



HUBUNGAN POLA CURAH HUJAN DAN PERFORMA TANAMAN KELAPA SAWIT DI PULAU SUMATRA DAN KALIMANTAN SELAMA EL NIÑO 2015

CORRELATION BETWEEN RAINFALL PATTERN AND OIL PALM PERFORMANCE IN SUMATRA AND BORNEO ISLAND DURING EL NIÑO 2015

Iput Pradiko, Eko N. Ginting, N.H. Darlan, Winarna, dan Hasril H. Siregar

Abstrak El Niño 2015 merupakan salah satu El Niño terkuat. Cekaman kekeringan yang disebabkan oleh El Niño 2015 akan mempengaruhi performa tanaman kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola curah hujan serta performa kelapa sawit selama El Niño 2015 khususnya di Pulau Sumatera dan Kalimantan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan Januari-Desember 2015, data *Southern Oscillation Index* (SOI) bulanan, dan performa tanaman kelapa sawit. Analisis pola curah hujan dilakukan dengan analisis korelasi Pearson (r) antara SOI dan curah hujan, sedangkan performa tanaman diamati berdasarkan kondisi morfologis tanaman. Hasil kajian menunjukkan bahwa wilayah Sumatera Bagian Selatan serta sebagian besar Kalimantan mengalami deret hari kering, bulan kering dan defisit air yang lebih tinggi berturut-turut yaitu 37-133 hari, 3-5 bulan, dan 349-524 mm. Hasil analisis pola curah hujan menunjukkan bahwa Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur secara signifikan dipengaruhi oleh kejadian El Niño 2015, dengan $r \geq +0,60$. Tanaman kelapa sawit yang berada di Sumatera bagian selatan serta sebagian besar Kalimantan mengalami cekaman kekeringan ditandai munculnya lebih dari dua daun tombak, banyak

muncul bunga jantan, malformasi tandan, pelepah sengkleh, dan pelepah lingkaran terbawah mengering.

Kata kunci : kelapa sawit, El Niño, kekeringan

Abstract *El Niño 2015 is one of the strongest El Niño. Drought stress due to El Niño could affect oil palm performances. This study was conducted to determine rainfall pattern and oil palm performance in Sumatra and Borneo Island during El Niño 2015. Data employed in this study is monthly rainfall data, Southern Oscillation Index (SOI) January-December 2015, and oil palm performances. Pearson correlation between SOI and rainfall data was used to analyze rainfall pattern, while oil palm performances were observed based on morphological conditions. Result shows that southern part of Sumatra and mostly part of Borneo suffer from more dry spell, dry month, and water deficit such as 37-133 days, 3-5 months, and 349-524 mm respectively. Analysis of rainfall pattern shows that Jambi, South Sumatra, Lampung, Central, South, and East Borneo are significantly ($r \geq +0,60$) affected by El Niño 2015. Oil palms in southern part of Sumatra and mostly part of Borneo are suffer from drought stress marked by the emergence of more than two spear fronds, appearing of many male flowers, malformations on bunches, fronds tend to hanging down, and lower fronds tend to dry.*

Keywords : oil palm, El Niño, drought

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

Iput Pradiko (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamsno No. 51 Medan, Indonesia
Email: iputpradiko@gmail.com

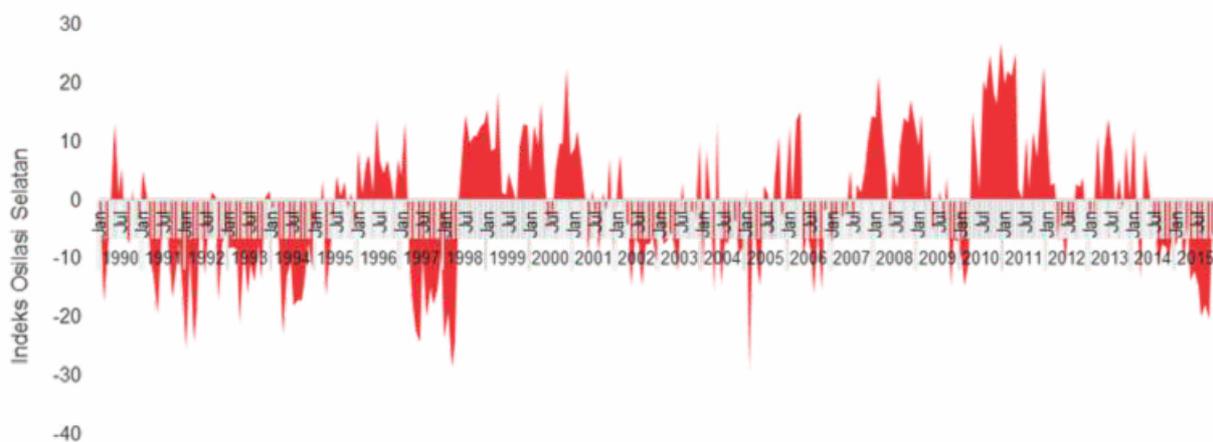
PENDAHULUAN

El Niño adalah abnormalitas iklim yang menyebabkan wilayah Pasifik Barat (Indonesia dan Australia) mengalami curah hujan di bawah normal (Tjasyono, 2009 dan Ratag, 2004). Menurut Harun *et al.* (2014), telah terjadi 10 kejadian El Niño (3 kuat, 5 moderat, dan 2 kejadian El Niño lemah) selama kurun waktu 1980-2013. El Niño yang terjadi pada tahun 2015 (El Niño 2015) disebutkan oleh banyak pihak sebagai salah satu El Niño kuat (Gambar 1). Tingkat kekuatan El Niño biasanya ditentukan berdasarkan *Southern Oscillation Index* (SOI) atau Indeks Osilasi Selatan ; yaitu jika SOI dibawah -7 berturut-turut selama 3 bulan mengindikasikan terjadinya El Niño, sedangkan nilai SOI diatas +7 berturut-turut selama 3 bulan mengindikasikan kejadian La Niña.

Menurut Siregar *et al.* (1995) dan Siregar *et al.* (2007), wilayah Indonesia yang terkena dampak El Niño adalah wilayah yang berada di bagian selatan garis khatulistiwa. Wilayah-wilayah tersebut meliputi Sumatera bagian selatan, Jawa, Kalimantan bagian selatan, Sulawesi, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, serta Papua bagian selatan. Curah hujan di bawah normal akibat El Niño dalam jangka waktu yang panjang (lebih dari 3 bulan) dapat menyebabkan bencana kekeringan/*drought* (Yulihastin *et al.*, 2009). Selain menyebabkan kekurangan air di lahan pertanian maupun perkebunan, kekeringan panjang juga menjadi salah

satu penyebab kebakaran hutan dan lahan yang menyebabkan gangguan asap khususnya di Sumatera dan Kalimantan (Fuller *et al.*, 2006 dan Wooster *et al.*, 2012).

Dalam kaitannya dengan usaha perkebunan kelapa sawit, cekaman kekeringan dan gangguan asap akan mempengaruhi performa tanaman kelapa sawit. Hal ini karena tanaman kelapa sawit memerlukan curah hujan sebagai sumber air utama dan cahaya matahari untuk mendukung pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitasnya. Curah hujan yang optimal bagi tanaman kelapa sawit adalah 1.700-3.000 mm/tahun (Siregar *et al.*, 1997). Sementara itu, lama penyinaran minimal yang dibutuhkan tanaman kelapa sawit yaitu sebesar 4 jam/hari (Siregar *et al.*, 1997; Verheye, 2010). Oleh karena itu, defisit air akibat kemarau panjang dan tingkat radiasi matahari yang berkurang akibat gangguan asap dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit. Berdasarkan hasil penelitian, cekaman kekeringan dapat menyebabkan penurunan laju pembelahan sel, menurunkan laju penyerapan CO₂, penyerapan hara, fotosintesis, dan produktivitas (Gardner *et al.*, 2008; Palupi dan Dedywiyanto, 2008; Lakitan, 2012; Bakoume *et al.*, 2013; Cha-um *et al.*, 2013; dan Syarovy *et al.*, 2015). Sementara itu, gangguan asap dapat menyebabkan penurunan rendemen minyak (Caliman and Southworth, 1998; Siregar *et al.*, 1999).



Gambar 1. Indeks Osilasi Selatan (sumber : www.bom.gov.au)

Figure 1. Southern Oscillation Index (sumber : www.bom.gov.au).

Hingga saat ini, kajian mengenai pengaruh El Niño terhadap kondisi curah hujan di Indonesia telah banyak dilakukan antara lain oleh Mulyana (2002), Tjasyono (2008), Gustari (2009), Gusmira (2013), serta Yuggotomo dan Ihwan (2014). Namun demikian, informasi mengenai pola curah hujan (bulan kering, deret hari terpanjang tidak hujan / *dry spell*, dan defisit air lahan) khususnya di wilayah sentra-sentra perkebunan kelapa sawit selama terjadi El Niño belum banyak dipublikasikan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pola curah hujan serta performa kelapa sawit selama El Niño 2015. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan mengenai wilayah sentra perkebunan kelapa sawit yang rentan terkena dampak kekeringan akibat fenomena El Niño.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada wilayah-wilayah sentra penanaman kelapa sawit di Sumatera dan Kalimantan, yaitu : Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara (Ditjenbun, 2014). Pengamatan performa tanaman kelapa sawit (kondisi morfologis) dilakukan di beberapa kebun kelapa sawit di wilayah kajian pada Agustus-November 2015; Aceh (7 kebun), Sumatera Utara (33 kebun), Sumatera Barat (4 kebun), Riau (20 kebun), Jambi (8 kebun), Sumatera Selatan (7 kebun), Bengkulu (1 kebun), Lampung (3 kebun), Kalimantan Barat (9 kebun), Kalimantan Tengah (3 kebun), Kalimantan Selatan (3 kebun), Kalimantan Timur (5 kebun), dan Kalimantan Utara

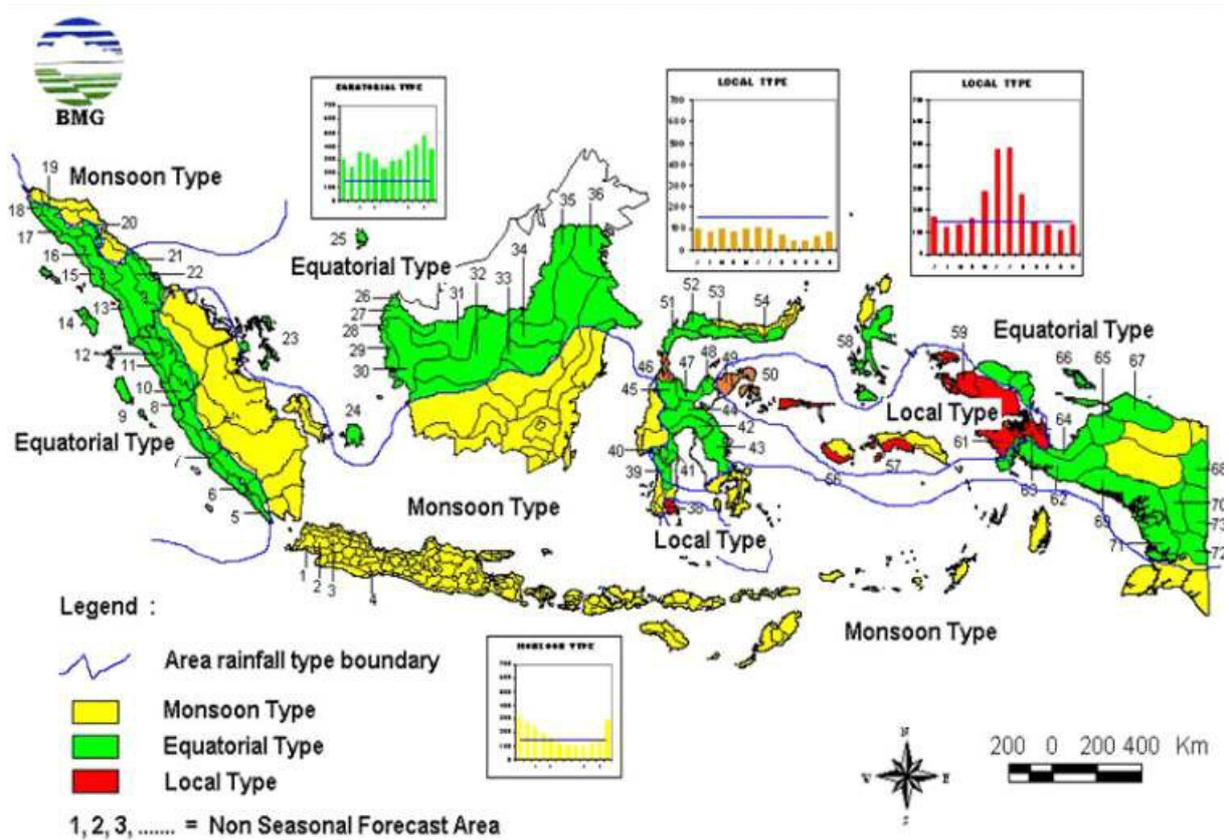
(1 kebun). Pengamatan dilakukan dengan cakupan minimal 75% dari luas total kebun.

Data curah hujan Januari-Desember 2015 diperoleh dari situs *website* <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdodata.cmd> yang dikelola oleh *National Environmental Satellite, Data, and Information Services* (NESDIS) Amerika, data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) setempat, serta data penakar hujan di kebun kelapa sawit. Data curah hujan harian diolah menggunakan Ms. Excel 2013 untuk memperoleh jumlah bulan kering serta deret hari terpanjang tidak hujan (*dry spell*). Sementara itu, nilai defisit air dihitung menggunakan Metode Tailliez (1973).

Untuk mengetahui pengaruh El Niño 2015 terhadap pola curah hujan di wilayah kajian, maka dilakukan analisis korelasi Pearson / r (Persamaan 1) antara data curah hujan bulanan dan *Southern Oscillation Index* (SOI) pada tahun 2015. Data indeks SOI bulanan diperoleh dari *website* http://www.bom.gov.au/climate/enso/iod_1.txt. Nilai $r = 1$ menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat, sedangkan nilai $r = (-1)$ menunjukkan korelasi negatif/berlawanan yang sangat kuat antara kejadian El Nino dan curah hujan di wilayah kajian (Apriyana dan Kailaku, 2015).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Keterangan : y_i = curah hujan bulan ke- i ;
 x_i = indeks SOI bulan ke- i ; n = jumlah data.



Gambar 2. Peta sebaran pola curah hujan Indonesia (sumber : BMKG, 2015).

Figure 2. Map of rainfall distribution in Indonesia (source: BMKG, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi umum curah hujan wilayah kajian

Secara umum, keragaman iklim di Indonesia disebabkan oleh tiga sirkulasi yaitu sirkulasi Walker, Hadley, dan lokal. Sirkulasi Walker dapat dilihat pada kejadian IOD di Samudera Hindia maupun ENSO di Samudera Pasifik. Sirkulasi Hadley dapat dilihat pada proses sirkulasi angin monsun. Sementara itu, sirkulasi lokal dapat dilihat perannya pada pembentukan hujan konvektif yang dipengaruhi kondisi topografi lokal (Harijono, 2008). Berdasarkan pola hujan tahunannya, wilayah di Indonesia dapat dibagi menjadi tiga kelompok wilayah pola curah hujan yaitu; pola monsonal, ekuatorial, dan lokal (Aldrian, 2008). Pola curah hujan ekuatorial (memiliki dua puncak curah hujan), pola curah hujan monsonal

(memiliki satu puncak curah hujan) sangat terpengaruh oleh sirkulasi angin monsun, sedangkan pola curah hujan lokal dipengaruhi oleh kondisi topografi seperti gunung, lautan, dan sebagainya (Tukidi, 2010).

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa pola curah hujan ekuatorial terdapat di wilayah Sumatera Utara; sepanjang pantai barat Sumatera; Kalimantan bagian utara; Sulawesi bagian utara, tengah dan tenggara; Maluku bagian selatan, serta Papua bagian tengah. Pola curah hujan lokal terdapat di sebagian kecil Sulawesi, Maluku, dan Papua, sedangkan pola curah hujan monsonal terdapat di Sumatera bagian selatan, Kalimantan bagian selatan, Papua bagian selatan, serta Jawa, Bali, NTT, NTB, dan pulau-pulau kecil disekitarnya.

Bulan kering, *dry spell*, dan defisit air selama El Niño 2015

Bulan kering (bulan dengan CH < 60 mm), *dry spell*, dan defisit air di wilayah kajian ditampilkan pada Gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa wilayah Sumatera bagian selatan terutama yang terletak di pantai timur yaitu Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung mengalami *dry spell* dan bulan kering yang lebih panjang serta defisit air yang lebih tinggi dibandingkan wilayah Sumatera lainnya. Disisi lain, wilayah Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur yang mengalami *dry spell* dan bulan kering yang lebih panjang serta defisit air yang lebih tinggi dibandingkan wilayah Kalimantan lainnya.

Menurut Khomarudin *et al.* (2001), wilayah-wilayah tersebut, kecuali Riau, Jambi, dan Kalimantan Timur; merupakan wilayah yang memiliki tipe hujan monsonal yang dipengaruhi oleh sirkulasi angin muson. Sementara itu, wilayah Riau dan Jambi memiliki tipe hujan ekuatorial. Pada wilayah dengan tipe hujan monsonal, terdapat periode kering yaitu pada Juni-Agustus. Menurut Tukidi (2010), tipe hujan ekuatorial cenderung memiliki periode kering yang pendek dan lebih dipengaruhi oleh pergerakan zona konvergensi yang dikenal dengan *Inter-tropical Convergence Zone* (ITCZ). Namun demikian, periode kering tersebut tidaklah sama setiap tahunnya, karena sirkulasi angin monsun juga berinteraksi dengan faktor lain seperti ENSO maupun IOD (Fadholi, 2013). Berdasarkan hasil penelitian Tjasyono *et al.* (2008), fenomena ENSO negatif (El Nino) dan IOD positif dapat menyebabkan penurunan curah hujan tahunan dan curah hujan periode Juni-Juli-Agustus (JJA) dan September-Oktober-November (SON).

Korelasi antara SOI dan pola curah hujan

Berdasarkan hasil analisis korelasi Pearson (r), dapat diketahui bahwa pola curah hujan wilayah yang secara signifikan dipengaruhi oleh kejadian El Niño 2015, dengan $r \geq +0,60$ (Mulyana, 2002); adalah Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur (Gambar 4). Secara umum, El Niño 2015 secara signifikan mempengaruhi pola curah hujan di bagian selatan Pulau Sumatera dan bagian tengah, timur dan selatan Kalimantan. Oleh karena itu, dapat

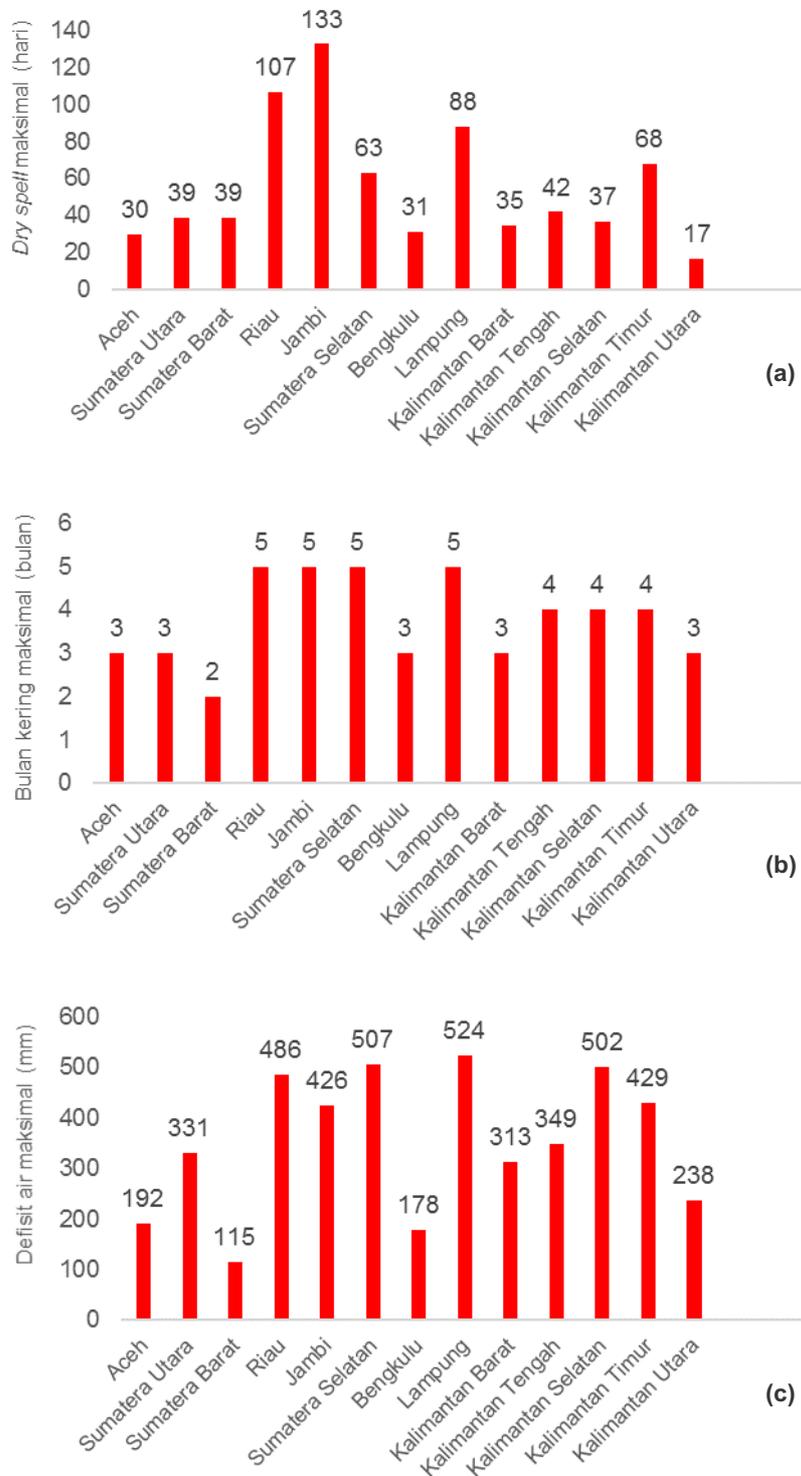
disimpulkan bahwa kejadian El Niño 2015 (penurunan indeks SOI) secara signifikan menyebabkan penurunan curah hujan pada wilayah-wilayah tersebut.

Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian Mulyana (2002), Gustari (2009), Gusmira (2013) menyatakan bahwa wilayah Sumatera bagian utara tidak terpengaruh ENSO. Mulyana (2002) menambahkan bahwa El Niño secara nyata menurunkan curah hujan di sebagian besar wilayah Kalimantan khususnya pada periode September-Oktober-November (SON). Disisi lain, wilayah pantai barat Sumatera, khususnya Sumatera Barat lebih dipengaruhi oleh *Indian Oscillation Dipole* (IOD). Irkhos dan Sutarno (2008) juga menyatakan bahwa wilayah Bengkulu tidak secara kuat dipengaruhi oleh fenomena ENSO. Faktor yang menyebabkan pengaruh ENSO tidak signifikan di pantai barat Sumatera adalah adanya pengaruh konvektif lokal dan efek orografik yang disebabkan oleh kondisi topografi pegunungan di daerah tersebut (Kozu *et al.*, 2006).

Performa tanaman kelapa sawit

Menurut Siregar *et al.* (2006), cekaman kekeringan pada tanaman kelapa sawit akan terjadi apabila terdapat salah satu dari parameter-parameter ini terpenuhi: curah hujan (CH) kurang dari 1250 mm/tahun, defisit air di lahan lebih dari 200 mm/tahun, terjadi bulan kering lebih dari 3 bulan, serta deret hari terpanjang tidak hujan (*dry spell*) lebih dari 20 hari. Berdasarkan pengamatan lapangan, diketahui bahwa sebagian besar tanaman kelapa sawit mengalami cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan pada tanaman kelapa sawit ditandai dengan munculnya lebih dari dua daun tombak, banyak muncul bunga jantan, malformasi tandan, pelepah sengkleh, dan pelepah lingkaran terbawah mengering (Tabel 1).

Kondisi tersebut sejalan dengan beberapa hasil penelitian terdahulu, yang menyatakan bahwa cekaman kekeringan dapat menyebabkan laju produksi pelepah daun menurun, menurunkan nilai *sex ratio* dan jumlah tandan buah, meningkatkan tingkat aborsi / gugur bunga dan gagal tandan (Siregar *et al.*, 1995; Rizal dan Tsan, 2007; Bakoume *et al.*, 2013). Selain itu, secara umum hasil penelitian ini sesuai dengan hasil kajian Siregar *et al.* (1995) yang menyatakan bahwa cekaman kekeringan pada tanaman kelapa sawit dapat dibagi menjadi beberapa stadia berdasarkan tingkat defisit air yang



Gambar 3. (a) Kondisi *dry spell* (b) bulan kering dan (c) defisit air maksimal di Pulau Sumatera dan Kalimantan selama El Niño 2015.

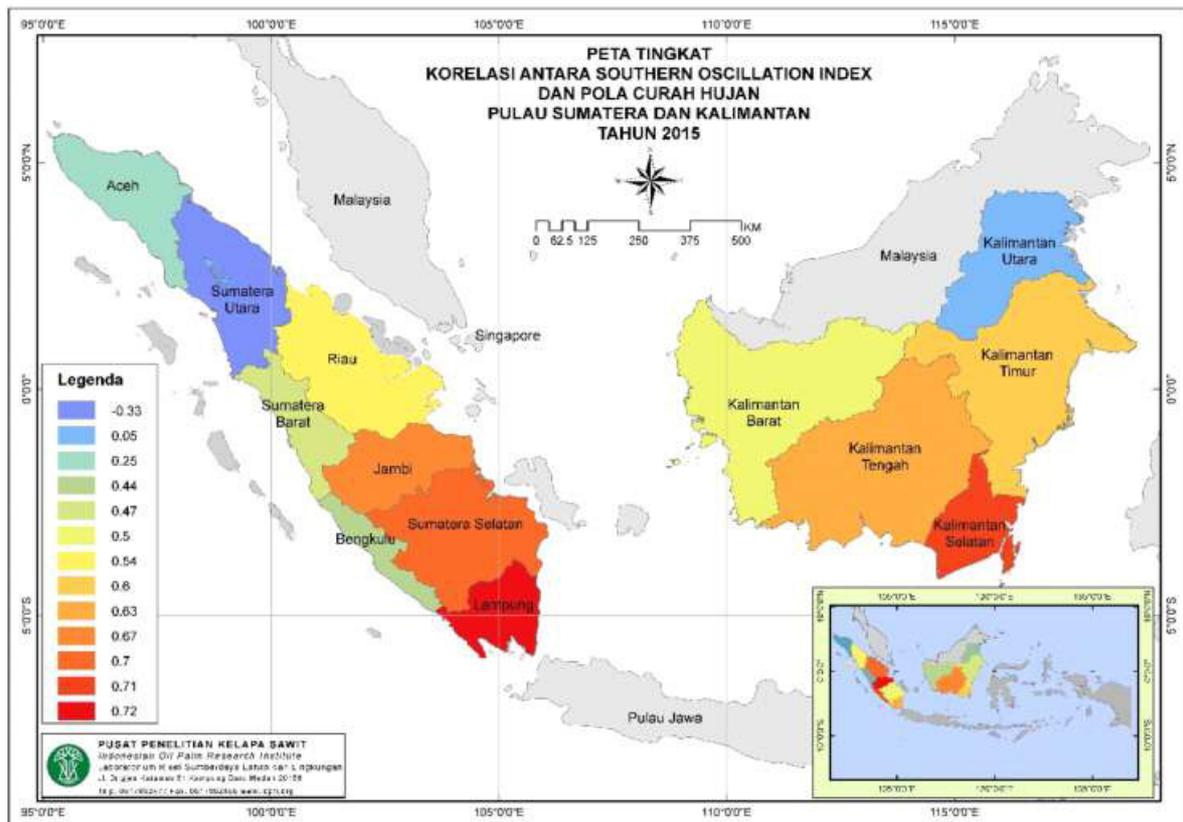
Figure 3. (a) *Dry spell* (b) *dry month* (c) *maximum water deficit* in Sumatra and Kalimantan during El Niño 2015.

terjadi (Tabel 2). Semakin besar nilai defisit air, maka akan semakin banyak jumlah daun tombak dan pelepah yang patah.

Namun demikian, tingkat kerentanan tanaman kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan berbeda-beda tergantung pada umur tanaman, kondisi tanah, serta kultur teknis yang diterapkan. Menurut hasil kajian dan simulasi cekaman kekeringan berdasarkan parameter *dry spell* yang dikembangkan di Lampung, cekaman kekeringan yang sangat parah (*dry spell* > 80 hari) dapat menyebabkan penundaan panen pada tanaman muda. Menurut Pradiko *et al.* (2016) berdasarkan studi kasus di Sumatera Utara, urutan kerentanan terhadap cekaman kekeringan adalah sebagai berikut : tua > dewasa > remaja > muda. Lebih lanjut, Harahap dan Latif (1998) menjelaskan bahwa proses *recovery* / pemulihan pada tanaman muda lebih

cepat dibandingkan tanaman yang lebih tua, sehingga performa dan tingkat produktivitas akan segera pulih jika ditangani dengan tepat.

Untuk mengurangi dampak cekaman kekeringan, perlu dilakukan langkah teknis pasca kekeringan antara lain melalui aplikasi pemupukan tepat waktu segera setelah kekeringan berakhir yaitu apabila curah hujan > 150 mm/bulan atau telah turun hujan 50 mm/10 hari (Siregar *et al.*, 2006), pelaksanaan pemupukan pada Semester I (SM-I) tahun setelah kekeringan dilaksanakan lebih awal (Februari – Maret) dengan proporsi pupuk 65% di SM-I dan 35% di SM-II, aplikasi bahan organik (Freidrich, 2011), pengendalian gulma tidak secara *blanket* untuk menjaga kelembaban tanah (Lubis, 2008), serta pembuatan bangunan konservasi tanah dan air seperti rorak, embung, maupun guludan (Murti Laksono *et al.*, 2011).



Gambar 4. Peta tingkat korelasi antara *Southern Oscillation Index* dan pola curah hujan di Pulau Sumatera dan Kalimantan selama El Niño 2015.

Figure 4. Map of correlation level between *Southern Oscillation Index* and rainfall pattern in Sumatra and Kalimantan during El Niño 2015.

Tabel 1. Performa tanaman di beberapa kebun selama El Niño 2015

| Wilayah observasi | Defisit air lahan | Daun tombak * | Pelepah sengkleh * |
|--------------------|-------------------|---------------|--------------------|
| Aceh | 192 | 0-1 | 0-4 |
| Sumatra Utara | 331 | 0-1 | 0-4 |
| Riau | 486 | 1-3 | 2-8 |
| Sumatra Barat | 115 | 0-1 | 0-2 |
| Jambi | 426 | 1-4 | 4-14 |
| Sumatra Selatan | 507 | 1-4 | 4-14 |
| Bengkulu | 178 | 0-1 | 0-2 |
| Lampung | 524 | 3-6 | 4-24 |
| Kalimantan Barat | 313 | 0-1 | 0-4 |
| Kalimantan Tengah | 349 | 1-2 | 0-4 |
| Kalimantan Selatan | 502 | 3-6 | 4-24 |
| Kalimantan Timur | 429 | 3-5 | 4-16 |
| Kalimantan Utara | 238 | 0-1 | 0-2 |

*pengamatan dilakukan dengan melihat minimal 75% luasan kebun sampel

Tabel 2. Kriteria dan klasifikasi tingkat kekeringan tanaman kelapa sawit (dimodifikasi dari Siregar *et al.*, 1995).

| Stadia | Defisit Air (mm/tahun) | Jumlah daun tombak* | Jumlah pelepah tua dan patah** |
|--------|------------------------|---------------------|--------------------------------|
| I | 200-300 | 3-4 | 1-8 |
| II | 300-400 | 4-5 | 8-12 |
| III | 400-500 | 4-5 | 12-16 |
| IV | > 500 | 4-5 | 12-16 |

* Pelepah daun muda (pupus) mengumpul/tidak membuka pada TBM dan TM, serta dapat patah pada stadia IV

** Pelepah daun tua patah (sengkleh) dan mengering pada TM

KESIMPULAN

Pola curah hujan wilayah Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur secara signifikan ($r \geq +0,60$) dipengaruhi oleh kejadian El Niño 2015. Sebagian besar tanaman kelapa sawit di Sumatera bagian selatan serta sebagian besar Kalimantan mengalami cekaman kekeringan ditandai dengan munculnya lebih dari dua daun tombak, banyak

muncul bunga jantan, malformasi tandan, pelepah sengkleh, dan pelepah lingkaran terbawah mengering.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada perusahaan perkebunan kelapa sawit di wilayah kajian dan semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. 2008. Meteorologi Laut Indonesia. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Apriyana, Y. dan T.E. Kailaku. 2015. Variabilitas iklim dan dinamika waktu tanam padi di wilayah pola hujan monsun dan equatorial. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia 1 (2), April 2015 : 366-372.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). 2015. <http://klastik.wordpress.com/2006/12/03/pola-umum-curah-hujan-di-Indonesia>. Diakses pada tanggal 20 Oktober 2015.
- Bakoume, C., N. Shahbudin, Yacob S., Siang C. S., and Thambi M. N. A. 2013. Improved method for estimating soil moisture deficit in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) a with limited climatic data. *Journal of Agricultural Science* 5(8) : 57 – 65.
- Caliman, J.P. and A. Southworth. 1998. Effect of drought and haze on the performance of oil palm. Proc. International Oil Palm Conference, IOPRI, Medan. 250-274.
- Cha-um S., N. Yamada, T. Takabe, and C. Kirdmanee. 2013. Physiological feature and growth characters of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in response to reduced water deficit and rewatering. *Australian Journal of Crop Science* 7(3): 432-439.
- Ditjenbun. 2014. Statistik perkebunan Indonesia 2013-2015: Kelapa Sawit.
- Fadholi, A. 2013. Studi dampak El Nino dan Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap curah hujan di Pangkalpinang. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 11(1) : 43-50.
- Freidrich, T. 2011. Conservation Agriculture for Climate Change Adaptation in East Asia and the Pacific. FAO-WB Expert Group Meeting, Rome.
- Gusmira, Eva. 2013. Karakterisasi curah hujan di Sumatera Barat dengan menggunakan NCEP/NCAR Reanalysis. *Edu – Physic* 4 : 25-38.
- Fuller, D.O. and K. Murphy. 2006. The ENSO-Fire Dynamic in Insular Southeast Asia. *Climatic Change* 74 (4) : 435-455. DOI : 10.1007/s10584-006-0432-5.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchel. 2008. Fisiologi Tanaman Budidaya. Diterjemahkan oleh Susilo, H. UI-Press, Jakarta.
- Gusmira, Eva. 2013. Karakterisasi curah hujan di Sumatera Barat dengan menggunakan NCEP/NCAR Reanalysis. *Edu – Physic* 4 : 25-38.
- Gustari, Indra. 2009. Analisis curah hujan Pantai Barat Sumatera Bagian Utara periode 1994-2007. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 10 (1) : 29 – 38.
- Harahap I.Y. dan S. Latif. 1998. Model pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan dan hasil kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 6 (1) : 19-38.
- Harijono, S.W.B. 2008. Interaksi Fenomena El Nino dan Dipole Mode Secara Simultan Serta Monsoon Musim Panas India Terhadap Variabilitas Curah Hujan Di Sumatera Bagian Utara. Institut Teknologi Bandung.
- Harun M.H., M.R. Md Noor, A.A. Razak, N. Kamarudin, R. Abdullah. 2014. Impact of El Nino on oil palm yield in Malaysia. [terhubung berkala] <http://www.met.gov.my> (10 Juni 2016).
- Irkhos dan Sutarno M. 2008. Pengaruh anomali suhu muka laut (SML) Samudera Pasifik terhadap curah hujan Provinsi Bengkulu. *Exacta VI* (1) : 136-141.
- Khomarudin, M.R., Parwati, dan W. Dalimunthe. 2001. Analisis pola hujan bulanan dengan data *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) untuk menentukan kandungan air lahan pertanian. *Warta LAPAN* 3(2) : 56-64.
- Kozu, T., Reddy, K.K., Mori, S., Thurai, M., Ong, J.T., Rao, D.N., and Shimomai, T. 2006. Seasonal and diurnal variation of raindrop size distribution in asian monsoon region. *Journal Of The Meteorology Society Of Japan*, 84A : 195-209.
- Lakitan, B. 2012. Dasar-dasar fisiologi tumbuhan. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

- Lubis, A. U. 2008. Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Indonesia Edisi 2. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Mulyana, E. 2002. Hubungan antara ENSO dengan variasi curah hujan di Indonesia. *urnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 3(1) : 1-4.
- Murti Laksono, K., W. Darmosarkoro, E.S. Sutarta, H.H. Siregar, Y. Hidayat, and M.A. Yusuf. 2011. Feasibility of soil and water conservation techniques on oil palm plantation. *Journal of Agricultural Science* 33(1).
- Palupi, E.R. dan Y. Dedywiyanto. 2008. Kajian karakter ketahanan terhadap cekaman kekeringan beberapa genotipe bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Buletin Agronomi* 36 (1) : 24-32.
- Pradiko, I., N.H. Darlan, dan H.H. Siregar. 2016. Kajian anomali iklim terhadap penurunan produksi kelapa sawit di Sumatra Utara. *WARTA PPKS* 23 (1).
- Ratag, M.A. 2004. Pengembangan dan uji validasi model iklim berbasis transformasi wavelet. Materi Pelatihan Teknik Prakiraan Berbasis Transformasi Wavelet. BMG. Jakarta.
- Rizal, A.R. and F.Y. Tsan. 2007. Rainfall impact on oil palm production and OER at FELDA Triang 2. [terhubung berkala] <http://www.ipicex.com> (27 November 2013).
- Siregar, H.H., A. Purba, E. Syamsuddin, dan Z. Poeloengan. 1995. Penanggulangan kekeringan pada tanaman kelapa sawit. *Warta PPKS* 3(1):9-13.
- Siregar, H.H., R. Adiwiganda, dan Z. Poeloengan. 1997. Pedoman pewilayahan agroklimat komoditas kelapa sawit. *Warta PPKS* 5(3): 109-113.
- Siregar H.H., Edy Sigit Sutarta dan Z. Poeloengan. 1999. Kontribusi penyimpangan iklim terhadap keragaan kelapa sawit. Makalah disajikan pada Kongres IV dan Simposium PERHIMPI di Bogor, 18-20 Oktober 1999.
- Siregar, H.H., E. Syamsuddin, W. Darmosarkoro, dan N.H. Darlan. 2006. Kebakaran dan Asap pada Lahan Kelapa Sawit. *Seri Buku Saku* 26. Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Siregar, H.H., I.Y. Harahap, dan N.H. Darlan. 2007. Dampak musim kemarau panjang dan kekeringan terhadap Pertanaman Kelapa Sawit. Makalah disampaikan dalam Seminar GAPKI Sumsel, 2 Agustus 2007.
- Syarovy, M., E.N. Ginting, dan H. Santoso. 2015. Respon morfologi dan fisiologi tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap cekaman air. *Warta PPKS* 20 (2): 77 – 85.
- Tailiez, B.J. 1973. Perhitungan defisit air. *Bulletin BPPM*, 4(4) : 145-148
- Tukidi. 2010. Karakter curah hujan di Indonesia. *Jurnal Geografi* 7 (2).
- Tjasyono, B.H.K. 2009. Meteorologi Indonesia 1 : karakteristik dan sirkulasi atmosfer. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Tjasyono, B., Ruminta, A. Lubis, S.W. Harijono, dan I. Juaeni. 2008. Dampak variasi temperatur Samudera Pasifik dan Hindia Ekuatorial terhadap curah hujan di Indonesia. *Jurnal Sains dan Dirgantara* : 83-95.
- Verheye, W. 2010. Growth and Production of Oil Palm. In: Verheye, W. (ed.), *land use, land cover and soil sciences. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, UNESCO-EOLSS Publishers, Oxford, UK. [terhubung berkala] <http://www.eolss.net> (8 Oktober 2013).
- Yuggotomo, M.E. dan A. Ihwan. 2014. Pengaruh fenomena *El Niño Southern Oscillation* dan *Dipole Mode* terhadap curah hujan di Kabupaten Ketapang. *POSITRON*, Vol. IV, No. 2 (2014), Hal. 35 – 39.
- Yulihastin, E., N. Febrianti, dan Trismidianto. 2009. Impacts of El Niño and IOD on the Indonesian climate. *LAPAN : Indonesia*.