

MODEL SIMULASI PRODUKSI KELAPA SAWIT BERDASARKAN KARAKTERISTIK KEKERINGAN

(A Simulation Model of Oil Palm Production Based on Drought Characteristic)

Hasril Hasan¹, Hidayat Pawitan¹, Rizaldi Boer¹ dan Sudirman Yahya²

¹ Jurusan Agromet, FMIPA - IPB

² Jurusan Budidaya Pertanian, Faperta - IPB

ABSTRACT

A simulation model of oil palm production based on drought characteristic have been developed. Drought characteristic described by maximum dry speel, rain fall and frequency of dry speel over five days; all in six months basis. Model development involving identification, formulation, validation and implementation. The model utilize production function based on the plant age and drought variables. The model is capable to explain 75.37 % of actual production, and in validation the model explained 77.16 % of actual production. Therefore the model is considered to be valid for simulation. The model also showed that oil palm below eight year old are more sensitive to drought compared to the older.

Key words : Simulation model, oil plain production, drought characteristics, plant age, drought variables.

ABSTRAK

Model simulasi produksi kelapa sawit berdasarkan karakteristik kekeringan telah dikembangkan. Karakteristik kekeringan diekspresikan oleh peubah-peubah kekeringan musiman (enam bulanan) yaitu deret hari kering maksimum, curah hujan dan frekuensi deret hari hari kering ≥ 5 hari. Pengembangan model simulasi meliputi identifikasi, perumusan, pengujian dan penerapannya. Perumusan model simulasi menggunakan fungsi produksi menurut umur dan fungsi peubah-peubah kekeringan, serta secara keseluruhan produksi simulasi dapat menjelaskan keragaman produksi aktual sebesar 75,37 %, sedangkan pada pengujian model dapat dijelaskan sebesar 77,16 % serta model layak digunakan untuk simulasi. Penerapan model simulasi menunjukkan tanaman muda (berumur kurang dari delapan tahun) relatif tidak tahan terhadap faktor pembatas peubah-peubah kekeringan, sedangkan tanaman tua dan dewasa relatif lebih tahan.

Kata kunci : Model simulasi, produksi kelapa sawit, karakteristik kekeringan, umur tanaman, peubah kekeringan..

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan sebagai penghasil devisa ekspor non-migas dan penghasil minyak nabati untuk kebutuhan dalam negeri di Indonesia. Usaha-usaha peningkatan produksi kelapa sawit yang terus dilakukan, baik secara intensifikasi maupun ekstensifikasi, tidak luput dari berbagai masalah baik aspek sosial, ekonomi maupun lingkungan fisik. Kekeringan akibat musim kemarau merupakan salah satu aspek lingkungan fisik yang sering menimbulkan masalah penurunan produksi kelapa sawit.

Masalah penurunan produksi tandan buah segar kelapa sawit dapat terjadi sewaktu kekeringan sedang berlangsung maupun beberapa waktu setelah kekeringan. Penurunan produksi sewaktu kekeringan terjadi karena kematangan tandan yang kurang baik atau dipercepat dari normal.

Sedangkan beberapa waktu setelah kekeringan terjadi disebabkan gugurnya tandan bunga yang telah mekar atau kegagalan tandan sebelum matang panen, meningkatnya aborsi bakal bina dan berpengaruh terhadap penentuan jenis kelamin bunga kelapa sawit (Hartley, 1977; Corley dan Gray, 1976). Hutomo *et al.* (1977) memperkirakan total penurunan produksi kelapa sawit selama 24 bulan setelah musim kemarau panjang di Indonesia berkisar 21 - 65 % bergantung pada tingkat kekeringan yang terjadi.

Produksi tandan buah segar kelapa sawit merupakan fungsi dari faktor genetik, umur, lingkungan dan kultur teknis. Genetik bahan tanaman dapat diasumsikan homogen dan kultur teknis dilakukan optimal, sehingga keragaman produksi dipengaruhi oleh umur dan faktor lingkungan. Faktor lingkungan terdiri dari tanah dan iklim, dimana faktor tanah dengan pemupukan yang optimal dapat diasumsikan berpengaruh proporsional menurut umur. Sehingga faktor iklim menjadi penting mempengaruhi keragaman produksi. Faktor iklim di Indonesia dapat diekspresikan dari keadaan musim hujan dan musim kemarau. Keragaman musim hujan dan musim kemarau dapat dijelaskan oleh karakteristik kekeringan berupa keragaman peubah-peubah kekeringan, seperti deret hari kering maksimum (*maximum dry spell*), frekuensi deret hari kering dan curah hujan.

Musim kemarau yang terjadi setiap tahun mengakibatkan berbagai tingkat kekeringan pada areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Kebun kelapa sawit di Lampung dengan karakter musim hujan dan kemarau yang cukup jelas serta mengalami berbagai tingkat kekeringan dari tahun ke tahun menjadi kasus penelitian yang cukup representatif. Makalah dari penelitian ini bertujuan mengidentifikasi hubungan peubah-peubah kekeringan dengan produksi tandan buah segara kelapa sawit (TBS KS), mengembangkan model simulasi hubungan produksi kelapa sawit berdasarkan peubah-peubah kekeringan, dan mengembangkan penerapan model simulasi dengan kriteria peubah kekeringan yang berpengaruh terhadap produksi kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan data yang diperoleh dari kebun Bekri, Bergen dan Rejosari di propinsi Lampung. Data yang dikumpulkan meliputi produksi TBS KS bulanan (kg/ha/bulan) periode tahun 1977 - 1996 dari tahun tanam 1973 untuk perumusan model, dan tahun tanam 1975 untuk pengujian. Disamping data di atas dikumpulkan pula data curah hujan harian (mm) periode tahun 1974 sampai 1996 dari setiap kebun.

Metode penelitian meliputi identifikasi hubungan produksi TBS KS dengan peubah-peubah kekeringan, perumusan model simulasi, pengujian kemandapan model, dan penerapan model simulasi. Identifikasi dilakukan dengan memperhatikan peluang periode musim hujan dan kemarau di Lampung, serta digunakan batasan kriteria hari kering pada pertanaman kelapa sawit sebagai hari yang curah hujannya kurang atau sama dengan 2,5 mm.

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui keceratan hubungan antara berbagai cara pengelompokan data produksi TBS KS dengan peubah-peubah kekeringan yang terjadi pada berbagai tenggang waktu sebelumnya (lag), ditelusuri dari lag 0 sampai lag 36 bulan. Selanjutnya analisis ini juga akan digunakan mengindikasikan peubah-peubah kekeringan yang dipilih untuk perumusan model.

Model simulasi hubungan ini dirumuskan dengan pendekatan awal fungsi produksi, $f(p)$, menurut fungsi umur tanaman, $f(u)$.

$$f(p) = f(u) + \text{sisaaan (1)}$$

Fungsi produksi menurut umur tanaman (dinyatakan sebagai Y_t) dapat dirumuskan menggunakan model non-linier famili eksponen (Manurung, 1986), yaitu :

$$Y_t = a + b \ln(t) \exp(ct); t \text{ adalah umur} = 3, 4, \dots \text{ tahun, atau } 7, 9, \dots \text{ semester.}$$

Pendugaan parameter a , b dan c dilakukan dengan iterasi penglinieran (*linierization*).

Sisaan pada model-model yang dipengaruhi data iklim seringkali tidak acak, maka komponen sisaan dapat dihubungkan dengan peubah kekeringan yang diidentifikasi menjelaskan keragaman produksi ataupun sisaan dengan baik (Boer, *et al.*, 1996). Sehingga sisaan (1) dapat dimodelkan seperti berikut :

$$\text{Sisaan (1)} = f(\text{peubah kekeringan}) + \text{sisaan (2)}$$

Sisaan (2) dapat terus dimodelkan atau dicari hubungannya secara bertahap dengan menggunakan peubah kekeringan yang diidentifikasi menjelaskan keragaman sisaan (2), sehingga akhirnya diperoleh sisaan (n) yang bersifat galat murni (*white noise*, ω_j).

Pengujian kemantapan model simulasi dilakukan dengan dua cara, yaitu secara grafis dan pembandingan statistik uji t berpasangan. Sedangkan penerapan model simulasi dilakukan pada beberapa skenario berdasarkan data masukan berbagai keadaan peubah kekeringan yang dikondisikan dalam keadaan optimal, normal ataupun sebagai faktor pembatas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Produksi dengan Peubah Kekeringan

Periode hujan dan kemarau dapat diekspresikan dari peluang deret hari kering. Deret hari kering ≥ 20 hari dapat dijadikan acuan awal terjadinya kekeringan pada pertanaman kelapa sawit, karena pengaturan stomata yang dapat mengakibatkan penurunan produksi dimulai pada 50–60 % dari cadangan air yang dapat digunakan (Dufrene, 1989).

Pengolahan data hujan harian tahun 1974–1996 dengan cara Handoko dan Las (1994) menunjukkan bahwa musim kemarau yang mengakibatkan kekeringan pada pertanaman kelapa sawit di Lampung berpeluang terjadi selama enam bulan yaitu pada bulan Mei – Oktober, sedangkan musim hujan juga selama enam bulan yaitu pada bulan Nopember – April.

Pengelompokan data produksi dilakukan dengan penyesuaian terhadap periode musim, yaitu enam bulanan (semester). Hasil pencilurusan menunjukkan bahwa kelompok data produksi semester yang paling erat hubungannya dengan peubah-peubah kekeringan adalah kelompok data produksi semester ganjil bulan Februari – Juli dan semester genap bulan Agustus – Januari (FJ1 – AgJ). Kelompok produksi ini akan digunakan untuk identifikasi lanjutan dan perumusan model simulasi. Hasil identifikasi juga menunjukkan bahwa produksi TBS KS semesteran mempunyai hubungan dengan setiap peubah kekeringan yang terjadi pada berbagai lag (Lampiran 1).

Model Simulasi Hubungan Produksi dengan Peubah Kekeringan

Fungsi produksi menurut umur untuk model simulasi

Pendugaan paramter model non-linier famili eksponen menunjukkan hasil fungsi produksi menurut umur (Y_t) sebagai berikut :

$$f(u) = Y_t = -14732 + 10732,3 \ln(t) \exp(-0,0135t) \quad ; R^2 = 0,1857$$

t adalah umur = 7, 8, ..., 46 semester.

Keragaman produksi yang dapat dijelaskan oleh fungsi umur hanya 18,57 %, sedangkan keragaman lainnya akan dijelaskan oleh fungsi peubah kekeringan.

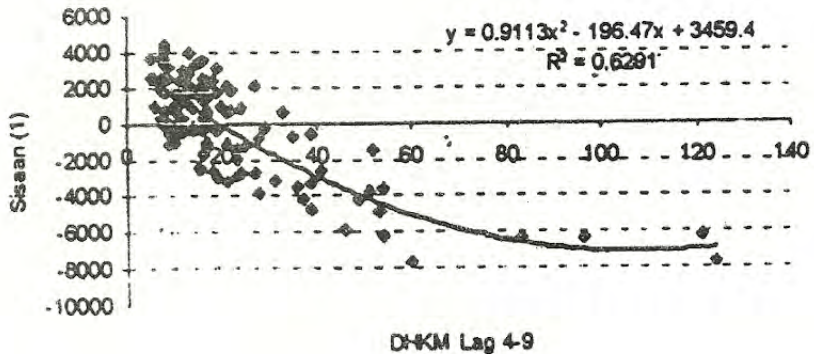
Fungsi peubah kekeringan untuk model simulasi

Fungsi peubah kekeringan untuk perumusan model simulasi diperoleh secara bertahap melalui keceratan hubungan dan sebaran antara sisaan (n) dengan peubah-peubah kekeringan.

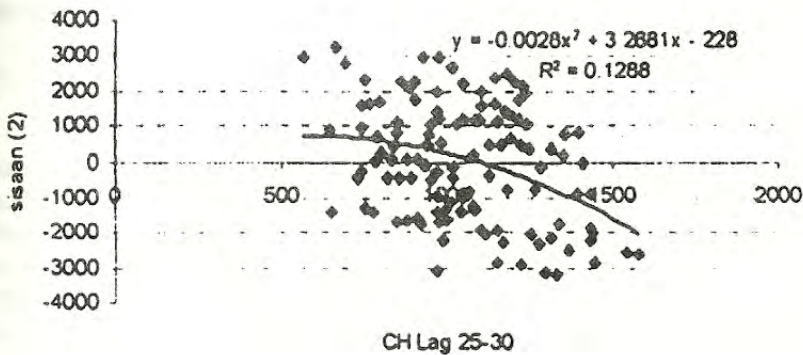
Peubah kekeringan dan sisaan (1). Hubungan paling erat antara peubah kekeringan dengan sisaan (1) ditunjukkan oleh peubah DHKM lag 4 – 9 dengan koefisien korelasi $-0,751$ atau koefisien determinasi $0,5637$ (Lampiran 1). Bila dilihat sebarannya ternyata hubungan yang terbaik merupakan hubungan kuadratik (Gambar 1). Hubungan ini diperkirakan berkaitan dengan kegagalan tandan yang terjadi 5 – 6 bulan sebelum panen.

Peubah kekeringan dan sisaan (2). Hubungan paling erat antara peubah kekeringan dengan sisaan (2) ditunjukkan oleh peubah kekeringan CH Lag 25 – 30 dengan koefisien korelasi $-0,347$ atau koefisien determinasi $0,1204$ (Lampiran 2). Kemudian bila dilihat sebarannya ternyata hubungan yang lebih baik merupakan hubungan kuadratik (Gambar 2). Hubungan ini diperkirakan berkaitan dengan menurunnya seks rasio bila hujan tinggi.

Peubah kekeringan sisaan (3). Hubungan paling erat antara peubah kekeringan dengan sisaan (3) ditunjukkan oleh peubah kekeringan FDHK5 Lag 22 – 27 dengan koefisien korelasi $0,223$ atau koefisien determinasi $0,0499$. Kemudian bila dilihat sebarannya ternyata hubungan terbaik merupakan hubungan kuadratik. Hubungan ini diperkirakan berkaitan dengan seks rasio yang membutuhkan hari kering dengan penyinaran matahari yang cukup.



Gambar 1. Hubungan sisaan (1) dengan DHKM Lag 4 – 9 serta trend kuadratiknya.

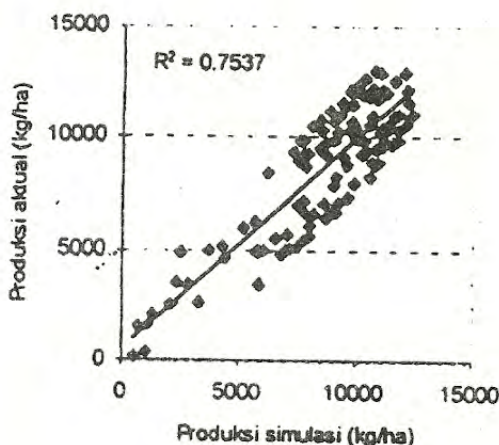


Gambar 2. Hubungan sisaan (2) dengan CH Lag 25 – 30 serta trend kuadratiknya.

Model simulasi

Model simulasi hubungan produksi TBS KS dengan peubah kekeringan diturunkan dari fungsi produksi menurut umur dan fungsi peubah kekeringan, sehingga struktur dan rumusan model simulasi dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Model simulasi} &= f(u) + f(\text{DHKM Lag 4-9}) + f(\text{CH Lag 25-30}) + f(\text{FDHK 5 Lag 22-27}) \\
 f(u) = YT &= -14732 + 10732,2 \ln(t) \exp(-0,0135t) \\
 f(\text{DHKM Lag 4-9}) &= [0,9113(\text{DHKM Lag 4-9})^2] - 196,47 (\text{DHKM Lag 4-9}) + 3459,4 \\
 f(\text{CH Lag 25-30}) &= [-0,0028(\text{CH Lag 25-30})^2] + 3,27(\text{CH Lag 25-30}) - 228 \\
 f(\text{FDHK5 Lag 22-27}) &= [29,34 (\text{FDHK5 Lag 22-27})^2] + 580,66 (\text{FDHK5 Lag 22-27}) - 2523,7
 \end{aligned}$$



Gambar 3. Diagram pencar hubungan produksi aktual dengan simulasi pada perumusan model.

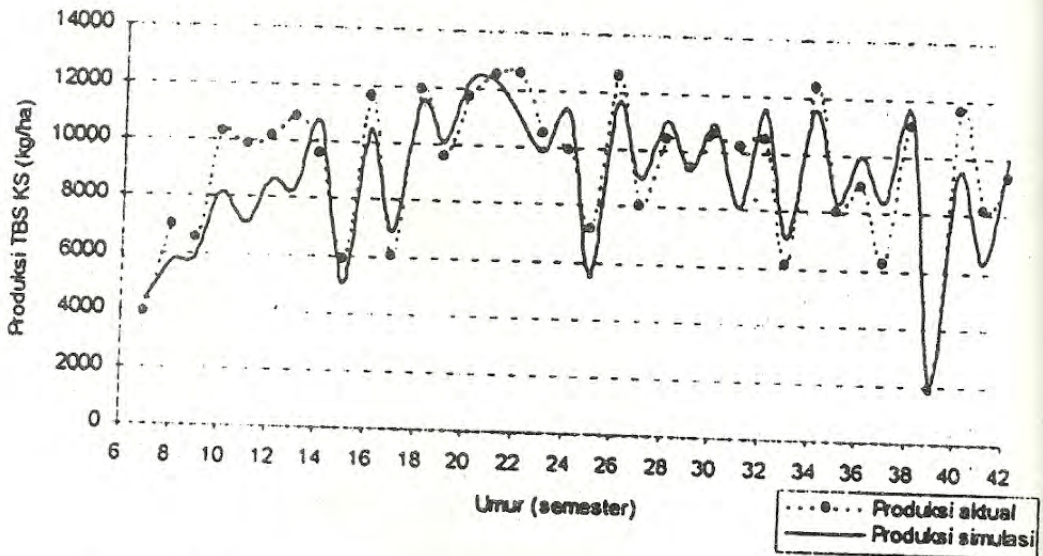
Secara keseluruhan dalam perumusan model simulasi ini, produksi simulasi dapat menjelaskan keragaman produksi aktual sebesar 75,37 % (Gambar 3). Dari gambar tersebut diperlihatkan model yang dirumuskan cukup baik karena produksi simulasi mempunyai hubungan yang erat dengan produksi aktual.

Kemantapan Model Simulasi

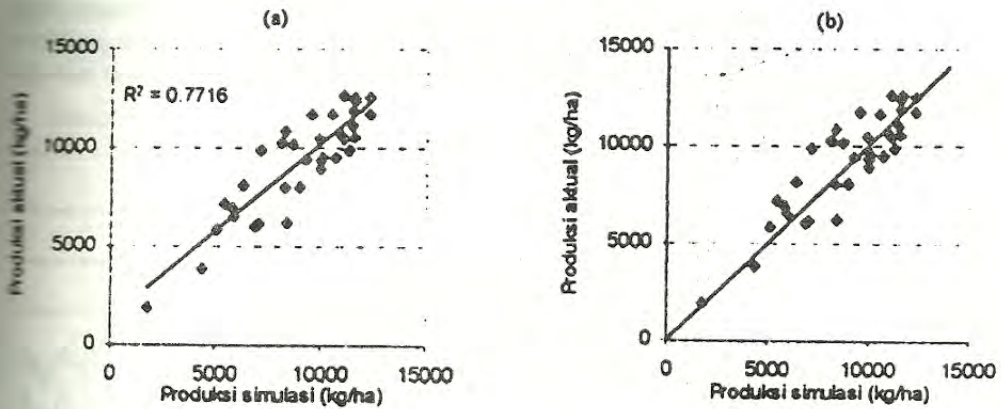
Pada Gambar 4 diperlihatkan perbandingan antara fluktuasi produksi aktual dengan simulasi pada pengujian kemantapan model terhadap data tahun tanam 1975 di kebun Rejosari. Keragaman produksi aktual yang dijelaskan oleh produksi simulasi sebesar 77,16% (Gambar 5a). Keabsahan dan kemantapan model simulasi terlihat jelas secara grafis pada Gambar 5b, dimana seluruh titik mengumpul di sepanjang garis 1:1. Hasil pengujian dengan uji t berpasangan antara produksi aktual dan simulasi diperoleh t_{hitung} sama dengan 1,58 (Table 1), sedangkan $t_{tabel 0,01} = 2,727$, menunjukkan hasil tidak berbeda.

Tabel 1. Hasil uji t antara produksi aktual (PA) dan simulasi (PS) di kebun Rejosari.

Test of $\mu D = 0$ vs $\mu \text{not} = 0$ ($D = PA - PS$)						
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	T	P-Value
D	36	331	1258	210	1.58	0.12
Confidence Intervals, 99.0% C.I. (-95, 757)						



Gambar 4. Perbandingan antara produksi aktual dengan simulasi pada pengujian model.



Gambar 5. Diagram pencar hubungan produksi aktual dengan simulasi (a) dan terhadap garis 1:1 (b) pada pengujian model.

Skenario Simulasi Dampak Kekeringan

Penerapan model simulasi yang telah dirumuskan dilakukan pada enam skenario berdasarkan data masukan keadaan peubah kekeringan yang dikondisikan dalam keadaan optimal, normal ataupun sebagai faktor pembatas (Tabel 2).

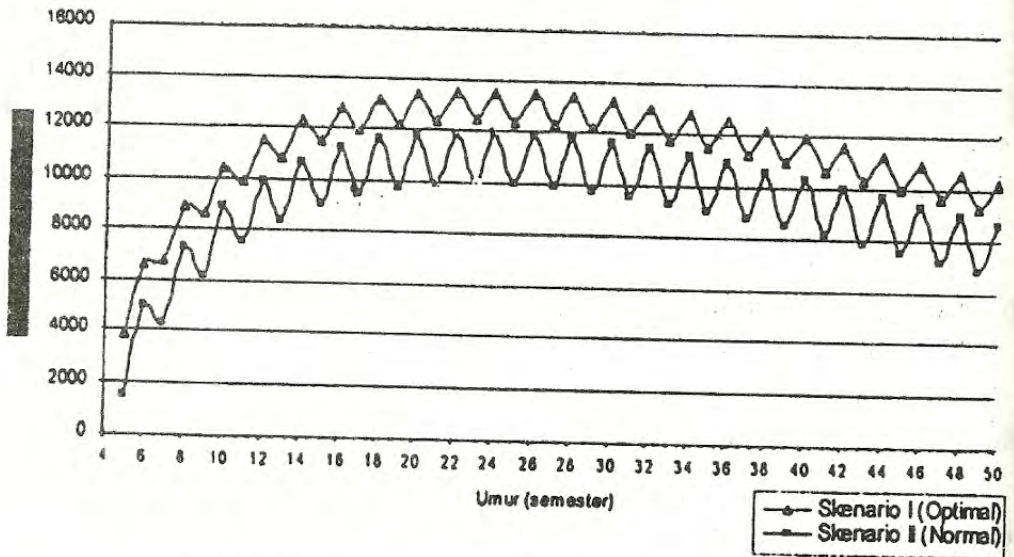
Tabel 2. Skenario yang digunakan dalam penerapan model simulasi.

Skenario	Peubah-peubah kekeringan		
	DHKM Lag 4-9	CH Lag 25-30	FDHK5 Lag 22-27
I	Optimal	Optimal	Optimal
II	Normal	Normal	Normal
III	Pembatas	Optimal	Optimal
IV	Pembatas	Optimal	Pembatas
V	Pembatas	Pembatas	Optimal
VI	Pembatas	Pembatas	Pembatas

Skenario I dan II diarahkan untuk menggambarkan keadaan produksi maksimal serta rata-rata yang dapat dicapai dengan menggunakan model simulasi. Kemudian skenario III, IV, V dan VI diarahkan untuk menyusun kriteria deret hari kering pada musim kemarau dampaknya terhadap penurunan produksi TBS KS, hal ini dimungkinkan karena peubah DHKM Lag 4-9 untuk produksi Semester ganjil merupakan periode musim kemarau.

Skenario I dan II

Pada Gambar 6 diperlihatkan perbandingan antara produksi simulasi pada Skenario I dan II. Dari gambar tersebut diperlihatkan pola dan fluktuasi produksi TBS KS yang meningkat dengan cepat pada awalnya, mencapai puncak pada umur 20-24 semester (10 – 12 tahun), kemudian turun perlahan-lahan. Produksi simulasi pada skenario I selalu lebih tinggi dari Skenario II dengan perbedaan rata-rata adalah 2022 kg/ha/semester atau 26%.



Gambar 6. Perbandingan antara produksi simulasi skenario I dan II.

Skenario III

Pada Tabel 3 diperlihatkan hasil simulasi pada Skenario III berupa kriteria deret hari kering maksimum pada musim kemarau dampaknya terhadap penurunan produksi TBS KS dimana peubah CH Lag 25-30 dan FDHK5 Lag 22-27 dalam keadaan optimal. Skenario III ini menggambarkan kriteria DHKM dengan dampaknya penurunan produksi yang paling minimum.

Tabel 3. Penurunan produksi TBS KS (%) akibat dampak deret hari kering maksimum dan umum tanaman menurut Skenario III.

Umur (tahun)	Deret hari kering pada musim kemarau (hari)				
	20 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	101 - 120
3	0 - 61	62 - 100	100	100	100
4	0 - 18	19 - 42	43 - 59	60 - 66	67
5	0 - 12	13 - 29	30 - 40	41 - 45	46
6	0 - 10	11 - 23	24 - 33	34 - 37	38
7	0 - 9	10 - 21	22 - 30	31 - 33	34
8	0 - 8	9 - 19	20 - 29	30 - 30	31
9	0 - 8	9 - 18	19 - 26	27 - 29	30
10	0 - 7	8 - 18	19 - 25	26 - 28	29
11	0 - 7	8 - 17	18 - 24	25 - 28	29
12	0 - 7	8 - 17	18 - 24	25 - 27	28
13	0 - 7	8 - 17	18 - 24	25 - 27	28
14	0 - 7	8 - 17	18 - 24	25 - 28	29
15	0 - 7	8 - 18	19 - 25	26 - 28	29
16	0 - 7	8 - 18	19 - 25	26 - 29	30
17	0 - 8	8 - 18	19 - 26	27 - 29	30
18	0 - 8	8 - 18	19 - 27	28 - 30	31
19	0 - 8	9 - 19	20 - 27	28 - 31	32
20	0 - 8	9 - 20	21 - 28	29 - 32	33
21	0 - 9	10 - 20	21 - 30	31 - 33	34
22	0 - 9	10 - 21	22 - 31	32 - 35	36
23	0 - 10	11 - 23	24 - 32	33 - 36	37
24	0 - 10	11 - 24	25 - 34	35 - 38	39
25	0 - 10	11 - 26	27 - 36	37 - 40	41

Keterangan : Penurunan produksi 100% menunjukkan tidak ada produksi atau panen tertunda.

Skenario IV dan VI

Skenario IV dan V menggambarkan alternatif dampak penurunan produksi TBS KS antara Skenario III dan VI.

Skenario VI

Pada Tabel 4 diperlihatkan hasil simulasi pada Skenario VI berupa kriteria deret hari kering maksimum pada musim kemarau dampaknya terhadap penurunan produksi TBS KS dimana peubah CH Lag 25-30 dan FDHK5 Lag 22-27 dalam keadaan sebagai faktor pembatas. Skenario VI ini menggambarkan kriteria DHKM dengan dampak penurunan produksi yang paling maksimum.

Tabel 4. Penurunan produksi TBS KS (%) akibat dampak deret hari kering maksimum dan umum tanaman menurut Skenario VI.

Umur (tahun)	Deret hari kering pada musim kemarau (hari)				
	20 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	101 - 120
3	100	100	100	100	100
4	65 - 98	99 - 100	100	100	100
5	49 - 71	72 - 82	89 - 99	100	100
6	41 - 60	61 - 74	75 - 83	84 - 88	89
7	38 - 54	55 - 67	68 - 75	79 - 79	80
8	35 - 51	52 - 62	63 - 70	71 - 74	75
9	34 - 48	49 - 50	61 - 67	68 - 70	71
10	33 - 47	48 - 58	59 - 65	66 - 68	69
11	33 - 47	48 - 57	58 - 64	65 - 67	68
12	33 - 46	47 - 57	58 - 64	65 - 67	68
13	33 - 46	47 - 57	58 - 64	65 - 67	68
14	33 - 47	48 - 58	59 - 65	66 - 68	69
15	33 - 48	49 - 58	59 - 66	67 - 69	70
16	33 - 48	49 - 60	61 - 67	68 - 70	71
17	35 - 50	51 - 61	62 - 68	69 - 72	73
18	36 - 51	52 - 63	64 - 70	71 - 74	75
19	37 - 52	53 - 64	65 - 72	73 - 76	77
20	38 - 54	55 - 67	68 - 75	76 - 78	79
21	39 - 56	57 - 69	70 - 77	78 - 81	82
22	41 - 58	59 - 72	73 - 80	81 - 85	86
23	42 - 61	62 - 75	76 - 84	85 - 88	89
24	44 - 64	65 - 78	79 - 88	89 - 92	93
25	46 - 67	68 - 82	83 - 92	83 - 87	98

Keterangan : Penurunan produksi 100% menunjukkan tidak ada produksi atau panen tertunda.

KESIMPULAN

Identifikasi yang dilakukan dengan memperhatikan periode musim menunjukkan bahwa produksi kelapa sawit semesteran mempunyai hubungan dengan peubah-peubah kekeringan pada minggu waktu sebelumnya (lag).

Perumusan model simulasi produksi kelapa sawit menggunakan peubah-peubah kekeringan Deret Hari Kering Maksimum Lag 4-9, Curah Hujan Lag 25-30 dan Frekuensi Deret Hari Kering ≥ 5 Lag 22-27. Peubah-peubah kekeringan ini berkaitan dengan perkembangan bunga hingga pembentukan buah. Model simulasi yang dirumuskan secara keseluruhan dapat menjelaskan keragaman produksi kelapa sawit sebesar 75,37%.

Pengujian kemandapan model simulasi menunjukkan bahwa secara statistik produksi simulasi tidak berbeda dengan produksi aktual serta dapat menjelaskan keragaman sebesar 77,16% dan simpangan 12%, artinya model cukup baik digunakan untuk simulasi.

Penerapan model simulasi menunjukkan bahwa produksi simulasi dengan peubah-peubah kekeringan yang optimal, rata-rata lebih tinggi 26% dari normal. Penurunan produksi dari normal semakin besar dengan bertambahnya peubah kekeringan yang menjadi faktor pembatas. Tanaman muda (umur < 8 tahun) relatif tidak tahan terhadap faktor pembatas peubah-peubah kekeringan, sedangkan tanaman tua (umur > 14 tahun) dan tanaman dewasa (umur 8 – 14 tahun) relatif lebih tahan. Dalam keadaan peubah kekeringan optimal, deret hari kering maksimum 60 hari dapat mengakibatkan tertundanya panen pada tanaman muda, penurunan produksi dapat mencapai 28 – 31% pada tanaman dewasa dan 29 – 41% pada tanaman tua. Sedangkan dalam keadaan peubah kekeringan sebagai faktor pembatas, deret hari kering maksimum 20 hari dapat mengakibatkan tertundanya panen pada tanaman muda, penurunan produksi dapat mencapai 69 – 75% pada tanaman dewasa dan 70 – 98% pada tanaman tua.

DAFTAR PUSTAKA

- Boer, R., I. Las, R. Hidayati dan B. Budianto. 1996. Analisis deret hari kering untuk perencanaan penanaman padi sawah tadah hujan di Jawa Barat. Laporan Penelitian (unpublished). LP IPB-Litbang Pertanian.
- Corley, R.H.V. and B.S. Gray. 1976. Yield and yield component; p. 77-85 R.H.V. Corley, J.J. Hardon, and B.J. Wood (Ed) *In Oil Palm Research*. Elsevier, Amsterdam.
- Dufrene, E. 1989. Photosynthese, consommation en eau et modelisation de la production chez le palmier a huile. These de Doctorat es Sciences. Universite d'OrSAY. Paris.
- Handoko, dan I. Las. 1994. Metode untuk menduga peluang periode kering serta awal musim kemarau dan hujan dalam hubungannya dengan kebutuhan air tanaman. Buletin Agrometeorologi. 2:109-118.
- Hartley, C.W.S. 1977. The Oil Palm. Longman Inc. New York. 806 p.
- Hasan, H. 1998. Model simulasi produksi kelapa sawit berdasarkan karakteristik kekeringan, kasus kebun kelapa sawit di Lampung. Thesis S2 Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

- Hutomo, T. K. Pamin, E. Syamsudin dan Y.T. Adiwiganda. 1997. Upaya penanggulangan dampak kekeringan dan kebakaran pada tanaman kelapa sawit. Makalah pada seminar sehari. PPKS dan GAPKI.
- Manurung, A. 1986. Model peramalan produksi tandan buah segar kelapa sawit. Thesis Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Lampiran 1. Koefisien korelasi antara sisaan 1 dengan peubah kekeringan pada berbagai lag

Lag (bulan)	Sisaan I		
	DHK Maksimum (DHKM)	Frekuensi DHK ≥ 5 (FDHK5)	Curah hujan (CH)
0	-0.081	0.314	-0.385
1-6	-0.020	0.304**	0.251**
2-7	-0.292**	0.024	0.668**
3-8	-0.593**	-0.196*	0.691**
4-9	-0.751**	-0.251**	0.690**
5-10	-0.720**	-0.197*	0.638**
6-11	-0.644**	-0.145	0.556**
7-12	-0.584**	0.001	0.085
8-13	-0.273**	0.242**	-0.456**
9-14	0.099	0.372**	-0.534**
10-15	0.352**	0.411**	-0.589**
11-16	0.294**	0.363**	-0.553**
12-17	0.195*	0.276**	-0.485**
13-18	0.157	0.020	-0.100
14-19	0.037	-0.256**	0.439**
15-20	-0.142	-0.415**	0.527**
16-21	-0.291**	-0.422**	0.541**
17-22	-0.256**	-0.405**	0.526**
18-23	-0.148	-0.271**	0.419**
19-24	-0.119	-0.007	0.059
20-25	0.001	0.256**	-0.478**
21-26	0.194*	0.459**	-0.537**
22-27	0.331**	0.500**	-0.550**
23-28	0.311**	0.421**	-0.542**
24-29	0.258**	0.280**	-0.475**
25-30	0.222*	0.013	-0.249**
26-31	0.099	-0.230*	0.323**
27-32	-0.043	-0.410**	0.428**
28-33	-0.236*	-0.482**	0.470**
29-34	-0.208*	-0.432**	0.421**
30-35	-0.088	-0.384**	0.313**
31-36	-0.015	-0.109	-0.029

Taraf uji statistik nyata : * = pada 5%; ** = pada 1%; tidak nyata : tanpa *

Lampiran 2. Koefisien korelasi antara sisaan 2 dengan peubah kekeringan pada berbagai lag

Lag (bulan)	Sisaan2		
	DHK Maksimum (DHKM)	Frekuensi DHK ≥ 5 (FDHK5)	Curah hujan (CH)
0	-0.219	0.176	-0.059
1-6	-0.097	0.046	0.005
2-7	-0.067	-0.119	0.133
3-8	-0.066	-0.216*	0.152
4-9	0.000	-0.195*	0.149
5-10	0.002	-0.193*	0.110
6-11	0.008	-0.146	0.093
7-12	-0.013	0.010	-0.073
8-13	0.004	0.118	-0.159
9-14	0.104	0.123	-0.171
10-15	0.102	0.090	-0.200*
11-16	0.070	0.086	-0.180*
12-17	0.042	0.045	-0.188*
13-18	0.028	-0.017	-0.143
14-19	0.120	-0.104	0.057
15-20	-0.015	-0.096	0.100
16-21	-0.071	-0.074	0.135
17-22	-0.065	-0.075	0.110
18-23	-0.020	0.024	0.048
19-24	-0.002	0.095	-0.035
20-25	-0.006	0.208*	-0.231*
21-26	0.043	0.235*	-0.201*
22-27	0.106	0.236*	-0.214*
23-28	0.082	0.218*	-0.215*
24-29	0.029	0.180	-0.213*
25-30	0.029	0.130	-0.347*
26-31	0.083	0.057	-0.008
27-32	0.104	-0.017	0.042
28-33	0.048	-0.064	0.067
29-34	0.043	-0.034	0.028
30-35	0.057	0.032	-0.045
31-36	0.102	0.087	-0.110

Taraf uji statistik nyata : * = pada 5%; ** = pada 1%; tidak nyata : tanpa *