasional. Permintaan akan bawang merah terus meningkat dengan adanya penambahan jumlah penduduk. Berdasarkan data Susenas BPS tahun 2019 penduduk Indonesia mengkonsumsi bawang merah rata-rata mencapai 27,72 kg/kapita/tahun. Faktor lain yang menyebabkan peningkatan kebutuhan bawang merah adalah semakin berkembangnya industri olahan yang berbahan baku bawang merah dan pengembangan pasar. Produksi bawang merah di Propinsi Lampung pada tahun 2019 mencapai 3.634 ton, sedangkan proyeksi kebutuhan mencapai 25.576 ton. Pemenuhan kebutuhan bawang merah di Provinsi Lampung sebagian besar berasal dari luar wilayah, yaitu Banten, DKI Jakarta, Jawa Tengah, Jawa Barat dan Jawa Timur. Pola pendistribusiannya melibatkan pedagang besar dan pedagang pengecer untuk sampai kepada konsumen akhir (BPS, 2020).

Kabupaten Mesuji dengan luas wilayah 2.184 km² (BPS, 2021a) memiliki potensi lahan kering berupa kebun/tegalan seluas 21.863,5 ha dan lahan sementara tidak diusahakan seluas 10.325,6 ha (BPS, 2021b). Lahan kering merupakan lahan yang tidak tergenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun atau sepanjang tahun (Wahyunto dan Shofiyati, 2012), luasan ini merupakan agroekosistem yang berpotensi besar dalam usaha pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura, tanaman tahunan dan peternakan (Abdurachman et al., 2008). Selama ini pemanfaatan lahan kering didominasi komoditas tanaman perkebunan (sawit dan

karet) dan tanaman pangan (ubi kayu), sedangkan untuk komoditas hortikultura masih sangat terbatas. Luas panen beberapa komoditas tanaman hortikultura jenis sayuran di Kabupaten Mesuji tahun 2020 diantaranya, cabai besar (132 ha), cabai rawit (69 ha), tomat (21 ha), bayam (221 ha) dan kangkung (281 ha) (BPS, 2021a).

Pemanfaatan lahan kering sebagai usaha tani komoditas hortikultura sering menjumpai beragam kendala tergantung pada kondisi lahan yang dapat dicirikan dengan peka terhadap erosi, kesuburan tanah rendah, keterbatasan air, serta kelembaban lapisan olah dan lapisan tanah yang rendah. Selain itu, perubahan iklim turut serta memberikan dampak buruk terhadap sistem produksi komoditas hortikultura (Hilman et al., 2019). Oleh karena itu diperlukan teknologi yang adaptif dalam merespon berbagai faktor pembatas lahan kering dan perubahan iklim. Kendala biofisik lahan dapat ditanggulangi dengan pengelolaan kesuburan tanah, konservasi dan rehabilitasi tanah, serta pengelolaan sumber daya air secara efisien (Abdurachman et al., 2008).

Tanaman bawang merah merupakan komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan dapat tumbuh dengan baik pada kondisi yang sesuai. Kesuburan lahan mempunyai peran penting dalam menjamin pertumbuhan dan perkembangan tanaman bawang merah. Pengelolaan kesuburan lahan tidak terbatas pada peningkatan secara kimiawi melalui penggunaan pupuk, namun pemeliharaan fisik tanah dan biologi tanah juga sangat diperlukan (Abdurachman et al., 2008). Pengelolaan kesuburan lahan memerlukan berbagai dukungan teknologi untuk mengatasi faktor pembatas pertumbuhan dan produksi tanaman diantaranya, teknologi pengapuran untuk menanggulangi kemasaman tanah, teknologi pemupukan berimbang, pengelolaan bahan organik, rekapitalisasi fosfat, penggunaan pupuk hayati (*biofertilizer*) dan pembenah tanah (Rochayati dan Dariah, 2012).

Pengelolaan sumber daya air pada budidaya tanaman bawang merah di lahan kering sangat diperlukan karena kelangkaan air menjadi faktor pembatas utama yang kerap terjadi dan menghambat proses produksi. Strategi konservasi air

sangat diperlukan untuk meningkatkan cadangan air pada zona perakaran melalui pengendalian aliran permukaan, peningkatan infiltrasi dan mengurangi evaporasi (Subagyono et al., 2004). Pemanfaatan sistem irigasi suplemen pada lahan kering dapat diterapkan untuk menjamin ketersediaan air terutama pada musim kemarau, selain itu melalui irigasi suplemen pemberian air dapat dilakukan sesuai kebutuhan tanaman secara tepat waktu dengan volume dan interval yang tepat (Haryati, 2014).

Perkembangan teknologi telah menempatkan pemodelan sebagai sesuatu yang kekinian, termasuk dalam bidang pertanian. Penggunaan model berperan utama sebagai alat prediksi dalam membuat keputusan yang tepat untuk penentuan skenario yang akan datang. Model Aquacrop merupakan salah satu model yang telah banyak digunakan diseluruh dunia terutama di bidang pengelolaan air untuk memperkirakan biomassa (B), indeks panen (HI) dan hasil (Y) tanaman dengan kondisi iklim dan aplikasi air yang berbeda (Nazeer and Hussain, 2012).

Penggunaan model Aquacrop dalam penelitian pertanian, terutama pada komoditas hortikultura masih sangat jarang dilakukan terutama di Indonesia, oleh karena itu dalam penelitian ini tidak hanya sebatas pada hasil pengujian secara agronomis di lapang, namun menggunakan pendekatan pemodelan Aquacrop untuk melihat aspek lain dari faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah pada lahan kering.

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab permasalahan yang dirumuskan dalam pertanyaan berikut

1. Bagaimanakah respon pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah pada lahan kering dengan pemupukan N dan pemberian irigasi yang berbeda?
2. Apakah model Aquacrop FAO dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan dan hasil bawang merah yang dibudidayakan pada lahan kering dengan pemupukan nitrogen dan pemberian irigasi yang berbeda?

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Mempelajari respon pertumbuhan dan hasil bawang merah pada lahan kering dengan pemupukan nitrogen (N) dan pemberian irigasi yang berbeda
2. Mempelajari penggunaan model Aquacrop FAO dalam memprediksi pertumbuhan dan hasil bawang merah pada lahan kering dengan pemupukan nitrogen dan pemberian irigasi.

1.3. Kerangka Pemikiran

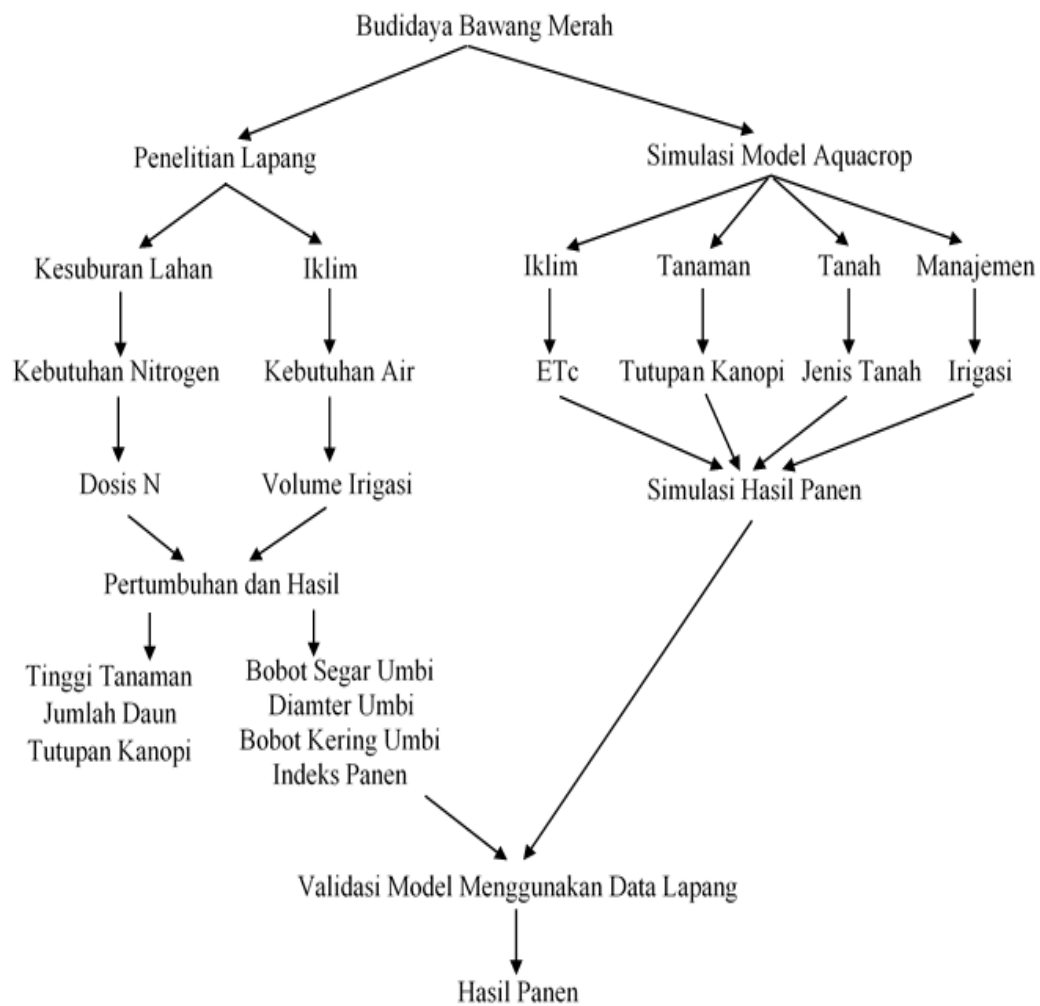
Tanaman bawang merah merupakan tanaman herba monokotil biennial yang ditanam sebagai tanaman semusim dan diperbanyak baik secara vegetatif menggunakan umbi, maupun secara generatif dengan biji. Tanaman bawang merah cocok tumbuh di daratan rendah maupun tinggi. Pola tanam bawang merah disentra bawang merah Kabupaten Brebes bisa mencapai 2-3 sekali setahun dan hanya sekali bergantian dengan padi. Varietas bawang merah asal daerah ini dikenal dengan varietas bima brebes karena memiliki ciri, cita rasa dan aroma bawang merah yang sangat khas.

Pengembangan bawang merah pada lahan basah, terutama pada lahan sawah dikhawatirkan akan mengganggu sektor ketahanan pangan dalam hal penyediaan beras sebagai sumber makanan pokok. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif dalam intensifikasi dan ekstensifikasi tanaman bawang merah yakni pada lahan kering. Lahan kering berpotensi untuk pengembangan tanaman pangan dan hortikultura bernilai ekonomis tinggi seperti komoditas bawang merah dan cabai. Keunggulan lain pada lahan kering budidaya tanaman dapat dilakukan sepanjang tahun dengan pengelolaan dan pemeliharaan yang baik, sehingga dapat menurunkan resiko gagal panen. Kendala umum yang dihadapi petani dalam budidaya tanaman semusim pada lahan kering diantaranya; kondisi biofisik lahan, kesuburan lahan dan ketersediaan air.

Kesuburan lahan merupakan indikator lahan dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman dalam jumlah memadai dan seimbang. Tingkat kesuburan lahan akan mempengaruhi produksi dan hasil tanaman. Hasil uji laboratorium tanah Balittanah Bogor Tahun 2022, lokasi penelitian memiliki tingkat kesuburan lahan yang tergolong rendah. Hal ini ditunjukkan dengan beberapa kriteria sifat kimia tanah yang tergolong rendah, diantaranya; pH, C-Organik, N-total, P-tersedia, K dapat ditukar dan KTK. Tanaman bawang merah untuk tumbuh, berkembang dan berproduksi dengan baik membutuhkan sekitar 16 jenis unsur hara yang digolongkan dalam unsur hara esensial dan non esensial. Unsur nitrogen (N) merupakan salah satu unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar terutama pada fase vegetatif. Nitrogen berperan penting dalam sintesis klorofil, protein dan asam amino. Bersama unsur hara lain seperti fosfor, nitrogen berperan mengatur secara keseluruhan pertumbuhan tanaman.

Ketersediaan air yang memadai bagi tanaman merupakan permasalahan utama yang dijumpai pada budidaya lahan kering, Sumber ketersediaan air pada lahan kering berasal dari air hujan, waduk, sungai, dan sumur. Untuk mengoptimalkan penggunaan air pada budidaya lahan kering dapat dilakukan dengan sistem irigasi suplemen, yakni dengan penggunaan irigasi sprinkler. Irigasi sprinkler memiliki keunggulan menghemat tenaga kerja dan menghemat penggunaan air karena debit air dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman.

Pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman tidak terlepas dari pengaruh faktor lingkungan, baik biotik dan abiotik. Interaksi komponen abiotik seperti udara, curah hujan, cahaya matahari, angin, kelembaban dan sebagainya menentukan kondisi iklim suatu wilayah dalam jangka waktu lama. Perubahan iklim saat ini menjadi isu global yang menyebabkan terjadinya pergeseran musim tanam dan gagal panen, serta menurunnya produktivitas tanaman. Penggunaan pemodelan seperti Aquacrop FAO merupakan pendekatan untuk mempelajari pengaruh aspek lingkungan, tanah dan tanaman secara kontinum terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Oleh karena itu, dalam penelitian ini tidak hanya dilakukan percobaan di tingkat lapang, tetapi dilakukan simulasi pemodelan dengan komputer. Secara garis besar alur penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1.4. Hipotesis Penelitian

1. Pemupukan nitrogen (N) dan pemberian irigasi berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah yang dibudidayakan pada lahan kering.
2. Model Aquacrop FAO dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan dan hasil bawang merah pada lahan kering dengan pemupukan N dan pemberian irigasi yang berbeda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Morfologi Bawang Merah

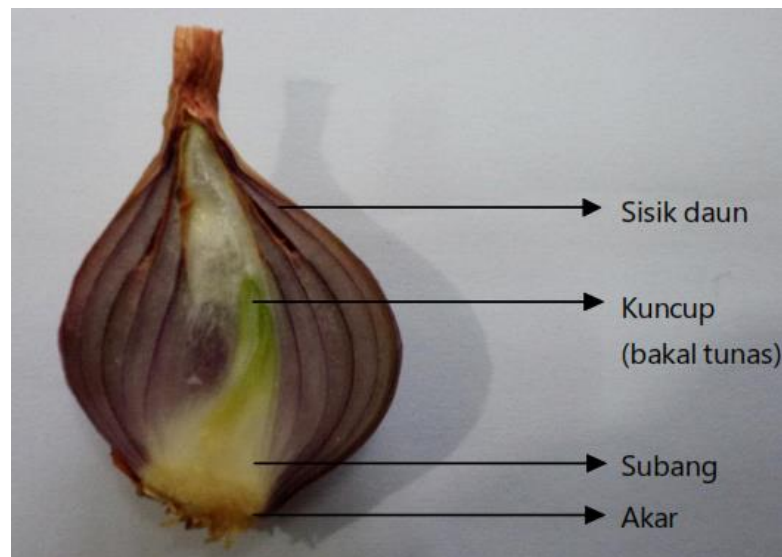
Bawang merah merupakan tanaman semusim berbentuk rumpun yang tumbuh tegak dengan tinggi dapat mencapai 15-50 cm (Pujiati et al., 2017). Tanaman bawang merah dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledonae</i>
Ordo	: <i>Liliales</i>
Famili	: <i>Liliaceae</i>
Genus	: <i>Allium</i>
Spesies	: <i>Allium ascalonicum</i> L. (Tjitrosoepomo, 2010)

Morfologi fisik tanaman bawang merah bisa dibedakan menjadi bagian vegetatif dan generatif. Bagian vegetatif terdiri atas akar, batang, dan daun, sementara bagian generatif meliputi bunga, buah, dan biji. Bawang merah memiliki akar serabut dengan sistem perakaran dangkal dan bercabang terpenjar, pada kedalaman antara 15–30 cm di dalam tanah dengan diameter akar 2–5 mm. Akar tanaman tersusun atas akar pokok (*primary root*), akar adventif (*adventitious root*), akar muda (*initial root*), dan bulu akar. Bawang merah memiliki batang sejati dan batang semu. Batang sejati disebut diskus, berbentuk seperti cakram, tipis, dan pendek sebagai tempat melekatnya akar dan mata tunas. Batang semu berada di atas diskus, tersusun dari pelepah-pelepah daun dan batang. Daun

bawang merah berwarna hijau muda hingga hijau tua, berbentuk silinder seperti pipa memanjang dan berongga, serta ujungnya meruncing, berukuran panjang lebih dari 45 cm.

Pembungaan ini ditentukan oleh kondisi lingkungan, iklim, dan varietas. Bunga keluar dari ujung tanaman (titik tumbuh) yang panjangnya 30–90 cm dan di ujungnya terdapat 50–200 kuntum bunga yang tersusun melingkar seolah berbentuk payung. Tiap kuntum bunga terdiri atas 5–6 helai daun bunga berwarna putih, 6 benang sari berwarna hijau atau kekuningan, 1 putik, dan bakal buah berbentuk hampir segitiga. Buah bawang merah berbentuk bulat dengan ujung tumpul membungkus biji berjumlah 2–3 butir. Biji berbentuk pipih, berwarna putih saat muda dan berubah menjadi hitam setelah tua (Pustaka, 2017).



Gambar 2. Penampang Membujur Umbi Bawang Merah
Sumber: (Suwandi, 2014)

2.2. Syarat Tumbuh Bawang Merah

Tanaman bawang merah mampu beradaptasi dan tumbuh di daerah dataran rendah sampai dengan dataran tinggi (1 – 1000 m dpl) dengan curah hujan rata-rata mencapai 100 – 200 mm/bulan. Pertumbuhan tanaman dan hasil umbi yang optimal tanaman bawang merah yaitu pada dataran rendah (0 – 400 m dpl). Pada

ketinggian 800 – 900 m dpl bawang merah masih dapat tumbuh dan berumbi, tetapi umbi yang dihasilkan lebih kecil dan memiliki warna yang kurang mengkilat (Amanda dan Yuniarti, 2020). Tanaman bawang merah pertumbuhannya optimal pada daerah yang beriklim kering, selain itu tanaman ini rentan terhadap curah hujan dan intensitas hujan yang tinggi serta cuaca berkabut. Tanaman bawang merah membutuhkan penyinaran matahari yang maksimal (lebih dari 12 jam) dengan suhu udara 25–32⁰C, dan kelembapan nisbi 50–70%. Pada suhu udara dibawah 22⁰C dapat menyebabkan tanaman bawang merah tidak akan berumbi. Kebanyakan varietas bawang merah tumbuh optimal di dataran rendah hingga sedang dengan ketinggian 200–700 m dpl (Pustaka, 2017).

Bawang merah tumbuh baik pada tanah bertekstur remah dan banyak mengandung bahan organik dengan drainase dan aerasi yang baik (Amanda dan Yuniarti, 2020). Pada penanaman di luar musim (musim hujan), jenis-jenis tanah seperti latosol coklat, asosiasi latosol-andisol, dan andisol lebih baik dibandingkan dengan jenis tanah grumosol atau podsolik merah kuning (PMK). Pengapuran lahan sangat diperlukan terutama pada lahan yang masam dengan pH < 6. Jenis kapur yang umum digunakan adalah kapur pertanian atau dolomit. Lahan dengan pH < 5,5 butuh pengapuran berkisar 1,5 – 2 t/ha (Suwandi, 2014).

Kesesuaian lahan pada tanaman bawang merah diklasifikasikan menjadi empat kelas, yaitu sangat sesuai (S1), cukup sesuai (S2), sesuai marginal (S3), dan tidak sesuai (N). Kelas S1 dengan faktor pembatas kecil serta tidak mengurangi secara nyata produktivitas lahan. Kelas S2 dengan faktor pembatas yang membutuhkan tambahan input dan umumnya masih dapat tanggulangi petani. Kelas S3 dengan faktor pembatas yang membutuhkan input tambahan yang lebih banyak, oleh karena diperlukan modal besar. Kelas N dengan faktor pembatas yang sangat berat serta sulit untuk dapat diatasi (Ritung et al., 2011).

Tabel 1. Kelas Kesesuaian Lahan Bawang Merah

Persyaratan Penggunaan/ Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur (tc)				
Temperatur rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)	20 – 55	25 – 30 18 – 20	30 – 35 15 – 18	> 35 < 15
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	350 – 600	600 – 800 300 – 350	800 – 1600 230 – 500	> 1600 < 250
Ketersediaan oksigen (oa)	Baik, agak terhambat	Agak cepat, sedang	Terhambat	Sgt terhambat, cepat
Media perakaran (rc)				
Tekstur	Agak halus, sedang	Halus	Agak kasar, agak halus	Kasar
Bahan kasar (%)	> 15	15 – 35	35 – 55	> 55
Kedalaman tanah (cm)	> 50	35 – 50	20 – 30	< 20
Gambut				
Ketebalan (cm)	< 50	50 – 100	100 – 150	> 150
kematangan	Saprik	Saprik, hemik	Hemik	Fibrik
Retensi hara (nr)				
KTK tanah (cmol)	> 16	5 – 16	< 5	
Kejenuhan basa (%)	> 35	20 – 35	< 20	
pH H_2O	6,0 – 7,8	5,8 – 6,0 7,8 – 8,0	< 5,8 > 8,0	
C-organik (%)	> 2	0,8 – 2,0	< 0,8	
Hara tersedia (na)				
N total (%)	Sedang	Rendah	Sgt rendah	
P_2O_5 (mg/100 g)	Tinggi	Sedang	Rendah – sgt rendah	
K_2O (mg/100 g)	Sedang	Rendah	Sgt rendah	
Toksisitas (xc)				
Salinitas (dS/m)	< 2	2 – 3	3 – 5	> 5
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	< 20	20 – 35	35 – 50	> 50
Bahaya sulfidik (xs)				
Kedalaman sulfidik (cm)	> 75	50 – 75	30 – 50	< 30
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	< 3	3 – 8	8 – 15	> 15
Bahaya erosi		Sangat ringan	Ringan - sedang	Berat – sgt berat
Bahaya banjir/genangan pada masa tanam (fh)				
Tinggi (cm)				25
Lama (hari)				< 7
Penyiapan lahan (lp)				
Batuan dipermukaan (%)	< 5	5 – 15	15 – 40	> 40
Singkapan batuan (%)	< 5	5 – 15	15 – 25	> 25

Sumber: (Ritung et al., 2011)

2.3. Pemupukan Nitrogen (N) Pada Tanaman Bawang Merah

Nitrogen (N) merupakan unsur hara esensial yang mutlak harus ada untuk menjamin pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Winarso, 2005). Dalam jaringan tanaman terdapat kandungan N sekitar 2% - 4% bobot kering dan merupakan penyusun senyawa organik penting seperti asam amino, protein, asam nukleat dan energi. Selain itu, N merupakan bagian dari klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis tanaman (Munawar, 2011). Defisiensi N pada tanaman ditandai dengan proses menguningnya daun (klorosis) akibat kekurangan klorofil yang dimulai dari daun-daun tua dan akan terus ke daun-daun muda (Winarso, 2005). Pasokan N yang cukup ditandai dengan fotosintesis yang tinggi, pertumbuhan vegetatif yang baik dan warna tanaman hijau tua. Bila berlebihan pasokan N akan menyebabkan tertundanya pembungaan, pembentukan buah dan kemasakan tanaman terlambat (Munawar, 2011).

Penyerapan N oleh tanaman terdapat dalam 2 bentuk, yakni bentuk nitrat (NO_3^-) dan ammonium (HN_4^+). Umumnya tanaman lebih menyukai bentuk nitrat dan penyerapannya lebih tinggi oleh akar tanaman secara aktif. Kepekaan terhadap pH merupakan faktor utama yang membedakan proses penyerapan (NO_3^-) dan (HN_4^+). Pada pH netral penyerapan (HN_4^+) berlangsung paling baik dan menurun dengan berkurangnya pH, sedangkan pada pH rendah penyerapan (NO_3^-) paling cepat (Munawar, 2011).

Ketersediaan unsur hara bagi tanaman dapat dilakukan dengan penambahan pupuk organik dan pupuk kimia (sintetis). Umumnya petani dalam kegiatan budidaya tanaman hortikultura lebih cenderung menggunakan pupuk kimia. Penelitian (Herwanda et al., 2017) menyatakan aplikasi kombinasi urea 80%, 20% ZA dan pupuk daun Growmore (10-55-10) diperoleh hasil yang lebih baik pada panjang tanaman, bobot umbi segar dan bobot susut. (Suparso et al., 2019) melaporkan bahwa penggunaan pupuk nitrogen dengan dosis 187,5 kg/ha merupakan perlakuan terbaik pada tanah pasir pantai, dan kombinasi pupuk urea dan ZA menunjukkan hasil umbi segar paling tinggi yaitu sebesar 8,69 t/ha. (Buda et al., 2018) melaporkan penggunaan pupuk N hingga 200 kg N/ha pada varietas Tuktuk

yang berasal dari biji meningkatkan secara signifikan berat segar umbi sebesar 48,57%, berat kering sebesar 35,95% dan diameter umbi sebesar 31.03%, sedangkan pada benih yang berasal dari umbi terjadi peningkatan juga dengan meningkatnya N, kecuali pada diameter umbi. Kadar N optimum untuk masing-masing varietas, diantaranya; Tuktuk sebesar 285,12 kg N/ha, Bima brebes sebesar 283,17 kg N/ha, Biru Lancor sebesar 208,51 kg N/ha dan lokal sebesar 241,37 kg N/ha.

Unsur N, P dan K dibutuhkan tanaman bawang merah dalam jumlah yang besar untuk memproduksi umbi yang maksimal. Jumlah nitrogen yang dibutuhkan biasanya tergantung pada kandungan bahan organik tanah, serapan tanaman dan tingkat hasil (Khokhar, 2019). Selain itu, tanaman bawang merah sangat sensitif dengan pasokan unsur sulfur (S) terutama pada fase pembesaran umbi. Pasokan N yang berlebihan dapat menghambat penyerapan unsur S selama fase pembesaran umbi dan menyebabkan menurunnya hasil (Przygocka-Cyna et al., 2020). Secara terperinci hubungan antara pemupukan N, hasil, efisiensi penggunaan N, rasio C:N, jenis tanah, ketersediaan P dan K dalam tanah pada bawang merah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Antara Pemupukan N, Hasil, Efisiensi Penggunaan N, Rasio C:N, Jenis Tanah, Ketersediaan P dan K Dalam Tanah

Aplikasi NPK	Hasil Umbi Dengan dan Tanpa NPK (t/ha)	NUE*	NPK Tanah (%) (ppm) (ppm)	C:N Rasio	Tipe Tanah
120:100:90	14:5	75	0,02 5 0,31	24	Clay loam
90:26:66	16:12	44	0,05 7,2 240	9	Clay loam
120:35:100	30:26	38	0,00 97 273	2	Silt loam
100:33:42	34:18	167	0,04 6,8 74	10,8	Sandy loam
100:18:0	36:16	201	0,65 0,52 698	12,3	Sandy loam
100:80:50	15:7	76	0,16 1,84 172	9,4	Silty clay loam
120:39:75	17:7	87	0,05 10 70	12,4	Silty clay loam
69:0:0	38:32	83	0,15 16,02 737	8,5	Clayey
162:32:148	42:36	34	0,01 5,17 148	40	Medium black
192:13:213	58:41	90	0,00 728 152	3	Silt loam
18:8:15	14:9	278	0,05 18,9 74	8	Sandy loam
120:43:90	10:6	33	0,08 19,72 66	6	Silty clay loam
120:50:75	23:11	97	0,08 0,002 0,005	6,7	Sandy loam
100:22:42	22:14	80	0,01 6,9 206	34	Clayey
180:39:50	33:15	100	0,11 8,2 473	7	Clayey

60:0:100	2:1	17	0,26 6 121	10	Sandy laom
100:75:75	13:12	10	0,02 25,8 81	10	Laomy sand
100:22:42	24:18	60	0,01 13,45 35	32	Sandy loam
69:0:0	26:19	102	0,17 23,7 133	7	Clay loam
104:39:0	23:14	87	0,05 55 312	9,2	Sandy clay loam
100:0:0	33:16	163	0,08 43,26 605	16	Sandy loam
150:80:60	38:22	106	0,01 3,63 98	20	Sandy loam
100:50:100	31:19	120	0,006 9,86 42	13	Loamy sand
105:52:0	21:11	103	0,11 18,02 NM	10	Heavy clay
100:50:100	20:17	30	0,01 11,22 43	23	Loamy sand

*) NUE = *Nitrogen use efficiency* (efisiensi penggunaan nitrogen)

Sumber: (Khokhar, 2019)

Prinsip utama dalam pengelolaan unsur hara adalah menyeimbangkan input unsur hara tanah dengan kebutuhan tanaman. Aplikasi nutrisi dalam jumlah yang tepat dan pada waktu yang tepat dapat membantu untuk mencapai hasil panen yang optimal. Bila aplikasi terlalu berlebihan akan menyebabkan pemborosan secara ekonomi dan dapat merusak lingkungan. Penyerapan nutrisi oleh tanaman tergantung pada beberapa faktor, seperti kultivar, kerapatan tanaman, lingkungan tanaman, kesuburan tanah, metode pemupukan dan distribusi pupuk mineral yang tepat dengan sistem irigasi (Khokhar, 2019).

2.4. Kebutuhan Air Tanaman Bawang Merah

Air merupakan bagian yang sangat vital dalam menunjang berbagai proses fisiologi di dalam sel dan jaringan tanaman. Umumnya air diserap oleh tanaman dalam jumlah besar melalui akar, namun sebagian besar (sekitar 97%) akan dilepaskan kembali ke udara dalam bentuk uap air melalui transpirasi, sisanya sekitar 2 % akan digunakan pada proses pertumbuhan dan 1% saja yang terlibat dalam proses metabolisme seperti fotosintesis, respirasi dan lainnya. Beberapa peran dan fungsi air bagi tanaman diantaranya; penyusun protoplasma, sebagai pelarut, medium reaksi biokimia, sumber elektron dalam reaksi terang fotosintesis, memiliki kapasitas termal yang unik dalam proses fisiologi, menjaga turgiditas sel dan berperan dalam pergerakan organ tanaman (Hamim, 2018).

Tanaman bawang merah termasuk tanaman yang sensitif terhadap ketersediaan air, hal ini disebabkan sistem perakarannya yang dangkal. Menurut FAO,

Tanaman bawang merah dapat berproduksi secara optimal dalam satu periode tanam membutuhkan air 350 – 550 mm/musim. Sedangkan hasil penelitian Kurnia et. al (2002) *dalam* (Kurnia, 2004) pada lahan kering kritis di Yogyakarta dengan sistem irigasi tetes, diketahui kebutuhan air pada tanaman bawang merah sebesar 200-275 mm/musim. Penelitian (Fauziah et al., 2016) menunjukkan bahwa pada volume irigasi 25% ET_c atau sekitar 81,17% air tersedia setelah dievapotranspirasikan, tanaman bawang merah masih dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Pemberian irigasi 70 % dengan mulsa dapat meningkatkan jumlah umbi per rumpun sebanyak 10,19 umbi dan produksi bawang merah 12,78 ton per ha (Sumarno, 2017).

Kebutuhan air tanaman adalah banyaknya air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk memenuhi evapotranspirasi agar dapat tumbuh normal (Haryati, 2014), sedangkan menurut Kurnia (2004) kebutuhan air tanaman merupakan penjumlahan pemakaian air konsumtif dengan jumlah air untuk mencapai kapasitas lapang dan perkolasi. Evapotranspirasi tanaman merupakan kebutuhan air tanaman yang dibatasi sebagai kedalaman air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal dalam keadaan bebas penyakit, tumbuh tanpa stagnasi dari kadar air tanah dan kesuburan serta lingkungan sekitarnya (Haryati, 2014).

Kebutuhan jumlah air pada tanaman berbeda-beda tergantung pada jenis tanaman, umur, fase pertumbuhan, waktu tanam, pola tanam serta jenis tanah (Dorenboos dan Pruitt (1977) *dalam* (Kurnia, 2004)). Kebutuhan air tanaman secara matematis dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

ET_c : Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

ET_o : Evapotranspirasi acuan (mm/hari)

K_c : koefisien tanaman

Pendugaan besarnya evapotranspirasi tanaman dapat dilakukan dengan model pendugaan evapotranspirasi acuan. Model pendugaan empiris dapat dilakukan

dengan metode *Blaney-Criddle*, metode radiasi, metode *Penman*, dan metode panci evaporasi tergantung pada data iklim yang tersedia dan faktor tanaman (K_c) yang sesuai dengan jenis dan tingkat pertumbuhan tanaman (Haryati, 2014). Penentuan kebutuhan air tanaman secara langsung di lapang dilakukan menggunakan lisimeter atau tensiometer. Faktor tanaman (k_c) untuk tanaman semusim masih sangat terbatas terutama untuk tanaman semusim lahan kering, oleh karena itu kebutuhan air tanaman secara tepat belum banyak diketahui (Kurnia, 2004).

Tabel 3. Nilai Koefisien Tanaman Bawang Merah Pada Lahan Kering

Periode pertumbuhan	Hari setelah tanam (HST)	Koefisien Tanaman
Inisiasi/ tanam	0 – 10 HST	0,7
Vegetatif	11 – 30 HST	0,9
Pembentukan umbi	31 – 45 HST	1,2
Pemasakan	46 – 55 HST	1,2

Sumber: (Sumarno, 2017)

Evapotranspirasi tanaman acuan (*reference crop evapotranspiration*) atau ET_o , didefinisikan sebagai laju evapotranspirasi rumput hijau dengan ketinggian yang seragam antara 8 – 15 cm, aktif tumbuh dan menutup tanah secara sempurna dengan kondisi tidak kekurangan air (Doorenbos dan Pruitt 1977 dalam (Haryati, 2014)). FAO dalam Paper 56 merekomendasikan metode Penman-Monteith sebagai metode perhitungan besarnya evapotranspirasi tanaman acuan terbaik dibandingkan dengan metode lainnya karena memiliki estimasi kesalahan standar (*standard error of estimate*) yang lebih terkecil yakni sekitar 0,32, sedangkan metode lain berkisar 0,56 sampai 1,29. Perhitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman-Monteith dapat dihitung dengan Persamaan (2) (Allen et al., 1998) atau dapat menggunakan program berbasis windows dari FAO yaitu *ET_o Calculator* yang dapat diunduh secara gratis di laman <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/es/>.

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- ET_o : Evapotranspirasi acuan (mm/hari)
 R_n : Radiasi netto pada permukaan tanaman (MJ/m²/hari)
 G : Kerapatan panas terus-menerus pada tanah (MJ/m²/hari)
 T : Temperatur harian rata-rata pada ketinggian 2 m (°C)
 u_2 : Kecepatan angin pada ketinggian 2 m (m/s)
 e_s : Tekanan uap jenuh (kPa)
 e_a : Tekanan uap aktual (kPa)
 Δ : Kurva kemiringan tekanan uap (kPa/°C)
 γ : Konstanta psychrometric (kPa/°C)

2.5. Irigasi Suplemen

Irigasi suplemen adalah pemberian air yang berfungsi sebagai pelengkap, dimana curah hujan tidak cukup untuk menggantikan air yang hilang pada tanaman akibat proses evapotranspirasi. Dengan irigasi suplemen pemberian air dapat sesuai dengan kebutuhan tanaman dengan volume, waktu serta interval yang tepat. Selain itu, penggunaan teknologi suplemen air dimungkinkan musim tanam untuk tanaman semusim tidak terbatas pada musim penghujan saja, tetapi dapat berlanjut hingga pertengahan musim kemarau. Beberapa teknologi dalam irigasi suplemen diantaranya irigasi tetes bawah permukaan (*sub-surface drip irrigation*), irigasi tetes (*drip*), gelontor dan curah (*sprinkle*) (Haryati, 2014).

Irigasi sprinkler merupakan salah satu metode alternatif dalam pemberian air yang lebih efisien dibandingkan irigasi permukaan (*surface irrigation*). Dalam pendistribusian air membutuhkan energi tekan yang bersumber dari pompa dan menjadi faktor penting dalam menentukan kinerja dari sprinkler (Tusi dan Lanya, 2016). Irigasi sprinkler didefinisikan sebagai metode dalam pemberian air pada tanaman yang menyerupai hujan dengan cara penyemprotan air ke udara (Schwab et al. 1981 *dalam* (Haryati, 2014)). Penggunaan irigasi sprinkler memiliki keunggulan dapat digunakan pada berbagai topografi lahan dan pemupukan atau pengendalian OPT dapat dilakukan dalam satu waktu, sehingga mengurangi biaya tenaga kerja. Irigasi sprinkler sangat cocok digunakan untuk lahan kering, namun memerlukan biaya yang cukup besar terutama untuk penyediaan sarana pendukung irigasi (Tusi dan Lanya, 2016).

Irigasi srprinkler mampu menghemat penggunaan air dengan tingkat keseragaman penyiraman lebih dari 80% (Kurniati et al., 2007). Penelitian Rejekiingrum dan Kartiwa (2017) menyatakan penggunaan irigasi sprinkler pada budidaya bawang merah dapat memenuhi kebutuhan air tanaman secara riil di lapang mencapai 103,5 mm atau 1035 m³/ha/musim. Selain itu, pemberian air dengan irigasi sprinkler memberikan pengaruh yang lebih baik pada tinggi tanaman pada awal pertumbuhan (2 MST) dan bobot panen total bila dibandingkan pemberian air secara konvensional (Fauziah et al., 2016). Penerapan irigasi sprinkler pada lahan kering membutuhkan modal yang cukup besar, oleh karena itu pemilihan komoditas yang dikembangkan harus memiliki nilai ekonomis tinggi dan berskala agribisnis (Kurnia, 2004).

2.6. Pemodelan Tanaman

Tanaman merupakan agregasi spesies tanaman individu yang ditanam dalam satu unit area untuk tujuan ekonomi, sedangkan pertumbuhan merupakan peningkatan ukuran dan volume yang tidak dapat diubah dan konsekuensi dari diferensiasi dan distribusi yang terjadi pada tanaman. Simulasi didefinisikan sebagai mereproduksi esensi dari suatu sistem tanpa mereproduksi sistem itu sendiri. Dalam simulasi karakteristik penting dari sistem direproduksi dalam model yang kemudian dipelajari dalam skala waktu yang singkat (Gowda et al., 2013).

Pemodelan tanaman adalah cara formal untuk menyajikan algoritma matematika yang mewakili pengetahuan kuantitatif tentang bagaimana tanaman tumbuh dalam interaksi dengan lingkungannya. Model tanaman sering mensimulasikan berbagai aspek tanaman menggunakan informasi cuaca harian seperti radiasi matahari, suhu maksimum dan minimum, dan curah hujan. Informasi lain yang diperlukan untuk simulasi tanaman meliputi karakteristik tanah, kondisi tanah awal, karakteristik kultivar, dan pengelolaan tanaman. Dengan menggunakan data yang berbeda, model dapat mensimulasikan dinamika perkembangan tanaman (fenologi), akumulasi biomassa, hasil, air, dan serapan hara (Asseng et al., 2014).

Model dinamis berbasis proses dibagi menjadi 2 kategori berdasarkan tingkat skala dan kerumitannya, yaitu skala lapang dan skala regional. Model skala lapang biasanya digunakan untuk mensimulasikan proses pertumbuhan tanaman sehingga proses perubahan teknologi dapat dinilai. Sedangkan, model skala regional dirancang untuk memanfaatkan hubungan iklim-tanaman skala besar yang beroperasi pada model iklim global maupun regional (Ramirez-Villegas et al., 2015).

Tabel 4. Daftar Model Tanaman yang Paling Umum

Model Tanaman	Laman Situs
APSIM	http://www.apsim.info
AgrometShell	http://www.hoefsloot.com/agrometshell.htm
Aquacrop	http://www.fao.org/aquacrop
CERES-wheat	http://nowlin.css.msu.edu/wheat_book/
CROPGRO-Soybean	http://ecobas.org/www-server/rem/mdb/cropgro.html
Cropsyst	http://modeling.bsyse.wsu.edu/CS_Suite_4/CropSyst/index.html
DAISY	https://soil-modeling.org/resources-links/model-portal/daisy
DSSAT	http://dssat.net/
EPIC	https://epicapex.tamu.edu/
FarmSim	http://models.pps.wur.nl/node/961
Fasset	http://www.fasset.dk/
GLAM	https://www.see.leeds.ac.uk/research/icas/research-themes/climate-change-andimpacts/climate-impacts/glam/
HERMES	http://www.zalf.de/de/forschung_lehre/software_downloads/Seiten/default.aspx
ORYZA v3	https://sites.google.com/a/irri.org/oryza2000/about-oryza-version-3
STICS	http://www.inra.fr/en/Scientists-Students/Agriculturalsystems/All-reports/Modelling-and-agrosystems/STICS-an-agronomy-dynamo
SUCROS	http://models.pps.wur.nl/node/966
SWAP	http://www.swap.alterra.nl/
WOFOST	http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Research-Institutes/alterra/Facilities-Products/Software-and-models/WOFOST.htm

Sumber: (Kasampalis et al., 2018)

2.7. Model Aquacrop

Model Aquacrop merupakan penyempurnaan model prediksi respon hasil terhadap penggunaan air yang dikembangkan Doorenbos and Kassam (1979) dalam FAO Paper 33. Hubungan tersebut secara empirik direpresentasikan sebagai fungsi pada persamaan (3).

$$\frac{(Y_x - Y_a)}{Y_x} = K_y \frac{(ET_x - ET_a)}{ET_x} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana Y_x dan Y_a merupakan hasil maksimum dan hasil aktual, ET_x dan ET_a merupakan evapotranspirasi maksimum dan evapotranspirasi aktual, sedangkan K_y merupakan faktor proporsionalitas antara kehilangan hasil relatif dan pengurangan relatif pada proses evapotranspirasi. Nilai K_y menjelaskan dampak cekaman air terhadap penurunan hasil, bila nilai $K_y > 1$ maka tanaman tersebut lebih sensitif terhadap cekaman air dibandingkan tanaman yang mempunyai nilai $K_y < 1$.

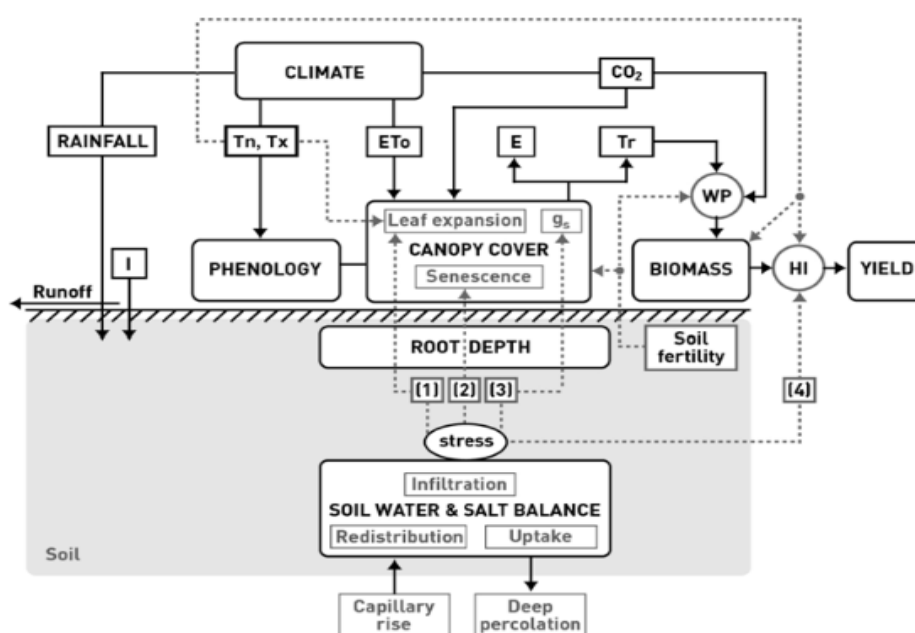
Perbaikan konsep terkait secara langsung antara penggunaan air oleh tanaman dan hasil tanaman. Pada Aquacrop, evapotranspirasi tanaman (ET) dipisahkan menjadi evaporasi tanah (E) dan transpirasi tanaman (Tr) untuk menghindari efek perancu dari penggunaan air yang tidak produktif. Hal ini sangat penting ketika tutupan kanopi tanah tidak lengkap dan evaporasi tanah (E) mungkin merupakan komponen utama ET. Hasil panen (Y) dinyatakan sebagai fungsi biomassa (B) dan indeks panen (HI) untuk membedakan antara efek stres lingkungan pada B daripada HI. Pemisahan kedua jenis efek ini berbeda secara mendasar dan memungkinkan terjadi hubungan fungsional berdasarkan proses fisiologisnya. Perubahan tersebut dideskripsikan pada persamaan (4) dan (5) berikut sebagai inti dari mesin pertumbuhan Aquacrop (Steduto et al., 2009b).

$$B = WP \cdot \sum Tr \dots\dots\dots (4)$$

$$Y = B \cdot HI \dots\dots\dots (5)$$

Dimana WP merupakan parameter produktivitas air yang dinyatakan dalam satuan $kg/m^2/mm$.

Seperti pada model lainnya, Aquacrop memiliki struktur yang meliputi kontinum tanah-tanaman-atmosfernya dengan masukan (i) tanah, dengan neraca airnya; (ii) tanaman, dengan proses pertumbuhan, perkembangan, dan hasil; dan (iii) atmosfer, dengan rezim suhu, curah hujan, evaporasi, dan konsentrasi karbon dioksida. Selain itu, beberapa aspek pengelolaan secara eksplisit, dengan penekanan pada irigasi, tetapi juga tingkat kesuburan tanah karena mempengaruhi perkembangan tanaman, produktivitas air, dan penyesuaian tanaman terhadap cekaman, dan hasil akhir (Steduto et al., 2009a).



Gambar 3. Bagan Aquacrop yang Menunjukkan Komponen Utama dari Kontinum Tanah-Tanaman-Atmosfer

Kanopi merupakan fitur penting dalam Aquacrop, dimana melalui kanopi terjadi berbagai proses ekspansi, perubahan konduktansi, dan penuaan. Selain itu kanopi sangat menentukan jumlah air yang ditranspirasikan dan menentukan jumlah biomassa yang dihasilkan. Ekspresi permukaan tanaman yang digunakan untuk transpirasi dinyatakan sebagai penutup tanah kanopi hijau fraksional (CC) dan bukan melalui indeks luas daun (LAI). Ini menyederhanakan simulasi secara signifikan, mengurangi perluasan kanopi keseluruhan menjadi fungsi pertumbuhan dan memungkinkan pengguna memasukkan nilai CC yang

sebenarnya, bahkan yang diperkirakan dengan mata. Selain itu, CC dapat dengan mudah diperoleh juga melalui penginderaan jauh (Steduto et al., 2009a).

Model Aquacrop telah banyak digunakan diberbagai negara diseluruh dunia dengan kondisi wilayah lembab, sub-lembab dan kering. Secara keseluruhan kinerja model simulasi pada kondisi irigasi penuh dan defisit menunjukkan berbagai variasi antara dapat diterima dan memuaskan pada keadaan ETc penuh dan kurang memuaskan, dapat diterima dan memuaskan pada keadaan defisit ETc (Abdalhi and Jia, 2018).

Tabel 5. Ringkasan Keseluruhan Kinerja dan Temuan pada Model Aquacrop yang Digunakan Di Lokasi Berbeda

Lokasi	Kinerja Keseluruhan Model Pada ETc Penuh	Kinerja Keseluruhan Model Pada Kondisi Kurang	Temuan dan Rekomendasi
USA	-	-	Model disimulasikan secara akurat perkembangan hasil biji kumulatif dengan waktu dan cukup baik dalam mensimulasikan SWC pada enam kedalaman yang dipelajari dari (0,18-1,70 m)
Portugal	Kinerja baik	Kinerja cukup	Parameter <i>default</i> menunjukkan kinerja yang kurang baik dengan kesalahan yang dapat diterima yang dapat digunakan 21etika data lapangan tidak ada
Iran	Memuaskan	Akurasi tidak memadai	Model dianggap sebagai alat pengambilan keputusan yang berguna untuk menyelidiki irigasi defisit dan menyarankan model harus dimasukkan beberapa parameter kalibrasi tentang pola distribusi akar dalam tanah untuk lebih banyak manfaat
Itali	-	-	Model menunjukkan estimasi yang baik dari perkembangan CC gandum musim dingin 21etika menggunakan citra MODIS LAI sebagai ukuran tutupan vegetasi yang diperoleh dengan penginderaan jauh. Menggunakan penginderaan jauh dengan AquaCrop dapat menghasilkan peningkatan penting dalam evaluasi hasil gandum pada skala regional dan untuk mendapatkan perkiraan yang dapat diterima dari setiap komponen keseimbangan hidrologi, seperti ruang dan variabilitas temporal kelembaban tanah
Maroko	Dapat diterima	Dapat diterima	Hasil penelitian membuktikan bahwa penaburan awal lebih tepat daripada penaburan terlambat dalam menghemat air dan memperoleh hasil gabah yang memadai. Nilai 0,6 dari deplesi air (<i>Dr</i>), ambang batas merupakan ambang batas penipisan air yang tepat untuk meningkatkan pengelolaan irigasi gandum. Model tersebut dapat menjadi alat yang berguna untuk perencanaan jadwal irigasi di

			daerah kering dan semi-kering setelah validasi dalam kondisi nyata. Untuk keputusan yang tepat, studi lain yang terkait dengan analisis ekonomi dan lingkungan harus dilakukan di masa depan
Nigeria	Akurat	Akurat	Kemampuan yang baik untuk mengoptimalkan produktivitas air kedelai di tingkat petani dan skala cekungan di daerah kering dan sub-lembab

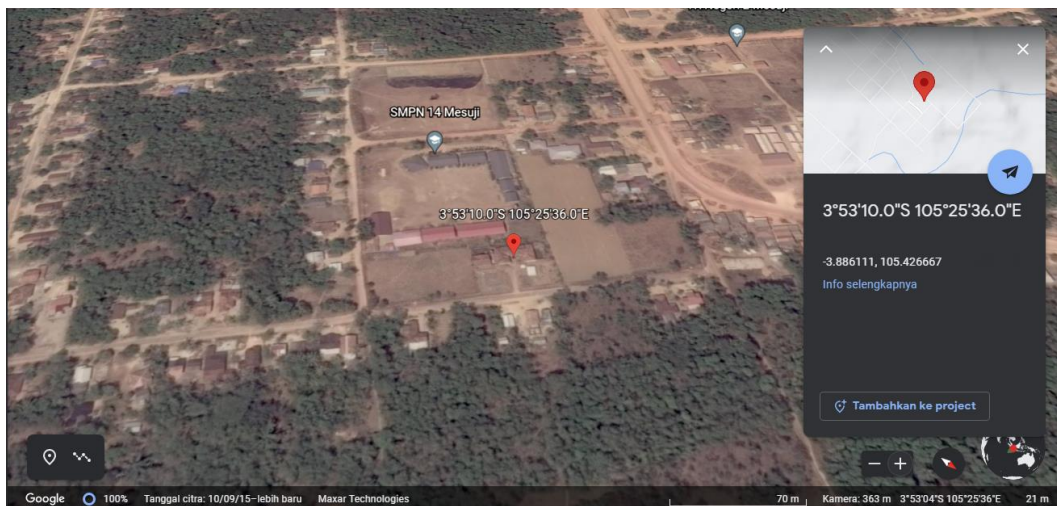
Sumber: (Abdalhi and Jia, 2018)

Penerapan model Aquacrop pada penelitian bawang merah telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. (Nazeer and Hussain, 2012) melaporkan bahwa hasil evaluasi model menggunakan RMSE dan NCE menunjukkan bahwa model berkinerja tidak memuaskan untuk biomassa, hasil dan produktivitas air. Berbeda dengan hasil penelitian Agbemabiese et al. (2017) yang menyatakan model Aquacrop mampu mensimulasikan hasil panen, biomassa dan produktivitas air pada tanaman bawang merah. Hasil validasi model dengan efisiensi *Nash-Sutcliffe* (E), RMSE dan *Willmott's index of agreement* (d) menunjukkan bahwa model Aquacrop mensimulasikan semua parameter dalam penelitian dengan memuaskan. Sedangkan hasil penelitian Karuku and Mbindah (2020) menunjukkan bahwa model dalam simulasi hasil umbi menghasilkan *Willmott's index* dengan kinerja divergen pada 2 musim, namun nilai RMSE dan konstanta *Nash-Sutcliffe* menunjukkan kinerja positif dari model Aquacrop.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – Agustus 2022 yang berlokasi di lahan percobaan milik BPP Kecamatan Mesuji di Desa Sido Mulyo Kecamatan Mesuji Kabupaten Mesuji.



Gambar 4. Lokasi Penelitian
Sumber: <https://earth.google.com>

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: bor tanah dan ring sampel untuk pengambilan sampel tanah, mesin pompa air, data logger Model RC-4HC, tensiometer, timbangan digital, oven, penggaris dan alat tulis. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: data iklim yang bersumber dari NASA, data iklim lapang, data hasil analisis sampel tanah, paralon (1 inch, $\frac{3}{4}$ inch $\frac{1}{2}$ inch), head sprinkler model *impact sprinkler*,

dolomit, bibit bawang, pupuk organik, pupuk kimia dan beberapa program komputer untuk membantu simulasi dan analisis data diantaranya; ETo Calculator, Aquacrop, Program R dan Excel.

3.3. Metode Penelitian

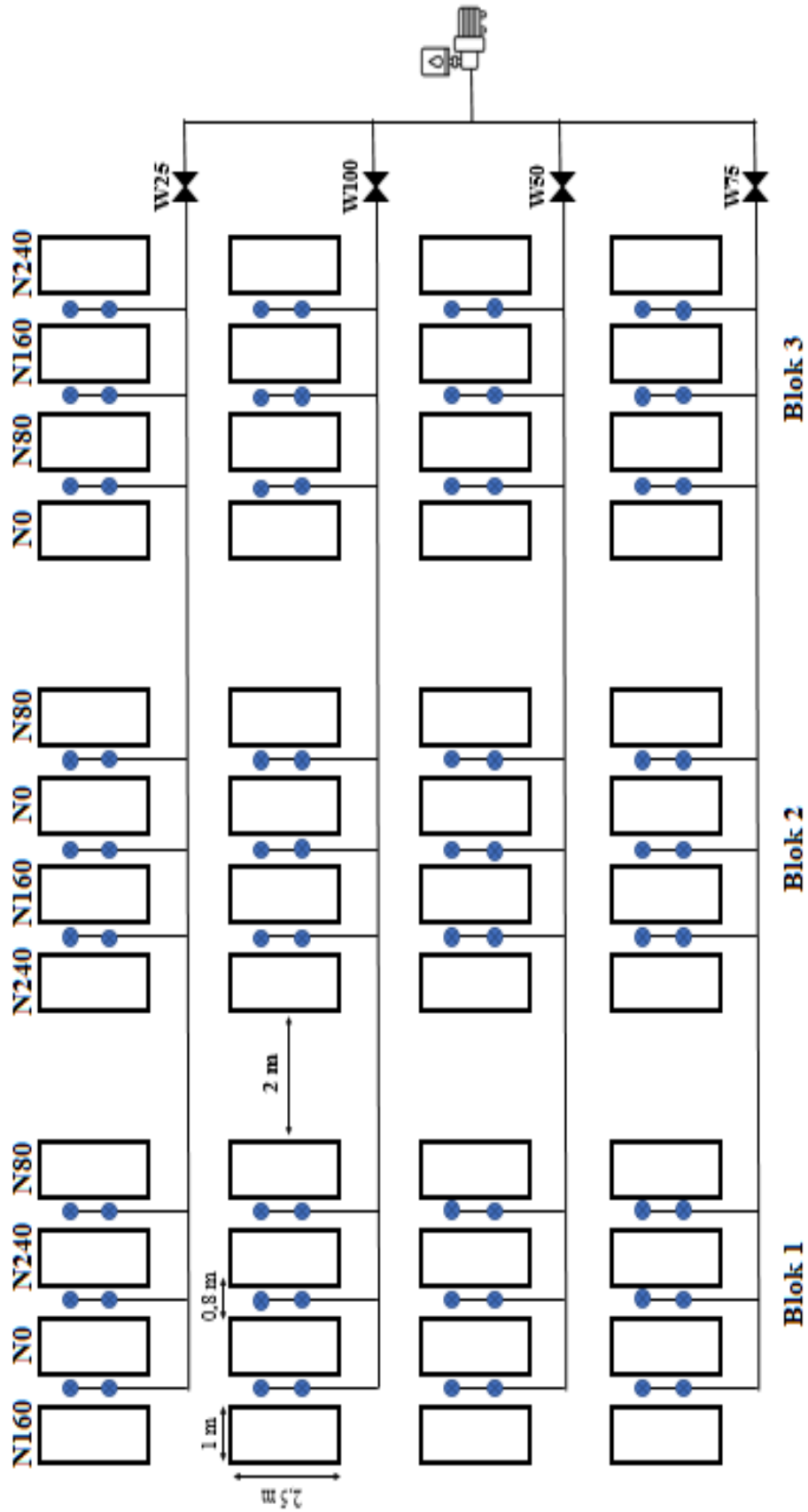
3.3.1. Rancangan Penelitian

Percobaan merupakan percobaan faktorial yang dirancang dalam Rancangan Petak berjalur (*split blocks*) dengan faktor dosis pemupukan N sebagai faktor vertikal dan volume pemberian irigasi sebagai faktor horizontal. Faktor vertikal (nitrogen) terdiri dari beberapa taraf perlakuan diantaranya: tanpa nitrogen (N0), 80 kg N/ha (N80), 160 kg N/ha (N160) dan 240 kg N/ha (N240). Sedangkan, faktor horizontal (volume irigasi) terdiri dari beberapa taraf perlakuan diantaranya: W25 25% ETc (W25), 50% ETc (W50), 75% ETc (W75) dan 100% ETc (W100). Penentuan desain dan tata letak percobaan seperti pada Gambar 5.

3.3.2. Pemupukan Nitrogen (N) Bawang Merah

Sumber pupuk nitrogen (N) yang digunakan dalam percobaan ini merupakan pupuk urea dengan kadar N sebesar 46%. Pemupukan dibagi dalam 2 kali aplikasi yaitu aplikasi ke-1 (50%) pada umur 14 HST dan aplikasi ke-2 (50%) pada umur 28 HST. Dosis pemupukan pada masing-masing petak dengan berbagai taraf perlakuan dilakukan dengan perhitungan dibawah ini.

$$\text{Dosis urea} \left(\frac{\text{gr}}{\text{petak}} \right) = \frac{100}{46} \times \text{taraf N} \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \times \frac{\text{luas petak m}^2}{10.000 \text{ m}^2} \times 1000 \text{ gr} \dots\dots\dots (6)$$



Gambar 5. Tata Letak Rancangan Percobaan

3.3.3. Pemberian Irigasi Tanaman Bawang Merah

Pemberian irigasi tanaman sebagai faktor perlakuan dilakukan berdasarkan pada evapotranspirasi tanaman (ET_c). Dalam menentukan kebutuhan air tanaman terlebih dahulu dilakukan penentuan nilai evapotranspirasi acuan (ET_0) dengan cara pendugaan berdasarkan data-data iklim (*data generated*) dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2021 yang diunduh dari website *NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources* (NASA, 2022). Kemudian dilakukan proses perhitungan nilai evapotranspirasi acuan (ET_0) dengan menggunakan *ET₀ Calculator* FAO.

Hasil perhitungan evapotranspirasi acuan (ET_0) selama 22 tahun diketahui rata-rata evapotranspirasi acuan (ET_0) dari bulan juni sampai dengan agustus sebesar 3,43 mm/hari. Kemudian hasil pendugaan evapotranspirasi acuan (ET_0) dikalikan dengan faktor tanaman sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman untuk mendapatkan kebutuhan air tanaman (ET_c) seperti disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan Air Tanaman Bawang Merah Berdasarkan Fase Pertumbuhan

Fase Pertumbuhan	Panjang Fase Tumbuh (hari)	ET_0 (mm/hari)	Kc Tanaman	ET_c (mm/hari)
Inisiasi	10	3,43	0,7	2,40
Vegetatif	20	3,43	0,9	3,09
Pembentukan Umbi	15	3,43	1,2	4,12
Pemasakan	15	3,43	1,2	4,12

Setelah nilai kebutuhan air tanaman bawang merah pada setiap fase pertumbuhan diketahui, kemudian kebutuhan air tanaman dikalikan dengan taraf perlakuan yaitu 25%, 50%, 75% dan 100%. Untuk mengkonversi kebutuhan air tanaman bawang merah sesuai dengan taraf perlakuan menjadi lama pemberian irigasi maka dilakukan pengukuran debit sprinkler terlebih dahulu dengan cara pengukuran langsung di lapang, yaitu dengan mengukur besarnya volume air yang dikeluarkan nozel sprinkler dalam waktu tertentu. Laju curah sprinkler dan waktu operasional sprinkler dihitungkan menggunakan persamaan (7) dan persamaan (8) (Prabowo et al., 2017) sebagai berikut:

$$\text{Laju curah sprinkler} = \frac{n \times q}{A} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana: n : jumlah sprinkler head yang digunakan
 q : debit sprinkler (m³/jam)
 A : luas areal yang dialiri dengan sprinkler (m²)

Sehingga waktu operasional sprinkler ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Waktu operasional sprinkler} = \frac{\text{kebutuhan air tanaman}}{\text{laju curah sprinkler}} \dots\dots\dots (8)$$

3.4. Pelaksanaan

3.4.1. Persiapan Lahan

Sebelum dilakukan pengolahan tanah, lahan disemprot dengan herbisida jenis *paraquat*, setelah gulma mengering dan mati dilakukan proses pengolahan tanah I secara mekanis dengan menggunakan traktor roda 4. Pengolahan tanah berikutnya dilakukan setelah 1 minggu dari pengolahan I, dan pada pengolahan tanah II diberikan pupuk dasar berupa pupuk kandang dengan dosis 10 ton/ha, dolomit 1 ton/ha dan juga aplikasi pupuk SP-36 dengan 125 kg/ha. Selanjutnya dilakukan pembentukan guludan (petak percobaan) dengan panjang x lebar x tinggi (2,5 m x 1 m x 20 cm) dari masing-masing petakan sesuai dengan desain percobaan, sedangkan untuk perapihan masing-masing guludan dilakukan secara manual dengan menggunakan cangkul.

3.4.2. Persiapan Bahan Tanam

Bahan tanam berupa bibit bawang merah dalam percobaan ini merupakan varietas Bima brebes yang telah mengalami dormansi 2 bulan dari panen dan diperoleh langsung dari petani bawang merah Desa Dukuhwringin Kec. Wanasari Kab. Brebes. Sebelum bibit ditanam dilakukan penyortiran terlebih dahulu, kemudian bibit bawang merah dirompes 1/3 bagian pada bagian atasnya. Setelah itu bibit diberi perlakuan dengan pemberian pestisida dengan bahan aktif karbosulfan

dengan dosis 5 gr/kg yang dilarutkan dalam air dan bahan tanam direndam selama 30 menit.

3.4.3. Pemasangan Sarana Irigasi Sprinkler

Sumber air yang digunakan pada irigasi sprinkler bersumber dari sumur bor yang ditampung menggunakan kolam penampung dengan volume 7 m³. Air dari kolam penampung dipompa menggunakan mesin *submersible* dan dialirkan melalui pipa 1 inch yang berfungsi sebagai jalur utama, pipa ¾ inch sebagai pipa pembagi (*lateral*) dan pipa ½ inch sebagai pipa tempat pemasangan nozzle sprinkler. Jenis sprinkler yang digunakan dalam percobaan merupakan jenis *impact sprinkler* dengan penyiraman segala arah (360°). Tinggi pemasangan nozel sprinkler dari tanah sekitar 40 cm dan diberi penyangga kayu. Sprinkler dipasang pada pertengahan petakan percobaan sebanyak 2 buah sprinkler.

3.4.4. Penanaman

Sebelum dilakukan penanaman, petak-petak percobaan dilakukan penyiraman terlebih dahulu untuk memudahkan dalam penanaman. Penanaman bibit bawang merah dilakukan pada sore hari dengan jarak tanam yang digunakan 20 cm x 15 cm dan bibit yang ditanam yaitu 1 umbi per lubang tanam dengan banyak tanaman sejumlah 68 tanaman per petak percobaan.

3.4.5. Penyiraman

Penyiraman tanaman dengan menggunakan irigasi sprinkler dimulai 1 HST (hari setelah tanam) sesuai prediksi kebutuhan air tanaman pada masing-masing perlakuan dengan banyak penyiraman 1 kali per hari dan dilakukan pada sore hari. Waktu penyiraman dan interval penyiraman ditentukan berdasarkan potensial kadar air tanah berdasarkan pembacaan manometer pada alat tensiometer yang terpasang di lahan selama penelitian berlangsung.

Tensiometer dibenamkan di lahan pada kedalaman 15 cm dan dilakukan pengamatan setiap hari. Pada pembacaan manometer 10 Cbar dan 30 Cbar, dilakukan pengambilan sampel tanah untuk dilakukan pengukuran kadar air tanah secara gravimetri. Hasil pengukuran kadar air tanah pada 10 Cbar sebesar 29,06 % (v/v) sedangkan pada 30 cbar sebesar 23,44% (v/v). selanjutnya dibandingkan dengan hasil analisis laboratorium untuk melihat kondisi kadar air tanah pada kapasitas lapang dan titik layu permanen. Penyiraman tanaman bawang merah ditetapkan pada umur 1 – 30 HST dilakukan bila pembacaan manometer telah menunjukkan 10 – 15 Cbar dengan pertimbangan kedalaman akar tanaman bawang merah masih dangkal (pendek) pada awal pertumbuhan, sedangkan penyiraman pada umur lebih dari 30 HST hingga panen dilakukan bila pembacaan manometer telah menunjukkan 30 – 40 Cbar.

3.4.6. Pemupukan

Pupuk yang digunakan dalam percobaan ini menggunakan jenis pupuk kimia dan pupuk organik dengan dosis yang telah ditentukan. Pupuk organik berupa pupuk kandang, sedangkan pupuk kimia berupa pupuk urea sesuai dengan taraf perlakuan, SP-36 125 kg/ha, dan KCl 125 kg/ha. Selain itu, digunakan pula pupuk mikro yang diaplikasikan secara foliar pada tanaman bawang merah. Pemupukan urea dan KCl dibagi menjadi 2 kali aplikasi yaitu 50% pada 14 HST dan 50% pada 28 HST sesuai dengan dosis seperti pada Tabel 7, sedangkan untuk SP-36 dilakukan sekaligus, yaitu pada saat pemupukan kesatu.

Tabel 7. Jenis Pupuk Kimia dan Dosis Aplikasi

No	Jenis Pupuk	Perlakuan	Dosis (gr/petak)	Dosis Aplikasi 1 (gr/petak)	Dosis Aplikasi 2 (gr/petak)
1	Urea	0 kg N/ha	0	0	0
		80 kg N/ha	43,48	21,74	21,74
		160 kg N/ha	86,96	43,48	43,48
		240 kg N/ha	130,43	65,22	65,22
2	KCl	125 kg/ha	31,25	15,63	15,63
3	SP-36	125 kg/ha	31,25	31,25	-

3.4.7. Pengendalian Gulma dan OPT

Gulma yang tumbuh pada media tanam dikendalikan secara mekanis dengan cara mencabut gulma dan dikumpulkan pada satu tempat. Sedangkan pengendalian OPT baik hama atau penyakit pada tanaman bawang merah dilakukan berdasarkan pengamatan dilapangan. Bila serangan telah diatas ambang ekonomi, maka pendendalian dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan pestisida.

3.4.8. Panen

Pemanenan bawang merah dilakukan apabila tanaman sudah cukup tua, biasanya umur 70 – 80 hari atau 60% batang sudah melunak, tanaman rebah dan daun terlihat menguning.

3.5. Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan metode sampling pada setiap unit percobaan dengan sampel sebanyak 10 tanaman. Pengambilan tanaman sampel dilakukan secara zig-zag pada 2 baris tanam yang berada pada bagian dalam baris tanaman, sedangkan tanaman bagian luar tidak digunakan sebagai sampel. Variabel pengamatan terdiri dari variabel pertumbuhan dan variabel hasil (produksi) tanaman bawang merah. Adapun variabel pengamatan dan teknis pengamatannya di lapangan sebagai berikut:

a. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur menggunakan penggaris, yaitu pada daun tertinggi dengan cara meluruskan semua daun yang diukur dari permukaan tanah dalam satuan cm per tanaman. Hasil rata-rata tinggi tanaman kemudian dianalisis secara statistik.

b. Jumlah Daun

Jumlah daun bawang ditentukan dengan cara menghitung secara manual jumlah daun pada masing-masing tanaman sampel dan dinyatakan dalam satuan helai

daun per tanaman. Hasil rata-rata jumlah daun kemudian dianalisis secara statistik.

c. Tutupan Kanopi (*Canopy cover*)

Pengukuran tutupan kanopi dilakukan secara pengolahan citra dengan menggunakan software *Easy Leaf Area* berbasis windows dan pengambilan citra dilakukan dengan smartphone android. Tutupan kanopi dihitung dengan menggunakan persamaan 7 (Easlon and Bloom, 2014) dan dinyatakan dalam satuan persen (%). Hasil rata-rata tutupan kanopi kemudian dianalisis secara statistik.

$$\text{Tutupan kanopi (\%)} = 100 \times \frac{\text{jumlah piksel hijau}}{\text{total jumlah piksel}} \dots\dots\dots (9)$$

d. Bobot Segar Umbi

Pengamatan bobot basah umbi dilakukan setelah pemanenan, dengan cara menimbang umbi bawang merah yang telah dipisahkan dari daun dan dibersihkan dari tanah, kemudian ditimbang total bobot umbi per sampel dan dinyatakan dalam satuan gram per tanaman. Hasil rata-rata bobot segar umbi kemudian dianalisis secara statistik.

e. Diameter Umbi

Diameter umbi bawang merah ditentukan pada saat panen dengan cara pengukuran umbi bawang merah secara horizontal menggunakan jangka sorong dalam satuan cm per siung. Hasil rata-rata diameter kemudian dianalisis secara statistik.

f. Bobot Kering Umbi

Pengamatan bobot kering umbi dilakukan setelah pemanenan, dengan cara mengeringkan sampel bawang merah yang telah dipisahkan dari daun dan dibersihkan dari tanah dengan menggunakan oven selama 3x24 jam dengan suhu 80°C, kemudian ditimbang bobot kering per sampel dan dinyatakan dalam satuan

gram per tanaman. Hasil rata-rata bobot kering umbi kemudian dianalisis secara statistik.

g. Indeks Panen

Indek panen dihitung dengan membagi bobot kering hasil panen dengan bobot kering biomassa pada Persamaan 6. Hasil rata-rata indeks panen kemudian dianalisis secara statistik.

$$\text{Indeks Panen} = \frac{\text{bobot kering hasil (gr/tanaman)}}{\text{bobot kering biomassa (gr/tanaman)}} \dots\dots\dots (10)$$

3.5.1. Analisis Data

Analisis data pada beberapa variabel pengamatan dilakukan dengan analisis seragam (ANOVA) dan bila signifikan dilakukan uji lanjut dengan uji BNT dengan tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan untuk menilai kesesuaian antara hasil rata-rata model dan hasil observasi divalidasi dengan analisis statistik menggunakan persamaan *Root Mean Square Error* (RMSE), *Willmott's Index of Agreement* (d_{mod}) dan koefisien efisiensi Nash (Karuku and Mbindah, 2020).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (S_i - O_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (11)$$

$$d_{mod} = 1 - \frac{\sum_i^n |S_i - \bar{O}|}{\sum_i^n (|O_i - \bar{O}| + |S_i - \bar{O}|)} \dots\dots\dots (12)$$

$$E = 1 - \frac{\sum_i^n (S_i - O_i)^2}{\sum_i^n (S_i - \bar{O})^2} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana, S_i dan O_i merupakan simulasi dan observasi (data eksperimen), \bar{O} nilai rata-rata dari O_i dan n banyaknya observasi.

3.5.2. Tahapan Simulasi Pada Model Aquacrop

AquaCrop mensimulasikan hasil panen akhir dalam empat langkah yang dijalankan secara seri dalam setiap penambahan waktu harian, keempat langkah tersebut sebagai berikut: (FAO, 2017).

1. Perkembangan Tutupan Tajuk Hijau (CC)

Di Aquacrop perkembangan daun diekspresikan melalui tutupan tajuk hijau (CC) daripada indeks luas daun. CC adalah fraksi permukaan tanah yang ditutupi oleh kanopi yang berkisar dari nol saat tebar (0 % dari permukaan tanah yang ditutupi oleh kanopi) hingga nilai maksimum pada pertengahan musim, bernilai maksimal 1 jika tutupan kanopi penuh tercapai (100 % dari permukaan tanah ditutupi oleh kanopi).

2. Transpirasi Tanaman (Tr)

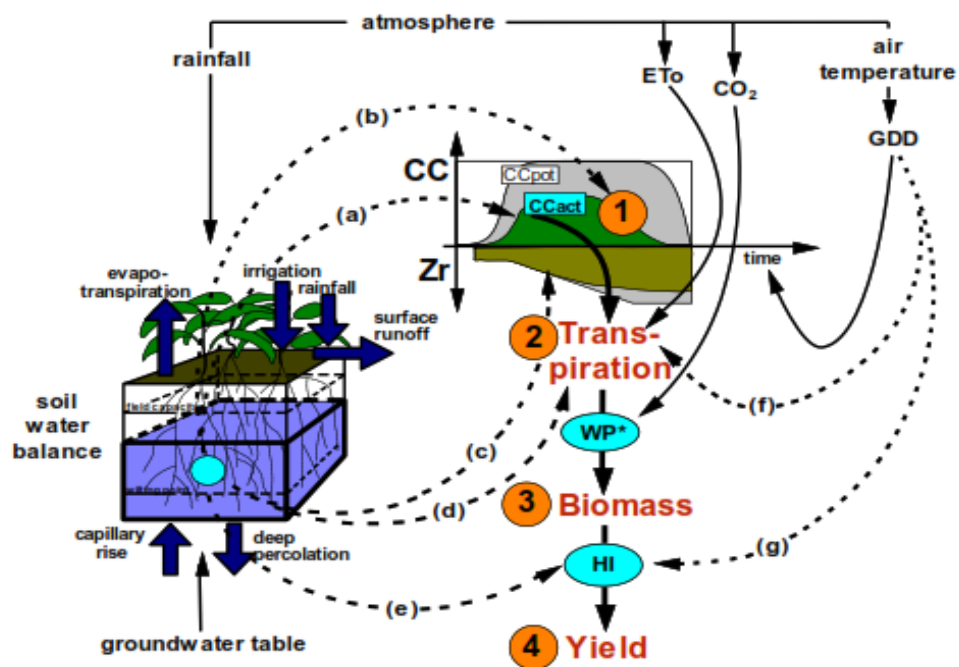
Dalam kondisi air yang baik, transpirasi tanaman (Tr) dihitung dengan mengalikan evapotranspirasi referensi (ET_o) dengan koefisien tanaman (K_cTr). Koefisien tanaman sebanding dengan CC dan karenanya bervariasi sepanjang siklus hidup tanaman sesuai dengan tutupan kanopi yang disimulasikan. Cekaman air tidak hanya dapat mempengaruhi perkembangan tajuk, tetapi juga dapat menyebabkan penutupan stomata dan dengan demikian secara langsung mempengaruhi transpirasi tanaman.

3. Biomassa Di Atas Tanah (B)

Jumlah biomassa di atas tanah (B) yang dihasilkan sebanding dengan jumlah kumulatif transpirasi tanaman (Σ Tr), faktor proporsional dikenal sebagai produktivitas air biomassa (WP). Di Aquacrop, WP dinormalisasi untuk pengaruh kondisi iklim, membuat produktivitas air biomassa yang dinormalisasi (WP*) berlaku untuk beragam lokasi, musim, dan konsentrasi karbon dioksida.

4. Hasil Panen (Y)

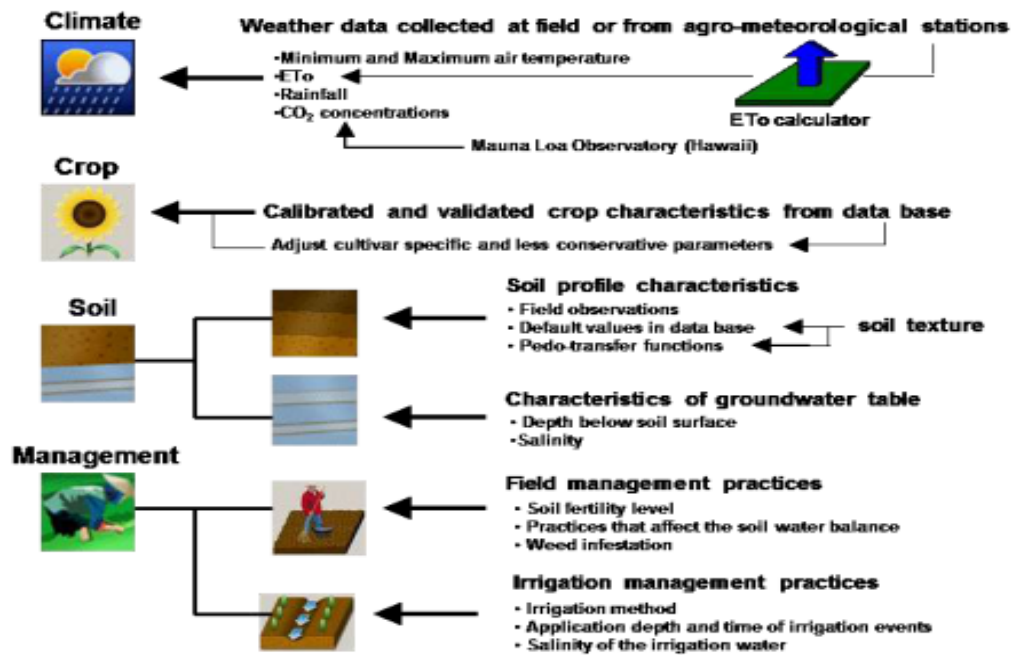
Simulasi biomassa di atas tanah mengintegrasikan semua produk fotosintesis yang diasimilasi oleh tanaman selama musim. Hasil panen (Y) diperoleh dari B dengan menggunakan indeks panen (HI) yang merupakan fraksi B yang merupakan produk yang dapat dipanen. HI aktual diperoleh selama simulasi dengan menyesuaikan indeks panen referensi (HI_o) dengan faktor penyesuaian untuk efek cekaman.



Gambar 6. Empat Langkah Skema Perhitungan Aquacrop

3.5.3. Data Input Aquacrop

AquaCrop menggunakan sejumlah kecil parameter eksplisit dan sebagian besar variabel input intuitif. Mereka tersedia secara luas atau hanya membutuhkan metode sederhana untuk penentuannya. Input terdiri dari data cuaca, karakteristik tanaman dan tanah, dan praktik pengelolaan yang menentukan lingkungan di mana tanaman akan berkembang. Karakteristik tanah dibagi menjadi profil tanah dan karakteristik air tanah dan Praktek pengelolaan menjadi pengelolaan lapangan dan praktek pengelolaan irigasi.



Gambar 7. Data Input Pada Model Aquacrop

Menu *climate* (Iklim) dibutuhkan data cuaca diantaranya; suhu udara minimum (T_n) dan maksimum (T_x), curah hujan, dan evapotranspirasi referensi (ET_o) dan konsentrasi CO₂ atmosfer rata-rata tahunan. Menu *crop* (tanaman) memuat berbagai parameter tanaman yang akan dikalibrasi dan divalidasi diantaranya: mode perkembangan tajuk, perkembangan tanaman (permulaanutupan tajuk, perkembangan tajuk, pembungaan dan formasi hasil, dan kedalaman akar), Produksi (produktivitas air tanaman dan indeks panen), cekaman pemupukan dan kalender tanaman. Menu *soil* (tanah) terdiri atas profil tanah dan air tanah, parameter yang dibutuhkan antara lain: kadar air volumetrik pada kapasitas lapang (FC), titik layu permanen (PWP), kejenuhan, dan konduktivitas hidrolis jenuh (K_{sat}), untuk setiap lapisan tanah yang berbeda meliputi zona akar. Menu *management* memuat praktik manajemen irigasi dan praktik manajemen lapang. Manajemen irigasi terdiri dari metode irigasi dan jadwal irigasi, sedangkan manajemen lapang terdiri dari kesuburan tanah, pemulsaan, praktik penghapusan limpasan, manajemen gulma.

3.5.4. Kalibrasi Parameter dan Validasi Pada Model Aquacrop

Langkah awal sebelum dilakukan simulasi Aquacrop, model terlebih dahulu dikalibrasi dan divalidasi sesuai dengan keadaan yang relevan menggunakan data-data lapang yang telah dikumpulkan sebelumnya berupa data observasi dan dalam model juga digunakan data yang merupakan hasil penyesuaian untuk mendapatkan hasil terbaik pada model. Kalibrasi dilakukan melalui proses berulang menggunakan variabel pertumbuhan tanaman yang diukur, tahap fenologi yang diamati, parameter yang diperkirakan dari data yang tersedia dan koefisien pertumbuhan. Fase terakhir dari kalibrasi terdiri dari penyempurnaan parameter lain sehingga nilai simulasi sesuai dengan data yang diamati.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemupukan nitrogen (N) meningkatkan tinggi tanaman pada 40 HST (hari setelah tanam), bobot segar umbi, diameter umbi dan indeks panen, sedangkan pemberian irigasi meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, tutupan kanopi, bobot segar umbi, diameter umbi, dan indeks panen.
2. Kombinasi pemupukan nitrogen dosis 160 kg N/ha dan pemberian irigasi 75% ETc menghasilkan bobot kering umbi bawang merah tertinggi yaitu sebesar 33,88 gr/tanaman.
3. Perlakuan terbaik dalam menunjang pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah dengan perlakuan pemupukan nitrogen dengan dosis 160 kg N/ha dan pemberian irigasi 75% ETc dengan kondisi curah hujan sebesar 248 mm selama periode tanam.
4. Pemberian irigasi dibutuhkan tanaman bawang merah mulai dari awal penanaman hingga panen, sedangkan pemupukan nitrogen sangat membantu dalam perkembangan umbi.
5. Pemupukan nitrogen 160 kg N/ha dengan pemberian irigasi 75% ETc menghasil pertumbuhan tutupan kanopi yang paling optimal pada simulasi model Aquacrop.
6. Model Aquacrop FAO dapat digunakan dalam memprediksi hasil bawang merah dengan validasi model yang ditunjukkan nilai koefisien korelasi (r) = 0,96, RSME = 0,93, *Willmott's Index of Agreement* (d_{mod}) = 0,96 dan koefisien Nash (E) = 0,85.

5.2. Saran

Dalam melakukan pengujian model Aquacrop FAO untuk simulasi pertumbuhan dan hasil bawang merah berdasarkan pendekatan produksi biomassa relatif (*Brel*), maka disarankan agar data biomassa yang digunakan sebagai biomassa acuan (*Bref*) adalah hasil pengamatan sesuai lokasi penelitian sehingga hasil simulasi dan prediksi model dapat lebih menggambarkan kondisi spesifik lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdalhi, M.A.M., and Z. Jia. 2018. Crop yield and water saving potential for AquaCrop model under full and deficit irrigation managements. *Italian Journal of Agronomy* 13(4): 267–278. doi: 10.4081/ija.2018.1288.
- Abdissa, Y., T. Tekalign, and L.M. Pant. 2011. Growth, Bulb Yield and Quality of Onion (*Allium cepa* L.) as Influenced by Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Vertisol I. Growth Attributes, Biomass Production and Bulb Yield. *Afr J Agric Res* 6(14): 3252–3258. doi: 10.5897/AJAR10.1024.
- Abdurachman, A., A. Dariah, and A. Mulyani. 2008. Strategi dan Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Mendukung Pengadaan Pangan Nasional. *Litbang Pertanian* 27(2): 43–49.
- Agbemabiese, Y.K., A. Shaibu, and V. Gbedzi. 2017. Validation of Aquacrop for Different Irrigation Regimes of Onion (*Allium Cepa*) in Bontanga Irrigation Scheme. *International Journal of Irrigation and Agricultural Development (IJIRAD)* 1(1): 1–12.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56*. FAO, Rome.
- Al-Moshileh, A.M. 2007. Effects of planting date and irrigation water level on onion (*Allium cepa* L.) production under central Saudi Arabian conditions. *Scientific Journal of King Faisal University* 8(1): 75–84.
- Amanda, U.D., and S. Yuniarti. 2020. Teknologi Budidaya Bawang Merah. <https://banten.litbang.pertanian.go.id/new/index.php/info-teknologi/14-alsin/1904-teknologi-budidaya-bawang-merah> (accessed 15 August 2021).
- Anda, P. 2021. Effect of Sprinkling Water Method on Soil Physical Properties and Growth and Yield of Onion (*Allium cepa* L.) Cultivars at Tomia Wakatobi Regency Conditions, Indonesia. 9(6): 401–413.
- Araus, V., J. Swift, J.M. Alvarez, A. Henry, and G.M. Coruzzi. 2020. A Balancing Act: How Plants Integrate Nitrogen and Water Signals. *J Exp Bot* 71(15): 4442–4451. doi: 10.1093/jxb/eraa054.

- Asefa, G. 2019. The Role of Harvest Index in Improving Crop Productivity: A Review. *Journal of Natural Sciences Research* 9(6): 24–28. doi: 10.7176/JNSR/9-6-04.
- Asseng, S., Y. Zhu, B. Basso, T. Wilson, and D. Cammarano. 2014. Simulation Modeling: Applications in Cropping Systems. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* 5: 102–112. doi: 10.1016/B978-0-444-52512-3.00233-3.
- Ayu, I.W., S. Prijono, and Soemarno. 2013. Evaluasi Ketersediaan Air Tanah Lahan Kering di Kecamatan Unter Iwes , Sumbawa Besar. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari* 4(1): 18–25.
- Bekele, M., E. Ass, and A. Mohammed. 2019. Effects of Different Level of Nitrogen Fertilizer Application on Growth, Yield, Quality and Storage Life of Onion (*Allium cepa* L.) at Jimma, South Western Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research* 9(10): 32–40. doi: 10.7176/jnsr/9-10-05.
- BPS. 2020. *Distribusi Perdagangan Komoditas Bawang Merah Indonesia 2020* (L.I. Fadilah and Suindrijah, editors). BPS RI, Indonesia.
- BPS. 2021a. *Kabupaten Mesuji Dalam Angka 2021*. BPS Kabupaten Mesuji, Mesuji.
- BPS. 2021b. *Provinsi Lampung Dalam Angka 2021*. BPS Provinsi Lampung, Lampung.
- Buda, I.M., I.G.A.M.S. Agung, and I.P.G. Ardhana. 2018. Nitrogen Fertilizer Increased Bulb Diameter and Yields of True Seed and Bulb-propagated Shallot Varieties. *Int J Innov Res Sci Eng Technol* 7(1): 80–86. doi: 10.15680/IJIRSET.2018.0701007.
- Burgess, A.J., R. Retkute, T. Herman, and E.H. Murchie. 2017. Exploring Relationships between Canopy Architecture, Light Distribution, and Photosynthesis in Contrasting Rice Genotypes Using 3D Canopy Reconstruction. *Frontiers in Plant Science* | www.frontiersin.org 8: 734. doi: 10.3389/fpls.2017.00734.
- Darmayati, F.D., and T. Sutikto. 2019. Estimasi Total Air Tersedia Bagi Tanaman Pada Berbagai Tekstur Tanah Menggunakan Metode Pengukuran Kandungan Air Jenuh. *Berkala Ilmiah Pertanian* 2(4): 164. doi: 10.19184/bip.v2i4.16317.
- Dirjen Pengelolaan Air dan Lahan. 2006. *Pedoman Teknis Pengembangan Irigasi Bertekanan: Irigasi Tetes dan Irigasi Sprinkler*. Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air Departemen Pertanian, Jakarta.
- Easlon, H.M., and A.J. Bloom. 2014. Easy Leaf Area: Automated Digital Image Analysis or Rapid and Accurate Measurement of Leaf Area. *Appl Plant Sci* 2(7): 1400033. doi: 10.3732/apps.1400033.

- FAO. Onion. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/onion/en/> (accessed 18 August 2021).
- FAO. 2017. Book I Understanding AquaCrop. AquaCrop Training Handbooks. FAO, Rome
- Fathnur, F. alam, T. Kunta, and M. Musyadik. 2021. Peran Analisis Neraca Air untuk Perencanaan Pertanian di Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 15(1): 46. doi: 10.21082/jsdl.v15n1.2021.46-56.
- Fauziah, R., A.D. Susila, and E. Sulistyono. 2016. Budidaya Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) pada Lahan Kering Menggunakan Irigasi Sprinkler pada berbagai Volume dan Frekuensi. *Jurnal Hortikultura Indonesia* 7(1): 1. doi: 10.29244/jhi.7.1.1-8.
- Fitsum, G., K. Woldetsadik, and Y. Alemayhu. 2016. Effect of Irrigation Depth and Nitrogen Levels on Growth and Bulb Yield of Onion (*Allium cepa* L.) at Alage, Central Rift Valley of Ethiopia. *International Journal of life* 5(1): 1–11.
- Fricke, W. 2017. Turgor Pressure. *eLS* (January): 1–6. doi: 10.1002/9780470015902.a0001687.pub2.
- Van Gaelen, H., A. Tsegay, N. Delbecque, N. Shrestha, M. Garcia, et al. 2015. A semi-quantitative approach for modelling crop response to soil fertility: Evaluation of the AquaCrop procedure. *Journal of Agricultural Science* 153(7): 1218–1233. doi: 10.1017/S0021859614000872.
- Geisseler, D., R.S. Ortiz, and J. Diaz. 2022. Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.)—A literature review. *Sci Horti* 291: 110591. doi: 10.1016/j.scienta.2021.110591.
- Ghodke, P.H., P.S. Andhale, U.M. Gijare, A. Thangasamy, Y.P. Khade, et al. 2018. Physiological and Biochemical Responses in Onion Crop to Drought Stress. *Int J Curr Microbiol Appl Sci* 7(1): 2054–2062. doi: 10.20546/ijcmas.2018.701.247.
- Githui, F., C. Beverly, M. Aiad, M. McCaskill, K. Liu, et al. 2022. Modelling Waterlogging Impacts on Crop Growth: A Review of Aeration Stress Definition in Crop Models and Sensitivity Analysis of APSIM. *International Journal of Plant Biology* 13(3): 180–200. doi: 10.3390/ijpb13030017.
- Gowda, P.T., S.A. Satyareddi, and S. Manjunath. 2013. Crop Growth Modeling: A Review. *Research and Reviews : Journal of Agriculture and Allied Sciences* 2(1): 1–11.
- Hadiawati, L., A. Suriadi, and F. Irianty. 2018. Penurunan Hasil Bawang Merah Akibat Kekeringan Pada Beberapa Fase Pertumbuhan. *Prosiding Seminar Nasional Mewujudkan Kedaulatan Pangan melalui Penerapan Inovasi*

Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi pada Kawasan Pertanian. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. p. 287–292

- Hamim. 2018. Fisiologi Tumbuhan 1: Air, Energi dan Metabolisme Karbon. Pertama. IPB Press, Bogor.
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Haryati, U. 2014. Teknologi Irigasi Suplemen Untuk Adaptasi Perubahan Iklim Pada Pertanian Lahan Kering. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 8(1): 43–57. doi: 10.2018/jsdl.v8i1.6443.
- Herwanda, R., W.E. Murdiono, and K. Koesriharti. 2017. Aplikasi Nitrogen dan Pupuk Daun terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa L. var. ascalonicum*). *Jurnal Produksi Tanaman* 5(1): 46–53.
- Hilman, Y., Suciantini, and R. Rosliani. 2019. Adaptasi Tanaman Hortikultura Terhadap Perubahan Iklim Pada Lahan Kering. *Litbang Pertanian* 38(1): 55–64. doi: 10.21082/jp3.v38n1.2019.p55-64.
- Ikeda, H. 1991. Utilization of nitrogen by vegetable crops. *Jarq* 25(2): 117–124.
- Kara, T., E. Ekmekci, and M. Apan. 2008. Determining the uniformity coefficient and water distribution characteristics of some sprinklers. *Pak J Biol Sci* 11(2): 214–219. doi: 10.3923/PJBS.2008.214.219.
- Karuku, G.N., and B.A. Mbindah. 2020. Validation of Aquacrop Model for Simulation of Rainfed Bulb Onion (*Allium Cepa L.*) Yields In West Ugenya Sub-Country, Kenya. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23(06): 1–11.
- Kasampalis, D.A., T.K. Alexandridis, C. Deva, A. Challinor, D. Moshou, et al. 2018. Contribution of remote sensing on crop models: A review. *J Imaging* 4(4). doi: 10.3390/jimaging4040052.
- Khokhar, K.M. 2019. Mineral Nutrient Management for Onion Bulb Crops—A Review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 94(6): 703–717. doi: 10.1080/14620316.2019.1613935.
- Khoshravesh, M., B. Mostafazadeh-Fard, M. Heidarpour, and A.R. Kiani. 2012. AquaCrop model simulation under different irrigation water and nitrogen strategies. *Water Sci Technol* 67: 232–238. doi: 10.2166/wst.2012.564.
- Kurnia, U. 2004. Prospek Pengairan Pertanian Tanaman Semusim Lahan Kering. *Jurnal Litbang Pertanian* 23(4): 130–138.
- Kurniati, E., B. Suharto, and T. Afrilia. 2007. Desain Jaringan Irigasi Curah (*Springkler Irrigation*) pada Tanaman Anggrek. *Jurnal Teknologi Pertanian* 8(1): 35–45.

- Manurung, G.P. 2022. Pengaruh Interval Penyiraman Terhadap Pertumbuhan Tiga Bawang Merah Komersial (*Allium ascalonicum*). *Kultivasi* 21(1): 24–32. doi: 10.24198/kultivasi.v21i1.34836.
- Munawar, A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Pertama. IPB Press, Bogor.
- Napitupulu, D., and L. Winarto. 2010. Pengaruh Pemberian Pupuk N dan K Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah. *J. Hort* 20(1): 27–35.
- NASA. 2022. POWER | Data Access Viewer. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
- Nazeer, M., and A. Hussain. 2012. Modeling the response of onion crop to deficit irrigation. *Journal of Agricultural Technology* 8(1): 393–402.
- Pérez Ortolá, M., and J.W. Knox. 2015. Water Relations and Irrigation Requirements of Onion (*Allium Cepa* L.): a Review of Yield and Quality Impacts. *Exp Agric* 51(2): 210–231. doi: 10.1017/S0014479714000234.
- Piri, H., and A. Naserin. 2020. Effect of different levels of water, applied nitrogen and irrigation methods on yield, yield components and IWUE of onion. *Sci Hortic* 268(March): 109361. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109361.
- Prabowo, A., A. Prabowo, and A. Hendriadi. 2017. *Pengelolaan Irigasi Hemat Air di Lahan Kering : Aplikasi Irigasi Tetes dan Curah*. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian: 1–14.
- Przygocka-Cyna, K., P. Barlóg, W. Grzebisz, and T. Spizewski. 2020. Onion (*Allium cepa* L.) Yield and Growth Dynamics Response to In-Season Patterns of Nitrogen and Sulfur Uptake. *Agronomy* 10(8). doi: 10.3390/agronomy10081146.
- Pujiati, C.N. Primiani, and M. L. 2017. *Budidaya Bawang Merah Pada Lahan Sempit* (W.L. Yuhanna and N.K. Dewi, editors). I. Prodi Pend Biologi, FKIP, UNIPMA, Madiun.
- Pustaka, T. 2017. *Bertanam Bawang Merah Tak Kenal Musim*. IAARD Press, Jakarta.
- Putra Ramadhan, M., and M. Dawam Maghfoer. 2018. Respons Dua Varietas Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Terhadap “Plant Growth Promoting Rhizobacteria” (PGPR) Dengan Konsentrasi Berbeda. *Jurnal Produksi Tanaman* 6(5): 700–707.
- Rahayu, S., E. Elfarisna, and R. Rosdiana. 2017. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Dengan Penambahan Pupuk Organik Cair. *Jurnal AGROSAINS dan TEKNOLOGI* 1(1): 8–19. doi: 10.24853/JAT.1.1.8-19.

- Ramirez-Villegas, J., J. Watson, and A.J. Challinor. 2015. Identifying Traits for Genotypic Adaptation Using Crop Models. *J Exp Bot* 66(12): 3451–3462. doi: 10.1093/jxb/erv014.
- Rejekiuningrum, P., and B. Kertiwa. 2017. Pengembangan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya Hemat Air dan Energi Untuk Antisipasi Perubahan Iklim di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Tanah dan Iklim* 41(2): 159–171.
- Ritung, S., K. Nugroho, A. Mulyani, and E. Suryani. 2011. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian. Edisi Revi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Rochayati, S., and A. Dariah. 2012. Pengembangan Lahan Kering Masam: Peluang, Tantangan dan Strategi, Serta Teknologi Pengelolaan. *Prospek Pertanian Lahan Kering dalam Mendukung Ketahanan Pangan*. Balitbangtan, Jakarta. p. 187–204
- Rop, D., E. Kipkorir, and J. Taragon. 2016. Effects of Deficit Irrigation on Yield and Quality of Onion Crop. *Journal of Agricultural Science* 8: 112. doi: 10.5539/jas.v8n3p112.
- Simanjuntak, B.H., Y.H. Agus, and S.J. Yulianto. 2016. Kajian Ketersediaan Air Tanah Untuk Penentuan Surplus- Defisit Air Tanah Dan Pola Tanam. *Konser Karya Ilmiah*. p. 113–124
- Steduto, P., T.C. Hsiao, E. Fereres, and D. Raes. 2012. Crop yield response to water.
- Steduto, P., T.C. Hsiao, D. Raes, and E. Fereres. 2009a. Aquacrop-the FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. *Agron J* 101(3): 426–437. doi: 10.2134/agronj2008.0139s.
- Steduto, P., D. Raes, T.C. Hsiao, E. Fereres, L.K. Heng, et al. 2009b. Concepts and Applications of AquaCrop: The FAO Crop Water Productivity Model. In: Cao, W., White, J.W., and Wang, E., editors, *Crop Modeling and Decision Support*. Springer, Berlin
- Subagyono, K., U. Haryati, and S.H. Tala'ohu. 2004. Teknologi Konservasi Air Pada Pertanian Lahan Kering. In: Kurnia, U., Rahman, A., and Dariah, A., editors, *Teknologi Konservasi Lahan Kering Berlereng*. Puslitbang Tanah dan Agroklimat, Indonesia. p. 151–188
- Sumarno. 2017. Efisiensi Irigasi Melalui Implementasi Irigasi Sprinkler di Lahan Kering pada Tanaman Bawang Merah. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.
- Suparso, A., Sudarmaji, Y. Ramadhani, P.S. Dewi, and F. Azakhra. 2019. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium Ascalonicum L.*)

pada Berbagai Dosis dan Jenis Pupuk Nitrogen yang Berbeda di Tanah Pasir Pantai. Sumber Daya Pertanian Berkelanjutan dalam Mendukung Ketahanan dan Keamanan Pangan Indonesia pada Era Revolusi Industri 4. Fakultas Pertanian UNS, Surakarta. p. 75–85

- Suwandi. 2014. *Budidaya Bawang Merah Di Luar Musim*. IAARD Press, Jakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2010. *Taksonomi Umum; Dasar-dasar Taksonomi Tumbuhan*. UGM Press, Yogyakarta.
- Trout, T.J., L.F. Johnson, and J. Gartung. 2008. Remote sensing of canopy cover in horticultural crops. *HortScience* 43(2): 333–337. doi: 10.21273/hortsci.43.2.333.
- Tusi, A., and B. Lanya. 2016. Rancangan Irigasi Sprinkler Portable Tanaman Pakchoy. *Jurnal Irigasi* 11(1): 43. doi: 10.31028/ji.v11.i1.43-54.
- Utomo, M., Sudarsono, B. Rusman, T. Sabrina, J. Lumbanraja, et al. 2016. *Ilmu Tanah : Dasar-dasar dan Pengelolaan*. Pertama. Prenadamedia Group, Jakarta.
- Wahyunto, and R. Shofiyati. 2012. Wilayah Potensial Lahan Kering Untuk Pemenuhan Kebutuhan Pangan Di Indonesia. *Prospek Pertanian Lahan Kering Dalam Mendukung Ketahanan Pangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan), Indonesia. p. 297–315
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah; Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Pertama. Gava Media, Yogyakarta.
- Woldetsadik, K., U. Gertsson, and J. Ascard. 2003. Shallot yield, quality and storability as affected by irrigation and nitrogen. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78(4): 549–553. doi: 10.1080/14620316.2003.11511661.
- Worojie, T., A. Woldemichael, and B. Asfaw. 2016. Yield and Yield Components of Onion (*Allium cepa* L.) as Affected by Irrigation Scheduling and Nitrogen Fertilization at Hawassa Area Districts in Southern Ethiopia. 2: 15–20.
- Zakirullah, M., N. Ali, T. Jan, S.H. Ahmad, and M. Younas. 2018. Effect of Different Levels of Nitrogen On Onion (*Allium cepa* L) Under The Agro-climatic Condition of Peshawar. 5: 124–127.