

Validasi dan Analisis Produksi Jagung (*Zea mays* L.) di Bawah Naungan Kelapa dengan Menggunakan Aplikasi DSSAT

Validation and Analysis of Maize (*Zea mays* L.) Production under Coconut Shade Using DSSAT Application

Abd. Haris Bahrin, Mahmud Saputra Ishak, Kaimuddin*

Tulis seluruh afiliasi contoh: 1 Universitas Hasanuddin, 2 UMI

* E-mail: kaimudin.mole@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan lahan di bawah naungan kelapa sangat berpotensi untuk ditanami dengan tanaman sela seperti jagung. Namun, pertumbuhan jagung di bawah naungan kelapa berbeda-beda sehingga memerlukan analisis produksi jagung agar dapat meningkatkan produksi jagung secara efisien. Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah untuk melakukan validasi terhadap model tanaman jagung dan melakukan analisis produksi jagung di bawah naungan tanaman kelapa. Penelitian ini menggunakan aplikasi DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) pada sistem komputer windows. Penelitian ini menggunakan data yang diperoleh dari hasil penelitian di Balitsereal dan data dari Staklim Sulsel Kab. Maros. Data yang digunakan berupa data manajemen tanam, data tanah, data iklim harian dan data pengukuran tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil validasi model tanam yang diuji menggunakan RMSEn memberikan nilai 2,6% untuk parameter ADAP dan 11% untuk parameter HWAM. Simulasi produksi jagung di bawah naungan kelapa berumur 5, 20 50 tahun dan tanpa naungan kelapa didapatkan berturut-turut 2609, 678, 3795 dan 5430 (kg[dm] ha⁻¹). Kesimpulan penelitian ini adalah hasil validasi model termasuk dalam ketogori sangat baik dan baik. Hasil analisis produksi jagung di bawah naungan kelapa didapatkan penurunan hasil yang signifikan berdasarkan umur tanaman kelapa.

Kata Kunci: DSSAT, kelapa, jagung.

ABSTRACT

Utilization of land under the shade of coconut has the potential to be planted with intercrops such as corn. However, the growth of corn under the auspices of coconut is different, so an analysis of corn production is required to increase it efficiently. The research aimed to validate the corn crop model and to analyze corn production under the coconut plantation. This study used the DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) application on a Windows computer system. This study uses data from research results at Balitsereal and data from Staklim Sulsel Maros Regency. The data used are crop management data, soil data, daily climate data and crop measurement data. The cropping model validation test results using RMSEn gave a value of 2.6% for the ADAP parameter and 11% for the HWAM parameter. Simulated production of corn aged 5, 20, 50, and without coconut shelter was obtained at 2608, 678, 3795, and 5430 (kg[dm] ha⁻¹), respectively. This study concludes that the result of model validation is included in the very good and good categories; the analysis of corn production under coconut shade showed a significant decrease in yield based on the age of the coconut plant.

Keywords: DSSAT, coconut, corn.

PENDAHULUAN

Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting selain gandum dan padi. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di

Madura dan Nusa Tenggara) menggunakan jagung sebagai pangan pokok (Syukur dan Rifianto, 2013). Konsumsi jagung di Indonesia terus meningkat, hal ini didasarkan pada makin meningkatnya jumlah penduduk

Indonesia. Data terakhir pada tahun 2020 masih menunjukkan impor nasional yang tinggi yaitu sebanyak 865.652 ribu ton (BPS, 2020). Banyak faktor yang menyebabkan sulitnya pemenuhan konsumsi jagung nasional. Salah satu kendala dalam pengembangan usaha tani jagung di Indonesia adalah penguasaan lahan per keluarga petani untuk usaha tani jagung relatif sempit. Tantangan lainnya, secara nasional pengembangan jagung masih lebih banyak secara monokultur, baik pada lahan kering, sawah irigasi, maupun lahan tadah hujan. Budidaya jagung juga belum banyak mengintegrasikan dengan tanaman lainnya ataupun tanaman perkebunan (Sulaiman *et al.*, 2018).

Pola usaha tani tanaman sela pada lahan kering di bawah naungan kelapa sangat menguntungkan karena 80% lahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk tanaman lain ataupun ternak (Barus, 2013). Teknologi tumpang sari kelapa-jagung dapat meningkatkan 92% efisiensi produktivitas lahan (Hidayat, 2020). Peningkatan efisiensi pertanaman untuk setiap lahan yang berbeda-beda sulit untuk dilakukan karena lokasi dan variabilitas iklim yang pada lahan pertanaman yang sangat beragam. Jika hanya mengandalkan metode penelitian agronomi yang tradisional akan sulit untuk memenuhi permintaan informasi karena memerlukan biaya yang besar dan

waktu yang tidak singkat. Oleh karena itu, DSSAT yang digunakan dapat memfasilitasi penerapan model tanaman dalam pendekatan sistem agronomi. (Muawanah, 2022).

Pada aplikasi DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) perlu untuk dibandingkan atau divalidasi antara hasil nyata yang diperoleh dilapangan dan hasil simulasi sebelum melakukan analisis lanjutan untuk mendapatkan praktik pengelolaan terbaik. Validasi diperlukan karena faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman begitu kompleks seperti iklim dan sifat tanah. Dibutuhkan beberapa disiplin ilmu seperti agrometeorologi, sifat fisik dan kimia tanah, pemuliaan tanaman dan agronomi yang digunakan sebagai data masukan dalam kalibrasi dan validasi model. Tujuan utama ketika mengevaluasi kinerja model simulasi tanaman adalah untuk menilai penggunaan praktisnya sebagai alat penelitian atau dukungan dalam membuat keputusan tentang manajemen dan perencanaan di tingkat pertanian (Gonzalez *et al.*, 2021)

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk kalibrasi dan validasi model DSSAT untuk tanaman jagung di bawah naungan tanaman kelapa dan menganalisis pertumbuhan dan produksi jagung di bawah naungan tanaman kelapa.

Analisis pertumbuhan dan produksi yang didapatkan dapat menjadi informasi untuk pengambilan keputusan dalam penentuan hal yang berkaitan dalam pengelolaan tanaman jagung sehingga diperoleh pengelolaan usaha tani jagung yang efisien.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin dan lahan pertanian Kabupaten Maros. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan November hingga Februari 2022. Alat-alat yang digunakan adalah Laptop yang sudah terpasang aplikasi DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) versi 4.7.5, buku dan pulpen. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data iklim harian yang diperoleh dari BMKG, data tanah dan data manajemen budidaya yang didapatkan dari penelitian di lahan pertanian yang telah diobservasi.

Tahap-tahap dalam pelaksanaan penelitian meliputi, kalibrasi model, validasi model, dan simulasi model, sebagai berikut.

1. Tahap Kalibrasi Model

Tahap-tahap dalam pelaksanaan penelitian meliputi, tahap kalibrasi, validasi, dan simulasi model. Kalibrasi dilakukan untuk memperbaiki parameter model dan mendapatkan sejumlah parameter tanaman yang diperlukan untuk model. Data cuaca, tanah,

pengelolaan tanaman dan pengamatan-
[terdapat menggunakan alat khusus. Terdapat](#) beberapa alat khusus yang digunakan untuk memasukkan beberapa data yang dibutuhkan yaitu;

a. XBuild

XBuild digunakan untuk memasukkan data pengelolaan tanaman yang disimpan dalam file pengelolaan tanaman. Data pengelolaan yang diperlukan meliputi; 1) informasi tanggal penanaman, 2) Tanggal pengukuran, 3) Kondisi tanah sebelum penanaman, 4) Kerapatan tanam, 5) Jarak tanam, 6) Kedalaman tanam, 7) Varietas tanaman, 8) Irigasi, 9) praktik pemupukan.

b. WeatherMan

Dalam penyusunan file iklim dibutuhkan nilai-nilai variabel meteorologi meliputi, (suhu maksimum dan minimum, curah hujan harian dan radiasi global), sesuai dengan bulan di mana percobaan dilakukan. Data ini diperoleh dari stasiun BMKG Kabupaten Maros. WeatherMan memungkinkan pemasukan dan pemformatan data cuaca ke dalam file cuaca DSSAT. Data cuaca dapat diimpor dari spreadsheet dan juga dapat dimasukkan dari format lain termasuk file CSV dan ASCII.

c. ATCreate

ATCreate digunakan untuk memasukkan data pengukuran tanaman diperoleh dari studi

literatur meliputi data fenologi tanaman yang meliputi tanggal pembungaan dan tanggal pematangan. Selain itu, hasil akhir yang diukur satu kali selama akhir musim meliputi indeks luas daun, data analisis pertumbuhan termasuk biomassa daun, batang dan reproduksi, kelembaban tanah dan pengukuran nitrogen tanah.

d. SBuild

SBuild digunakan untuk memasukkan data informasi permukaan tanah, termasuk warna tanah, kemiringan, permeabilitas, dan karakteristik drainase. Data profil tanah menurut horizon tanah meliputi tekstur tanah, kerapatan curah, dan karbon organik untuk setiap horizon tanah.

2. Tahap validasi

Validasi dilakukan untuk mengukur atau memastikan tentang kesesuaian model yang sudah dikalibrasi dengan kondisi lingkungan. Validasi model dilakukan untuk menentukan apakah sebuah model dapat mewakili kondisi lapang. Data yang dibutuhkan untuk dilakukan perbandingan antara data yang diamati dan data yang disimulasikan yaitu data umur panen, umur berbunga dan hasil produksi. Kemudian mengukur perbedaan antara nilai yang diamati dan nilai yang disimulasikan persamaan akar kuadrat dari kuadrat rata-rata kesalahan dinormalisasi (RMSEn)

(Gonzalez *et al.*, 2021). dihitung, menurut persamaan berikut:

$$RMSEn = 100 * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (si-oi)^2}{n \cdot \overline{ob}}} \quad (1)$$

Dimana ;

Si y Oi : nilai simulasi dan observasi

n : jumlah pengamatan

(\overline{ob}) : rata-rata dari nilai rata-rata Oi

3. Tahap Simulasi Model

Hasil validasi yang telah diperoleh berdasarkan aplikasi DSSAT akan diterapkan untuk simulasi dan menganalisis pertumbuhan dan produksi tanaman jagung pada kondisi dibawah naungan tanaman kelapa yang berbeda. Naungan yang berbeda akan berpengaruh pada data cuaca, yaitu radiasi, suhu minimum dan maksimum dalam suatu lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kalibrasi Model

Kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi parameter atau mengubah parameter pada tanaman dan tanah untuk memperbaiki parameter model dan mendapatkan sejumlah parameter tanaman yang diperlukan untuk model. Untuk menjalankan model tanaman dan melakukan simulasi, diperlukan sekumpulan data yang disebut sebagai kumpulan data minimum. Data minimum yang dibutuhkan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Keempat data

minimum yang dibutuhkan diperoleh dari hasil penelitian pernah dilakukan di lahan percobaan Balitsereal sekarang berubah menjadi BPSI (Balai Pengujian Standar Instrumen) tanaman sereal dan juga diperoleh dari Staklim Sulsel Kabupaten Maros.

1. Data Manajemen Tanam

Pemilihan manajemen tanam untuk data masukan aplikasi didapatkan dari hasil penelitian Muhanniah (2019) yang telah dikonversi agar sesuai dengan parameter masukan dan satuan dalam aplikasi DSSAT. data hasil konversi terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter yang diterapkan pada data manajemen tanam

Parameter	Data manajemen
<i>Planting date</i>	26 Mei 2018
<i>Planting method</i>	<i>Dry seed</i>
<i>Planting distribution</i>	<i>row</i>
<i>Plant population at seeding/m²</i>	7
<i>Row spacing</i>	20 cm
<i>Planting depth</i>	5 cm
<i>Row direction, Degree from North</i>	-
<i>Irrigation</i>	20-30 mm tiap pekan dari awal penanaman hingga akhir panen
<i>Fertilizer perlakuan 1</i>	145 kg ha ⁻¹ urea, 148 kg ha ⁻¹ NPK
<i>Fertilizer perlakuan 2</i>	165 kg ha ⁻¹ urea, 168 kg ha ⁻¹ NPK
<i>Fertilizer perlakuan 3</i>	176 kg ha ⁻¹ urea, 180 kg ha ⁻¹ NPK
<i>Organic amendments perlakuan 1</i>	3300 kg ha ⁻¹ kompos
<i>Organic amendments perlakuan 2</i>	3750 kg ha ⁻¹ kompos
<i>Organic amendments perlakuan 3</i>	4000 kg ha ⁻¹ kompos

Sumber: Muhanniah (2019).

2. Data Tanah

Data tanah didapatkan dari data hasil penelitian yang pernah dilakukan, beberapa data minimum tanah yang dibutuhkan dimasukkan ke dalam alat SBuild yang

terdapat di dalam aplikasi DSSAT. Data tanah tersebut diperlihatkan dalam Tabel 2 dan 3.

3. Data Iklim

Penelitian ini mengambil data iklim harian di Kabupaten Maros yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 2. Informasi permukaan tanah

Parameter	Data tanah
<i>Color</i>	<i>brown</i>
<i>Drainage</i>	<i>well</i>
<i>Slope</i>	1%
<i>Runoff potential</i>	<i>Moderately low</i>

Tabel 3. Data profil tanah menurut horizon

<i>Depth (Bottom), cm</i>	<i>Clay, %</i>	<i>Silt, %</i>	<i>Stone, %</i>	<i>Organic Carbon, %</i>	<i>pH in water</i>	<i>Total Nitrogen, %</i>
5	-	-	-	2.02	6.96	0.15
10	-	-	-	2.02	6.96	0.15

<i>Depth (Bottom), cm</i>	<i>Lower limit</i>	<i>Drained upper limit</i>	<i>Saturated water content</i>	<i>Bulk density, g/cm³</i>
5	0.25	0.38	0.48	1.14
10	0.25	0.38	0.48	1.14

Sumber: Tala'ohu dan Haryono (2014); Muhanniah (2019).

Tabel 4. Data astronomis dan elevasi lokasi penelitian

Wilayah	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Altitude (m)</i>
Maros	119.572	-4.93	13

Sumber: Data Sekunder (Stasiun Klimatologi Sulsel Kab. Maros), 2019.

Data yang digunakan berasal dari data Staklim Sulawesi Selatan Kab. Maros, data online BMKG dan data harian dari NASAPOWER selama musim tanam tahun 2018. Data iklim yang digunakan yaitu data harian curah hujan, suhu udara maksimum, suhu udara minimum dan radiasi matahari.

4. Data Pengukuran Tanaman

Data minimum pengukuran tanaman yang dibutuhkan tanaman yaitu tanggal pembungaan dan hasil pipilan kering yang telah dikonversi dari hasil penelitian Muhanniah (2019) untuk dimasukkan dalam file A.

Tabel 5. Data ringkasan pengukuran tanaman dari hasil penelitian (File A).

TNRO (<i>Treatment Number</i>)	HWAM (<i>Yield at Harvest Maturity</i>) (kg[dm]/ha)	ADAP (<i>Anthesis Day</i>) (days after planting)
1	6287	56.57
2	5200	56.87
3	4980	56.17

Sumber: Muhanniah (2019).

Varietas jagung yang digunakan dalam kalibrasi data yaitu varietas jagung hibrida, benih G180/Mr14 sebagai tetua betina karena percobaan yang dilakukan yaitu produksi benih hibrida. Varietas tetua betina digunakan pada perlakuan 1, 2 dan 3. Varietas tersebut

dikalibrasi dengan menggunakan data manajemen tanam data cuaca harian dan data tanah untuk mendapatkan koefisien genetik menggunakan metode DSSAT GENCALC (*Genetic Coefficient Calculator*). Koefisien genetik yang diperoleh terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Koefisien genetik jagung untuk varietas G180/Mr14

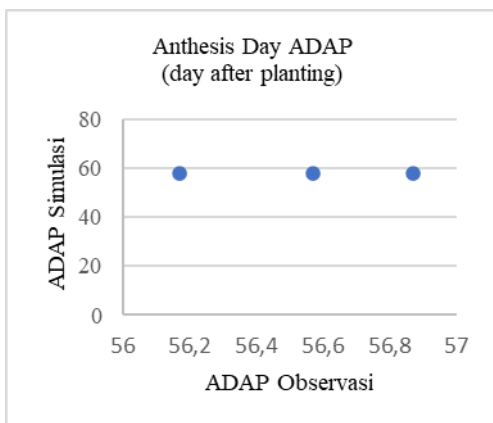
Koefisien	Definisi	Nilai
P1	Waktu termal dari kemunculan hingga akhir fase muda	288
P2	Waktu termal dari akhir fase muda hingga inisiasi lonjakan	0.330
P5	Waktu termal dari awal pengisian biji-bijian hingga kematangan fisiologis	685
G2	Jumlah maksimal yang memungkinkan dari kernel per tanaman	937.9
G3	Laju pengisian gabah selama tahap pengisian gabah linier dan dalam kondisi optimal, mg/hari	16.08
Phint	interval filokron; interval waktu termal antara penampakan ujung daun yang berurutan	44.92

Sumber: DSSAT/CERES-Rice Model.

2. Validasi Data

Data yang digunakan untuk validasi model yaitu data Anthesis day (ADAP) dan data Yield at Harvest Maturity (HWAM). Kedua parameter tersebut dibandingkan antara data observasi dan data hasil simulasi.

Perbandingan antara kedua parameter dinilai menggunakan RMSEn (Root Mean Square Error normalized).



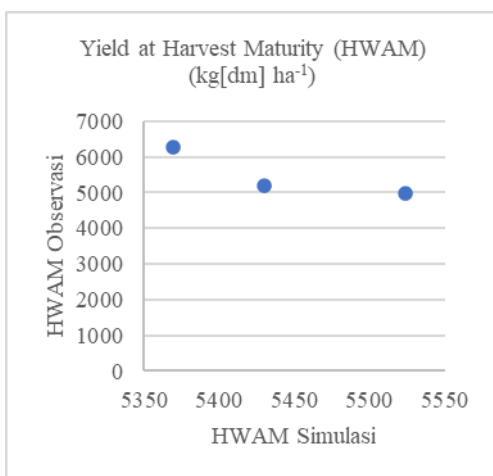
Gambar 1. Perbandingan antara ADAP Observasi dan simulasi

Perbandingan hasil antar ADAP observasi dan simulasi dengan menggunakan rumus RMSEn sebagai berikut:

$$RMSEn = 100 * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(si-oi)^2}{n}}}{ob}$$

$$RMSEn = 100 * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^3 \frac{(58-56.57)^2 + (58-56.87)^2 + (58-56.17)^2}{3}}}{56.53} = 2.6 \%$$

Nilai yang didapatkan yaitu 2,6 % yang menunjukkan bahwa model simulasi dapat diterima karena tergolong dalam kategori sangat baik.



Gambar 2. Perbandingan antara HWAM observasi dan simulasi.

Dengan menggunakan rumus RMSEn didapatkan hasil validasi yaitu,

$$RMSEn = 100 * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(si-oi)^2}{n}}}{ob}$$

$$RMSEn = 100 * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^3 \frac{(5369-6287)^2 + (5430-5200)^2 + (5524-4980)^2}{3}}}{5489.6} = 11.48 \%$$

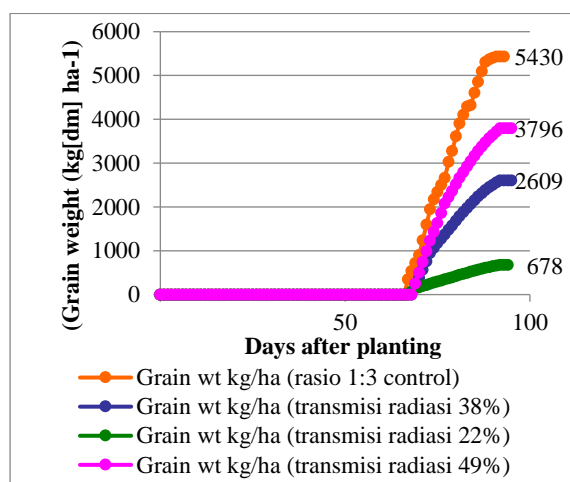
Nilai validasi yang didapatkan yaitu 11.48 %, yang menunjukkan bahwa model simulasi berdasarkan parameter HWAM berada dalam kategori baik karena persentase penilaian simulasi berada dibawah berada diantara 10 - 20%.

3. Tahap Simulasi Model

Model simulasi penanaman DSSAT yang telah divalidasi akan diterapkan untuk menganalisis produksi jagung dibawah naungan tanaman kelapa. Manajemen tanam pada aplikasi DSSAT telah menyediakan pengaturan khusus untuk memberikan modifikasi perlakuan dan taraf yang diinginkan pada simulasi model tanam. Kondisi lingkungan yang akan berpengaruh pada pertanaman polikultur yaitu radiasi matahari dan suhu. Oleh karena itu, dibutuhkan hasil pengukuran radiasi matahari dan suhu harian pada pertanaman kelapa polikultur dengan tanaman jagung. Data tersebut berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Barri (2012)

Berdasarkan analisis data radiasi matahari pada pertanaman kelapa, maka diperoleh rata-rata persentase transmisi radiasi matahari terbesar terdapat di pertanaman

kelapa umur 50 tahun (49%) dan terendah pada kelapa umur 20 tahun (22%), sedangkan pada kelapa 5 tahun sebesar (38 %). Adapun suhu rata-rata pada pertanaman kelapa lebih rendah 1-2°C dibandingkan dengan di areal terbuka. Data hasil pengukuran persentase rata-rata transmisi radiasi matahari kemudian di kalikan dengan data radiasi matahari harian yang digunakan untuk mengkalibrasi model sebelumnya dan didapatkan grafik hasil pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik produksi jagung (Grain weight (kg[dm]ha⁻¹) pada tiap naungan kelapa umur 5, 20 dan 50 tahun dan tanpa naungan.

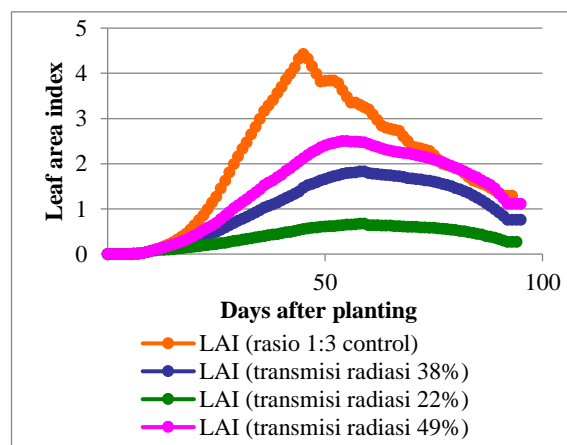
Hasil jagung kontrol atau tanpa naungan didapatkan sebagai hasil yang tertinggi yaitu 5430 kg ha⁻¹ pipilan kering. Jagung pada naungan kelapa umur 5, 20 dan 50 tahun diperoleh hasil berturut-turut 2609, 678, 3796 kg ha⁻¹ pipilan kering.

1. Komponen Hasil Tanaman

Pengaruh iklim pada model simulasi terutama radiasi matahari yang berbeda akan mempengaruhi fotosintesis tanaman. Hasil fotosintesis akan berpengaruh terhadap nilai komponen hasil tanaman seperti indeks luas daun, biomassa batang, daun dan akar. Adapun hasil grafik hasil simulasi komponen hasil tanaman sebagai berikut.

a. Indeks Luas Daun

Hasil indeks luas daun jagung pada tiap naungan kelapa umur 5, 20 50 tahun dan tanpa naungan diperlihatkan pada Gambar 4.

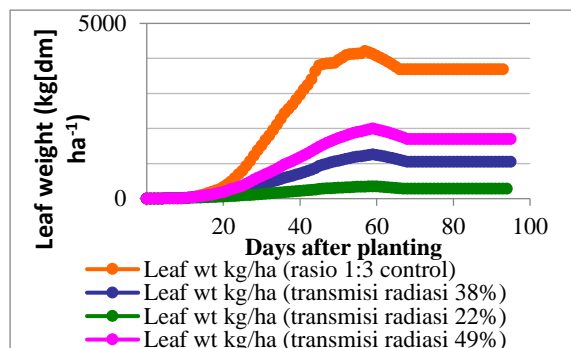


Gambar 4. Hasil indeks luas daun jagung pada tiap naungan kelapa umur 5, 20 50 tahun dan tanpa naungan.

b. Biomassa Daun

Gambar 5 menunjukkan bahwa biomassa daun yang tertinggi pada tanaman jagung tanpa naungan kelapa sebesar 4216 (kg[[dm] ha⁻¹) pada umur 57 hst. Pada tanaman jagung dengan transmisi radiasi 49% sebesar 2001 (kg[dm] ha⁻¹) pada umur 60 hst. Biomassa

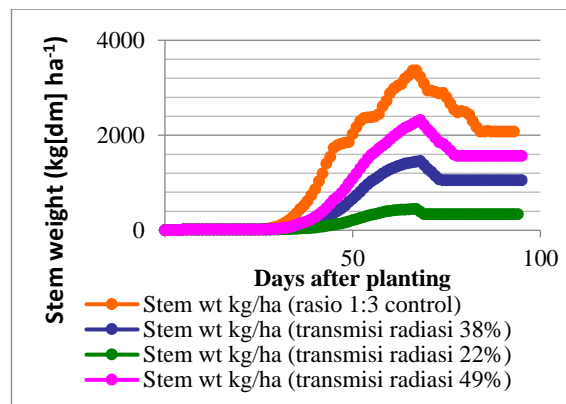
daun tertinggi pada jagung perlakuan transmisi 38% sebesar 1262 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 59 hst. Biomassa daun terendah pada jagung perlakuan transmisi radiasi 22% sebesar 352 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 59 hst.



Gambar 5. Hasil biomassa daun jagung ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada tiap naungan kelapa umur 5, 20 50 tahun dan tanpa naungan.

c. Biomassa Batang

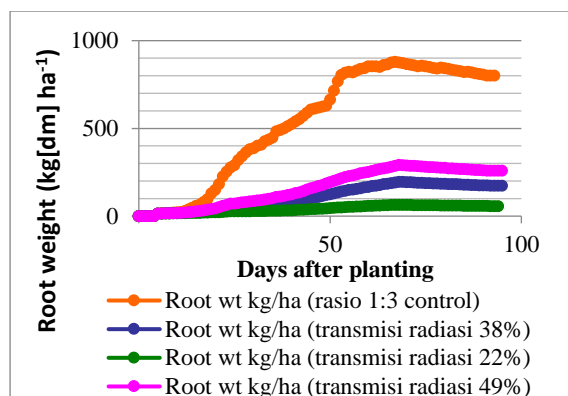
Hasil biomassa batang jagung ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada tiap naungan kelapa umur 5, 20, 50 tahun dan tanpa naungan diperlihatkan pada Gambar 6. Hasil simulasi menunjukkan bahwa biomassa batang yang tertinggi pada tanaman jagung tanpa naungan kelapa sebesar 3363 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 66 hst. Pada tanaman jagung dengan transmisi radiasi 49% sebesar 2316 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 68 hst. Biomassa batang tertinggi pada jagung perlakuan transmisi 38% sebesar 1459 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 68 hst. Biomassa batang terendah pada jagung perlakuan transmisi radiasi 22% sebesar 448 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 67 hst.



Gambar 6. Hasil biomassa batang jagung ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada tiap naungan kelapa umur 5, 20, 50 tahun dan tanpa naungan.

d. Biomassa Akar

Hasil biomassa akar jagung ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada tiap naungan kelapa umur 5, 20, 50 tahun dan tanpa naungan ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil simulasi pada menunjukkan bahwa biomassa akar yang tertinggi pada tanaman jagung tanpa naungan kelapa sebesar 879 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 67 hst. Pada tanaman jagung dengan transmisi radiasi 49% sebesar 292 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 80 hst. Biomassa akar tertinggi pada jagung perlakuan transmisi 38% sebesar 195 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 68 hst. Biomassa akar terendah pada jagung perlakuan transmisi radiasi 22% sebesar 64 ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada umur 67 hst.



Gambar 7. Hasil biomassa akar jagung ($\text{kg}[\text{dm}] \text{ha}^{-1}$) pada tiap naungan kelapa umur 5, 20, 50 tahun dan tanpa naungan

4. Pembahasan

Tahap awal dalam melakukan simulasi model tanam yaitu dengan melakukan kalibrasi. Kalibrasi yaitu pemilihan parameter data yang dibutuhkan untuk menjalankan model simulasi. Data minimum yang dibutuhkan disesuaikan dengan kebutuhan dalam simulasi model. Model yang akan dijalankan, sebelumnya diperlukan evaluasi model, sehingga data yang dibutuhkan yaitu data manajemen tanam, data iklim harian, data tanah dan data pengukuran tanaman. Berdasarkan Hoogenboom *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa, data masukan seperti data cuaca, tanah, pengelolaan tanaman dan kondisi awal adalah kumpulan data minimum yang dibutuhkan untuk menjalankan model. Untuk melakukan kalibrasi, evaluasi dan perbaikan model, pengukuran tanaman dan tanah

dibutuhkan sehingga data yang disimulasikan model dan data yang diobservasi dapat dibandingkan. Pengukuran tersebut tergantung dari kebutuhan dan tujuan penelitian.

Empat data minimum yang dibutuhkan dimasukkan kedalam model simulasi. Data yang terlebih dahulu dimasukkan yaitu data tanah meliputi data informasi permukaan tanah dan profil tanah. Data yang dibutuhkan diperoleh dari 2 hasil penelitian yang pernah dilakukan pada lokasi yang sama. Data yang masih kurang juga dikalkulasi dari data lain yang tersedia menggunakan fitur *calculate missing values*. Data cuaca harian meliputi data curah hujan, suhu maksimum, suhu minimum dan radiasi matahari. Empat data cuaca harian tersebut diperoleh dari stasiun klimatologi Maros dan data online BMKG serta dari NASAPOWER. Data cuaca harian merupakan data minimum yang harus dimasukkan agar simulasi model dapat dijalankan.

Data manajemen tanam merupakan data yang terpenting karena pengaturan data ini yang akan dijalankan dan dikombinasikan dengan 2 data sebelumnya yang telah dimasukkan. Data manajemen tanam juga memiliki banyak parameter, tetapi untuk menjalankan model dapat dimasukkan data minimum yang dibutuhkan saja. Data yang

dibutuhkan terdapat pada Tabel 1. Hal tersebut sesuai dengan Boote (2019), data pengelolaan tanaman meliputi pemilihan tanaman dan kultivar, tanggal tanam, kerapatan tanaman, jarak tanam, kedalaman tanam, irigasi, dan pupuk. Data jumlah air irigasi sulit ditentukan secara detail karena tidak menjadi fokus pada penelitian yang pernah dilakukan. Adapun dari hasil perkiraan peneliti, bahwa air irigasi diberikan tiap pekan dengan metode *furrows* perkiraan air sekitar 2-3 cm. Berdasarkan perkiraan neraca air, dapat dikatakan bahwa air yang diberikan sudah sesuai dengan kebutuhan air jagung.

Pada data manajemen tanam diperlukan data kultivar tanaman yang digunakan dilapangan. Namun, kultivar yang tersedia pada aplikasi masih sangat terbatas sehingga kultivar yang digunakan untuk kalibrasi dan validasi model tidak tersedia dalam aplikasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kalibrasi kultivar dengan menggunakan data minimum yang telah dimasukkan sebelumnya. Tujuan dari kalibrasi kultivar ini agar karakteristik kultivar yang digunakan sesuai dengan yang dijalankan model simulasi. Hal ini didasarkan oleh Boote (2019), DSSAT tidak dapat menyediakan kultivar lokal diluar parameter dengan eksperimen khusus yang termasuk dalam DSSAT, yang berarti model

harus dikalibrasi terlebih dahulu untuk genetika lokal, Didalam aplikasi DSSAT digunakan alat yang dapat digunakan untuk kalibrasi varietas tanaman, yaitu alat GLUE dan GENCALC. Dalam simulasi ini digunakan alat GENCALC (*Genetic Coefficient Calculator*). GENCALC dijalankan setelah data minimum untuk model simulasi telah dimasukkan kedalam XBuild.

Setelah semua data yang dibutuhkan dimasukkan kedalam aplikasi, model kemudian dijalankan dan kemudian dilakukan analisis terhadap keluaran model. Analisis model ini bertujuan untuk menilai kesesuaian model dengan kondisi lapangan. Soto-Bravo dan González-Lutz (2019) menyatakan bahwa DSSAT perlu dikalibrasi dan divalidasi untuk mensimulasikan respon tanaman terhadap faktor-faktor tertentu. Validasi adalah tahapan dimana model simulasi dievaluasi, membandingkan data observasi yang diperoleh dari percobaan lapangan dengan nilai hasil simulasi dari faktor tertentu.

Model simulasi dalam penelitian ini divalidasi hanya dengan menggunakan data pengukuran tanaman yang dimasukkan yaitu ADAP (*Anthesis Day*) dan HWAM (*Yield at Harvest Maturity*). Hal tersebut karena keterbatasan data pengukuran lapangan yang dilakukan. Namun, kedua data tersebut sudah

memadai untuk melakukan validasi terhadap kinerja model. Sesuai dengan pendapat Hoogenboom *et al.* (2012), secara umum dapat dibedakan 3 tingkat keperluan dalam model pertanian. Kebutuhan data untuk evaluasi model berada pada level 2, mencakup data pengelolaan dan lingkungan dari Level 1 dan beberapa jenis data pengamatan yang dikumpulkan selama eksperimen. Setidaknya dua fase kunci fenologis, yaitu pembungaan atau antesis dan kematangan fisiologis atau panen, serta hasil dan komponen hasil diperlukan untuk data pengamatan.

Data observasi ADAP atau waktu berbunga didapatkan hasil rata-rata observasi dari 3 perlakuan yaitu 56.5 hst, sedangkan hasil rata-rata simulasi didapatkan 58 hst. Hasil perbandingan antara data simulasi dan observasi dengan menggunakan RMSEn yaitu 2,6%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model dikategorikan sangat baik dan dapat digunakan untuk simulasi lanjutan. Adapun data pengukuran HWAM atau hasil panen jagung pipilan kering (kg ha^{-1}) didapatkan hasil rata-rata observasi dari 3 perlakuan yaitu 5489 (kg ha^{-1}) dan hasil rata-rata simulasi yaitu 5441 (kg ha^{-1}). Perbandingan antara data simulasi dan observasi menggunakan rumus RMSEn. Didapatkan hasil perhitungan RMSEn yaitu

11,48 % yang menandakan bahwa model masih dalam kategori baik dan dapat digunakan untuk simulasi lanjut. Gonzalez *et al.* (2021) bahwa Sebuah simulasi dianggap sangat baik jika RMSEn adalah kurang dari 10%, baik jika antara 10 dan 20%, wajar jika antara 20 dan 30%, dan buruk jika lebih dari 30%. Nilai hasil validasi yang baik dapat digunakan untuk melanjutkan simulasi dengan perlakuan yang berbeda.

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan produksi jagung pada naungan tanaman kelapa dengan umur yang berbeda terdapat perbedaan yang sangat signifikan. Produksi yang tertinggi didapatkan pada perlakuan kontrol atau tanpa pengaruh naungan pohon kelapa. Sedangkan produksi pada perlakuan lainnya berkurang yang berbanding lurus dengan nilai transmisi radiasi matahari yang didapatkan. Semakin besar transmisi radiasi matahari, maka semakin bertambah pula produksi jagung. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Barus (2013) yang menyatakan bahwa pada pertanaman sela kendala yang dihadapi adalah hasil tanaman yang diperoleh biasanya lebih rendah jika dibandingkan pertanaman monokultur.

Transmisi radiasi matahari pada jagung umur 50, 20 dan 5 tahun memberikan hasil simulasi produksi jagung pipilan kering berturut-turut 3796, 678 dan 2609 kg ha^{-1} .

Hasil tersebut berbanding lurus dengan nilai transmisi radiasi pada masing-masing umur tanaman naungan kelapa berturut-turut 49%, 22% dan 38% dari total radiasi matahari. Hasil simulasi tersebut didapatkan dengan tetap menggunakan data tanah dan data manajemen tanam yang sama dengan kontrol. Artinya, faktor yang mempengaruhi hanya dari faktor cuaca yaitu besaran radiasi matahari Hasil tersebut menunjukkan bahwa radiasi matahari sangat berpengaruh pada pertumbuhan dan produksi tanaman jagung. Nilai radiasi matahari pada pertanaman kelapa akan menurun drastis berdasarkan umur tanaman kelapa. Hal tersebut dipengaruhi oleh luas proyeksi tajuk kelapa dan pola tanam yang diterapkan. Suhu dan kelembaban juga memberi pengaruh, tetapi pengaruhnya tidak begitu signifikan karena perbedaan suhu antara lahan terbuka dan lahan ternaungi hanya sekitar 1-2°C. Kelembaban juga tidak berbeda signifikan sehingga tidak menjadi fokus pembahasan.

Radiasi menjadi faktor terpenting pada pertumbuhan tanaman secara umum, terkhusus jagung. Radiasi matahari bersama dengan faktor iklim yang lain sangat berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Radiasi matahari bersama air sangat berperan dalam proses fotosintesis untuk pertumbuhan tanaman.

Sesuai dengan Indrawan *et al.* (2017), radiasi matahari, suhu dan curah hujan merupakan faktor-faktor iklim yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman jagung merupakan tanaman C4 yang membutuhkan sinar matahari yang banyak secara langsung. Sesuai dengan pendapat Humoen dan Yahya (2020), Tanaman jagung diklasifikasikan sebagai tanaman C4 yang efisien untuk memanfaatkan air dan toleran terhadap suhu tinggi sehingga dapat dibudidayakan di lahan kering dengan tingkat ketersediaan radiasi matahari yang memadai.

Penurunan hasil jagung yang diperoleh pada pertanaman tanpa naungan dibandingkan pertanaman jagung dibawah naungan kelapa berkisar 66% hal tersebut sejalan dengan Jauhari *et al.* (2021), tanaman jagung yang ditanam dengan naungan 50% akan mengalami penurunan hasil hingga 60%. (Ruskandi, 2003) juga menyatakan bahwa jagung yang ditanam sebagai tanaman sela diantara pohon kelapa didapatkan hasil 80% dibanding tanaman jagung monokultur. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Jauhari *et al.* (2021), pada perlakuan naungan 40, 20 dan 0 %, tanaman jagung berturut-turut menghasilkan sekitar 3, 5 dan 6 ton ha⁻¹ pipilan kering. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa intensitas radiasi

matahari merupakan faktor yang sangat mempengaruhi produksi hasil jagung. Radiasi matahari sangat berpengaruh pada fotosintesis daun sehingga akan mempengaruhi kemampuan tanaman untuk memproduksi energi untuk tumbuh. Sesuai dengan pendapat Rusmayadi dan Wahdah (2022), produktivitas tanaman jagung manis dipengaruhi oleh faktor radiasi matahari. Adanya naungan dapat mempengaruhi intersepsi radiasi matahari sehingga ketebalan daun, klorofil dan laju fotosintesis tanaman menurun.

Malia (2021), berdasarkan perhitungan populasi tanaman 100-200/ha tanaman, lahan efektif yang dimanfaatkan hanya 12-25%, sehingga lahan efektif yang bisa dimanfaatkan adalah sekitar 75-88%. Meskipun telah banyak dilaporkan bahwa lahan dibawah naungan kelapa sekitar 80% masih dapat digunakan. Namun, produktivitasnya tidak sesuai dengan luas lahan efektif yang bisa digunakan, dimana pada beberapa penelitian didapatkan bahwa hasil tanaman jagung dibawah tegakan kelapa mengalami penurunan hasil dan hanya didapatkan hasil sekitar 20-60 % dibanding jagung yang ditanam dilahan terbuka sesuai dengan Jauhari *et al.* (2021), tanaman jagung yang ditanam pada naungan 50% akan mengalami penurunan hasil hingga 60%.

Dari beberapa data tersebut dapat dikatakan bahwa tajuk tanaman kelapa yang sangat berpengaruh terhadap produksi tanaman jagung karena akan mempengaruhi transmisi radiasi mataharinya meskipun areal pertanaman kelapa dikatakan dapat dimanfaatkan hingga 80% oleh tanaman jagung.

Pada Gambar 4 menunjukkan indeks luas daun pada fase tumbuh perlakuan naungan beberapa umur tanaman kelapa secara umum menunjukkan perbedaan yang signifikan dari indeks luas daun. Nilai ILD daun berbanding lurus dengan besaran transmisi radiasi matahari, dimana semakin besar transmisi radiasi matahari, maka semakin besar pula indeks luas daun pada tanaman jagung. Hal tersebut terlihat pada nilai indeks luas daun yang tertinggi pada tanaman jagung tanpa naungan dan terendah pada tanaman jagung dengan transmisi radiasi 22% masing-masing dengan nilai 4,43 dan 0,67. Besarnya interspeksi cahaya matahari akan berdampak pada indeks luas daun karena radiasi matahari yang digunakan untuk proses fotosintesis juga akan besar. Sesuai dengan Sunadi (2022), jika laju fotosintesis optimal, fotosintat yang dihasilkan dalam jumlah banyak akan ditranslokasikan ke organ vegetatif tanaman sehingga luas dan jumlah daun akan meningkat. Hal yang sama juga

didapatkan oleh Akmalia (2017), bahwa jumlah daun cenderung lebih sedikit sejalan dengan intensitas cahaya matahari yang menurun.

Hasil fotosintesis juga akan mempengaruhi komponen hasil tanaman lainnya yang sejalan dengan nilai indeks luas daun pada perlakuan naungan yang berbeda. Pada Gambar 5 menunjukkan biomassa daun pada perlakuan tanpa naungan dan dengan naungan kelapa dengan perbedaan yang signifikan. Biomassa daun berbanding lurus dengan besaran transmisi radiasi matahari, dimana semakin besar transmisi radiasi matahari, maka semakin besar pula biomassa daun pada tanaman jagung. Hal tersebut terlihat pada biomassa daun yang tertinggi pada tanaman jagung tanpa naungan dan terendah pada tanaman jagung dengan transmisi radiasi 22% masing-masing dengan nilai 4.216 dan 352 (kg[dm] ha⁻¹). Hal yang sama juga pada Gambar 6 dan 7 yang menunjukkan biomassa batang dan akar yang berbeda signifikan pada tanaman jagung tanpa naungan dan naungan kelapa umur 5, 20 dan 50 tahun. Diperoleh biomassa batang yang tertinggi pada tanaman jagung tanpa naungan dan terendah pada tanaman jagung dengan transmisi radiasi 22% masing-masing dengan nilai 3363 dan 468 (kg[dm] ha⁻¹).

Pada biomassa akar hasil tertinggi 879 dan terendah 64 (kg[dm] ha⁻¹).

Ketiga hasil komponen tersebut berkaitan dengan nilai indeks luas daun yang juga disimulasi. Didapatkan bahwa indeks luas daun yang besar karena luas daun besar pula, maka laju fotosintesis tanaman akan meningkat sehingga fotosintat yang dihasilkan akan meningkatkan biomassa tanaman. Sesuai dengan A'yun (2019), tanaman yang memiliki luas daun yang tinggi memiliki kemampuan menghasilkan asimilat berupa bobot kering atau biomassa yang tinggi. Pada gambar 13 yaitu simulasi biomassa akar tanaman jagung tanpa naungan dan dengan naungan menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan. Berbeda dari biomassa daun dan batang antara perbandingan perlakuan naungan dan tanpa naungan. Jika dibandingkan, biomassa akar yang tertinggi pada tanaman jagung tanpa naungan yaitu 879 kg ha⁻¹ dan dengan biomassa akar terendah yaitu hanya 64 kg ha⁻¹ sehingga terdapat selisih sekitar 92 %. Sedangkan perbandingan biomassa daun tertinggi yaitu 4216 kg ha⁻¹ dan biomassa terendah adalah 352 kg ha⁻¹ sehingga selisihnya hanya sekitar 91 %. perbedaan itu semakin terlihat jika melihat perbandingan antara biomassa batang tertinggi yaitu 3363 kg ha⁻¹ dan

biomassa terendah 468 kg ha⁻¹, didapatkan selisihnya sekitar 86 %.

Selisih nilai biomassa batang dan daun antara nilai yang tertinggi tidak jauh berbeda, lain halnya dengan selisih biomassa akar justru menunjukkan persentase selisih yang lebih besar. Hal tersebut menandakan bahwa biomassa pada kondisi transmisi cahaya matahari yang rendah akan dialokasikan lebih besar ke organ batang dan daun tanaman jagung. Perbandingan tersebut semakin jelas pada perbandingan rasio antara biomassa akar dan tajuk (daun dan batang). Didapatkan rasio akar-tajuk pada tanaman jagung tanpa naungan yaitu 0,11. Sedangkan rasio akar-tajuk tanaman dengan naungan kelapa umur 50 tahun hanya 0,06. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada tanaman jagung yang dinaungi kelapa umur 50 tahun akan mengalokasikan biomasanya ke arah daun dan batang karena pengaruh rendahnya radiasi atau intensitas matahari. Hal tersebut sejalan dengan Akmalia (2017), yang menyatakan bahwa biomassa akan dialokasikan ke arah tajuk (daun dan batang) pada tanaman yang mendapat intensitas cahaya yang rendah, sehingga nilai rasio akar-tajuk(daun) akan lebih kecil.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan yaitu, model simulasi yang dikalibrasi memberikan hasil

validasi yang dapat diterima. Hasil validasi model dengan menggunakan rumus RMSEn berdasarkan parameter waktu berbunga memberikan nilai 2,6 % termasuk kategori sangat baik, sedangkan berdasarkan parameter hasil saat panen (HWAM) didapatkan 11 % termasuk kategori baik. Hasil analisis produksi jagung dibawah naungan tanaman kelapa didapatkan penurunan hasil yang signifikan berdasarkan umur tanaman kelapa. Hasil simulasi produksi jagung di bawah naungan kelapa berumur 50, 20 dan 5 tahun berturut-turut sebesar 3796, 678 dan 2609 kg ha⁻¹ (pipilan kering). Sedangkan produksi jagung dilahan terbuka didapatkan hasil simulasi sebesar 5430 kg ha⁻¹ (pipilan kering). Untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik disarankan menggunakan data penanaman jagung di bawah naungan kelapa agar hasil simulasi semakin sesuai dengan hasil observasi yang dilakukan dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmalia, H.A., (2017). Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya dan Penyiraman Pada Pertumbuhan Jagung (*Zea Mays L.*) 'Sweet Boy-02'. *Jurnal Sains Dasar*, 6(1), 8-16.
- A'yun, N.Q., (2019). *Pengaruh Sistem Tanam dan Mulsa terhadap Intersepsi Radiasi Matahari pada Tanaman Jagung (Zea mays L. var. indurata)*

- Varietas BISI 18* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Indikator Pertanian 2022*. Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan Badan Pusat Statistik.
- Barri, N.L., (2012). *Transmisi Radiasi Matahari dan Profil Iklim Mikro serta Hubungannya Dengan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sela pada Beberapa Umur Kelapa*. (Disertasi, Institut Pertanian Bogor)
- Barus, J. (2013). Pemanfaatan lahan di bawah tegakan kelapa di lampung. *Jurnal Lahan Suboptimal* 2(1), 68-74.
- Boote, E. K. (2019). *Kemajuan dalam Pemodelan Tanaman untuk Pertanian Berkelanjutan*. Sains Burleigh DOdds.
- Hidayat, Y., Lala, F., Suwitono, B., Aji, H. B., & Bram, B. (2020). Implementasi Teknologi Peningkatan Produktivitas Lahan Kering Di Bawah Tegakan Kelapa di Maluku Utara. *Buletin Palma*, 21(1), 11-21.
- Jauhari, S., Praptana, R.H. and Setiapermas, M.N., (2021). The growth and yield of hybrid maize on shaded agroecosystem. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 306, p. 01044). EDP Sciences.
- Malia, I. E. (2021). Intercropping of Several Cultivars of Banana and Plantain under Coconut Based in North Sulawesi, Indonesia. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 232, p. 03007). EDP Sciences.
- Muawanah, K.N., (2022). *Penentuan Asuransi Indeks Iklim Tanaman Jagung dengan Pemodelan Simulasi Tanaman (DSSAT)*. (Skripsi, Institut Pertanian Bogor).
- Muhanniah. (2019). *Mutu dan Produktivitas Benih Jagung Hibrida (Zea mays L.) yang Diinokulasi dengan Trichoderma harzianum Pada Rasio Baris Tetua Jantan dan Betina*. (Disertasi, Universitas Hasanuddin).
- González Rodríguez, O., Florido Bacallao, R., Hernández Córdova, N., Soto Carreño, F., Jeréz Mompié, E.I., González Viera, D. and Vázquez Montenegro, R.J., (2021). Simulation of management strategies from the DSSAT model to increase the yields of a corn cultivar. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(2).
- Hoogenboom, G and Jones, J W and Traore, P C S and Boote, K J (2012) *Experiments and data for model evaluation and application*. In: *Improving Soil Fertility Recommendations in Africa using the Decision Support System for Agrotechnology Transfer*. Springer, Netherlands.
- Humoen, M.I. and Yahya, S., (2020). Tanggap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung terhadap Waktu Tanam yang Berbeda. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 48(2), 127-134.
- Indrawan, R.R., Suryanto, A. and Soelistyono, R., (2017). *Kajian Iklim Mikro Terhadap Berbagai Sistem Tanam Dan Populasi Tanaman Jagung Manis (Zea mays saccharata Sturt.)* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- Rusmayadi, G. and Wahdah, R., (2022). Pengaruh Varietas dan Jarak Tanam terhadap Efisiensi Radiasi, Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis (*Zea mays saccharata Sturt.*) Di Lahan

- Rawa Lebak. *Rawa Sains: Jurnal Sains STIPER Amuntai*, 12(1), 41-50.
- Ruskandi, 2003. Prospek Usaha Tani Jagung Sebagai Tanaman Sela di Antara Tegakan Kelapa. *Buletin Teknik Pertanian*. 8(2): 55-59.
- Soto-Bravo, F. & González-Lutz, MI, (2019). "Análisis de métodos estadísticos para evaluar el desempeño de modelos de simulación en cultivos hortícolas". *Agronomia Mesoamericana*, 30(2), 517-534.
- Sunadi, S.S., (2022). Pertumbuhan Dan Produksi Jagung Manis (*Zea Mays* Var. *Saccharata Sturt*) Sebagai Respon Terhadap Pupuk Organik Cair Daun Lamtoro. *Jurnal Embrio*, 14(2), 30-47.
- Sulaiman, Andi Amran, I Ketut Kariyasa, Hoerudin, Kasdi Subagyono, and Farid A. Bahar. (2018). *Cara Cepat Swasembada Jagung*. IAARD PRESS.
- Syukur, M., dan Azis Rifianto. (2013). *Jagung manis*. Penebar Swadaya Grup.
- Tala'ohu, S. D., dan Haryono. (2014). Potensi Sumber Daya Air dan Desain Pengelolaan Air Kebun Percobaan(KP) Maros, Kab. Maros dan KP Bajeng, Kab. Gowa Porvinsi Sulawesi Selatan. http://repository.ut.ac.id/4976/1/fmipa2014_16.pdf