

**PENYUSUNAN MODEL SIMULASI TANAMAN JARAK (*Ricinus communis* L.)*****Construction of a crop simulation model of castor oil (*Ricinus communis* L.)*****Fadjry, D<sup>1</sup>, Handoko<sup>2</sup>, Justika B<sup>2</sup>, Yonny K<sup>2</sup>, Didiek H.G<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Peneliti di BPTP Kalsel<sup>2</sup> Pengajar Pascasarjana IPB Bogor<sup>3</sup> Peneliti LRPI Bogor.**ABSTRACT**

Crop simulation that describes relationships between crop growth and development and environmental factors (weather and soil) can be employed as a decision support tool. This research aimed to construct a crop simulation model of castor oil (*Ricinus communis* L.) comprising of crop development, crop growth, and water balance submodels. The research was conducted for two-year period (2002 and 2003) at three locations having distinct environmental conditions, *i.e.* Malang (575 msl), Sukamandi (50 m) and Situbondo (5 m). The field experiment was done to collect data to support the construction and validation of the crop model being developed. The experiment in Malang during 2002 had four nitrogen treatments and two cultivars (ASB 81 and ASB 60), soil type Inceptisols with sufficient soil water by adding irrigation water. As a comparison, in the same year, field experiment at Sukamandi (soil type Entisols) with warm climate and low rainfall was conducted using three level irrigation treatments. In year 2003, the experiment was conducted at Situbondo (soil type Entisols) at a relatively large area of land (1 ha) using treatments of sowing date without irrigation while nitrogen was sufficient. The cultivar used was ASB 81. The field experiments conducted at three locations produced required data for model construction. Nitrogen and water affected growth of the crop significantly by increasing biomass of individual organs. Crop development, on the other hand, was determined by temperature and parameters of base temperature and thermal unit of various stages derived from this experimental data. The model being developed simulates processes related to crop growth in response to the inputs (weather variables, soil and agronomic inputs). The model can be employed as a decision support tool in the management of castor oil plantation.

Keywords: Crop model, castor oil, water balance, nitrogen

**PENDAHULUAN**

Selama dua dekade terakhir, pemanfaatan model simulasi komputer sebagai alat untuk analisis dan penyelesaian berbagai masalah dalam bidang pertanian telah berkembang pesat. Salah satu metode kuantitatif yang dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antara faktor lingkungan dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah model simulasi tanaman. Teknologi pemodelan, untuk mensimulasi perkembangan dan pertumbuhan serta prediksi hasil tanaman dalam hubungannya dengan iklim dan tanah telah banyak dimanfaatkan (Poluektov dan Topaj, 2001). Selanjutnya Monteith (1996) mengemukakan bahwa, pemodelan tanaman merupakan suatu pendekatan kuantitatif untuk memprediksi pertumbuhan, perkembangan dan hasil tanaman, koefisien genetik tanaman dan peubah yang berhubungan dengan faktor lingkungan.

Kajian-kajian mengenai hubungan antara peubah iklim terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman pada tanaman jarak secara terintegrasi belum banyak dilakukan, khususnya

model mekanistik. Model simulasi tanaman yang disusun akan menjelaskan proses pertumbuhan tanaman sejak tanam sampai panen, serta responnya terhadap unsur-unsur cuaca (radiasi surya, suhu dan kelembaban udara, curah hujan dan kecepatan angin) serta dinamika air dalam tanah secara terintegrasi. Model yang disusun dalam penelitian ini terdiri dari tiga buah submodel yang saling berinteraksi yaitu (1) perkembangan (2) pertumbuhan dan (3) neraca air. Setelah melalui berbagai kalibrasi dan validasi, model tersebut akan dapat diterapkan pada kondisi lingkungan yang berbeda-beda di wilayah Indonesia, sehingga respon tiap masukan pengelolaan (simulasi) dapat diprediksi yang merupakan dasar perencanaan dan pengelolaan tanaman jarak.

Penelitian bertujuan (1) menjelaskan pengaruh tingkat ketersediaan air dan nitrogen pada varietas yang berbeda (ASB 81 dan ASB 60) terhadap pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman jarak (2) menyusun model simulasi tanaman jarak yang menjelaskan pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman sebagai respon terhadap unsur-unsur cuaca, pemberian air irigasi dan pupuk nitrogen (3) mendapatkan model simulasi tanaman jarak yang dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu untuk pengambilan keputusan dalam pewilayahan dan pengelolaan tanaman jarak di Indonesia.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat

Percobaan lapang dilaksanakan pada tiga lokasi, yaitu di Kebun Percobaan (KP) Balai Penelitian Tanaman Serat (Balittas) Karangploso Malang, KP Situbondo Balittas, Jawa Timur dan Balai Tanaman Padi (Balitpa) Sukamandi, Jawa Barat. Data hasil percobaan lapang yang telah dilakukan digunakan sebagai dasar penyusunan hubungan kuantitatif yang meliputi penurunan parameter model, kalibrasi model serta validasinya.

Percobaan di Malang (April 2002 – Desember 2002) dilaksanakan untuk mempelajari respon pertumbuhan dan perkembangan dua varietas tanaman jarak terhadap perlakuan nitrogen, serta untuk pengujian (validasi) model.

Percobaan di Sukamandi (Juli 2002 – Januari 2003) dilaksanakan untuk mempelajari respon pertumbuhan dan perkembangan dua varietas tanaman jarak pada berbagai cekaman air, dinamika air dalam tanah selama periode pertumbuhan tanaman, serta untuk penurunan parameter dan kalibrasi model.

Percobaan di Situbondo (Januari 2003 – Agustus 2003) dilaksanakan pada dasarnya untuk melihat *sensitivitas* model yang telah disusun (validasi dan aplikasi model).

Pemodelan dilaksanakan di Laboratorium komputer BIOTROP ICSEA Bogor (Januari 2002 – November 2004) untuk menyusun tiga buah submodel, yaitu (1) perkembangan tanaman, (2) pertumbuhan tanaman dan (3) neraca air.

### Bahan dan Alat

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari (1) *counter* (2) meteran (3) jangka sorong (4) cat dan kuas (5) solarimeter (6) neutron probe meter (7) timbangan (8) pipa paralon (9) *ring sample* (10) seng (11) bor tanah (12) *automatic weather station* (13) komputer (14) *software GIS digitizer* dan *plotter* (15) traktor (16) gunting dan pisau (17) pupuk (18) kantong sample (19) bahan-kimia (20) pupuk nitrogen (21) *steam flow* meter dan *through flow* meter.

### Metode Penelitian

Penelitian meliputi percobaan lapang dan pemodelan tanaman. Data hasil pengamatan lapang digunakan untuk penurunan parameter model, kalibrasi model dan pengujian model tanaman jarak.

## Percobaan Lapang

### 1. Percobaan Pemberian Air

Penelitian dilakukan di Sukamandi menggunakan rancangan petak terpisah (RPT) dengan ulangan tiga kali. Perlakuan yang digunakan adalah :

Petak utama : Varietas Jarak

V1 = Asembagus (ASB) 81

V2 = Asembagus (ASB) 60

Anak petak : Pemberian Air

A0 = Tanpa pemberian air

A1 = Siraman ½ ETP

A2 = Siraman 1 ETP

### 2. Percobaan Pemberian Nitrogen

Penelitian dilakukan di Malang menggunakan rancangan petak terpisah (RPT) dengan ulangan tiga kali. Perlakuan yang digunakan adalah :

Petak utama : Varietas Jarak

V1 = Asembagus (ASB) 81

V2 = Asembagus (ASB) 60

Anak petak : Dosis Nitrogen

N0 = Tanpa pupuk Nitrogen

N1 = 33.75 kg N/ha

N2 = 67.5 kg N/ha

N3 = 135 kg N/ha

### 3. Percobaan Waktu Tanam

Penelitian dilakukan di Situbondo menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan ulangan tiga kali. Perlakuan yang dicobakan adalah perbedaan waktu tanam dengan interval waktu dua minggu:

W1 = Tanam 1 ( 20 Januari 2003)

W2 = Tanam 2 ( 3 Februari 2003)

### Peubah yang diamati:

**Tanaman** : Pertumbuhan tanaman yakni tinggi tanaman, diameter batang, panjang dan lebar daun, produksi tanaman, biomassa daun, batang, dan akar, serta indeks luas daun (ILD), fase perkembangan mulai dari tanam sampai panen. Pengamatan fenologi dilakukan setiap hari untuk mengamati fase-fase perkembangan tanaman. Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap satu bulan dengan mengambil dua contoh tanaman pada setiap plot perlakuan (*destructive sampling*).

**Tanah**: Analisa tanah awal meliputi pengambilan contoh tanah 100 g untuk menghitung kadar air tanah secara gravimetrik setiap 2 minggu. Kadar air tanah diukur pada kedalaman 0 – 25 cm, 25 – 50 cm, 50 - 75 cm dan 75 - 100 cm.

**Cuaca** : Unsur cuaca yang diamati adalah curah hujan, kecepatan angin, lama penyinaran, kelembaban udara, dan suhu udara. Pengamatan unsur-unsur cuaca dilakukan setiap hari.

### Pemodelan Tanaman

#### Struktur Model

Secara garis besar, model simulasi tanaman jarak terdiri atas tiga submodel, yaitu (1) submodel perkembangan tanaman, (2) submodel pertumbuhan tanaman dan (3) submodel neraca air.

Submodel perkembangan menduga laju perkembangan tanaman selama periode pertumbuhan tanaman (tanam-panen) berdasarkan *thermal unit*. Submodel perkembangan tanaman akan menentukan pembagian asimilat hasil fotosintesis pada submodel pertumbuhan berdasarkan proporsi biomassa. Proporsi pembagian biomassa ke berbagai organ tanaman (daun, batang, akar dan biji) diturunkan dari pengukuran lapang. Penggunaan submodel ini memungkinkan prediksi terhadap periode setiap fase perkembangan sehingga pada akhirnya dapat ditentukan waktu panen tanaman jarak yang dimodelkan.

Submodel pertumbuhan mensimulasi mekanisme pertumbuhan tanaman berdasarkan radiasi surya yang diintersepsi oleh tajuk tanaman yang ditentukan oleh indeks luas daun (ILD). Semakin tinggi nilai ILD maka semakin besar radiasi surya yang diintersepsi. ILD yang tinggi berkorelasi positif dengan peningkatan laju transpirasi tanaman jika kadar air tanah dan kondisi cuaca bukan merupakan faktor pembatas, yang dihitung pada submodel neraca air. Keluaran submodel pertumbuhan ini adalah jumlah biomassa kering untuk setiap organ tanaman jarak (biomassa daun, batang, akar, dan biji).

Submodel neraca air mensimulasi gerakan air mulai dari curah hujan jatuh ke atas tajuk tanaman, diintersepsi tajuk tersebut serta jatuh ke atas permukaan tanah kemudian terinfiltrasi ke dalam lapisan tanah, terjadi perkolasi, penguapan pada permukaan tanah sampai pada transpirasi tanaman. Selanjutnya akan dapat diprediksi berapa kandungan air tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman. Penghitungan neraca air dilakukan pada empat lapisan tanah yaitu lapisan 1 (0-25 cm), lapisan 2 (25-50 cm), lapisan 3 (50-75 cm) dan lapisan 4 (75-100 cm). Submodel ini menggunakan faktor cuaca dan tanah sebagai faktor pembatas untuk menghitung ketersediaan air tanaman jarak.

Peubah masukan (*input variables*) yang digunakan dalam model simulasi adalah peubah cuaca, tanaman, tanah dan keadaan awal (*initial variables*). Model yang disusun mempunyai resolusi harian sehingga diperlukan unsur-unsur cuaca harian sebagai masukan yang terdiri atas radiasi surya (MJ/hari), suhu udara (°C), kelembaban udara (%), kecepatan angin (m/detik) dan curah hujan (mm/hari). Selain itu peubah tanaman dan tanah yang diinisialisasi yaitu kebutuhan benih jarak per ha (berat biji jarak) dan kadar air tanah pada berbagai kedalaman tanah.

## Analisis Statistik

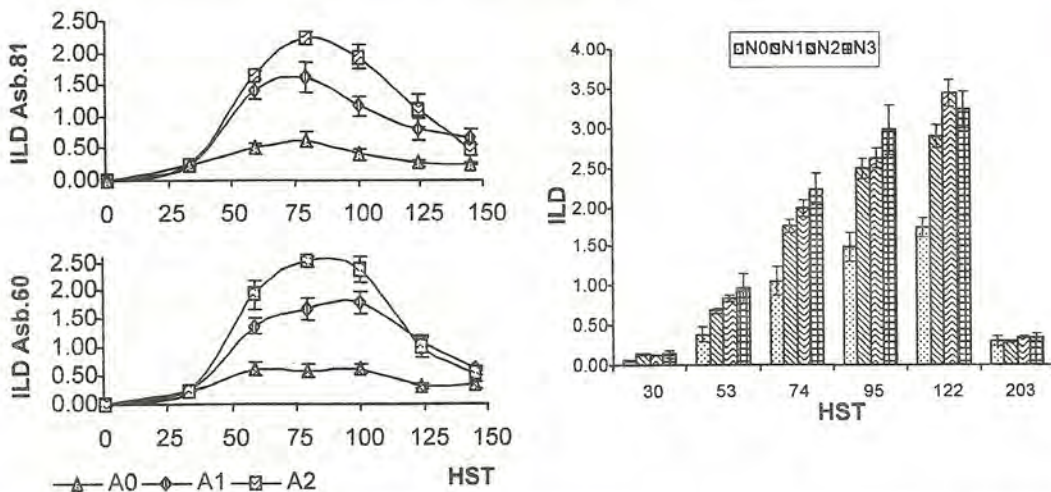
Pengujian secara statistik hasil percobaan lapang menggunakan analisis sidik ragam (Anova), sedangkan uji antar perlakuan menggunakan Uji Duncan. Pengujian model dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran model dengan data pengamatan lapang. Pengujian dilakukan dengan dua cara, yaitu secara kualitatif menggunakan metode grafik (fitting dan uji 1:1) serta uji statistik (uji t berpasangan, uji ketepatan model dan analisis regresi). Uji t berpasangan mengikuti persamaan (Steel dan Torrie, 1981).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Percobaan Lapang

Hasil pengamatan menunjukkan perlakuan air berpengaruh nyata terhadap ILD, sedangkan antara varietas ASB 81 dan ASB 60 tidak berpengaruh nyata (Gambar 1). Perlakuan tanpa pemberian air (A0) memiliki ILD yang lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan A1 dan A2. Hal ini disebabkan tanaman selalu dalam keadaan defisit air karena kadar air tanah tidak tersedia untuk pertumbuhan tanaman (fase vegetatif - fase pematangan buah). Salah satu bentuk

toleransi tanaman terhadap cekaman air adalah dengan memperkecil ukuran daun atau menggugurkan daun, sehingga ILD menjadi rendah. Respon tanaman terhadap defisit air yaitu melalui penutupan stomata atau peningkatan resistensi stomata (Jones, 1992). Hal ini akan berpengaruh terhadap pertukaran uap air dan CO<sub>2</sub>



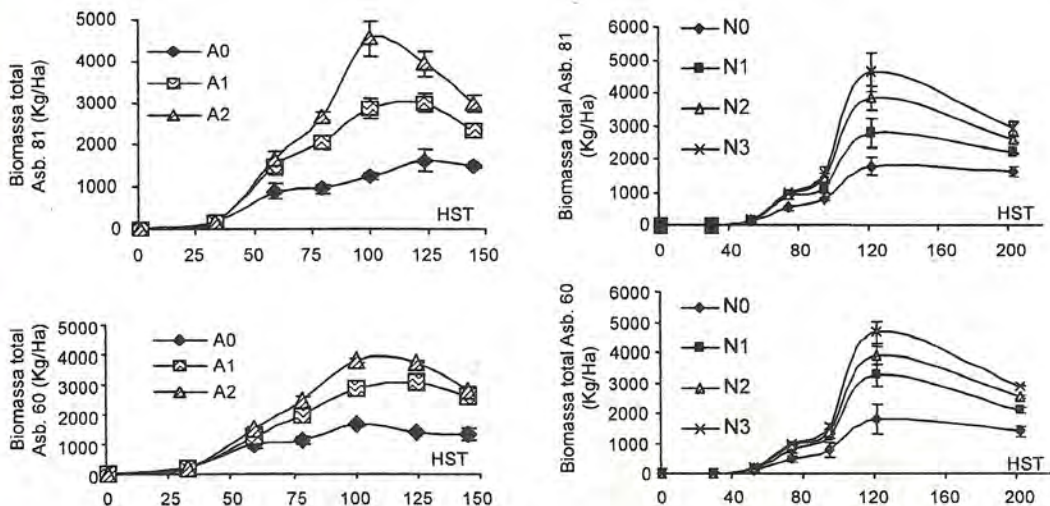
Gambar 1. Indeks luas daun (ILD) pada perlakuan air (kiri) dan perlakuan nitrogen (kanan). Garis vertikal adalah 2 x simpangan baku.

Data hasil percobaan memperlihatkan bahwa nitrogen meningkatkan ILD baik pada varietas ASB 81 maupun ASB 60 (Gambar 1). Hal ini menunjukkan nitrogen merupakan unsur hara makro yang mutlak diperlukan pada fase pertumbuhan vegetatif tanaman. Nitrogen menentukan jumlah klorofil daun, sehingga fungsi nitrogen dalam hal ini menjadi ganda, yaitu (1) meningkatkan luas daun dan (2) meningkatkan efisiensi penggunaan radiasi surya dalam proses fotosintesis (Handoko et al., 2003). Nitrogen memegang peranan penting dalam proses fisiologis tanaman yaitu sebagai bahan penyusun utama protoplasma sel protein, nukleoprotein, asam amino, amida, dan alkaloid. Defisiensi nitrogen akan mengganggu proses metabolisme tanaman sehingga pertumbuhan, perkembangan dan hasil tanaman tidak optimal ( Gardner et al., 1991; Salisbury, 1995; Lawlor, 2001).

Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata ILD pada perbedaan waktu tanam. Hal ini disebabkan perbedaan waktu tanam interval dua minggu belum memberikan perbedaan yang nyata terhadap ketersediaan air tanah. Nilai ILD maksimum dicapai pada 60 HST perlakuan W2 (tanam tanggal 3 Februari 2003).

Gambar 2 memperlihatkan perbedaan produksi biomassa total antar level perlakuan pemberian air. Penambahan pemberian air meningkatkan biomassa tanaman secara nyata, sedangkan antara varietas ASB 81 dan ASB 60 tidak memberikan perbedaan yang nyata. Perlakuan tanpa air irigasi (A0) menghasilkan produksi biomassa paling rendah dibanding perlakuan A1 dan A2. Hal ini disebabkan pada kondisi defisit air, resistensi stomata tanaman meningkat sehingga menghambat pertukaran CO<sub>2</sub>. Proses fotosintesis tidak dapat berlangsung optimal yang pada akhir

menyebabkan penurunan produksi biomassa. Hal sama dilaporkan oleh Baldocchi *et al.*, (1985) untuk kedelai bahwa resistensi stomata meningkat tajam ketika potensial air daun melebihi -1.1 Mpa dan menurunkan pertukaran CO<sub>2</sub> kanopi secara logaritmik.



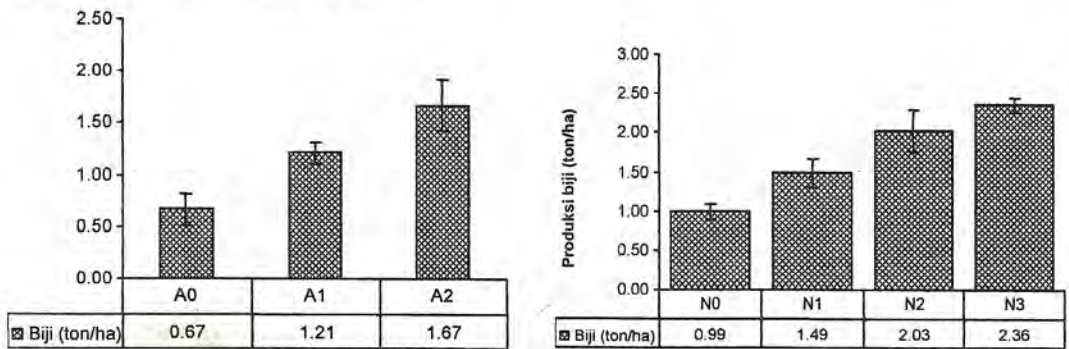
Gambar 2. Biomassa total pada perlakuan air (kiri) dan perlakuan nitrogen (kanan). Garis vertikal adalah 2 x simpangan baku.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemupukan nitrogen meningkatkan biomassa total kedua varietas tanaman jarak secara nyata seperti disajikan pada Gambar 1. Produksi biomassa ditentukan oleh jumlah energi radiasi yang diserap tanaman yang merupakan fungsi dari luas daun (ILD), ketersediaan air yang diperoleh dari hujan atau irigasi, serta kandungan hara tanah yang dalam hal ini adalah nitrogen. Perbandingan biomassa total antara varietas ASB 81 dan ASB 60 menurut perlakuan nitrogen selama masa pertumbuhan hampir sama. Dalam hal ini pengaruh pemupukan nitrogen jauh lebih besar daripada perbedaan varietas. Perlakuan tanpa pemupukan (N0) menghasilkan produksi biomassa total yang sangat rendah dibandingkan perlakuan N1, N2, dan N3. Tanaman yang kekurangan nitrogen pada fase vegetatif awal pertumbuhan tanaman dapat menyebabkan penurunan produksi biomassa. Defisiensi nitrogen dapat menurunkan produksi biomassa per unit radiasi yang ditersepsi tanaman (Lawlor *et al.*, 2001).

Gambar 3 menunjukkan produksi biji jarak pada berbagai perlakuan pemberian air. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan A1 dan A2 dibandingkan dengan produksi A0, berturut-turut lebih besar 80.6% dan 149%. Perlakuan A0 menghasilkan produksi biji yang paling rendah 0.67 ton/ha, sedangkan perlakuan A1 dan A2 menghasilkan produksi biji berturut-turut 1.21 dan 1.67 ton/ha. Hal ini disebabkan tanaman pada perlakuan tanpa pemberian air (A0) selalu mengalami defisit air selama pertumbuhannya sehingga produksi biji sedikit. Laureti dan Marras (1995) mendapatkan hubungan linear peningkatan hasil dengan peningkatan aplikasi air sampai 100% evapotranspirasi.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa produksi biji jarak meningkat sesuai dengan penambahan dosis pemberian nitrogen yang secara statistik berbeda nyata pada taraf 5 %. Produksi biji jarak terbesar diperoleh pada perlakuan 135 kg N/ha sebesar 2.36 ton/ha dan terendah pada perlakuan tanpa pupuk nitrogen (N0) sebesar 0.99 ton/ha (Gambar 3). Hal tersebut menunjukkan ketersediaan nitrogen dalam tanah yang dapat diserap tanaman merupakan faktor utama yang menentukan dalam produksi biji jarak. Ketersediaan nitrogen dapat memperbaiki produksi tanaman, kualitas dan produktivitas tanaman (Lawlor *et al.*, 2001)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan waktu tanam tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap produksi biomassa. Produksi biji jarak tertinggi diperoleh pada perlakuan W1 (tanam tanggal 20 Januari 2003) sebesar 1322 kg/ha sedangkan W1 sebesar 1280 kg/ha. Hal ini disebabkan perlakuan perbedaan waktu tanam dua minggu belum memberikan perbedaan yang nyata terhadap ketersediaan air tanah.



Gambar 3. Perbandingan produksi biji (ton/ha) pada perlakuan air (kiri) dan perlakuan nitrogen (kanan). Garis vertikal menunjukkan 2 x simpangan baku.

### Pengujian Model

Perbandingan antara model dan observasi berdasarkan hasil uji t berpasangan dapat dilihat pada Tabel 1. Bila hasil uji t antara model dan observasi tidak berbeda nyata (ns), artinya keluaran model cukup valid digunakan untuk menduga/menjelaskan perkembangan, pertumbuhan, produksi dan kadar air tanah tanaman jarak. Hasil uji t berpasangan memperlihatkan, bahwa untuk daerah Malang, Sukamandi dan Sukamandi berturut-turut 94 %, 78 % dan 100 % hasil keluaran model dapat memprediksi pertumbuhan, perkembangan, produksi, dan kadar air tanah sesuai dengan hasil observasi lapang.

Perbandingan perkembangan hasil pengamatan lapang dengan hasil keluaran model daerah Malang, Sukamandi dan Situbondo disajikan pada Tabel 1. Hasil uji t berpasangan menunjukkan model mampu memprediksi periode fase perkembangan tanaman pada semua daerah seperti hasil pengamatan. Untuk daerah Malang prediksi model menghasilkan bias pengamatan 1 – 2 hari.

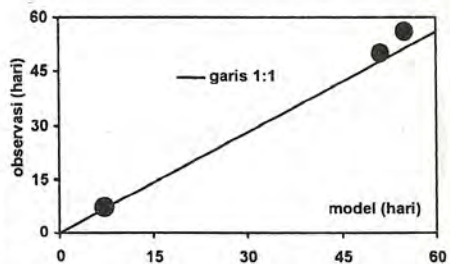
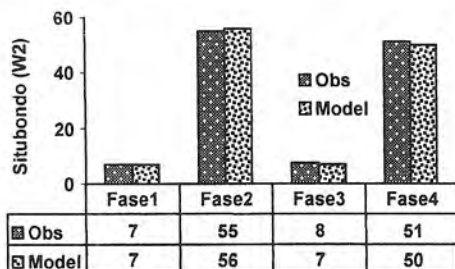
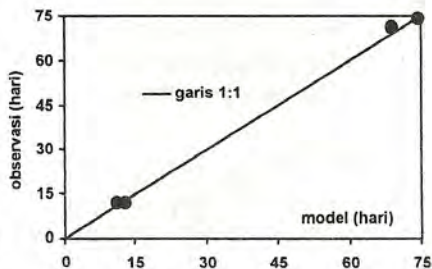
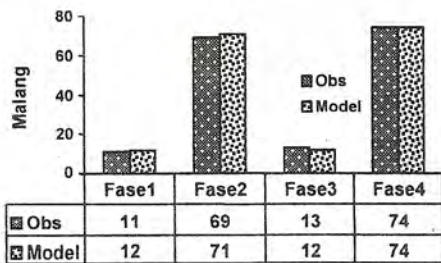
Seperti pada ILD, biomassa daun, batang, dan akar, perbandingan antara pengukuran lapang dengan hasil prediksi model terhadap biomassa total diperoleh hasil yang sama. Hasil uji t berpasangan menunjukkan antara prediksi model dengan pengamatan lapang tidak berbeda nyata ( $P > 0.05$ ) pada semua perlakuan nitrogen. Hal yang sama ditunjukkan secara grafis dengan mengumpulkannya plot sepanjang garis 1:1 dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang relatif besar rata-rata 0.9. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa secara umum model cukup valid mensimulasi biomassa total sepanjang pertumbuhan tanaman.

Tabel 1. Hasil pengujian uji t berpasangan antara model dan observasi daerah Malang, Sukamandi dan Situbondo

No	Peubah	Malang			Sukamandi			Situbondo	
		N0	N1	N2	A0	A1	A2	W1	W2
1	<b>Submodel pertumbuhan</b>								
	ILD	ns	ns	ns	s	ns	ns	ns	ns
	Biomassa daun (kg/ha)	ns	ns	ns	ns	s	ns	ns	ns
	Biomassa batang (kg/ha)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Biomassa akar (kg/ha)	ns	ns	ns	s	ns	ns	ns	ns
	Biomassa total (kg/ha)	ns	ns	ns	ns	s	ns	ns	ns
	<b>Produksi biji (ton/ha)</b>	ns			ns			ns	
2	<b>Submodel perkembangan</b>								
	Periode fase fenologi (hari)	ns			ns			ns	
	<b>Submodel neraca air</b>								
3	KAT (0-25 cm) (mm)	s			s	ns	ns	ns	
	KAT (0-100 cm) (mm)	ns			ns	ns	ns	ns	

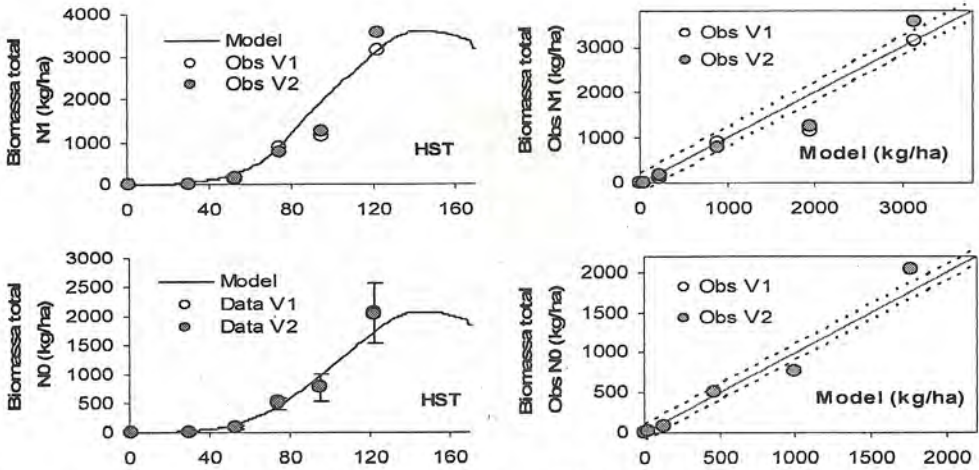
Keterangan

ns : tidak berbeda nyata, s : nyata.



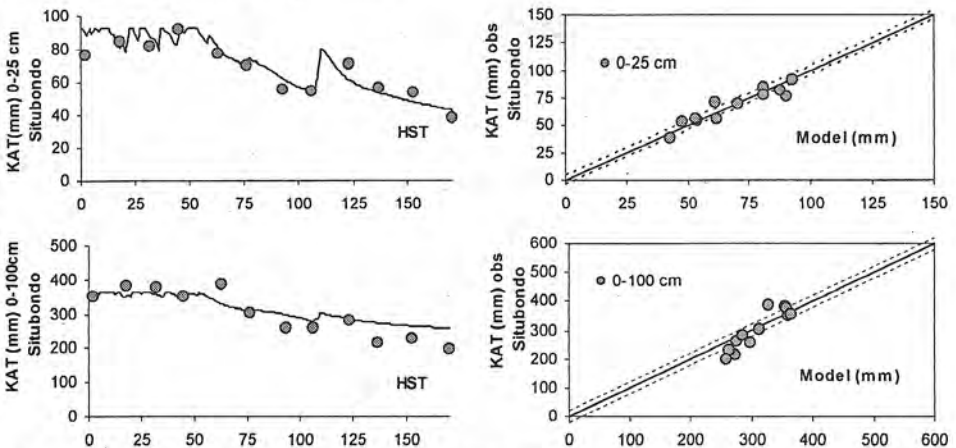
Gambar 4. Perbandingan antara model dan observasi periode fase perkembangan tanaman daerah Malang dan Situbondo (kiri). Perbandingan antara model dan observasi terhadap garis 1:1 (kanan).





Gambar 5. Perbandingan biomassa total antara model dan observasi (kiri). Garis vertikal menunjukkan  $2 \times$  simpangan baku. Perbandingan antara model dan observasi terhadap garis 1:1 (kanan). Garis putus-putus adalah  $\alpha = 0.05$ .

Hasil uji t berpasangan (Tabel 1) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata ( $P < 0.05$ ) kadar air tanah antara dugaan model dengan pengamatan lapang pada kedalaman 0-25 cm. Hal ini sejalan dengan Gambar 6 yang menunjukkan model kurang mampu mensimulasi dinamika kadar air tanah pada kedalaman 0-25 cm untuk daerah Malang dan Sukamandi, sedangkan untuk daerah Situbondo model dapat mensimulasi kadar air tanah seperti hasil observasi lapang. Pada kedalaman 0-100 cm model mampu menduga kadar air tanah dengan baik pada semua daerah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai uji t berpasangan ( $P > 0.05$ ) tidak berbeda nyata antara keluaran model dengan hasil pengamatan.



Gambar 6. Perbandingan antara model dan observasi kadar air tanah pada kedalaman 0 – 25 cm dan 0 – 100 cm selama pertumbuhan tanaman daerah Situbondo (kiri). Perbandingan antara model dan observasi terhadap garis 1:1 (kanan). Garis putus-putus adalah  $\alpha = 0.05$

## KESIMPULAN

1. Suhu udara dapat digunakan sebagai satu-satunya penduga laju perkembangan tanaman sesuai dengan konsep *Thermal Unit*, semakin tinggi suhu udara semakin cepat perubahan fase perkembangan tanaman tercapai.
2. Pemberian air irigasi serta nitrogen meningkatkan pertumbuhan (tinggi tanaman, diameter batang, indeks luas daun, biomassa daun, batang, akar dan total) dan hasil (biji dan minyak) tanaman jarak.
3. Perbedaan waktu tanam tidak memberikan pengaruh nyata terhadap semua peubah yang diamati (perkembangan, pertumbuhan, dan produksi biji tanaman jarak).
4. Berdasarkan hasil validasi model, dari 52 peubah keluaran model yang diuji, 9% berbeda nyata ( $P < 0.05$ ) dan 91% tidak berbeda nyata ( $P > 0.05$ ) dengan hasil pengukuran lapang. Artinya model dapat memprediksi 91 % peubah yang diamati sesuai pengamatan lapang.
5. Model simulasi tanaman jarak yang telah disusun dapat digunakan sebagai alat bantu untuk pengelolaan tanaman jarak meliputi, pemberian air irigasi, pemupukan nitrogen, penentuan waktu tanam dan pewilayahan tanaman jarak di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R. M G., Pereira, L.s., Raes, D., Smith,.. 1998. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO, Rome.
- Baldocchi, D.O., Verma, S.B., Rosenberg, N.J.. 1985. Water Use Efficiency in a Soybean Field : Influence of Plant Water Stres. NAES (7512) : 53 - 66.
- Gardner, F.P, Pearce, R.B, and Mitchell, R.L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Susilo, H dan Subiyanto, penerjemah. Jakarta: UI-Press. Terjemahan dari: *Physiology of Crop Plants*. 428 hlm.
- Handoko, I, Djufry, F, Mamat, H.S. 2003. Penyusunan Model Simulasi Tanaman Jarak (*Ricinus communis L.*) sebagai Dasar Pengelolaan dan Pewilayahan di Indonesia. Laporan Hasil Penelitian (*Unpublish*). Bogor : Lembaga Penelitian IPB. Proyek PAATP dan Badan Litbang Pertanian. 62 hlm.
- Jones, H.G. 1992. *Plant and Microclimate (A quantitative approach to environmental plant physiology)* . Ed ke-2. Cambridge University Press. 428 hlm.
- Laureti, D. And G. Marras. 1995. Irrigation of castor ( *Ricinus communis L*) in Italy. *Eur.J. Agron* 4: 229 -235.
- Lawlor, G, G. Lemaire and F. Gastal. 2001. Nitrogen Plant Growth and Crop Yield. Di dalam : Lea, P. J and Morot, J.F.M. Gaudry, editor. *Plant Nitrogen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. hlm 343-368.
- Monteith, J.L. 1996. The Quest for Balance in Crop Modeling. *Agron. J.*, 88: 695-697.
- Poluektov, R.A, and A.G. Topaj. 2001. Crop modeling ( nostalgia about present or reminiscence about future). *J. Agron* 93:653-659.