

PREDIKSI PRODUKSI KELAPA SAWIT DI REJOSARI, LAMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN ANOMALI SUHU MUKA LAUT DI NINO-3,4

Nuzul Hijri Darlan, Rizaldi Boer¹⁾, dan Hasril Hasan Siregar

Abstrak Produktivitas kelapa sawit (tandan buah segar, TBS) merupakan fungsi dari faktor genetik, umur, lingkungan (tanah dan iklim), dan kultur teknis. Genetik bahan tanaman dapat diasumsikan homogen dan kultur teknis dilakukan optimal, sehingga keragaman produksi dapat dijelaskan oleh kondisi iklim dan umur. Kondisi iklim yang paling mempengaruhi produktivitas kelapa sawit di Indonesia adalah curah hujan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keragaman curah hujan di Indonesia dipengaruhi kuat oleh fenomena ENSO (*El-Nino Southern Oscillation*), sehingga akan dianalisis potensi untuk pemanfaatan indeks ENSO (anomali suhu muka laut (SML) di Nino-3,4) untuk memprediksi produktivitas tanaman kelapa sawit. Model prediksi disusun dalam empat tahap, yakni tahap pertama yaitu menghilangkan pengaruh umur dan musiman produktivitas kelapa sawit dengan menggunakan persamaan non linier dan regresi Fourier. Tahap kedua yaitu menghubungkan antara sisaan dari persamaan sebelumnya dengan anomali SML, tahap ketiga berupa membangun model untuk memprediksi produktivitas tanaman kelapa sawit di perkebunan dengan menggunakan *stochastic spreadsheet* berdasarkan persamaan yang telah disusun sebelumnya, dan tahap keempat berupa validasi produksi hasil simulasi dengan produksi aktual kebun. Hasil analisis menunjukkan bahwa anomali SML di Nino 3,4 berpotensi untuk digunakan dalam memprediksi produktivitas kelapa sawit di Rejosari,

Lampung dengan standar deviasi sebesar 417. Hasil validasi menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata antara data produktivitas aktual dan data produktivitas hasil simulasi ($t_{\text{value}} < t_{\text{table}}; \alpha=1\%$).

Kata kunci : simulasi, produksi kelapa sawit, suhu muka laut, ENSO

Abstract Yield variability of oil palm (fresh fruit bunch, FFB) is determined by interaction between genetics, ages, environmental (soil and climate), and technical culture factors. Climate factor may explain most of the yield variability if other factors are not very variable. One of the main climate factors affecting the yield of palm oil in Indonesia is rainfall. As many studies suggest that rainfall variability in Indonesia is strongly influenced by ENSO phenomenon, we evaluate the potential use of ENSO index to predict palm oil yield in the plantations. The prediction models were developed using a number of steps. First is to remove the effect of age and seasonality of palm oil yield from the data series using non linear equation and Fourier regression (called as detrended yield). Second is to develop relationship between the anomaly of the detrended yield and NINO index in region 3.4. Third is to construct model to predict palm oil production in the plantation using stochastic spreadsheet based on equations developed in the previous steps. And the forth is to validate the simulation results with the observation productivity. The result of analysis showed that the ENSO index is potential to be used for predicting production of palm oil in Rejosari, Lampung with 417 of standard deviation value. The result of validation showed that there is no significant different between observed and predicted data ($t_{\text{value}} < t_{\text{table}}; \alpha=1\%$).

Keywords : simulation, oil palm productivity, sea surface temperature, ENSO

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Nuzul Hijri Darlan (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: nuzulhijri@gmail.com

¹⁾ Guru Besar Klimatologi di Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan, yang menghasilkan minyak nabati paling efisien dan produknya dapat digunakan dalam berbagai industri pangan, farmasi, oleokimia, dan biodiesel. Tanaman kelapa sawit juga memberikan kontribusi nyata untuk devisa ekspor dan kebutuhan dalam negeri Indonesia (Lubis, 2003).

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 hanya dipengaruhi oleh umur dan faktor lingkungan. Faktor lingkungan terdiri dari tanah dan iklim. Faktor tanah dengan pemupukan yang optimal dapat diasumsikan berpengaruh proporsional menurut umur, sehingga faktor iklim menjadi penting mempengaruhi keragaman produksi (Harahap *et al.*, 2000).

Faktor iklim di Indonesia dapat diekspresikan dari keadaan musim hujan dan musim kemarau. Keadaan musim tersebut akan mempengaruhi proses pembentukan buah ataupun diferensiasi jenis kelamin bunga tanaman kelapa sawit (Harahap, 2008). Selain itu juga terdapat peristiwa ekstrim seperti kemarau panjang yang menyebabkan kekeringan (defisit air) atau hujan ekstrim di atas normal yang menyebabkan banjir, yang sering disebut anomali iklim. Peristiwa ekstrim tersebut umumnya akan menimbulkan masalah atau dampak negatif terhadap berbagai aspek budidaya pertanian, begitu juga bagi perkebunan kelapa sawit (Boer dan Subbiah, 2005).

Sejak tahun 1844, Indonesia telah mengalami kejadian kekeringan tidak kurang dari 43 kali. Dari 43 kejadian tersebut, hanya 6 kali yang kejadiannya tidak bersamaan dengan kejadian fenomena ENSO atau *El-Nino and Southern Oscillation* (Boer dan Subbiah, 2005). Keragaman hujan di Indonesia sangat dipengaruhi oleh fenomena ini. Pada saat fenomena ENSO berlangsung, hujan pada sebagian besar wilayah Indonesia umumnya di bawah normal.

Tinggi rendahnya curah hujan sangat mempengaruhi fluktuasi produksi tanaman kelapa sawit. Sementara itu, karakteristik hujan pada beberapa daerah di Indonesia sangat dipengaruhi oleh

fenomena ENSO yang bergantung kepada besaran anomali suhu muka laut di Nino-3,4 (ADPC, 2000). Maka secara tidak langsung, anomali SML di Nino-3,4 akan berpengaruh terhadap fluktuasi produksi tanaman kelapa sawit. Menurut Aldrian (2003) salah satu wilayah yang termasuk ke wilayah yang curah hujannya dipengaruhi kuat oleh fenomena ENSO (monsoonal selatan) adalah wilayah di sebelah Selatan katulistiwa.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menduga produksi kelapa sawit di Rejosari Lampung berdasarkan anomali SML di Nino-3,4. Pendugaan produksi berdasarkan anomali SML di Nino-3,4 ini bermanfaat untuk mempermudah pengusaha kelapa sawit dalam menduga besaran produktivitas pada beberapa bulan berikutnya karena informasi data anomali SML lebih mudah diakses dan bersifat regional dibandingkan data curah hujan yang lebih sulit diakses dan bersifat lokal.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di kebun Rejosari, PT Perkebunan Nusantara VII (Persero) yang terletak di provinsi Lampung.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu data produksi bulanan (kg/ha; mulai Januari 2003–Mei 2011) di Rejosari, Lampung; serta data anomali SML di Nino-3,4 (NOAA, 2011).

Alat yang digunakan adalah seperangkat *personal computer* dengan dukungan *software* MS-Excell, Crystal Ball, dan Minitab (Iriawan, 2006) untuk analisis dan simulasi.

Metode Penelitian

Perumusan model

Perumusan atau pembangunan model dilakukan dengan menggunakan data produksi bulanan per tahun tanam tanaman kelapa sawit di kebun Rejosari, provinsi Lampung pada bulan Januari 2003 – Desember 2009. Dalam pembangunan model yang menggunakan peubah anomali suhu muka laut, maka

perlu dihilangkan beberapa faktor yang diduga mempengaruhi fluktuasi produksi yaitu faktor umur dan musim/bulanan dengan beberapa persamaan. Untuk tahap pertama, faktor umur dapat dihilangkan dengan menggunakan fungsi produksi berdasar umur (Siregar, 1998), yaitu:

$$f(u) = Yt = a + b \ln(t) \exp(ct) + \epsilon_1;$$

$$t = \text{umur tanaman} \dots\dots\dots (1)$$

Sisaan dari persamaan tersebut kemudian dihilangkan faktor musim/bulanan dengan menggunakan persamaan *fourier* (Smith, 2007), yaitu:

$$\epsilon_1 = \text{sisaan 1} = a + b \sin(t^*) + c \cos(t^*) + d \sin 2(t^*) + e \cos 2(t^*) + \epsilon_2; \dots\dots\dots (2)$$

$$t^* = 2\pi t/12; (t = 1, 2, \dots, 12)$$

Sisaan yang diperoleh dari persamaan *fourier* tersebut selanjutnya dikorelasikan dengan anomali SML di Nino-3,4 pada beberapa bulan sebelumnya (*lag*). Nilai korelasi tertinggi dan nyata pada *lag* waktu tertentu akan digunakan sebagai peubah model (*lag-x*), sehingga persamaan yang diperoleh (Henson, 2005) adalah:

$$\epsilon_2 = \text{sisaan 2} = f(\text{asst}) + \epsilon_3 \dots\dots\dots (3)$$

Galat yang diperoleh dari persamaan tersebut diharapkan tidak memiliki auto regresi dengan galat pada waktu sebelumnya (ϵ_{3-1}), sehingga galat yang diperoleh merupakan *error white noise* (ω) (Shao, 2011). Galat tersebut selanjutnya akan dihitung tingkat kepastiannya dengan melakukan simulasi yang menghitung serta mengoptimalkan peluang galat yang dapat terjadi di lapang, dengan menggunakan *stochastic spreadsheet* pada *software Crystal Ball* dengan metode simulasi Monte Carlo (Frenkel, 2004).

Verifikasi dan Validasi Model

Model yang telah dibangun akan diverifikasi dan divalidasi untuk memperoleh model yang bagus dengan tingkat ketelitian yang tinggi (Kleijnen, 1995). Verifikasi model dilakukan dengan cara perbandingan secara grafis dan pembandingan statistik uji-t berpasangan antara produksi aktual dengan simulasi serta perbandingan fluktuasi dan simpangannya. Selanjutnya, model divalidasi dengan menggunakan data produksi tanaman kelapa sawit yang belum digunakan untuk perumusan model, yaitu data produksi bulan Januari 2010 – Mei 2011.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebun Rejosari terdiri dari tanaman kelapa sawit dengan tahun tanam yang beragam, yaitu tahun tanam 1984, 1987, 1989, 1992–1996, 1998–2002. Oleh karena itu, fungsi atau model pendugaan produksi menurut fungsi umur dirumuskan dengan menggunakan model non-linier famili eksponen. Perumusan fungsi umur di kebun Rejosari dilakukan dengan merumuskan fungsi berdasarkan tahun tanam (satu model per tahun tanam), sehingga diperoleh persamaan:

$$f(u) = Yt_{(i)} = a_{(i)} + b_{(i)} \ln(t_{(i)}) \exp(c_{(i)} t_{(i)}) + \epsilon_1;$$

keterangan t = umur tanaman (bulan); dan i = tahun tanam

Hasil perumusan fungsi pendugaan produksi tanaman berdasar tahun tanam memberikan nilai koefisien determinasi yang berbeda pada setiap tahun tanam, yaitu pada selang 0,000–0,376. Selanjutnya, sisaan dari hasil persamaan ini akan dihilangkan pengaruh bulan atau musimannya dengan menggunakan persamaan *fourier*, yaitu:

$$\epsilon_1 = d_{(i)} + e_{(i)} \sin(t^*) + f_{(i)} \cos(t^*) + g_{(i)} \sin 2(t^*) + h_{(i)} \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$$

keterangan: $t^* = 2\pi t/12; (t = 1, 2, \dots, 12);$ dan i = tahun tanam

Sisaan yang diperoleh dari persamaan *fourier* tersebut selanjutnya akan dikorelasikan dengan anomali suhu muka laut di Nino-3,4 pada bulan yang sama atau beberapa bulan sebelumnya (*lag*). Hasil analisa terhadap produksi dan anomali SML bulanan, korelasi yang tertinggi terdapat pada lag 1 tahun (12 bulan), dengan nilai korelasi -0,42 (*P-value* = 0,000). Sehingga persamaan yang diperoleh adalah:

$$\epsilon_2 = \text{sisaan 2} = j_{(i)} + k_{(i)} x + \epsilon_3$$

keterangan : x = anomali SST di Nino-3,4 lag-12 bulan; dan i = tahun tanam

Berdasarkan hasil perhitungan, ternyata galat yang diperoleh dari persamaan tersebut memiliki auto regresi dengan galat pada waktu sebelumnya (ϵ_{3-1}), sehingga dibutuhkan satu lagi persamaan ke dalam fungsi pendugaan produksi tanaman kelapa sawit yang mencakup galat tersebut. Persamaannya yaitu:

$$\epsilon_3 = \text{sisaan 3} = m(\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$$

keterangan : $\omega_{(i)} = \text{white noise error}$

Tabel 1. Persamaan pendugaan produksi kelapa sawit per tahun tanam.

Tahun Tanam	Model
a. 1984	$Y_{t(a)} = -5480 + 2232 \ln(t) \exp(-0,00223 t) + \epsilon_1;$ $\epsilon_1 = 23 - 444 \sin(t^*) + 526 \cos(t^*) - 267 \sin 2(t^*) + 287 \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$ $\epsilon_2 = -22,50 + 104 x + \epsilon_3; \quad \epsilon_3 = 0,650 (\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$
b. 1989	$Y_{t(b)} = -5405 + 1841 \ln(t) \exp(-0,00178 t) + \epsilon_1;$ $\epsilon_1 = 0,0 - 250 \sin(t^*) + 311 \cos(t^*) - 192 \sin 2(t^*) + 222 \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$ $\epsilon_2 = -52,60 + 261 x + \epsilon_3; \quad \epsilon_3 = 0,651 (\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$
c. 1993	$Y_{t(c)} = -4935 + 1573 \ln(t) \exp(-0,00139 t) + \epsilon_1;$ $\epsilon_1 = 19 - 390 \sin(t^*) + 252 \cos(t^*) - 282 \sin 2(t^*) + 166 \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$ $\epsilon_2 = -40,20 + 233 x + \epsilon_3; \quad \epsilon_3 = 0,700 (\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$
d. 1995	$Y_{t(d)} = -4903 + 1682 \ln(t) \exp(-0,00183 t) + \epsilon_1;$ $\epsilon_1 = 8 - 142 \sin(t^*) + 208 \cos(t^*) - 265 \sin 2(t^*) + 233 \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$ $\epsilon_2 = -53,90 + 312 x + \epsilon_3; \quad \epsilon_3 = 0,690 (\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$
e. 1998	$Y_{t(e)} = -30257 + 8321 \ln(t) \exp(-0,00182 t) + \epsilon_1;$ $\epsilon_1 = -7 + 125 \sin(t^*) - 143 \cos(t^*) - 154 \sin 2(t^*) + 195 \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$ $\epsilon_2 = -59,10 + 337 x + \epsilon_3; \quad \epsilon_3 = 0,694 (\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$
f. 2000	$Y_{t(f)} = -7459 + 2143 \ln(t) \exp(-0,00109 t) + \epsilon_1;$ $\epsilon_1 = -13 + 216 \sin(t^*) - 217 \cos(t^*) - 202 \sin 2(t^*) + 119 \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$ $\epsilon_2 = 11,50 - 501 x + \epsilon_3; \quad \epsilon_3 = 0,773 (\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$
g. 2002	$Y_{t(g)} = -733 + 170 \ln(t) \exp(-0,01035 t) + \epsilon_1;$ $\epsilon_1 = 14 + 2 \sin(t^*) - 144 \cos(t^*) - 99 \sin 2(t^*) + 138 \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$ $\epsilon_2 = 14,30 + 123 x + \epsilon_3; \quad \epsilon_3 = 0,765 (\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$

Keterangan: x = ASST di Nino-3,4 lag-12 bulan; $t^* = 2\pi t/12$; ($t = 1, 2, \dots, 12$); t = umur tanaman (bulan)

Seluruh tahap persamaan tersebut di atas akan digunakan dalam menduga produktivitas tanaman kelapa sawit per bulan per tahun tanam dimana setiap tahun tanam yang terdapat di kebun Rejosari akan memiliki persamaan masing-masing (Tabel 1). Sementara itu, produktivitas tanaman kebun Rejosari pada waktu tertentu merupakan hasil penjumlahan dari produksi hasil simulasi masing-masing tahun tanam, dengan persamaan:

$$Y(t) = \sum Y_{(i)} + \omega_{(i)}$$

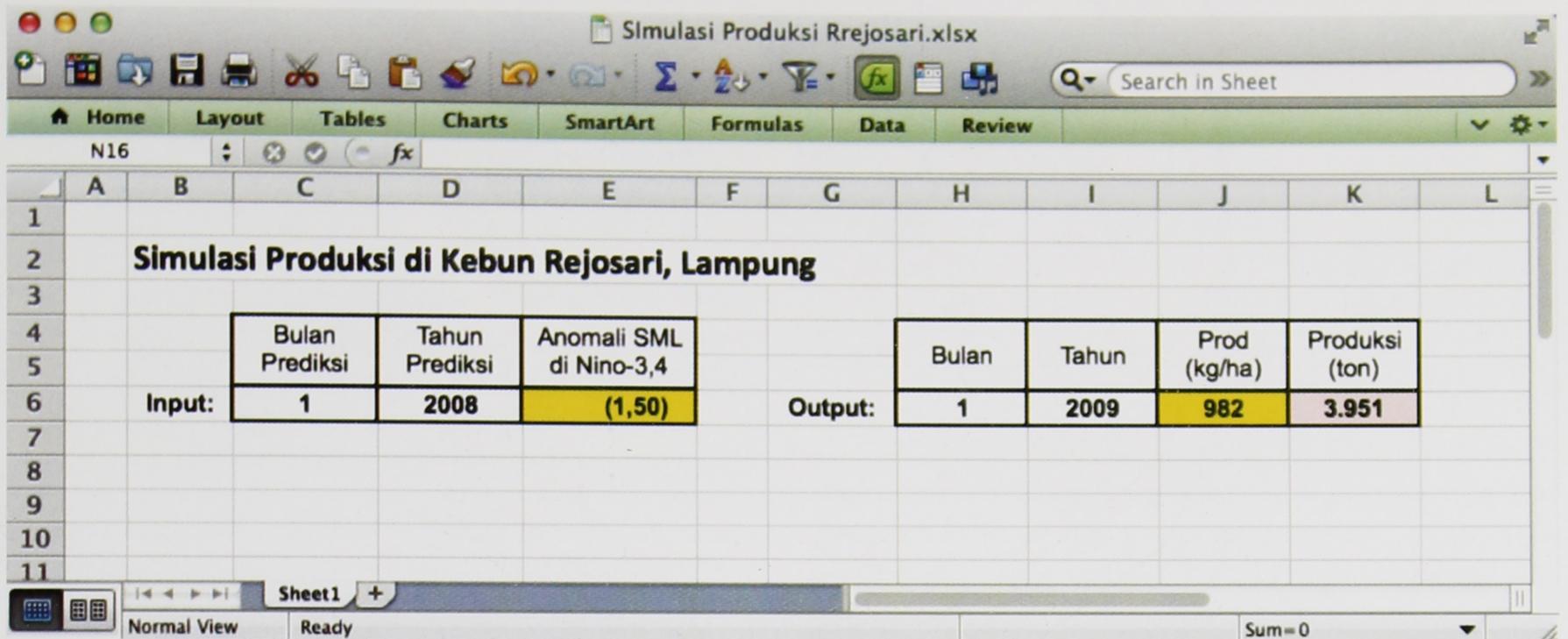
keterangan : i = tahun tanam

Keseluruhan tahapan pembangunan model tersebut disusun dalam sebuah *spreadsheet* pada program Excell (Henson, I.E., 2005). Nilai yang perlu di-input oleh pengguna adalah waktu melakukan prediksi (bulan dan tahun), dan nilai anomali SML di Nino-3,4 pada saat melakukan prediksi. Sedangkan nilai *output* yang diperoleh pengguna adalah produksi

kebun (kg/ha) pada 12 bulan berikutnya. Sementara itu, formula perhitungan dan pendugaan atau simulasi pendugaan produksi disusun pada bagian bawahnya. Sebagai contoh perhitungan pendugaan produksi kebun Rejosari pada waktu tertentu dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 dimana persamaan yang telah disusun diberi input: bulan= 1, tahun= 2008, dan nilai anomali SML= -1,50.

Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan validasi dilakukan terhadap model yang telah disusun. Verifikasi dilakukan dengan perbandingan secara grafis dan pembandingan statistik uji t berpasangan antara produksi hasil simulasi dan produksi hasil observasi (produksi aktual). Hasil perbandingan secara grafis menunjukkan bahwa produksi hasil simulasi cenderung mengikuti pola produksi hasil observasi, walaupun terdapat beberapa puncak produksi hasil observasi yang tidak dapat

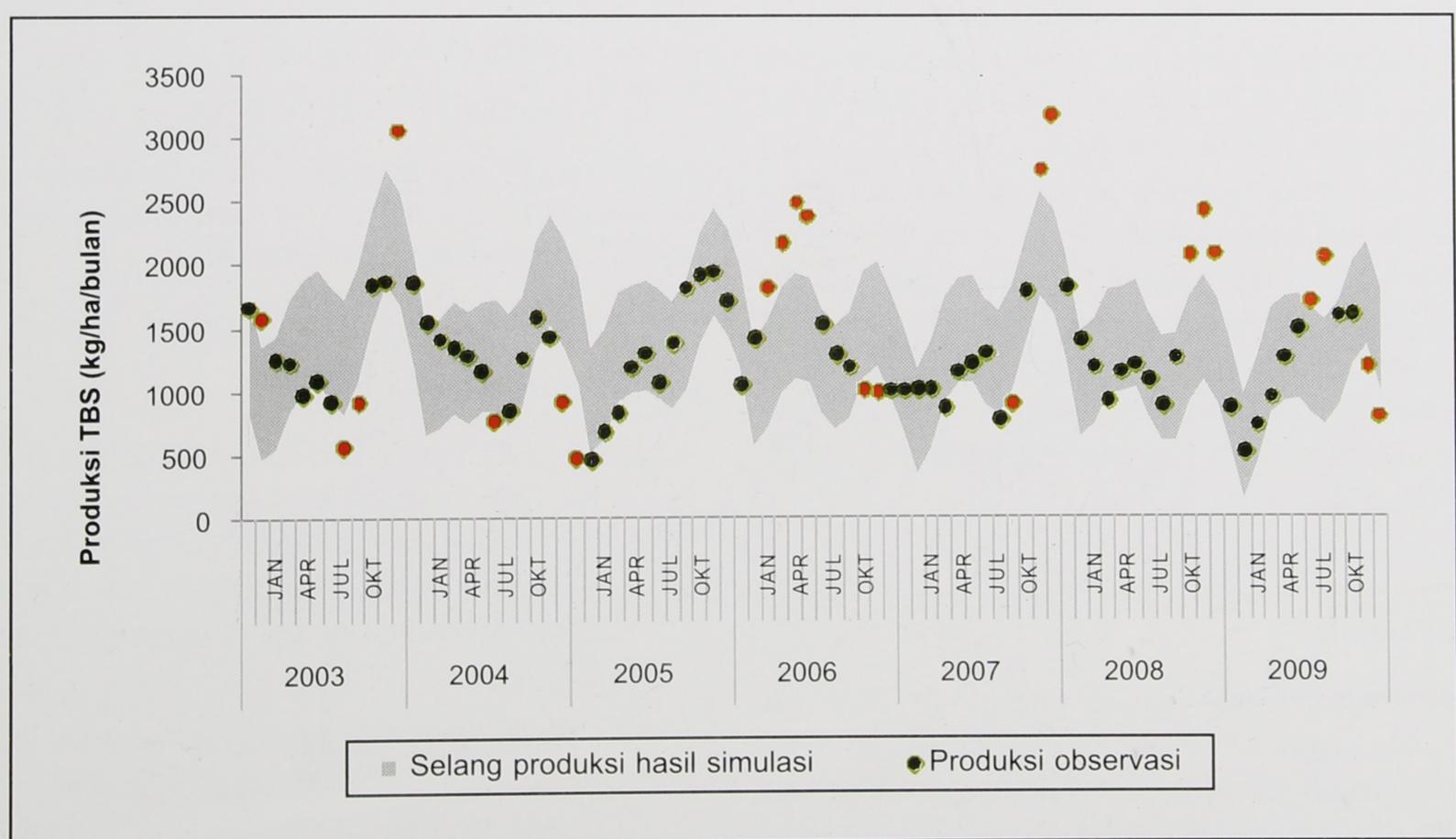


Gambar 1. Susunan input dan output pada spreadsheet

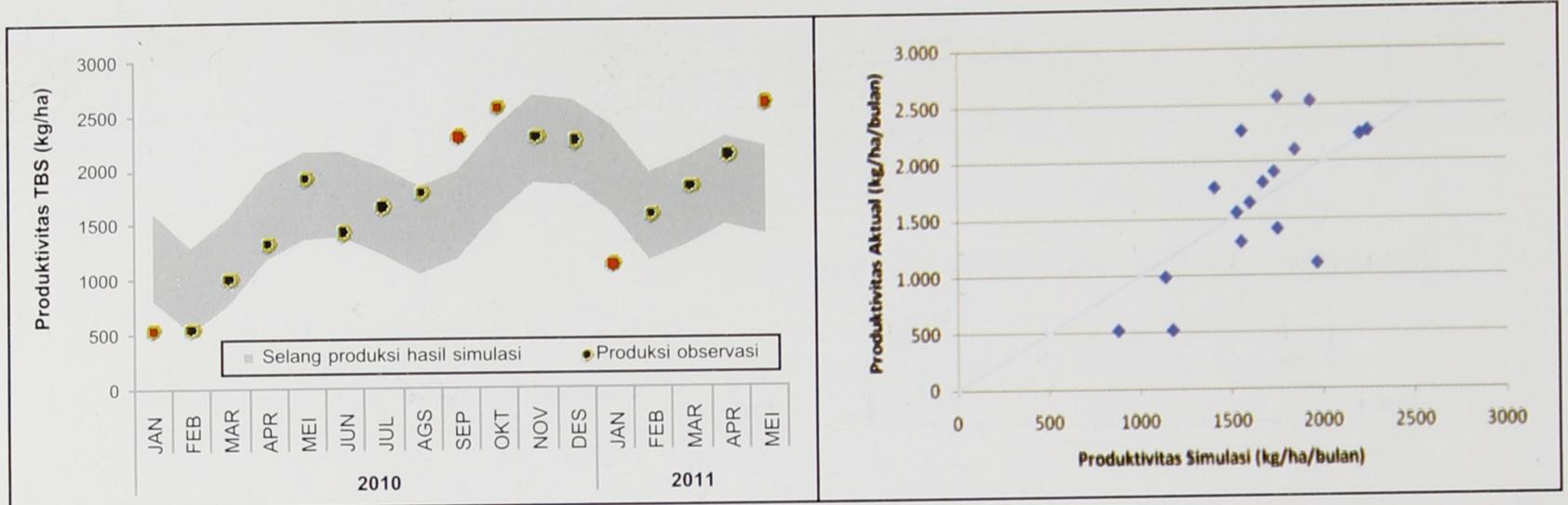
Simulasi:

Tahun Tanam :	1984	1989	1993	1995	1998	2000	2002
w(i)	0	0	0	0	0	0	0
Simulated yield	1177	1067	954	974	1199	616	873
Produksi (kg)	200	165	518	309	223	80	583
Luas areal (ha)	170	155	544	318	186	131	669
Stdev	454	505	439	468	524	354	285

Gambar 2. Formula dan simulasi dari model pendugaan produksi



Gambar 3. Perbandingan sebaran produktivitas TBS hasil simulasi dan observasi.



Gambar 4. Grafik sebaran produktivitas TBS hasil validasi (kiri); dan diagram pencar produktivitas hasil simulasi dan observasi pada grafik 1:1 (kanan).

ditangkap atau diduga oleh model simulasi yang telah disusun (Gambar 3). Hasil simulasi menghasilkan nilai rata-rata standar deviasi sebesar 417, yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data hasil simulasi terhadap hasil observasi adalah sebesar 417 kg/bulan. Hasil pengujian dengan t berpasangan antara produksi aktual dan simulasi diperoleh $t_{hitung} = 0,34$; sedangkan $t_{tabel0,01} = 2,645$. Hal ini menunjukkan bahwa hasil simulasi tidak berbeda nyata dengan produksi hasil observasi (produksi aktual) pada tingkat kepercayaan 99% karena t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} .

Selanjutnya, model divalidasi dengan menggunakan data produksi tanaman kelapa sawit yang belum digunakan untuk perumusan model, yaitu data produksi bulan Januari 2010 – Mei 2011. Hasil validasi juga menunjukkan bahwa titik-titik produksi tersebar di sepanjang garis 1:1 (Gambar 4). Hal ini juga dapat dilihat dari nilai uji t berpasangan antara produksi aktual dan simulasi yang bernilai $t_{hitung} = -1,64$; sedangkan $t_{tabel0,01} = 4,032$. Dengan demikian berarti hasil simulasi tidak berbeda nyata dengan produksi aktual pada tingkat kepercayaan 99% karena t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} .

KESIMPULAN

1. Hasil verifikasi dan validasi dari model penduga produksi kelapa sawit di Rejosari Lampung menunjukkan bahwa produksi aktual tidak berbeda nyata dengan produksi hasil simulasi karena nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$ dengan $\alpha=1\%$; $stdev = 417$.

2. Anomali suhu muka laut dapat digunakan untuk menduga produksi kelapa sawit di Rejosari, Lampung.
3. Model simulasi produksi kelapa sawit berdasarkan anomali SST dapat dilakukan dengan hasil simulasi yang tidak berbeda nyata dengan hasil observasi ($t_{hitung} < t_{tabel}$), yaitu dengan persamaan:

$$f(u) = Yt_{(i)} = a_{(i)} + b_{(i)} \ln(t_{(i)}) \exp(c_{(i)} t_{(i)}) + \epsilon_1;$$

$$\epsilon_1 = f_{(i)}(fourier) = d_{(i)} + e_{(i)} \sin(t^*) + f_{(i)} \cos(t^*) + g_{(i)} \sin 2(t^*) + h_{(i)} \cos 2(t^*) + \epsilon_2;$$

$$\epsilon_2 = \text{sisaan 2} = j_{(i)} + k_{(i)} x + \epsilon_3;$$

$$\epsilon_3 = \text{sisaan 3} = m(\epsilon_{3-1}) + \omega_{(i)}$$

keterangan: t = umur tanaman (bulan); i = tahun tanam; $t^* = 2\pi t/12$; ($t = 1, 2, \dots, 12$); x = anomali SST di Nino-3,4 lag-12 bulan; dan $\omega_{(i)}$ = white noise error

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., L.D. Gates, and F.H. Widodo. 2003. Report No. 346: Variability of Indonesian rainfall and the influence of ENSO and resolution in ECHAM4 simulations and in the reanalyses. Max-Planck-Institut für Meteorologie. Hamburg, Germany.
- ADPC. 2000. ENSO impact and potential forecast application in Indonesia. Extreme Climate Event Program, Asian Disaster Preparedness Centre, Bangkok, Thailand.

- Boer, R. and Subbiah. 2005. Agriculture drought in Indonesia. Monitoring and Predicting Agricultural Drought: A Global Study. *in* V.S. Boken, A.P. Cracknell, and R.L. Heathcote (Eds.). Oxford University Press. pp: 330-344.
- Frenkel, D. 2004. Introduction to Monte Carlo methods. Computational Soft Matter: From Synthetic Polymers to Proteins, Lecture Notes. *in* N. Attig, K. Binder, H. Grubmüller, K. Kremer (Eds.), John von Neumann Institute for Computing, Jülich. NIC Series. Vol. 23. ISBN: 3-00-012641-4, pp:29-60.
- Harahap, I.Y., Winarna, dan E.S. Sutarta. 2000. Produktivitas tanaman kelapa sawit: Tinjauan dari aspek tanah dan iklim. Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. pp:13-34.
- Harahap, I.Y. 2008. Kajian diferensiasi jenis kelamin pada pembentukan bunga kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) melalui pendekatan kuantitatif-statistik. Jurnal Penelitian Kelapa Sawit. Vol 16 (1): 47-54.
- Henson, I.E. 2005. Modelling seasonal variation in oil palm bunch production using a spreadsheet programme. Journal of Oil Palm Research. Vol 17: 27-40.
- Iriawan, N. dan S.P. Astuti. 2006. Mengolah data statistik dengan mudah menggunakan Minitab 14. Yogyakarta: Andi Offset. 470 hal. ISBN: 979-763-111-7.
- Kleijnen, J.P.C. 1995. Theory and methodology: Verification and validation of simulation models. European Journal of Operational Research. Vol 82: 145-162.
- Lubis, A.U. 2003. Kelapa sawit (*Elaeis guinense* Jacq.) di Indonesia. Edisi 2. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. ISBN: 978-979-8529-87-0. 362 hal.
- NOAA. 2011. Monthly ERSST.V3B SST Nino3.4 (5° North-5° South) (170°-120° West). <http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/nino34.mth.ascii.txt>. 19 Juni 2011.
- Smith, J.O. 2007. Mathematics of the discrete fourier transform (DFT) with audio applications, Second Edition, <http://ccrma.stanford.edu/~jos/mdfft/>, online book. 20 Februari 2010.
- Siregar, H.H. 1998. Model simulasi produksi kelapa sawit berdasarkan karakteristik kekeringan. Kasus Kebun Kelapa Sawit di Lampung [tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Shao, X. 2011. Testing for white noise inder unknown dependence and its applications to diagnostic checking for time series models. Econometric theory. Cambridge University Press. Doi: 10.1017/S0266466610000253. 32 pp.