



## Model Simulasi Tanaman untuk Menganalisis Pengaruh Jadwal Tanam dan Menduga Produktivitas Tanaman Cabai Merah di Kota Pagar Alam

Simulation Model to Analyze the Effect of Planting Schedule and Predict the Productivity of Red Chilies in Pagar Alam City

**Nur Annisa, dan Impron\***

Departemen Geofisika dan Meteorologi, Gedung FMIPA, IPB, Jl. Meranti Wing 19 Lv.4 Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 12 February 2017

Received in revised from 29 June 2017

Accepted 8 October 2017

doi: 10.29244/j.agromet.31.2.80-88

#### Keywords:

Crop modeling

Intercepted radiation

Model Verification

Planting date

Thermal unit

### ABSTRACT

The city of Pagar Alam, South Sumatra is at an altitude of 600-2700 masl. The city has climatic and soil condition suitable for red chili plants (*Capsicum annum* L.) that have high economic value. However, the fluctuating amount of red pepper production throughout the year can lead to excess or lack of availability of red chili in the market. This research was conducted to use a crop model to simulate the development, growth, and production of red pepper plant. This model used daily weather as input to simulate daily biomass (kg/ha) components of roots, stems, leaves, and fruits. Comparison of fruit components from simulation with field data taken at three areas in Pagar Alam city showed model accuracy of 76% for Koramil area, 91% for Perandonan area, and 85% Pagargading area. The simulation model result show that the average monthly chili productivity varies; highest of 3376 kg/ha if planting is done in October, and the lowest of 2828 kg/ha if planting is done in February.

## PENDAHULUAN

Cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat di Indonesia (Mariyono and Sumarno, 2015). Sayuran yang populer dan bernilai tinggi ini memiliki banyak kandungan gizi antara lain lemak, vitamin C, dan antioksidan (Hallmann and Rembiałkowska, 2012; Silva et al., 2013). Produktivitas cabai di Indonesia tahun 2012 menurut Badan Pusat Statistik Republik Indonesia adalah sebesar 5.60 ton/ha dengan luas panen cabai 237.105 ha dan produksi sebesar 1.327.778 ton/tahun (BPS, 2013). Jumlah konsumsi cabai merah rumah tangga dalam setahun sebanyak 4.6 kg/jiwa. Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2012 adalah sekitar 253.6 juta jiwa, maka konsumsi cabai merah rata-rata penduduk Indonesia sekitar 1.2 juta ton/tahun. Data tersebut menunjukkan masih ada surplus jumlah produksi cabai merah sebesar 161.173 ton/tahun, akan tetapi permintaan cabai tidak dapat dipenuhi oleh pasar pada waktu-waktu tertentu. Hal tersebut dikarenakan

distribusi produksi cabai merah yang tidak merata sepanjang tahun.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam usaha meningkatkan produksi cabai yang efisien dan efektif adalah melakukan optimalisasi wilayah-wilayah yang memiliki potensi sumberdaya lahan. Produktivitas tanaman dapat dipengaruhi oleh kesesuaian iklim lokasi tumbuh tanaman dan ketepatan waktu tanam (Dharmarathna et al., 2014; Dobor et al., 2016; Tsimba et al., 2013). Optimalisasi wilayah-wilayah yang cocok untuk budidaya tanaman cabai dapat menjadi terobosan dalam upaya peningkatan produksi cabai dalam negeri. Kota Pagar Alam di Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu wilayah pemasok sayuran di Sumatera Selatan. Proses pertumbuhan tanaman dipengaruhi beberapa faktor iklim yang terjadi pada lahan pertanaman (Hatfield and Prueger, 2015; J. Lipiec et al., 2013; Körner, 2015; Xu et al., 2014), sehingga menjadi suatu proses yang teratur/memiliki pola. Variasi hasil produksi dari musim ke musim disebabkan oleh fluktuasi unsur-unsur cuaca musiman maupun harian (Ray et al., 2015; Traore et al., 2013;

\* Corresponding author: impron@gmail.com

Yuliawan and Handoko, 2016). Penggunaan asumsi bahwa hanya parameter cuaca yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, proses pertumbuhan tanaman dapat disimulasikan dalam waktu yang singkat. Hal ini menunjukkan salah satu keunggulan penggunaan model simulasi tanaman yaitu dalam penghematan waktu dan biaya, dibandingkan penelitian agronomis di lapangan (Handoko, 1994).

Model simulasi pertanian dapat menjadi salah satu alternatif dalam usaha pengembangan budidaya tanaman cabai karena analisis kuantitatif mengenai interaksi iklim dan tanaman dapat dilakukan. Penggunaan model simulasi pertanian, selanjutnya mampu dikembangkan untuk menentukan waktu tanam yang tepat agar menghasilkan produksi yang maksimal (Dobor et al., 2016; Hu and Wiatrak, 2012; Waongo et al., 2013). Namun, penelitian terkait dengan penentuan waktu tanam cabai di Indonesia masih kurang. Penelitian ini mencoba mengembangkan model simulasi pertumbuhan cabai merah untuk memperoleh prediksi produksi tanaman cabai merah yang ditanam pada jadwal tanam tertentu, dan melakukan kalibrasi model berdasarkan data produksi cabai merah di lapang.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Data Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu seperangkat personal komputer/laptop yang dilengkapi *software Visual Basic 6.0* untuk menghasilkan program simulasi model tanaman cabai merah. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang terdiri dari:

1. Data lokasi tanam, jadwal tanam, jadwal panen, jumlah produksi tiap panen, jumlah total produksi panen, jenis lahan, dan kemiringan lereng tanaman cabai merah yang diperoleh dari tiga titik tanam cabai di Kota Pagar Alam melalui wawancara kepada petani,
2. Data Iklim wilayah Pagar Alam tahun 2006 sampai 2015 yang diperoleh dari NASA POWER (<https://power.larc.nasa.gov/>) meliputi suhu udara curah hujan, kecepatan angin, kelembaban, dan radiasi surya,
3. Data parameter pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai varietas Seloka IPB yang untuk pengembangan model yang telah dikembangkan oleh (Madesno, 2014).

### Submodel Pertumbuhan

Submodel pertumbuhan menghitung produksi biomassa kemudian menyimulasi aliran biomassa tersebut ke masing-masing organ tanaman (akar, batang, daun, dan umbi). Selain itu submodel ini menyimulasikan laju kehilangan biomassa melalui

respirasi. Submodel ini juga menyimulasi perkembangan luas daun untuk menduga indeks luas daun (LAI). Perubahan LAI dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$dLAI = sla \times dWD \quad (1)$$

dimana  $dLAI$  adalah perubahan *leaf area index*,  $sla$  luas daun spesifik ( $ha \text{ kg}^{-1}$ ),  $dWD$  perubahan berat daun ( $kg \text{ ha}^{-1} \text{ hari}^{-1}$ ).

Produksi biomassa potensial harian dihitung berdasarkan efisiensi penggunaan radiasi surya yang diintersepsikan ke tajuk tanaman. Hukum Beer digunakan untuk menghitung besar radiasi intersepsi dengan Persamaan (2).

$$Q_{intersepsi} = (1 - \tau) \times Q_s \quad \text{dimana } \tau = e^{-k \cdot LAI} \quad (2)$$

dimana  $Q_{intersepsi}$  adalah radiasi intersepsi ( $MJ \text{ m}^{-2}$ ),  $Q_s$  radiasi surya di atas tajuk tanaman ( $MJ \text{ m}^{-2}$ ),  $\tau$  proporsi radiasi surya yang ditransmisikan oleh tajuk tanaman,  $k$  koefisien pemadaman LAI. Perhitungan biomassa aktual dibagi antara daun, batang, akar, dan buah yang perbandingannya tergantung fase perkembangan tanaman (s). Pertumbuhan masing-masing organ tanaman dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$dWx = \eta x \cdot (1 - k_g) \cdot Ba - k_m W_x Q_{10} \quad (3)$$

$$\text{dimana } Q_{10} = 2^{(T-20)/10}$$

dimana  $dWx$  penambahan masa organ  $x$  ( $kg \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ),  $\eta x$  proporsi biomassa yang dialokasikan ke organ  $x$ ,  $Ba$  produksi biomassa aktual ( $kg \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ),  $W_x$  massa organ  $x$  ( $kg \text{ ha}^{-1}$ ),  $k_m$  koefisien respirasi pemeliharaan  $k_g$  koefisien respirasi pertumbuhan,  $Q_{10}$  quatian (hasil bagi suhu organ) ( $^{\circ}C$ ).

### Submodel Perkembangan

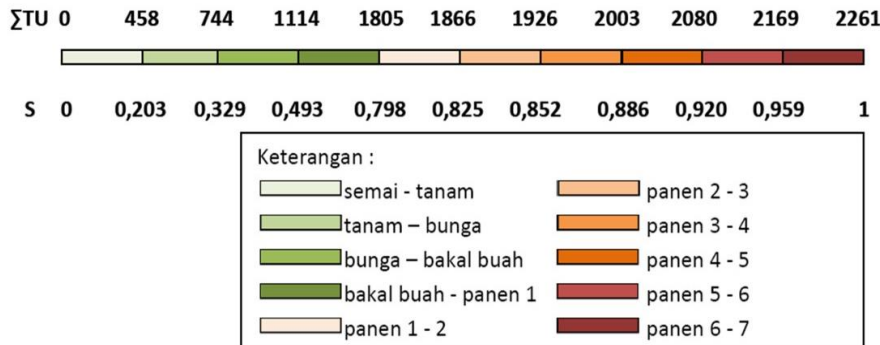
Sebagai masukkan dalam sub model ini adalah suhu udara rata-rata harian. Konsep umum yang digunakan menjelaskan pengaruh suhu terhadap perkembangan tanaman (fenologi) adalah *thermal unit* (TU) yang sering pula disebut *day degrees* atau *heat unit*. Konsep ini hanya berlaku pada tanaman netral, yaitu yang tidak responsif terhadap panjang hari (Handoko, 1994). Konsep ini menganggap faktor lainnya seperti panjang hari tidak berpengaruh, laju perkembangan tanaman berbanding lurus dengan suhu (T) di atas suhu dasar ( $T_b$ ). Konsep ini digunakan untuk tanaman hari netral, termasuk cabai. *Heat unit* tidak dipengaruhi oleh perbedaan lokasi dan waktu tanam (Koesmaryono et al., 2002). Suhu dasar tanaman cabai dibagi menjadi 3, yaitu pada fase perkecambahan  $11.8 \text{ }^{\circ}C$ , fase berbunga  $9.6 \text{ }^{\circ}C$ , dan fase berbuah  $10.7 \text{ }^{\circ}C$ .

Perhitungan akumulasi panas dilakukan menggunakan Persamaan (4).

$$AP = s \sum_{i=1}^n (T - Tb) \quad (4)$$

dimana  $AP$  akumulasi panas ( $^{\circ}C$  hari),  $s$  fase perkembangan tanaman,  $T$  suhu rata – rata ( $^{\circ}C$ ),  $Tb$

suhu dasar tanaman cabai merah ( $^{\circ}C$ ),  $s$  fase perkembangan tanaman. Akumulasi panas tanaman cabai merah varietas seloka IPB beserta indeks fase mulai dari semai sampai dengan panen ketujuh berdasarkan pada Gambar 1. Nilai akumulasi panas total sebesar 2261  $^{\circ}C$  hari.



**Gambar 1** Akumulasi panas dalam  $^{\circ}C$  hari dan skala perkembangan ( $s$ ) cabai merah varietas Seloka IPB

**Submodel Neraca Air**

Submodel neraca air mensimulasi aliran curah hujan yang jatuh di atas tajuk tanaman kemudian sebagian diintersepsi tajuk tersebut dan sisanya jatuh di atas permukaan tanah sebagai curah hujan *netto*. Curah hujan *netto* akan masuk ke dalam tanah atau menjadi limpasan. Evaporasi dan transpirasi merupakan kehilangan air dari tanah tersebut, begitu pula limpasan permukaan.

Jumlah air yang diintersepsi tajuk tanaman tergantung oleh curah hujan dan LAI menggunakan Persamaan (5).

$$Ic = \begin{cases} \min(LAI, P), & \text{untuk } 0 < LAI < 3 \\ \min(1.27, P), & \text{untuk } LAI > 3 \end{cases} \quad (5)$$

dimana  $Ic$  adalah intersepsi tajuk tanaman (mm),  $P$  curah hujan (mm). Evapotranspirasi potensial dihitung dengan metode Penman (Penman, 1948) yang merupakan jumlah dari evaporasi dan transpirasi maksimum atau evapotranspirasi.

$$ETm = ETp = \frac{(\Delta Qn + \gamma f(u)(es - ea))}{\lambda(\Delta + \gamma)} \quad (6)$$

$$Em = ETm(e^{-k.LAI}) \quad (7)$$

$$Tm = (1 - e^{-k.LAI})ETm \quad (8)$$

dimana  $ETm$  evapotranspirasi maksimum (mm),  $ETp$  evapotranspirasi potensial (mm),  $Em$  evaporasi maksimum (mm),  $Tm$  transpirasi maksimum (mm),  $\Delta$  gradient tekanan uap air jenuh terhadap suhu udara ( $Pa K^{-1}$ ),  $Qn$  radiasi netto ( $W m^{-2}$ ),  $\gamma$  konstanta psikometer ( $66.1 Pa K^{-1}$ ),  $f(u)$  fungsi kecepatan angin ( $MJ m^{-2} Pa^{-1}$ ),  $es - ea$  defisit tekanan uap air (Pa),  $\lambda$  panas spesifik untuk penguapan ( $2.454 MJ kg^{-1}$ ). Evaporasi tanah aktual dihitung dengan Persamaan (9).

$$Ea = Em \left( \frac{\theta}{\theta_{kl}} \right) \quad (9)$$

dimana  $Ea$  evaporasi aktual (mm),  $Em$  evaporasi maksimum (mm),  $\theta$  kadar air tanah (mm),  $\theta_{kl}$  kadar air tanah pada kapasitas lapang (mm). Transpirasi aktual dihitung berdasarkan transpirasi maksimum ( $Tm$ ) dan ketersediaan air tanah pada lapisan perakaran, yang batas atasnya merupakan nilai transpirasi maksimum ( $Tm$ ). Perhitungan  $Ta$  yang merupakan jumlah serapan air oleh akar pada lapisan menggunakan Persamaan (10). Nilai *water deficit factor* dihitung dengan Persamaan (11), sedangkan nilai kadar air tanah dihitung menggunakan Persamaan (12).

$$Ta = \begin{cases} \left( \frac{Tm(\theta - \theta_{tip})}{0.4(\theta_{kl} - \theta_{tip})} \right), & \text{untuk } \theta_{kl} \geq \theta > \theta_{tip} \\ Ta = Tm, & \text{untuk } \theta > \theta_{kl} \\ Ta = 0, & \text{untuk } \theta < \theta_{tip} \end{cases} \quad (10)$$

$$Wdf = Ta/Tm \quad (11)$$

$$\theta = \theta_{awal} + Inf - Ea - Ta \quad (12)$$

dimana  $Inf$  infiltrasi (mm),  $wdf$  fungsi kadar air tanah.

**Kalibrasi Model**

Model simulasi tanaman cabai ini dikalibrasi menggunakan data percobaan lapang (Madesno, 2014). Proses kalibrasi dilakukan dengan mengubah-ubah beberapa nilai parameter hingga perbedaan antara pengukuran dengan dugaan model tidak nyata. Kalibrasi model ini dilakukan pada proporsi biomassa setiap organ dan nilai SLA di submodel pertumbuhan. Proporsi biomassa yang digunakan berbeda-beda pada setiap selang indeks fase tertentu bergantung

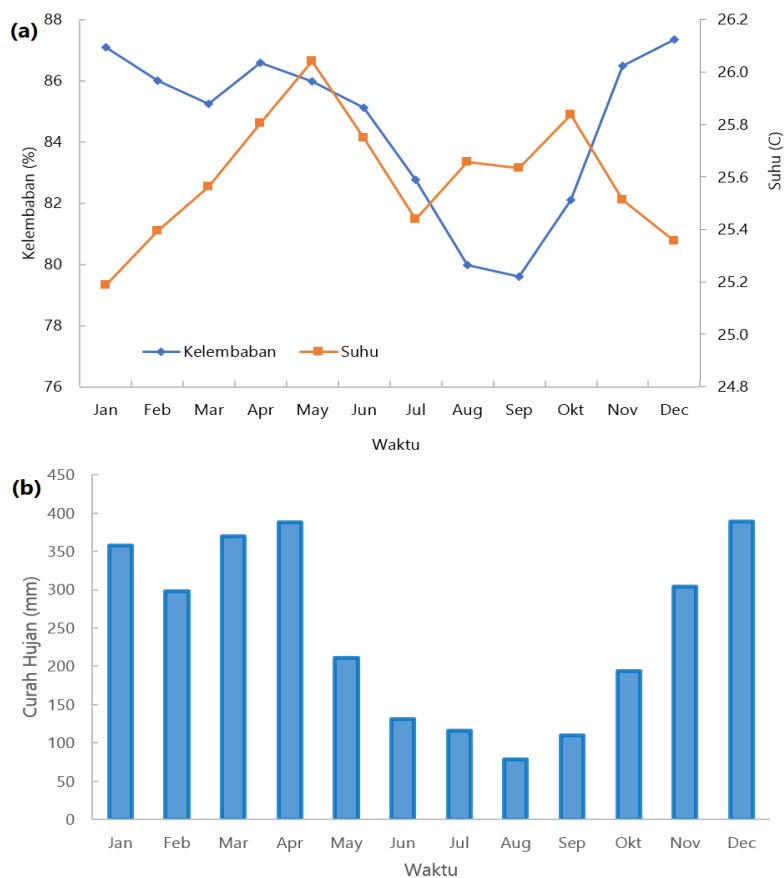
pada laju pertumbuhan tanaman. Validasi model dilakukan dengan membandingkan nilai produktivitas hasil model dengan jumlah total produksi yang diperoleh saat panen (Sargent, 2013).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Iklim Wilayah Pagar Alam

Kota Pagar Alam secara geografis berada pada posisi 4° Lintang Selatan (LS) dan 103.15° Bujur Timur (BT). Kota ini berada di ketinggian 600-2700 mdpl, dengan suhu udara rata harian pada wilayah kajian berada pada 25°C. Suhu udara rata-rata bulanan pada Gambar 2 tidak menunjukkan adanya perbedaan yang

signifikan dimana suhu rata-rata bulanan berada pada kisaran 25-26°C. Kelembaban relatif udara rata-rata pada wilayah kajian sebesar 84%. Perbedaan kelembaban rata-rata bulanan di wilayah kajian tidak terlalu besar baik itu pada musim hujan maupun musim kemarau, dimana kelembaban rata-rata bulannya berkisar 79-89% (Gambar 2a). Suhu udara dan kelembaban udara sangat erat kaitannya, karena jika kelembaban udara berubah maka suhu udara juga akan berubah. Kelembaban udara berbanding terbalik dengan suhu udara. Semakin tinggi suhu udara, maka kelembaban udaranya semakin kecil. Pola curah hujan pada wilayah kajian sangat dipengaruhi oleh musim (Gambar 2b).



**Gambar 2** Kondisi iklim bulanan wilayah Pagar Alam: (a) Suhu rata-rata dan kelembaban relatif bulanan, dan (b) curah hujan bulanan tahun 2006-2015

Penurunan curah hujan pada bulan April hingga mencapai puncak musim kemarau di bulan Agustus, kemudian terjadi peningkatan curah hujan hingga bulan Februari. Curah hujan rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Desember 389 mm. Sedangkan curah hujan rata-rata bulanan terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 79 mm. Secara umum, tanaman cabai membutuhkan kesesuaian iklim untuk mendapatkan pertumbuhan yang baik. Berdasarkan kondisi iklim di wilayah kajian, wilayah ini cukup baik untuk dijadikan daerah budidaya cabai.

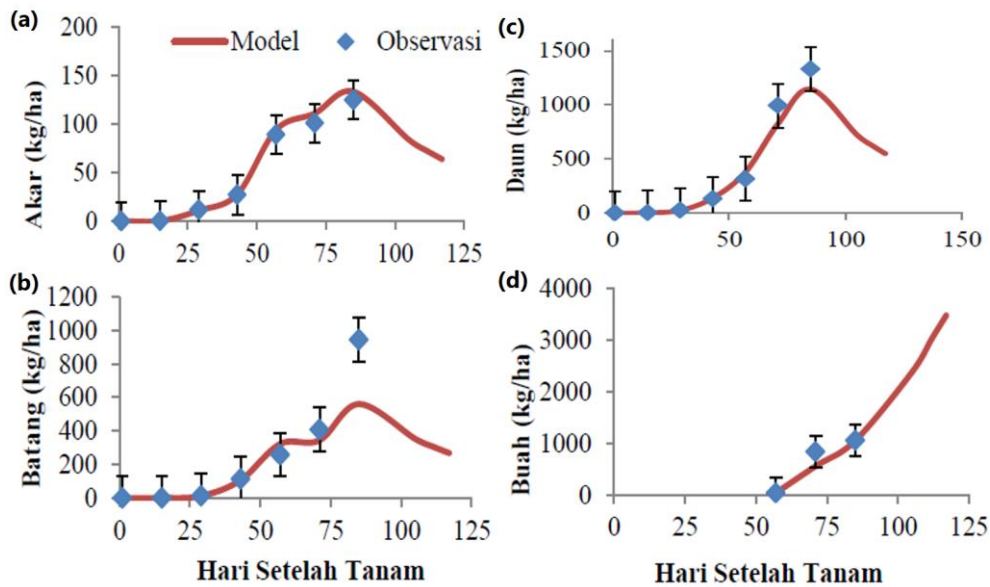
Kondisi iklim yang cocok untuk pertumbuhan cabai yaitu daerah dengan suhu udara rata-rata harian yang berkisar 24-32°C (Berke et al., 2015) dengan ketinggian di daerah tropis yaitu berkisar antara 150-1800 mdpl (Valenzuela, 2011). Untuk memenuhi kebutuhan air, tanaman cabai membutuhkan curah hujan sebanyak 1500-2500 mm/tahun (Prajnanta, 2004). Berdasarkan tipe iklim Oldeman tanaman palawija termasuk tanaman cabai membutuhkan hujan yang efektif sebesar 75% (Handoko, 1994).

**Potensi Produktivitas Berdasarkan Hasil Model Simulasi Cabai**

Masukan data yang diperlukan untuk menjalankan model simulasi adalah data iklim harian seperti curah hujan, suhu, kelembaban udara, kecepatan angin, dan radiasi surya. Untuk melihat satu model simulasi data yang dimasukkan adalah data tanggal awal tanam 23 Februari 2014 sampai 30 Juni 2014. Gambar 3 menunjukkan perubahan biomassa tanaman tiap organ pada masa pertumbuhan dan perkembangannya. Biomassa organ vegetatif meningkat mulai fase tanam dan mulai menurun setelah panen 1. Laju pertumbuhan organ vegetatif tanaman sebanding dengan pertumbuhan indeks luas daun. Pada masa vegetatif, produk fotosintesis dialokasikan pada organ akar, batang, dan daun. Sebagian produk fotosintesis mulai dialokasikan pada

organ buah setelah munculnya bakal buah. Biomassa buah cabai meningkat pada awal fase pembentukan buah sampai panen ketujuh. Data biomassa tanaman observasi hanya tersedia sampai dengan panen, sehingga simulasi model pada fase setelah panen 1 dilakukan dengan cara mengasumsikan proporsi biomassa seluruhnya dialokasikan pada organ buah.

Hasil pengujian dengan uji t berpasangan pada biomassa (akar, batang, daun, dan buah) keluaran model dengan observasi menunjukkan prediksi model dan observasi tidak berbeda nyata ( $P > 0.05$ ). P-Value akar, batang, daun, dan buah berturut-turut sebesar 0.09, 0.36, 0.31, dan 0.42. Hasil nilai variabel dugaan model dapat lebih kecil atau lebih besar dari hasil observasi. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan rata-rata persentase galat dugaan model untuk mengetahui akurasi model berdasarkan nilai galat.



**Gambar 3** Penambahan organ biomassa akar (a), batang (b), daun (c), dan buah (d) tanaman cabai

Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata galat hasil kalibrasi model dengan data observasi. Rata-rata nilai galat paling tinggi terdapat pada peubah indeks luas daun. Rata-rata nilai galat mencapai lebih dari 34%, namun setelah dikalibrasi ulang nilai galat berkurang menjadi lebih dari 28%. Rata-rata nilai galat untuk

biomassa akar, batang, daun, dan buah menunjukkan kisaran nilai antara 4 – 15 %. Berdasarkan perhitungan rata-rata nilai galat, secara umum hasil kalibrasi model ini mencapai nilai akurasi lebih dari 70% untuk semua peubah yang diuji.

**Tabel 1** Rataan nilai galat hasil kalibrasi dengan observasi dengan nilai parameter default dan nilai parameter setelah kalibrasi

Peubah	Rataan Nilai Galat (%)		Akurasi (%)	
	Default	Setelah Kalibrasi	Default	Setelah Kalibrasi
ILD	34	29	66	71
Akar	5	4	95	96
Batang	13	10	87	90
Daun	13	12	87	88
Buah	15	11	85	89

Berdasarkan hasil keluaran model simulasi tanaman cabai, nilai produktivitas cabai sebesar 2855 kg/ha. Umur panen 1 hasil model simulasi terjadi pada 117 HST dengan waktu tiap fase berbeda-beda. Fase 1 (tanam – tanam) pada 1-35 HST. Fase 2 (muncul tanam – kuncup bunga) pada 36-57 HST. Fase 3 (kuncup bunga – bakal buah) pada 58-75 HST. Umur panen 2, 3,

4, 5, 6, dan 7 berturut-turut yaitu 121, 125, 131, 136, 142, dan 149 HST. Berdasarkan pengamatan lapang dan hasil model simulasi, nilai produktivitas cabai merah sampai dengan panen ke-8 dapat dilihat pada Tabel 2. Total produktivitas cabai sampai dengan panen ke-8 memperoleh akurasi diatas 76 % dengan jumlah tiap panen berbeda-beda.

**Tabel 2** Perbandingan data lapang dan model produktivitas cabai merah di tiga Wilayah di Kota Pagar Alam

Panen ke-	Wilayah					
	Pagargading		Perandonan		Koramil	
	Data lapang	Model	Data lapang	Model	Data Lapang	Model
	kg/ha					
1	53	537	36	89	13	73
2	175	144	72	132	63	112
3	375	91	165	162	120	206
4	625	623	387	212	244	204
5	750	472	420	127	356	112
6	775	548	432	187	403	116
7	625	468	299	414	407	300
8	700	587	205	519	350	367
<b>Jumlah (kg/ha)</b>	<b>4078</b>	<b>3470</b>	<b>2016</b>	<b>1842</b>	<b>1956</b>	<b>1490</b>
<b>Akurasi (%)</b>		<b>85</b>		<b>91</b>		<b>76</b>

Hasil pemanenan cabai merah dimulai di atas 80 hari setelah tanam, pemanenan cabai merah dilakukan dengan interval pemanenan 4-7 hari. Sebaran produktivitas di tiga wilayah tersebut mencapai puncak

panennya diatas panen ke-4. Akurasi nilai total produktivitas pemanenan cabai pun meningkat setelah dilakukan kalibrasi terhadap tiap proporsinya (Tabel 3).

**Tabel 3** Perbandingan akurasi model simulasi berdasarkan nilai produktivitas total sebelum dan sesudah kalibrasi proporsi biomassa tanaman cabai

Wilayah	Rataan Nilai Galat (%)	
	Default	Setelah Kalibrasi
Pagargading	77	85
Perandonan	75	91
Koramil	60	76

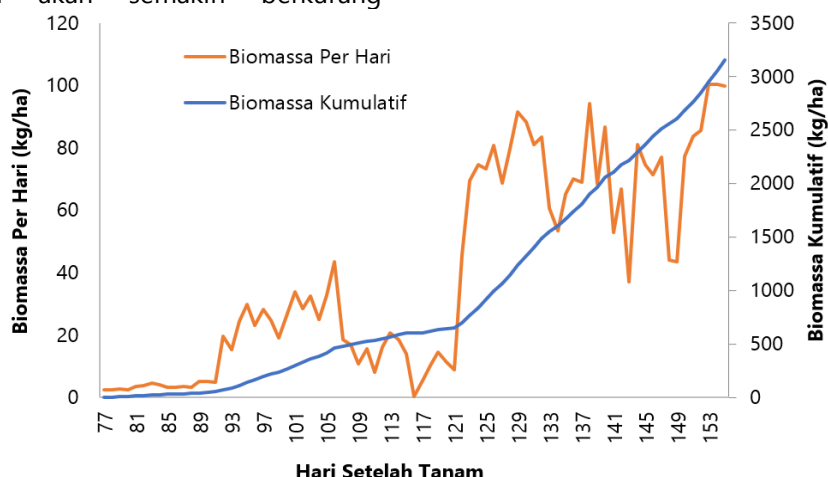
Berdasarkan hasil model simulasi pada Gambar 8, biomassa buah cabai per harinya pada hari tanam ke 77-122 penambahan biomassa hanya sekitar 2-40 kg/ha, sedangkan hari tanam ke 123-155 penambahan biomassa buahnya sudah mencapai sekitar 40-80 kg/ha. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan biomassanya semakin meningkat. Gambar 4 menunjukkan akumulasi penambahan biomassa cabai per hari dari panen ke-1 hingga ke 8.

Data masukan untuk memperoleh simulasi pertumbuhan dan perkembangan cabai wilayah Pagar Alam adalah data iklim tahun 2006-2015. Pada Gambar 5a dan 5b ditunjukkan rata-rata bulanan hari panen

pertama dan ketujuh. Panen paling cepat terjadi jika penanaman dilakukan pada bulan Februari hingga Mei, yaitu rata-rata 117 HST. Sedangkan panen paling lama terjadi jika penanaman dilakukan pada bulan Oktober hingga Desember, yaitu rata-rata 124 HST. Kecepatan hari awal panen tidak mengindikasikan bahwa produktivitas yang diperoleh akan semakin besar. Berdasarkan Gambar 5c, tanaman cabai yang ditanam pada bulan Februari hingga Maret memperoleh jumlah produktivitas minimum, yaitu terjadi di bulan Februari sebesar 2828 kg/ha. Sedangkan penanaman bulan Oktober memperoleh produktivitas maksimum yaitu sebesar 3376 kg/ha. Jika dibandingkan dengan

besarnya curah hujan, produktivitas akan semakin tinggi jika ditanam pada bulan-bulan dengan curah hujan rendah dan akan semakin berkurang

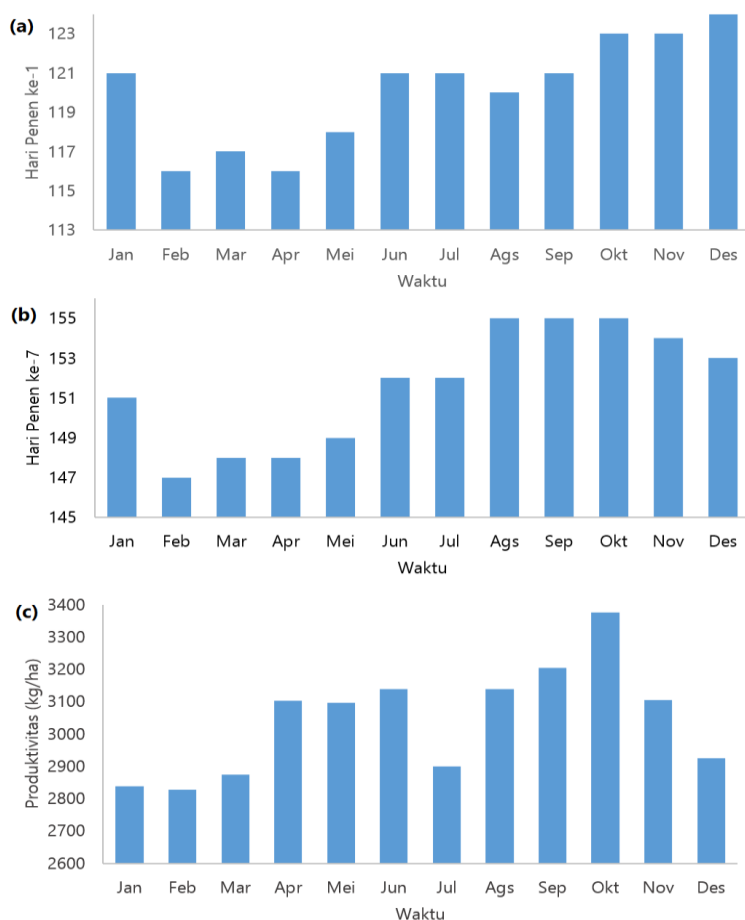
produktivitasnya jika ditanam pada bulan dengan curah hujan cukup tinggi.



**Gambar 4** Penambahan organ biomassa buah per hari dan biomassa kumulatif wilayah Pagargading

Berdasarkan total produktifitas yang diperoleh di tiga wilayah, wilayah yang ditanam pada bulan Juni (Wilayah Pagargading) memperoleh jumlah panen yang paling banyak dibandingkan dengan wilayah yang ditanam pada bulan Mei (Wilayah Perandonan) dan bulan Desember (wilayah Koramil). Hal tersebut sesuai dengan hasil model simulasi yang terlihat pada Gambar 9c, tanaman cabai yang ditanam pada bulan Juni akan

memperoleh jumlah panen yang lebih banyak dibandingkan jika ditanam pada bulan Mei dan Desember. Secara umum tanaman cabai sangat rentan terhadap kondisi iklim dengan kelembaban dan curah hujan tinggi. Tanaman mudah terserang hama dan penyakit, terutama yang disebabkan oleh jamur cendawan karena kelembaban udara yang terlalu tinggi (Ramdial and Rampersad, 2015; Wosula et al., 2015).



**Gambar 5** Besar produktivitas cabai merah pada: (a) panen pertama, (b) panen ketujuh, dan (c) rata-rata bulanan tahun 2011-2015

## KESIMPULAN

Model simulasi ini digunakan untuk menganalisis pengaruh jadwal tanam dan menduga produktivitas tanaman cabai. Model simulasi yang dikembangkan berbasis produktivitas. Sehingga model ini hanya berdasarkan total tanaman cabai yang dipanen. Perbandingan data lapang dan hasil simulasi model yang diambil di tiga wilayah menunjukkan akurasi yang diperoleh mencapai lebih dari 75%. Akurasi terhadap model mencapai 76% penanaman di wilayah Koramil, akurasi 91% di wilayah Perandonan, dan akurasi 85% di wilayah Pagargading. Berdasarkan kajian iklim dan hasil simulasi cabai, daerah Pagar Alam memiliki potensi pengembangan budidaya cabai. Hasil simulasi menunjukkan bahwa produktivitas cabai rata-rata bulanan tertinggi jika penanaman dilakukan pada bulan Oktober, yaitu dengan rata-rata hasil produksi sebesar 3376 kg/ha. Sedangkan produktivitas cabai rata-rata bulanan terendah yaitu pada bulan Februari dengan rata-rata hasil produksi sebesar 2828 kg/ha. Sehingga model simulasi dapat dijadikan pertimbangan untuk memilih curah hujan yang tidak terlalu tinggi pada saat penanaman dan pemanenan, serta dengan asumsi bahwa kebutuhan air untuk tanaman cabai merah dapat dipenuhi setiap tahunnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Berke, T., Black, L., Talekar, N., Wang, J., Gniffke, P., Green, S., Wang, T., Morris, R., 2015. International Cooperators' Guide: Suggested cultural practices for chili pepper.
- BPS, 2013. Produksi Tanaman Sayuran di Indonesia. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Dharmarathna, W.R.S.S., Herath, S., Weerakoon, S.B., 2014. Changing the planting date as a climate change adaptation strategy for rice production in Kurunegala district, Sri Lanka. *Sustainability Science* 9, 103–111. <https://doi.org/10.1007/s11625-012-0192-2>
- Dobor, L., Barcza, Z., Hlásny, T., Árendás, T., Spitkó, T., Fodor, N., 2016. Crop planting date matters: Estimation methods and effect on future yields. *Agricultural and Forest Meteorology* 223, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.03.023>
- Hallmann, E., Rembiałkowska, E., 2012. Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92, 2409–2415. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5624>
- Handoko, 1994. Dasar Penyusunan dan Aplikasi Model Simulasi Komputer untuk Pertanian. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA-IPB, Bogor.
- Hatfield, J.L., Prueger, J.H., 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Hu, M., Wiatrak, P., 2012. Effect of Planting Date on Soybean Growth, Yield, and Grain Quality: Review. *Agronomy Journal* 104, 785–790. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0382>
- J. Lipiec, C. Doussan, A. Nosalewicz, K. Kondracka, 2013. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics* 27, 463–477. <https://doi.org/10.2478/intag-2013-0017>
- Koesmaryono, Y., Sangaji, S., June, T., 2002. Akumulasi Panas Tanaman Soba (*Fagopyrum esculentum*) cv. Kitaware pada Dua Ketinggian di Iklim Tropika Basah. *J. Agromet Indonesia* 15, 8–13.
- Körner, C., 2015. Paradigm shift in plant growth control. *Current Opinion in Plant Biology* 25, 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.05.003>
- Madesno, A., 2014. Respon Tanaman Cabai Merah terhadap Arah Baris Tanam yang Berbeda [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mariyono, J., Sumarno, S., 2015. Chilli production and adoption of chilli-based agribusiness in Indonesia. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies* 5, 57–75.
- Penman, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc R Soc Lond A Math Phys Sci* 193, 120. <https://doi.org/10.1098/rspa.1948.0037>
- Prajnanta, F., 2004. Agribisnis Cabai Hibrida. Penebar Swadaya, Depok.
- Ramdial, H., Rampersad, S.N., 2015. Characterization of *Colletotrichum* spp. causing anthracnose of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in Trinidad. *Phytoparasitica* 43, 37–49. <https://doi.org/10.1007/s12600-014-0428-z>
- Ray, D.K., Gerber, J.S., MacDonald, G.K., West, P.C., 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications* 6, 5989.
- Sargent, R.G., 2013. Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation* 7, 12–24. <https://doi.org/10.1057/jos.2012.20>
- Silva, L.R., Azevedo, J., Pereira, M.J., Valentão, P., Andrade, P.B., 2013. Chemical assessment and antioxidant capacity of pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds. *Food and Chemical Toxicology* 53, 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.036>



- Traore, B., Corbeels, M., van Wijk, M.T., Rufino, M.C., Giller, K.E., 2013. Effects of climate variability and climate change on crop production in southern Mali. *European Journal of Agronomy* 49, 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.004>
- Tsimba, R., Edmeades, G.O., Millner, J.P., Kemp, P.D., 2013. The effect of planting date on maize grain yields and yield components. *Field Crops Research* 150, 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.028>
- Valenzuela, H., 2011. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Chili Pepper (*Capsicum annum*).
- Waongo, M., Laux, P., Traoré, S.B., Sanon, M., Kunstmann, H., 2013. A Crop Model and Fuzzy Rule Based Approach for Optimizing Maize Planting Dates in Burkina Faso, West Africa. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 53, 598–613. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-13-0116.1>
- Wosula, E.N., McMechan, A.J., Hein, G.L., 2015. The Effect of Temperature, Relative Humidity, and Virus Infection Status on off-host Survival of the Wheat Curl Mite (Acari: Eriophyidae). *Journal of Economic Entomology* 108, 1545–1552. <https://doi.org/10.1093/jee/108.5.tov185>
- Xu, Z., Shimizu, H., Ito, S., Yagasaki, Y., Zou, C., Zhou, G., Zheng, Y., 2014. Effects of elevated CO<sub>2</sub>, warming and precipitation change on plant growth, photosynthesis and peroxidation in dominant species from North China grassland. *Planta* 239, 421–435. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1987-9>
- Yuliawan, T., Handoko, I., 2016. The Effect of Temperature Rise to Rice Crop Yield in Indonesia uses Shierary Rice Model with Geographical Information System (GIS) Feature. *Procedia Environmental Sciences* 33, 214–220. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.072>