

Permodelan Pertumbuhan dan Produksi Kelapa Sawit pada Berbagai Taraf Penunasan Pelepah

Growth and Production Modeling of Oil Palm at Different Levels of Frond Pruning

Nope Gromikora¹, Sudirman Yahya^{2*}, dan Suwarto²

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 29 November 2013/Disetujui 28 Januari 2014

ABSTRACT

The numbers of leaf frond influence oil palm yield, especially fresh fruit bunch weight and fresh fruit bunch production. The objective of this research was to obtain oil palm growth and production model for different levels of frond pruning. The experiment was conducted at PT. Astra Agro Lestari, Pangkalan Bun, Central Kalimantan, from August 2010 to February 2012. The experiment was arranged in a randomized block design with two factors and three replications for each oil palm age. The first factor was numbers of unpruned frond and the second factors was pruning seasons. The frond treatment consisted of 41-48, 49-56, and 57-64 fronds. The pruning seasons consisted of first period (early to mid rainy season: September-December), second period (mid to end of rainy season: Januari-April), and third period (dry season: May-August). Stella production model was created based on pruning experiment and weather data. The constructed production model was able to estimate 75% variable of oil palm production and fresh fruit bunch weight at different levels of pruning.

Keywords: oil palm, pruning management, Stella model

ABSTRAK

Jumlah pelepah dapat memberikan pengaruh terhadap produksi kelapa sawit, terutama pada bobot tandan rata-rata dan produksi tandan buah segar. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan model pertumbuhan dan produksi pada tanaman kelapa sawit pada berbagai taraf penunasan. Penelitian ini dilakukan di PT. Astra Agro Lestari, Pangkalanbun, Kalimantan Tengah, dimulai dari Agustus 2010 sampai Februari 2012. Percobaan ini dilaksanakan pada 3 kelompok umur tanaman, masing-masing dengan rancangan acak kelompok terdiri atas dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah jumlah pelepah yang ditinggalkan dan faktor kedua adalah periode penunasan. Perlakuan jumlah pelepah yang ditinggalkan terdiri atas 41-48, 49-56, dan 57-64 pelepah. Periode penunasan terdiri dari periode pertama (awal sampai pertengahan musim hujan: September-Desember), periode kedua (pertengahan sampai akhir musim hujan: Januari-April), dan periode ketiga (musim kemarau: Mei-Agustus). Model produksi Stella disusun berdasarkan percobaan penunasan dan data cuaca. Model produksi yang dibangun mampu menduga 75% (peubah) bobot tandan rata-rata dan produksi tandan buah segar tanaman kelapa sawit pada berbagai taraf penunasan pelepah.

Kata kunci: kelapa sawit, model Stella, pengaturan pelepah

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman yang penting bagi perkebunan, 80% minyak kelapa sawit digunakan untuk produk yang dapat dimakan dan 20% untuk industri *oleochemical* (Basiron dan Chan, 2004). Selain itu tanaman kelapa sawit merupakan tanaman dengan produksi minyak yang tinggi dibandingkan penghasil minyak nabati yang lain (Basiron, 2007).

Banyak faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil dari tanaman kelapa sawit, salah satunya adalah cahaya. Intersepsi cahaya oleh kanopi (pelepah) merupakan hal yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, produksi biomassa serta dalam model pertumbuhan tanaman (Awal *et al.*, 2005). Menurut Squire (1984), hasil tandan per pohon kelapa sawit memiliki korelasi positif dengan jumlah radiasi cahaya yang diterima oleh kanopi tanaman. Kapasitas produksi tanaman kelapa sawit ditentukan oleh ukuran tajuk atau luas daun sebagai permukaan fotosintesis. Studi oleh Hardon *et al.* (1969) menunjukkan ada korelasi positif antara luas daun dengan hasil tanaman kelapa sawit pada jenis yang sama.

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: syahya49@yahoo.co.id

Pengaturan luas permukaan daun pada tanaman kelapa sawit dilakukan dengan pemotongan pelepah tua, yang sering disebut penunasan. Penunasan dapat dilakukan bersamaan dengan kegiatan panen buah atau pada waktu lain secara periodik. Pengaturan luas permukaan daun melalui penunasan diperlukan untuk menyeimbangkan antara kapasitas fotosintesis dan pemenuhan kebutuhan transpirasi. Pada musim kemarau cahaya berlimpah tetapi air terbatas, sementara pada musim penghujan ketersediaan air cukup sementara cahaya terbatas. Proses fotosintesis pada tanaman memerlukan cahaya dan air yang cukup (Razali *et al.*, 2011). Sampai saat ini belum diperoleh informasi tentang jumlah pelepah yang perlu dipertahankan terus menerus atau berbeda antara musim hujan dan kemarau agar tercapai jumlah pelepah optimum.

Laju berbagai proses fisiologi sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan tumbuh, terutama keadaan iklim. Hal inilah yang mendasari dibuatnya model, sehingga mempermudah dalam memprediksi hasil tanaman kelapa sawit berdasarkan jumlah pelepah dan faktor lingkungan. Prediksi produksi kelapa sawit telah menjadi hal yang penting dalam manajemen industri kelapa sawit, terutama dalam perencanaan dan pengambilan keputusan (Handoko, 2005; Ismail dan Khamis, 2011; Santosa *et al.*, 2011). Selain itu untuk mempermudah memahami pengaruh lingkungan terhadap produksi, karena pengaruh lingkungan terhadap produksi memiliki lag yang panjang (Legros *et al.*, 2009b).

Henson dan Dolmat (2003) mengemukakan bahwa penentuan perkembangan kanopi sangat penting untuk menentukan berapa banyak cahaya diserap yang diubah

menjadi produksi. Besaran LAI pada tanaman kelapa sawit bergantung kepada luas daun, jumlah pelepah dan satuan tanaman per hektar. Penelitian Okoye *et al.* (2011) menunjukkan pengaruh yang signifikan dari genotipe, lingkungan dan interaksi genotipe dan lingkungan terhadap model produksi tandan buah segar kelapa sawit. Penelitian yang telah dilakukan ini hanya mempertimbangkan faktor lingkungan tanpa memperhatikan genotipe tanaman. Tujuan penelitian ini adalah menyusun model pertumbuhan dan produksi kelapa sawit. Hasil simulasi digunakan untuk memprediksi bobot tandan rata-rata dan produksi tandan buah segar kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data selama 1.5 tahun yaitu antara Agustus 2010 sampai Juli 2012. Penelitian ini dilaksanakan di perkebunan PT. Astra Agro Lestari Tbk, Kota Waringin Barat, Kalimantan Tengah. Percobaan dilakukan pada 3 kelompok umur tanaman, yakni tanaman menghasilkan (TM) umur < 8 tahun, 8-13 tahun, dan > 13 tahun. Rancangan perlakuan adalah faktorial dua faktor dengan 3 ulangan, yakni jumlah pelepah yang ditinggalkan dan waktu (terbagi dalam 3 periode) bagi setiap taraf jumlah pelepah. Rancangan lingkungan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok. Jumlah pelepah yang dipertahankan akan dipertahankan selama periode yang ditentukan. Daftar perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2. Luas daun (LA = leaf area) dihitung dengan rumus: panjang daun x lebar daun x 0.55. Berdasarkan luas daun

Tabel 1. Jumlah pelepah yang dipertahankan pada tanaman kelapa sawit menghasilkan umur < 8 tahun

Perlakuan	Jumlah pelepah per periode		
	Musim hujan caturwulan 1 September - Desember	Musim hujan caturwulan 2 Januari - April	Musim kemarau caturwulan 3 Mei - Agustus
A	49-56	49-56	49-56
B	49-56	49-56	57-64
C	49-56	57-64	57-64
D	57-64	57-64	57-64
E	57-64	57-64	49-56
F	57-64	49-56	49-56

Tabel 2. Jumlah pelepah yang dipertahankan pada tanaman kelapa sawit menghasilkan umur 8-13 tahun dan > 13 tahun

Perlakuan	Jumlah pelepah per periode		
	Musim hujan caturwulan 1 September - Desember	Musim hujan caturwulan 2 Januari - April	Musim kemarau caturwulan 3 Mei - Agustus
A	41-48	41-48	41-48
B	41-48	41-48	49-56
C	41-48	49-56	49-56
D	49-56	49-56	49-56
E	49-56	49-56	41-48
F	49-56	41-48	41-48

ini kemudian diturunkan lagi hingga mendapatkan LAI (*leaf area index*), menurut Hardon *et al.* (1969).

Input model yang digunakan adalah LAI, bobot tandan rata-rata, dan intensitas cahaya. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$LAI = LA \times \text{jumlah pelepah} \times \text{kerapatan tanam ha}^{-1}$$

$$\text{Partisi organ generatif} = \frac{(175.920 - 307.641 \times \exp(-0.515 \times LAI))}{((175.920 - 307.641 \times \exp(-0.515 \times LAI)) + (11.96 \times LAI + 8.327))}$$

$$\text{Partisi organ vegetatif} = \frac{(11.96 \times LAI + 8.327)}{175.920 - 307.641 \times \exp(-0.515 \times LAI) + (11.96 \times LAI + 8.327)}$$

$$\text{Fotosintesis} = LUE \times ((1 - \exp(-k \times LAI)) \times Qs) \times 10^4$$

Partisi generatif dan vegetatif menurut Breure (2010).

LUE (*light use efficiency*) yang digunakan adalah 0.006. Nilai k yang digunakan adalah sebesar 0.36 untuk umur 6 sampai 8 tahun, 0.45 untuk umur 8 sampai 11 tahun, dan 0.37 untuk umur 13 sampai 14 tahun (Noor dan Harun, 2004). RmT (*respirasi maintenance* tandan) dan RmV (*respirasi maintenance* vegetatif) yang digunakan sebesar 0.01 (Henson, 2004). Model Stella yang disusun dapat dilihat pada Gambar 1. Data simulasi yang dihasilkan merupakan data dalam bentuk bobot kering tandan per hektar, yang selanjutnya dikonversi menjadi bobot basah tandan per tanaman.

Bobot tandan rata-rata hasil simulasi dijadikan input model simulasi produksi. Nilai input dan persamaan-persamaan model produksi kelapa sawit adalah sebagai berikut:

Bobot tandan rata-rata = data hasil model pertumbuhan dan produksi

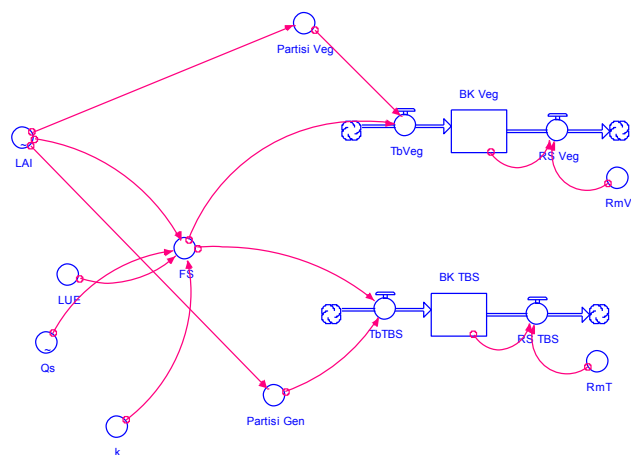
SPH (satuan pokok per hektar) = 129 pokok

Curah hujan = data stasiun klimatologi

Persamaan tandan = hasil korelasi tandan dan curah hujan,

$$\text{Tandan} = \frac{(\text{Persamaan tandan} \times 2)}{100}$$

$$\text{Produksi} = \text{SPH} \times \text{tandan} \times \text{bobot tandan rata-rata}$$



Gambar 1. Model Stella bobot tandan rata-rata

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Jumlah Pelepah terhadap Bobot Tandan Rata-rata (BTR) dan Produksi Tandan Buah Segar (TBS)

Hasil analisis bobot tandan rata-rata pada ketiga kelompok umur tanaman dapat dilihat pada Tabel 3. Pada tanaman umur < 8 tahun, perlakuan tidak pengaruh nyata terhadap bobot tandan rata-rata. Hal ini kemungkinan karena penunasan pada pelepah tua atau pelepah terbawah hanya mempengaruhi tandan buah segar dalam skala yang kecil (Rosenfeld, 2009). Pengamatan pada tanaman umur 8-13 tahun menunjukkan jumlah pelepah yang ditinggalkan untuk setiap periode sebanyak 41-48 pelepah (A) memberikan hasil terbaik dan pada tanaman umur > 13 tahun, jumlah pelepah yang ditinggalkan sebanyak 41-48, 49-56, 49-56 untuk setiap periode (C) memberikan hasil terbaik. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan terhadap bobot tandan rata-rata tidak sama pada tiap kelompok umur tanaman.

Pengaruh jumlah pelepah yang dipertahankan terhadap produksi tandan buah segar dapat dilihat pada Tabel 4. Produksi tandan buah segar tertinggi pada tanaman umur < 8 tahun yaitu dengan jumlah pelepah yang ditinggalkan sebanyak 57-64 dan penunasan pada awal musim hujan, 49-56 pelepah pada puncak musim hujan dan 49-56 pelepah pada musim kemarau (F). Saat puncak musim hujan pelepah terbawah akan kurang aktif berfotosintesis karena cahaya menjadi faktor pembatas, sementara pada musim kemarau air menjadi faktor pembatas. Pada musim kemarau transpirasi akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya luas daun tanaman (Kallarackal *et al.*, 2004). Jumlah pelepah yang sedikit pada kedua musim ini mampu memberikan hasil terbaik, karena pelepah terbawah tidak menjadi beban bagi tanaman.

Produksi tertinggi pada tanaman umur 8-13 tahun diperoleh dengan menyisakan pelepah sebanyak 41-48 (sedikit) untuk penunasan pada awal musim hujan, 49-56 (banyak) pelepah pada puncak musim hujan dan 49-56 pelepah pada musim kemarau (C). Hasil penelitian Lamade *et al.* (2006) menunjukkan bahwa pelepah terbawah akan meningkatkan efisiensi fotosintesis, sehingga pelepah tua akan cukup lama bertahan sebagai *source*. Hal inilah yang memungkinkan pada pelepah yang banyak (49-56) tetap dapat memberikan hasil yang baik, selain jumlah pelepah yang dipertahankan tidak sebanyak tanaman umur < 8 tahun.

Tanaman tua (umur > 13 tahun) dengan jumlah pelepah sedikit atau 41-48 pelepah sepanjang periode (A) memberikan hasil terbaik. Hal ini berkaitan dengan proses panen di lapangan. Jumlah pelepah yang banyak (49-56 pelepah) akan menyulitkan proses panen, karena buah matang menjadi sulit untuk dilihat dan berondolan yang jatuh sebagai tanda buah matang menjadi berkurang atau malah tidak ada. Secara uji T pada taraf 5% perbedaan produksi yang mencapai 1 kg pokok⁻¹ bulan⁻¹ tidak berbeda nyata, tetapi apabila dikonversi menjadi ton ha⁻¹ tahun⁻¹ terdapat perbedaan produksi yang besar mencapai 1 ton ha⁻¹ tahun⁻¹. Dengan luasan perkebunan komersial kelapa

Tabel 3. Bobot tandan rata-rata umur < 8 tahun, 8-13 tahun dan > 13 tahun

Perlakuan	Bobot tandan rata-rata (kg tandan ⁻¹)		
	< 8 Tahun	8-13 Tahun	> 13 tahun
A	13.68	17.69a	23.31ab
B	13.75	16.38b	24.20ab
C	13.49	17.30ab	24.55a
D	13.22	16.48ab	24.25ab
E	13.69	16.44ab	24.10ab
F	13.71	16.94ab	23.00b

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey taraf 5%. Perlakuan jumlah pelepah yang dipertahankan per periodenya A (49-56, 49-56, 49-56), B (49-56, 49-56, 57-64), C (49-56, 57-64, 57-64), D (57-64, 57-64, 57-64), E (57-64, 57-64, 49-56), dan F (57-64, 49-56, 49-56)

Tabel 4. Produksi rata-rata tandan buah segar umur < 8 tahun, 8-13 tahun dan > 13 tahun

Perlakuan	Rata-rata produksi					
kg pokok ⁻¹ bulan ⁻¹ton ha ⁻¹ tahun ⁻¹		
	< 8 Tahun	8-13 Tahun	> 13 Tahun	< 8 Tahun	8-13 Tahun	> 13 Tahun
A	10.59	10.07	12.27	17.28	16.43	20.02
B	9.33	8.89	11.05	15.22	14.50	18.03
C	9.63	10.62	10.47	15.71	17.33	17.08
D	9.50	8.45	11.54	15.50	13.79	18.83
E	9.25	9.75	11.75	15.10	15.92	19.17
F	11.17	10.05	10.31	18.23	16.40	16.83
Rata-rata	9.91	9.64	11.23	16.17	15.73	18.33

Keterangan: Perlakuan jumlah pelepah yang dipertahankan per periodenya A (49-56, 49-56, 49-56), B (49-56, 49-56, 57-64), C (49-56, 57-64, 57-64), D (57-64, 57-64, 57-64), E (57-64, 57-64, 49-56), dan F (57-64, 49-56, 49-56)

sawit yang berkisar antara ratusan sampai ribuan hektar, maka perbedaan 1 kg pokok⁻¹ bulan⁻¹ dapat menjadi ratusan bahkan ribuan ton per tahun hanya dengan memberikan perlakuan pada pelepah.

Hasil Simulasi Model Bobot Tandan Rata-rata

Data yang diperoleh disimulasikan dalam model Stella yang telah disusun untuk mendapatkan data bobot

tandan rata-rata simulasi, kemudian dibandingkan dengan bobot tandan rata-rata aktual untuk melihat ketepatan di dalam memprediksi bobot tandan rata-rata aktual atau sebenarnya (Tabel 5, 6, dan 7). Pola bobot tandan rata-rata hasil modeling masih linear dan belum mengikuti pola produksi bobot tandan rata-rata pada kondisi aktual (contoh grafik perbandingan pada Gambar 2). Ketidaksesuaian antara grafik simulasi dan aktual terutama karena data yang digunakan sebagian besar merupakan data sekunder,

Tabel 5. Bobot tandan rata-rata simulasi dan bobot tandan rata-rata aktual umur < 8 tahun

Bobot tandan rata-rata	A	B	C*	D	E	F
kg tandan ⁻¹					
Simulasi	14.10	14.18	16.34a	14.04	14.76	14.62
Aktual	14.27	14.43	14.17b	13.74	14.43	14.37
Perbedaan (%)	-1.20	-1.70	15.30	2.10	2.20	1.70
Uji T	0.295	0.168	0	0.099	0.137	0.168

Keterangan: *) berbeda nyata hasil simulasi dan aktual pada taraf uji 5%. Perlakuan jumlah pelepah yang dipertahankan per periodenya A (49-56, 49-56, 49-56), B (49-56, 49-56, 57-64), C (49-56, 57-64, 57-64), D (57-64, 57-64, 57-64), E (57-64, 57-64, 49-56), dan F (57-64, 49-56, 49-56)

Tabel 6. Bobot tandan rata-rata simulasi dan bobot tandan rata-rata aktual umur 8-13 tahun

Bobot tandan rata-rata	A	B*	C	D	E*	F*
	kg tandan ⁻¹ bulan ⁻¹					
Simulasi	18.02	16.00b	18.13	17.11	20.04a	16.09
Aktual	18.05	17.07a	17.66	17.16	17.35b	17.26
Perbedaan (%)	-0.1	-6.2	2.6	-0.2	15.5	-6.7
Uji T	0.938	0.001	0.081	0.827	0	0.005

Keterangan: *) berbeda nyata hasil simulasi dan aktual pada taraf uji 5%. Perlakuan jumlah pelepah yang dipertahankan per periodenya A (41-48, 41-48, 41-48), B (41-48, 41-48, 49-56), C (41-48, 49-56, 49-56), D (49-56, 49-56, 49-56), E (49-56, 49-56, 42-48), dan F (49-56, 41-48, 41-48)

Tabel 7. Bobot tandan rata-rata simulasi dan bobot tandan rata-rata aktual umur > 13 tahun

Bobot tanda rata-rata	A	B*	C*	D*	E*	F
	kg tandan ⁻¹ bulan ⁻¹					
Simulasi	24.2	26.3a	26.2a	22.6b	25.6a	22.7
Aktual	23.9	25.0b	24.8b	24.2a	24.3b	23.2
Perbedaan (%)	1.4	4.9	5.5	-6.6	5.2	-1.9
Uji T	0.335	0	0.005	0.001	0.005	0.168

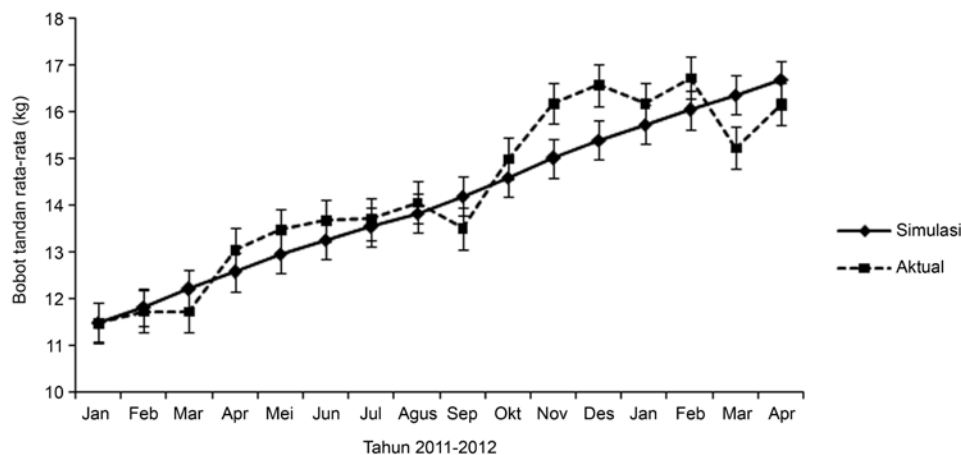
Keterangan: *) berbeda nyata hasil simulasi dan aktual pada taraf 5%. Perlakuan jumlah pelepah yang dipertahankan per periodenya A (41-48, 41-48, 41-48), B (41-48, 41-48, 49-56), C (41-48, 49-56, 49-56), D (49-56, 49-56, 49-56), E (49-56, 49-56, 42-48), dan F (49-56, 41-48, 41-48).

sedangkan data primer yang didapat hanya berupa LAI, curah hujan, intensitas cahaya dan juga data produksi.

Henson (2000) menyatakan bahwa model yang disusun belum dapat mensimulasi hasil kelapa sawit dengan baik pada kondisi cuaca yang berubah-ubah. Hal ini disebabkan karena produksi tandan buah segar tergantung pada ukuran tajuk serta jumlah tandan buah (*sink*) yang ada, serta input dan data-data terbaru untuk menyempurnakan model dalam mensimulasi tingkat kompleksitas produksi tandan buah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa curah hujan sangat mempengaruhi bobot tandan rata-rata yang dihasilkan, tetapi belum dapat menjadi faktor yang mempengaruhi bobot tandan rata-rata di dalam model yang disusun. Diperlukan

input-input baru agar model dapat mensimulasikan pengaruh curah hujan terhadap bobot tandan rata-rata.

Selisih atau perbedaan antara bobot tandan rata-rata aktual dan simulasi paling tinggi didapat pada tanaman umur 8-13 tahun, dengan selisih mencapai 15% (Tabel 6). Hasil uji T menunjukkan bahwa 10 dari 18 perlakuan tidak berbeda nyata (Tabel 11), antara hasil simulasi dan aktual. Beda nyata antara aktual dan simulasi paling besar ditemui pada tanaman tua (umur > 13 tahun), karena pola peningkatan bobot tandan rata-rata dengan pola penunasan 41-48 pada setiap periode sudah stabil dan tidak meningkat seperti pada tanaman muda (< 8 tahun dan 8-13 tahun). Hal inilah yang menyebabkan tingginya tingkat beda nyata



Gambar 2. Perkembangan bobot tandan rata-rata tanaman umur > 8 tahun berdasarkan data simulasi dan aktual dengan jumlah pelepah yang ditinggalkan sebanyak 49-56 untuk setiap periode (A)

antara hasil simulasi dan aktual. Prediksi model mampu menduga 3 perlakuan pelepah yang mempunyai bobot tandan rata-rata aktual tertinggi pada tanaman umur 8-13 tahun yaitu dengan pola penunasan 41-48 setiap periode, 41-48, 49-56, 49-56 per periode serta 49-56, 49-56, 41-48 per periode dan untuk umur > 13 tahun dengan pola penunasan 41-48, 41-48, 49-56 per periode, 41-48, 49-56, 49-56 per periode serta 49-56, 49-56, 41-48 per periode, sementara pada tanaman < 8 tahun hanya 2 dari 3 bobot tandan rata-rata tertinggi yang sesuai produksi aktual yaitu dengan pola penunasan 57-64, 57-64, 49-56 per periode dan 57-64, 49-56, 49-56 per periode.

Hasil Simulasi Model Produksi Tandan Buah Segar

Hasil bobot tandan rata-rata simulasi dijadikan input dalam menghasilkan data produksi simulasi kelapa sawit (Tabel 8, 9 dan 10). Seperti halnya pada data bobot tandan

rata-rata, data hasil simulasi produksi juga dibandingkan untuk melihat tingkat ketepatan data dalam memprediksi produksi aktual. Dari hasil perbandingan antara produksi simulasi dan aktual, diperoleh persentase selisih paling tinggi sebesar 18% pada tanaman umur < 8 tahun. Walaupun demikian, hasil uji T menunjukkan hanya terdapat satu perlakuan yang berbeda nyata, pada pola penunasan 49-56, 49-56, 41-48 per periode pada tanaman umur 8-13 tahun. Contoh grafik perbandingan antara produksi simulasi dan produksi aktual dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil penelitian Okoye *et al.* (2009) menunjukkan bahwa lingkungan sangat berpengaruh terhadap produksi tandan buah segar kelapa sawit. Salah satu faktor lingkungan yang menjadi input pada model ini adalah curah hujan. Curah hujan menjadi faktor yang mempengaruhi produksi tandan, tetapi memiliki nilai R² yang kecil. Menurut Legros *et al.* (2009a) pengaruh iklim, seperti hujan terhadap produksi sangatlah kompleks sehingga diperlukan waktu serta input data yang lebih lengkap dalam penyusunan model.

Tabel 8. Produksi tandan buah segar simulasi dan produksi aktual umur < 8 tahun

Produksi	A	B	C	D	E	F
	kg ha ⁻¹ bulan ⁻¹					
Simulasi	1,547.3	1,367.8	1,650.4	1,379.2	1,392.2	1,659.3
Aktual	1,568.8	1,364.5	1,392.3	1,360.1	1,339.8	1,630.0
Perbedaan (%)	-1.3	0.2	18.5	1.3	3.9	1.7
Uji T	0.873	0.984	0.1	0.876	0.742	0.853

Keterangan: Perlakuan jumlah pelepah yang dipertahankan per periodenya A (49-56, 49-56, 49-56), B (49-56, 49-56, 57-64), C (49-56, 57-64, 57-64), D (57-64, 57-64, 57-64), E (57-64, 57-64, 49-56), dan F (57-64, 49-56, 49-56)

Tabel 9. Produksi tandan buah segar simulasi dan produksi aktual umur 8-13 tahun

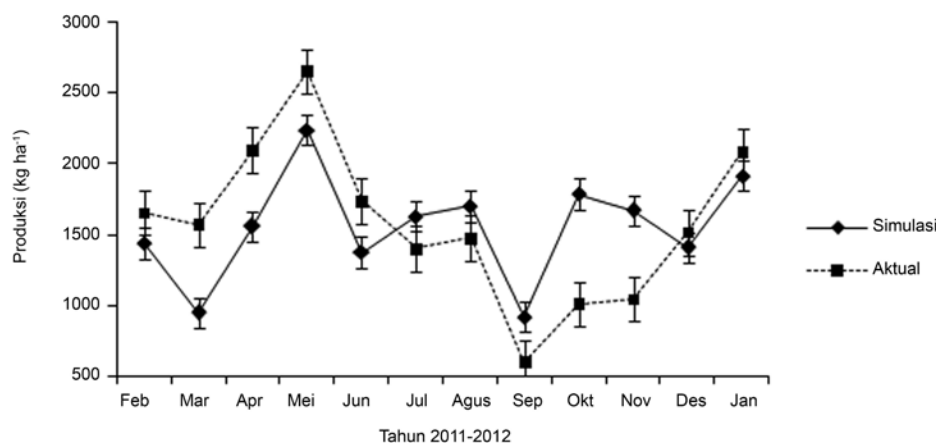
Produksi	A	B	C	D	E*	F
	kg ha ⁻¹ bulan ⁻¹					
Simulasi	1,403.0	1,409.1	1,515.4	1,247.6	1,668.7a	1,349.2
Aktual	1,409.1	1,311.6	1,472.7	1,245.6	1,417.1b	1,441.0
Perbedaan (%)	-0.4	7.4	2.8	0.1	17.7	-6.3
Uji T	0.975	0.362	0.57	0.984	0.009	0.314

Keterangan: *) berbeda nyata hasil simulasi dan aktual pada taraf 5%. Perlakuan jumlah pelepah yang dipertahankan per periodenya A (41-48, 41-48, 41-48), B (41-48, 41-48, 49-56), C (41-48, 49-56, 49-56), D (49-56, 49-56, 49-56), E (49-56, 49-56, 42-48), dan F (49-56, 41-48, 41-48)

Tabel 10. Produksi tandan buah segar simulasi dan produksi aktual umur > 13 tahun

Produksi	A	B	C	D	E	F
	kg ha ⁻¹ bulan ⁻¹					
Simulasi	1,708.7	1,651.2	1,551.1	1,461.3	1,645.2	1,416.6
Aktual	1,686.7	1,569.5	1,468.4	1,572.9	1,558.7	1,448.9
Perbedaan (%)	1.3	5.2	5.6	-7.1	5.6	-2.2
Uji T	0.779	0.388	0.4	0.245	0.36	0.743

Keterangan: Perlakuan jumlah pelepah yang dipertahankan per periodenya A (41-48, 41-48, 41-48), B (41-48, 41-48, 49-56), C (41-48, 49-56, 49-56), D (49-56, 49-56, 49-56), E (49-56, 49-56, 42-48), dan F (49-56, 41-48, 41-48)



Gambar 3. Produksi tandan buah segar rata-rata tanaman umur > 8 tahun berdasarkan data simulasi dan aktual dengan jumlah pelepah yang ditinggalkan sebanyak 49-56 untuk setiap periode (A)

Model mampu memprediksi 3 perlakuan aktual terbaik pada tanaman umur < 8 tahun yaitu pada pola penunasan 49-56, 49-56, 49-56 per periode, 49-56, 57-64, 57-64 per periode dan 57-64, 49-56, 49-56 per periode. Hasil model hanya mampu memprediksi 2 dari 3 produksi aktual tertinggi untuk tanaman umur 8-13 tahun dan > 13 tahun, dengan pola penunasan 41-48, 49-56, 49-56 per periode dan 49-56, 49-56, 41-48 per periode pada tanaman umur 8-13 tahun, serta pada tanaman umur > 13 tahun yaitu pada pola penunasan 41-48, 41-48, 41-48 per periode dan 41-48, 41-

48, 49-56 per periode. Hasil uji T menunjukkan simulasi model mampu memprediksi 15 dari 16 peubah produksi yang tidak berbeda nyata dengan produksi aktual.

Validasi Model

Hasil simulasi bobot tandan rata-rata dan produksi secara keseluruhan yang diperoleh divalidasi untuk melihat persentase ketepatannya. Model dikatakan baik, apabila nilai validitas yang diperoleh sama dengan atau lebih dari

Tabel 11. Ringkasan hasil validasi model pertumbuhan dan produksi kelapa sawit

Umur tanaman	Perlakuan	Peubah	
		Bobot tandan rata-rata	Produksi
< 8 Tahun	A (49-56, 49-56, 49-56)	tn	tn
	B (49-56, 49-56, 57-64)	tn	tn
	C (49-56, 57-64, 57-64)	*	tn
	D (57-64, 57-64, 57-64)	tn	tn
	E (57-64, 57-64, 49-56)	tn	tn
	F (57-64, 49-56, 49-56)	tn	tn
8-13 Tahun	A (41-48, 41-48, 41-48)	tn	tn
	B (41-48, 41-48, 49-56)	*	tn
	C (41-48, 49-56, 49-56)	tn	tn
	D (49-56, 49-56, 49-56)	tn	tn
	E (49-56, 49-56, 41-48)	*	*
	F(49-56, 41-48, 41-48)	*	tn
> 13 Tahun	A (41-48, 41-48, 41-48)	tn	tn
	B (41-48, 41-48, 49-56)	*	tn
	C (41-48, 49-56, 49-56)	*	tn
	D (49-56, 49-56, 49-56)	*	tn
	E (49-56, 49-56, 41-48)	*	tn
	F(49-56, 41-48, 41-48)	tn	tn
Tingkat Ketepatan (%)			75

Keterangan: * = nyata, tn = tidak nyata berdasarkan uji T pada taraf 5%

75%. Persentase ini diperoleh dengan menghitung peubah yang tidak berbeda nyata antara hasil simulasi dan aktual, dengan jumlah keseluruhan peubah yang ada. Hasil validasi model pertumbuhan dan produksi kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 11. Dari 36 peubah yang diuji, sebanyak 27 peubah menunjukkan hasil simulasi dan aktual tidak berbeda nyata. Hal ini berarti model yang disusun sudah mampu menjelaskan 75% dari peubah yang diuji sehingga model dapat dikatakan valid.

KESIMPULAN

Pengaturan jumlah pelepah yang ditinggalkan per periode mampu memberikan perbedaan hasil produksi kelapa sawit. Model simulasi yang dibangun pada beberapa taraf penunasan mampu memprediksi 75% (27 peubah dari 36 peubah) bobot tandan rata-rata dan produksi kelapa sawit dengan jumlah pelepah yang berbeda. Model simulasi yang dibangun dinilai valid untuk menduga produksi kelapa sawit pada berbagai taraf penunasan pada lokasi penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Awal, M.A., W.I.W. Ismail, M.H. Harun. 2005. Methodology and measurement of radiation interception by quantum sensor of the oil palm plantation. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 27:1083-1093.
- Basiron, Y. 2007. Palm oil production through sustainable plantations. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109:289-295.
- Basiron, Y., K.W. Chan. 2004. The oil palm and its sustainability. *J. Oil Palm Res.* 16:1-10.
- Breure, C.J. 2010. Rate of leaf expansion: a criterion for identifying oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) types suitable for planting at high densities. *NJAS-Wageningen J. Life Sci.* 57:141-147.
- Handoko, I. 2005. Quantitative modeling of sistem dynamics for natural resources management. SEAMEO BIOTROP. Bogor.
- Hardon, J.J., C.N. Williams, I. Watson. 1969. Leaf area and yield in the oil palm in Malaya. *Expl. Agric.* 5:25-32.
- Henson, I.E. 2000. Modelling the effects of 'haze' on oil palm productivity and yield. *J. Oil Palm Res.* 12:123-134.
- Henson, I.E. 2004. Estimating maintenance respiration for oil palm. *Oil Palm Bull.* 48:1-10.
- Henson, I.E., M.T. Dolmat. 2003. Physiological analysis of an oil palm density trial on a peat soil. *J. Oil Palm Res.* 15:1-27.
- Ismail, Z., A. Khamis. 2011. Neural network in modeling Malaysian oil palm yield. *Amer. J. Appl. Sci.* 8:796-803.
- Kallarackal, J., P. Jeyakumar, S.J. George. 2004. Water use of irrigated oil palm at three different arid locations in peninsular India. *J. Oil Palm Res.* 16:45-53.
- Lamade, E, S.I Eko, R. Purba, G. Simangunsong, S. Girard, G. Jaleh, M. Hill, G. Cornic. 2006. Application of carbon isotope discrimination on sugars and organic matter for identifying leaf rank physiological differences in sink-source metabolism for oil palm. International Oil Palm Conference, 19-23 Juni 2006. Nusa Dua-Bali.
- Legros, S., I. Mialet-Sera, J-P. Caliman, F.A. Siregar, A. Celement-Vidal, D. Fabre, M. Dingkuhn. 2009a. Phenology and growth adjustment of oil palm (*Elaeis guineensis*) to photoperiod and climate variability. *Ann. Bot.* 104:1171-1182.
- Legros, S., I. Mialet-Sera, J-P. Caliman, F.A. Siregar, A. Celement-Vidal, D. Fabre, M. Dingkuhn. 2009b. Phenology, growth and physiological adjustment of oil palm (*Elaeis guineensis*) to sink limitation induced by fruit pruning. *Ann. Bot.* 104:1183-1194.
- Noor, M.R.M, M.H. Harun. 2004. The role of leaf area index (LAI) in oil palm. *Oil Palm Bull.* 48:11-14.
- Okoye, M.N., C.O. Okwuagwu, M.I. Uguru. 2009. Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *American-Eurasian J. Sci. Res.* 4:59-63.
- Okoye, M.N., C.O. Okwuagwu, M.I. Uguru, C.D. Ataga, K.P. Baiyeri. 2011. Modeling fresh fruit bunch yield stability in palm oil using different statistics. *Int. J. Plant Breed. Genet.* 5:379-387.
- Razali, M.H., W.I.W. Ismail, A.R. Ramli, M.N. Sulaiman, M.H.B. Harun. 2011. Techniques on simulation for real time oil palm fruits maturity prediction. *Afric. J. Agric. Res.* 6:1823-1830.
- Rosenfeld, E. 2009. Effect of pruning on the health of palms. *Arboriculture & Urban Forestry* 35:294-299.
- Santosa, E., H. Sulisty, I. Dharmawan. 2011. Peramalan produksi kelapa sawit menggunakan peubah agroteknologi di Kalimantan Selatan. *J. Agron. Indonesia* 39:189-193.
- Squire, G.R. 1984. Light interception, productivity and yield of oil palm. PORIM Internal Rep., Kuala Lumpur.