DAMPAK *EL-NINO* TAHUN 2015 TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KARET (*Hevea Brasiliensis*) DI KEBUN PERCOBAAN BALAI PENELITIAN SEMBAWA

THE EFFECT OF EL-NINO 2015 ON THE RUBBER PLANT (Hevea Brasiliensis) GROWTH IN THE EXPERIMENTAL FIELD SEMBAWA RESEARCH CENTRE

Jamin Saputra^{1,*}, Charlos Togi Stevanus¹, dan Andi Nur Cahyo¹

¹Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet

Jalan Raya Palembang - Pangkalan Balai KM 29, PO BOX 1127 Palembang 30001

*E-mail: jamincomsu@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article history

Received date:

21 November 2015

Received in revised form date:

28 March 2016

Accepted date:

2 May 2016

Available online date:

31 May 2016

Abstract

Dry season characteristic is one of the factors affecting rubber plant growth. Climate anomalies such as El-Nino and La-Nina events could affect dry season characteristics in many areas in Indonesia. Therefore climate anomaly event such as El-Nino could prolonged the dry season and affect the rubber plant growth in Indonesia. La-Nina and El-Nino events can be predicted by Southern Oscillation Index (SOI). Continued positive SOI value indicates La-Nina climate anomaly and continued negative SOI value indicates El-Nino climate anomaly. This research was aimed to determine the effect of El-Nino climate anomaly in 2015 that causing prolonged dry season on the growth of PB 260 clone in Sembawa Research Centre Experimental Field, South Sumatra. This research was conducted by comparing the growth of PB 260 clone during wet season and prolonged dry season. SOI data were provided by Australian Bureau of Meteorology. The results shows that under condition of 2015 El-Nino phenomenon, the growth rate of PB260 clone was significantly decreased by 65% compared with the rate of 2014. To minimize the effect of El-Nino on the growth of rubber clone, some options could be done such as by selecting appropriate clone and location for the rubber clone plantation, by water conservation, and applying K fertilization with double dosage.

Keywords: El-Nino, Rubber plant growth, PB 260 clone

Kata kunci:

El-Nino

Pertumbuhan tanaman karet
klon PB 260

Abstrak

Sifat musim kemarau merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman karet. Anomali iklim seperti kejadian *El-Nino* dan *La-Nina* dapat berpengaruh terhadap sifat musim kemarau di berbagai daerah di Indonesia. Oleh sebab itu kejadian anomali iklim, terutama *El-Nino*, dapat menyebabkan musim kemarau lebih panjang, yang akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karet. Kejadian *El-Nino* dan *La-Nina* dapat diprediksi dengan Indeks Osilasi Selatan atau *Southern Oscillation Index* (SOI). Nilai SOI positif yang berkelanjutan menunjukkan anomali iklim *La-Nina*, sedangkan nilai SOI negatif yang berkelanjutan menunjukkan *El-Nino*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh anomali iklim *El-Nino* pada tahun 2015 yang menyebabkan kemarau panjang terhadap pertumbuhan tanaman karet klon PB 260 di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa, Sumatera Selatan. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan pertumbuhan tanaman karet klon PB 260 pada saat musim hujan dan pada saat musim kemarau panjang. Data SOI diperoleh dari *Australian Bureau of Meteorology*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi *El-Nino* pada tahun 2015 di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa, klon PB 260 mengalami penurunan pertumbuhan yang cukup signifikan yaitu sebesar 65% bila dibandingkan dengan tahun 2014. Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak *El-Nino* terhadap pertumbuhan tanaman karet adalah memilih lokasi dan klon karet yang sesuai, konservasi air, dan pemupukan ekstra K sebanyak dua kali dosis.

PENDAHULUAN

Penelitian dan pengalaman selama beberapa dekade terakhir menunjukkan bahwa *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) merupakan salah satu faktor penting yang menyebabkan terjadinya variasi curah hujan di banyak negara. ENSO merupakan satu fenomena dimana suhu laut Pasifik Tengah dan Timur meningkat yang menyebabkan berkurangnya curah hujan di Indonesia dan banyak negara lain. Kebalikannya adalah fenomena *La-Nina* yang mengakibatkan meningkatnya curah hujan di Indonesia (Meinke *et al.* 2001; Nicholls 1991 dalam Wijaya, Cahyo, dan Ardika 2011).

Fenomena *El-Nino* dan *La-Nina* dapat diprediksi dengan melihat nilai SOI (*Southern Oscillation Index*) yang dikeluarkan

oleh *Australian Bureau of Meteorology* (Gambar 1). Nilai SOI berkaitan dengan variasi curah hujan, sehingga sering dipakai untuk memprediksi curah hujan. Nilai SOI yang positif secara kontinu menunjukkan akan terjadi anomali iklim *La-Nina* dan nilai SOI yang negatif menunjukkan *El-Nino*. Sebagai contoh nilai SOI selama tahun 2010 bernilai positif. Pada tahun yang sama, curah hujan di Balai Penelitian Sembawa meningkat menjadi sebesar 3.896 mm/tahun dibandingkan pada tahun 2009 yang hanya 2.403 mm/tahun. Sebaliknya pada tahun 2014 dan berlanjut sampai tahun 2015 nilai SOI negatif sehingga curah hujan tahun 2014 hanya 1.848 mm/tahun. Sementara itu, pada tahun 2015, curah hujan hanya 1.775 mm/tahun.

Gambar 1. Pola sebaran SOI bulanan pada tahun 2008 – 2015

Sumber : (Australian Bureau of Meteorology 2016)

Menurut Etherington (1982), cekaman air dapat mempengaruhi proses-proses fisiologis seperti perkecambahan biji, penyerapan air dan hara, fotosintesis dan pertumbuhan tanaman, respirasi, translokasi dan perubahan-perubahan biokimia dalam sel, meningkatkan sintesis asam absisik dan proline serta menghambat sintesis asam amino dan menurunkan aktivitas enzim nitrat reduktase.

Menurut Wijaya (2008), daerah dengan rata-rata curah hujan tahunan

1.500 - 3.000 mm/tahun dan bulan kering 0-2 bulan/tahun merupakan daerah dengan kesesuaian iklim S1 (sangat sesuai) untuk tanaman karet, sedangkan untuk daerah yang rata-rata curah hujan tahunan 1.500 - 3.000 mm/tahun dan bulan kering 3-4 bulan/tahun merupakan daerah dengan kesesuaian iklim S2 (cukup sesuai) untuk tanaman karet. Penurunan kelas kesesuaian lahan tanaman karet dari S1 menjadi S2 pada kondisi bulan kering yang lebih panjang akan berdampak terhadap penurunan

laju pertumbuhan tanaman. Jumlah dan distribusi curah hujan bervariasi dari tahun ke tahun merupakan penyebab fluktuasi produksi dan juga telah diketahui bahwa pertumbuhan tanaman berkaitan erat dengan kebutuhan air tanaman untuk transpirasi (Gregory 1984 dalam Thomas, Grist, dan Menz 2000).

Menurut Lasminingsih (2010) Klon PB 260 merupakan klon yang sesuai untuk daerah yang basah dan kering. Namun Gregory (1984) dalam Thomas, Grist, and Menz (2000) melaporkan bahwa jumlah dan distribusi curah hujan bervariasi dari tahun ke tahun merupakan penyebab fluktuasi produksi dan juga telah diketahui bahwa pertumbuhan tanaman berkaitan erat dengan kebutuhan air tanaman untuk transpirasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh anomali iklim *El-Niño* yang menyebabkan kemarau panjang terhadap pertumbuhan tanaman karet klon PB 260 di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa pada jenis tanah Ultisol. Klon tanaman karet yang digunakan adalah PB 260 tahun tanam Desember 2012 dan pada April 2014 telah berumur 28 bulan. Teknis budidaya seperti perawatan tanaman dilakukan sesuai dengan standar umum. Pupuk anorganik yang digunakan adalah pupuk tunggal Urea, SP36, KCl, dan Kieserit, dengan dosis sesuai dengan dosis rekomendasi.

Penelitian dilakukan dengan menganalisis dampak curah hujan bulanan tahun 2015 terhadap pertumbuhan tanaman karet klon PB 260. Analisis data dilakukan dengan membandingkan data curah hujan dan penambahan pertumbuhan lilit batang tanaman karet pada kondisi musim hujan tahun 2015 dibandingkan dengan lilit

batang tanaman karet pada kondisi musim kemarau tahun 2015. Pertambahan lilit batang tanaman karet yang dibandingkan adalah pertambahan lilit batang pada tahun yang sama karena menurut Darmandono (1991) dan Rouf, Setiono, dan Pamungkas (2013) model pertumbuhan TBM karet berbentuk liku S (sigmoid) yang memiliki titik belok pada umur 3 tahun. Sebagai perbandingan, juga dilakukan perbandingan laju pertumbuhan musim kemarau periode Juni-Oktober pada TBM 2 (tahun 2014) dan TBM 3 (tahun 2015).

Data curah hujan ini didapat dari stasiun klimatologi Balai Penelitian Sembawa. Alat yang digunakan untuk mengukur curah hujan adalah tipe observatorium, dengan cara mengukur air yang tertampung pada alat setiap pukul 06:00 dan 18:00 WIB menggunakan gelas ukur. Pengamatan pertumbuhan tanaman yang dilakukan adalah pengukuran lilit batang tanaman dan dilakukan setiap dua bulan sekali. Pengukuran lilit batang dilakukan pada ketinggian 100 cm dari pertautan okulasi, menggunakan meteran kain. Jumlah tanaman sampling untuk kegiatan pengukuran lilit batang sebanyak 100 batang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan rata-rata selama sepuluh tahun terakhir mulai tahun 2005 sampai dengan tahun 2014 (Gambar 2) menunjukkan bahwa di kebun percobaan Balai Penelitian Sembawa dalam satu tahun terdapat tiga bulan yang curah hujannya kurang dari 100 mm/bulan. Pada tahun 2015, curah hujan telah mengalami penurunan kurang dari 100 mm/bulan pada bulan Mei, namun pada bulan Juni naik menjadi 131 mm/bulan dan pada bulan Juli-September curah hujan kembali menurun menjadi kurang dari 100 mm/bulan (Gambar 3).

Gambar 2. Grafik rata-rata curah hujan bulanan (mm) tahun 2005-2014

Gambar 3. Grafik curah hujan bulanan (mm) tahun 2015

Dari data curah hujan tersebut, diketahui bahwa rata-rata curah hujan tahunan selama sepuluh tahun terakhir (2005-2014) sebesar 2.442 mm/tahun, dengan 3 bulan kering/tahun secara berturut turut ($CH < 100$ mm). Berdasarkan kelas kesesuaian iklim untuk tanaman karet (Wijaya 1996 dan Wijaya 2008), maka kebun percobaan Balai Penelitian Sembawa termasuk dalam kategori kesesuaian iklim cukup sesuai (S2) untuk tanaman karet. Pada tahun 2015 terjadi anomali iklim *El-Nino*, yang mengakibatkan

kan pada bulan Mei 2015 terjadi penurunan curah hujan yang signifikan. Rendahnya curah hujan berlanjut sampai bulan Oktober 2015. Grafik hubungan antara curah hujan dengan nilai SOI bulanan tahun 2015 disajikan pada Gambar 4 dan grafik korelasi SOI dengan curah hujan tahun 2013-2015 disajikan pada Gambar 5. Hasil analisis korelasi SOI dengan curah hujan menunjukkan nilai $R^2 = 0,108$. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara curah hujan dengan nilai SOI tahun 2013-2015.

Gambar 4. Grafik curah hujan dan nilai SOI bulanan tahun 2015

Gambar 5. Grafik korelasi SOI dengan curah hujan tahun 2013-2015

Pertumbuhan Tanaman

Musim kemarau merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, sehingga apabila terjadi anomali iklim *El-Nino* yang menyebabkan musim kemarau lebih lama dari biasanya akan berdampak lebih besar terhadap pertumbuhan tanaman. Tanaman karet memerlukan curah hujan 1.500 - 3.000 mm/tahun. Curah hujan minimal supaya pertumbuhan karet cukup baik adalah 1.500 mm/tahun dengan jumlah hari hujan antara 100 sampai 150 hari. Haridas (1985) mengemukakan bahwa besarnya evapotranspirasi atau kebutuhan air tanaman karet setara dengan evaporasi yang diukur dengan panci kelas A atau 3-5 mm/hari untuk kondisi di Indonesia. Curah hujan 100-150 mm/bulan dapat memenuhi kebutuhan air tanaman karet selama satu bulan (Rao and Vijayakumar 1992).

Pertumbuhan tanaman terjadi secara linier, seperti yang terlihat pada pertumbuhan tanaman karet klon PB 260 mulai dari umur 12 bulan sampai dengan 36 bulan (Gambar 6). Rata-rata lilit batang pada umur 36 bulan telah mencapai 24 cm. Pada tahun 2015 terjadi penurunan pertumbuhan lilit batang pada saat musim kemarau yang panjang akibat dari anomali iklim *El-Nino*. Data penurunan pertumbuhan lilit batang tersebut disajikan pada Tabel 1. Pertumbuhan tanaman karet klon PB 260 tahun tanam Desember 2012, pada saat TBM 3 tahun 2015 periode April – Juni pertumbuhan lilit batang 2,79 cm dan pada periode Juni-Agustus terjadi penurunan pertumbuhan menjadi 0,72 cm, periode Agustus-Oktober 0,10 cm dan Oktober-Desember 0,24 cm. Sehingga terjadi penurunan pertumbuhan sekitar 75-96% pada musim kemarau dan berdampak sampai beberapa bulan

Gambar 6. Grafik pertumbuhan tanaman karet klon PB 260

memasuki musim hujan. Pada umur 36 bulan (Desember 2015) mulai terjadi peningkatan pertumbuhan karena pada bulan November telah memasuki musim hujan. Sebagai perbandingan, matang sadap karet untuk klon GT 1 adalah ± 45 cm dengan rentang waktu selama 5 tahun (Wijaya dan

Hidayati 2012). Dengan demikian, rata-rata pertumbuhan lilit batang per tahun adalah ± 9 cm atau minimal setara 0,75 cm/bulan. Jika dibandingkan dengan klon GT 1, lilit batang periode Juni sampai Agustus pada klon PB 260 terhambat pertumbuhannya sebesar ± 48 %.

Tabel 1. Perbedaan pertumbuhan tanaman pada musim hujan dan kemarau

Umur (bulan)	Lilit Batang (cm)	Δ Lilit Batang (cm)	% Pertumbuhan
26 (Februari 2015)	18,13	-	-
28 (April 2015)	20,86	2,73	100,00
30 (Juni 2015)	23,65	2,79	102,20
32 (Agustus 2015)	24,37	0,72	25,81
34 (Oktober 2015)	24,47	0,10	3,58
36 (Desember 2015)	24,71	0,24	8,60

Sebagai perbandingan, juga dilakukan perbandingan laju pertumbuhan pada TBM 2 (tahun 2014) dan TBM 3 (tahun 2015). Laju pertumbuhan TBM 2 dan TBM 3 pada Tabel 2 menunjukkan bahwa periode yang sama yakni dari bulan Juni-Oktober terjadi perbedaan pertumbuhan yang signifikan. Pada tahun 2014 periode Juni-Oktober terjadi penambahan pertumbuhan sebesar

2,35 cm, sedangkan pada tahun 2015 periode Juni-Oktober sebesar 0,82 cm, artinya terjadi penurunan pertumbuhan sebesar 65%. Berdasarkan nilai rata-rata SOI dari Australian Bureau of Meteorology (2016) pada tahun 2014 nilai rata-rata SOI mendekati normal (nol) yakni -3,03 sedangkan pada tahun 2015 mencapai -11,23 (Tabel 3).

Tabel 2. Perbedaan pertumbuhan tanaman TBM 2 dan TBM 3 pada musim kemarau

TBM	Umur (bulan)	Lilit Batang (cm)
2	12 (Desember 2013)	7,98
	14 (Februari 2014)	8,18
	16 (April 2014)	10,47
	18 (Juni 2014)	11,64
	20 (Agustus 2014)	13,13
	22 (Oktober 2014)	13,99
	24 (Desember 2014)	15,83
	26 (Februari 2015)	18,13
3	28 (April 2015)	20,86
	30 (Juni 2015)	23,65
	32 (Agustus 2015)	24,37
	34 (Oktober 2015)	24,47
	36 (Desember 2015)	24,71

Tabel 3. Nilai SOI tahun 2014 dan 2015

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Rata-rata
2014	12,2	-1,3	-13,3	8,6	4,4	-1,5	-3	-11,4	-7,6	-8	-10	-5,5	-3,03
2015	-7,8	0,6	-11,2	-3,8	-13,7	-12	-14,7	-19,8	-17,8	-20,2	-5,3	-9,1	-11,23

Sumber: Australian Bureau of Meteorology (2016)

Pada daerah dengan curah hujan < 1.500 mm/tahun, seperti di daerah Tom-bokro pertumbuhan klon GT 1 terhambat. Tanaman pada daerah ini tanpa irigasi akan matang sadap pada umur 7 tahun, sedangkan dengan irigasi matang sadap dicapai pada umur 5,5 tahun (Watson 1989). Di India yang dilaporkan oleh Devakumar *et al.* (1998) bahwa dengan 7 bulan kering per tahun menyebabkan lilit batang tanaman karet klon RRIM 600 pada umur 9 tahun hanya 40 cm. Hal yang sama juga dilaporkan Suhendry, Aidi-Daslin, dan Husny (1999) bahwa terjadi variasi pertumbuhan suatu klon yang ditanam pada kondisi iklim yang berbeda. Suhendry (2001), melaporkan bahwa pertumbuhan lilit batang paling besar terjadi pada daerah dengan rata-rata curah hujan tahunan 2.026 - 2.556 mm/tahun dengan 0-2 bulan kering per tahun.

Upaya Mengurangi Dampak *El-Nino* pada Perkebunan Karet

Wijaya, Cahyo, dan Ardika (2011) menyatakan bahwa usaha perkebunan karet merupakan usaha jangka panjang yang mencapai 30 tahun, sehingga karakterisasi faktor lingkungan khususnya iklim sangat penting. Kebutuhan iklim, terutama curah hujan tanaman perkebunan dapat diketahui dari hasil-hasil penelitian maupun pengalaman pekebun pada berbagai kondisi iklim di Indonesia. Dari informasi ini dan data base iklim di Indonesia, maka daerah-daerah yang optimal untuk pengusahaan tanaman perkebunan tertentu dapat dipetakan. Sebagai contoh adalah program komputer INDO dapat digunakan untuk memetakan daerah-daerah yang memiliki

iklim yang sesuai untuk pengusahaan tanaman karet (Thomas, Booth, and Jovanovic 1996). Dengan cara ini, maka pengusahaan tanaman perkebunan dapat direncanakan dengan lebih baik.

Penggunaan mulsa pada tanaman karet belum menghasilkan dilaporkan dapat mengurangi dampak kekeringan (Samarappuli 1992 dalam Thomas *et al.* 2002). Mulsa yang berasal dari sisa tanaman dapat memperbaiki status air tanaman melalui mekanisme peningkatan perkolasi dan retensi air tanah serta mengurangi evaporasi. Chalker dan Scott (2007) menyatakan bahwa mulsa dengan tebal hanya 3,8 cm mampu mengurangi evaporasi sekitar $\pm 35\%$ dibandingkan dengan tanpa mulsa. Kondisi ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman TBM sehingga lebih cepat mencapai matang sadap.

Krisanap and Dolkit (1989) dalam Thomas *et al.* (2002), melaporkan bahwa jenis bibit juga menentukan ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Untuk proses pengemasan, akar lateral stum mata tidur dipotong ± 25 cm. Xiong *et al.* (2006) menyatakan bahwa respon tanaman terhadap kekeringan salah satunya melalui pemanjangan akar lateral. Dengan kondisi akar lateral yang tumbuh dengan baik dan tanpa pemotongan menyebabkan bibit karet dalam polibeg dengan dua payung lebih tahan terhadap kekeringan dibandingkan stum mata tidur.

Thomas *et al.* (1994) melaporkan manajemen gawangan tanaman karet juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Hasil pengukuran evapotranspirasi gawangan karet pada musim kemarau

menunjukkan bahwa LCC mengekstraksi paling tinggi dibandingkan dengan tanaman lainnya seperti gawangan kosong, nenas, dan alang-alang. Sehingga perlu dilakukan pemangkasan atau pengendalian LCC selama musim kemarau pada daerah akar karet dan LCC berkompetisi dalam menyerap air.

Pemupukan juga berperan penting dalam upaya pengurangan dampak kemarau panjang terhadap pertumbuhan tanaman karet belum menghasilkan. Hasil penelitian Samarappuli (1992) dalam Thomas *et al.* (2002), menunjukkan bahwa pemupukan pupuk K dua kali dosis rekomendasi berpengaruh nyata pada ketahanan tanaman terhadap kekeringan yang ditunjukkan dengan pertumbuhan lilit batang yang lebih baik dari tanaman yang tanpa dipupuk K maupun tanaman yang dipupuk satu kali dosis rekomendasi pada kondisi ketersediaan air tanah kurang dari 30%. Sebaliknya pemupukan K sebesar dua kali dosis rekomendasi pada kondisi kecukupan air ($> 30\%$ air tersedia) tidak efisien yang ditunjukkan dengan yang ditunjukan dengan pertumbuhan yang setara dengan perlakuan satu kali dosis rekomendasi. Maser, Gierth, dan Schroeder (2002) menyatakan bahwa Kalium berperan penting menjaga tanaman dibawah cekaman kekeringan. Kalium akan membantu tanaman untuk merangsang peningkatan pertumbuhan akar dan mengontrol pembukaan stomata.

KESIMPULAN

Musim kemarau merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman karet, sehingga apabila terjadi anomali iklim *El-Nino* yang menyebabkan musim kemarau lebih lama dari biasanya akan berdampak lebih besar terhadap penurunan pertumbuhan tanaman karet. Klon PB 260 merupakan salah satu klon yang cocok di

tanaman di daerah yang beriklim basah maupun kering. Namun pada kondisi terjadi anomali iklim *El-Nino* pada tahun 2015 di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa, klon PB 260 mengalami penurunan pertumbuhan yang cukup besar 65% bila dibandingkan dengan tahun 2014. Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak *El-Nino* terhadap pertumbuhan tanaman karet adalah pemilihan lokasi dan klon karet yang sesuai, konservasi air, dan pemupukan ekstra K sebanyak dua kali dosis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada Dr. Heru Suryaningtyas sebagai Kepala Balai Penelitian Sembawa atas izin dan fasilitas yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan. Selain itu, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Ahmadi dan Iklal sebagai teknisi yang membantu pengamatan di lapangan.

DAFTAR ACUAN

- Australian Bureau of Meteorology. 2016. "Southern Oscillation Index." <http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml>.
- Chalker, L, and Scott. 2007. "Impact of Mulches on Landscape Plants and the Environment-A Review." *J. Environ. Hort.* 5 (4): 239–49.
- Darmandono. 1991. "Analisis Pertumbuhan Tanaman Karet." *Risalah Penelitian RC Getas* 17: 1–25.
- Devakumar, A.S, M.B.M. Sathik, J. Jacob, K. Annamalainathan, P.G. Prakash, and K.R. Vijayakumar. 1998. "Effects of Atmospheric and Soil Drought on Growth and Development of Hevea Brasiliensis." *J. Rubb. Res* 1 (3): 190–98.

- Etherington, J.K. 1982. *Environment and Plant Ecology*. 2nd ed. New York: John Wiley and Son.
- Gregory, P.J. 1984. "Water Availability and Crop Growth in Arid Regions." *Outlook on Agriculture* 13 (4): 208–205.
- Haridas, G. 1985. "Streamflow Measurement in a Small Watershed to Estimate Evapotranspiration from a Stand of Rubber." In *International Rubber Conference*.
- Krisanap, S., and P. Dolkit. 1989. "Rubber New-Plantings in the Semi-Arid Zone in Thailand." In *Rubber Growers' Conference*. Rubber Research Institute of Malaysia.
- Lasminingsih, M. 2010. *Liflet Rekomendasi Klon Karet Periode 2010-2014*. Balai Penelitian Sembawa.
- Maser, P., M. Gierth, and J.I. Schroeder. 2002. "Molecular Mechanisms of Potassium and Sodium Uptake in Plants." *Plant Soil* 247: 43–54.
- Meinke, H., K. Pollock, G. L. Hammer, E. Wang, R. C. Stone, A. Potgieter, and M. Howden. 2001. "Understanding Climate Variability to Improve Agricultural Decision Making." In *Proceeding of The 10 Th Australian Agronomy Conference*.
- Nicholls, N. 1991. "Advances in Long-Term Weather Forecasting." In *Climatic Risk in Crop Production: Models and Management for The Semiarid Tropics and Tropics*, edited by Muchow R.C. and J.A. Bellamy. CAB.
- Rao, P. S., and K.R. Vijayakumar. 1992. "Climatic Requirements." In *Natural Rubber : Biology, Cultivation, and Technology*, edited by Sethuraj M. R. and N.M. Mathew. Amsterdam.
- Rouf, A., Setiono, dan A.S. Pamungkas. 2013. "Urgensi Sensus Lilit Batang Sejak Tbm 1 sebagai Strategi Meningkatkan Keragaan dan Keterseragaman Tanaman Karet." *Warta Perkaretan* 32 (2): 95–104.
- Samarappuli, L. 1992. "Some Agronomic Practices to Overcome Moisture Stress in Hevea Brasiliensis." *Indian Journal of Natural Rubber Riseach* 5 (1 dan 2): 127–32.
- Suhendry, I. 2001. "Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Karet pada Beberapa Tipe Iklim." *Jurnal Penelitian Karet* 19 (1-3): 18–31.
- Suhendry, I., Aidi-Daslin, dan Z. Husny. 1999. "Optimasi Produktivitas Tanaman Karet." *Warta Pusat Penelitian Karet* 19 (1-3): 18–31.
- Thomas, T. Booth, dan Jovanovic. 1996. "Aplikasi Program Komputer INDO untuk Pemetaan Kesesuaian Iklim Bagi Tanamn Karet." *Warta Perkaretan* 15 (2): 129–38.
- Thomas, P. Grist, dan K. Menz. 2000. "Pemodelan Pertumbuhan Tanaman Karet Berdasarkan Unsur-Unsur Iklim." *Jurnal Penelitian Karet* 18 (1-3): 45–58.
- Thomas, Karyudi, A. Gunawan, H. Suryaningtyas, dan G. Wibawa. 2002. "Dampak dan Penanggulangan Kekeringan pada Usaha Perkebunan Karet." In *Kumpulan Makalah Seminar El-Nino 2002*. Yogyakarta: Asosiasi Penelitian Perkebunan Indonesia.
- Thomas, M. Lasminingsih, U. Junaidi, G. Wibawa, K. Amupalupy, dan H. Sihombing. 1994. "Pengaruh Kekeringan dan usaha Mengatasinya pada Tanaman Karet." *Warta Perkaretan* 13 (2): 1–7.
- Watson, W.A. 1989. "Climate dan Soil." In *Rubber, Tropical Agriculture Series*, edited by C Webster and W.J Baulkwill, 125–64. London: Longman group.
- Wijaya, T. 1996. "Penerapan Program Komputer untuk Estimasi Potensi Pertumbuhan Tanaman Berdasarkan Ketersediaan Air Tanah." *Informatika Pertanian* 6 (1): 343–52.

- Wijaya, T. 2008. "Kesesuaian Tanah dan Iklim Untuk Tanaman Karet." *Warta Perkebunan* 30 (2): 33–34.
- Wijaya, T., A.N. Cahyo, dan R. Ardika. 2011. "Antisipasi Anomali Iklim La Nina dan Upaya Mengatasinya Pada Perkebunan Karet." *Warta Perkebunan* 30 (2): 53–61.
- Wijaya, T., dan U. Hidayati. 2012. "Pemupukan." In *Saptabina Usahatani Karet Rakyat*, edited by M. Lasminingsih, H. Suryaningtyas, C. Nancy, and A. Vachlepi, 6th ed. Palembang: Balai Penelitian Sembawa.
- Xiong, L., R. Wang, G. Mao, dan J.M Koczan. 2006. "Identification of Drought Tolerance Determinants Genetic Analysis of Root Response to Drought Stress and Absciscic Acid." *Plant Physiology* 142: 1065–74.