

TANGGAP MORFOLOGI, FISIOLOGI DAN MOLEKULER KLON-KLON KARET TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN

MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY AND MOLECULAR RESPONSES OF RUBBER CLONES TO DROUGHT STRESS

Sakiroh, Kurnia Dewi Sasmita dan Nur Kholilatul Izzah

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
JL. Raya Pakuwon- Parungkuda km. 2 Sukabumi, 43357
Telp.(0266) 7070941, Faks. (0266) 6542087
Saky1605@gmail.com

ABSTRAK

Pemilihan klon unggul dalam budidaya karet merupakan faktor yang penting untuk mendapatkan tanaman dengan pertumbuhan yang baik dan produksi tinggi. Klon unggul karet dibedakan menjadi dua jenis yaitu klon penghasil lateks dan klon penghasil kayu lateks. Untuk memperoleh tanaman karet dengan pertumbuhan dan produksi yang optimal pada kondisi cekaman kekeringan maka diperlukan informasi mengenai klon yang sesuai dengan kondisi tersebut. Kondisi stres air berpengaruh terhadap tinggi tanaman, kandungan air relatif daun, laju fotosintesis, konduktivitas stomata, kadar klorofil, unsur hara, dan gula yang terlarut. Selain itu, cekaman kekeringan juga mempengaruhi ekspresi gen yang berhubungan dengan ketahanan tanaman terhadap kondisi tersebut. Gen-gen tersebut akan tetap terekspresi dengan optimal setelah 3-5 hari tanpa pemberian air. Beberapa klon karet seperti PR 261, BPM 24, RRIM 703, PR 255, PR 300, dan GT 1 dapat direkomendasikan untuk ditanam pada lahan marginal dengan tekstur tanah lempung berpasir sampai pasir berlempung, serta memiliki periode bulan kering yang tegas. Sedangkan hasil penelitian lain mengenai pengujian adaptasi klon karet pada fase pertumbuhan menunjukkan bahwa klon IRR 104 dan IRR 118 cukup baik dibudidayakan di daerah yang memiliki iklim kering, sementara klon IRR5, IRR 112, PB 217 dan RRIM 921 memiliki pertumbuhan paling baik di daerah yang memiliki iklim basah.

Kata kunci: karet, cekaman kekeringan, prolin, kadar klorofil, laju fotosintesis, ekspresi gen

ABSTRACT

Selection of superior clones in rubber cultivation is an important factor to obtain good growth and high production. Rubber clones differentiated into two types, i.e clones that produce latex and latex timber. In order to obtain rubber plants with optimal growth and production in drought stress conditions required information about the clones that suitable with those conditions. Water stress conditions give effect on plant height, leaf relative water content, the rate of photosynthesis, stomatal conductivity, chlorophyll content, nutrients, and sugar dissolved. In addition, drought stress also affects the expression of genes related to plant resistance to these conditions. These genes will remain optimally expressed after 3-5 days without water. The clones such as PR 261, 24 BPM, RRIM 703, PR 255, PR 300, and GT 1 can be recommended to be planted on marginal land with sandy loam soil texture to clay sand, and has a firm period of dry months. The other study about adaptation clones in the growth phase showed that clones IRR 104 and IRR 118 are well cultivated in an area which has a dry climate, whereas clones IRR5, IRR 112, PB 217 and RRIM 921 have the best growth in regions with wet climate.

Key words: rubber, drought stress, proline, rate of photosynthesis, chlorophyll content, gene expression

PENDAHULUAN

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman karet belum menghasilkan dan tanaman menghasilkan. Tanaman karet memerlukan air, cahaya, dan unsur hara yang cukup untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Oleh karena itu dalam budidaya karet perlu diciptakan kondisi media tanam dan lingkungan

yang optimal. Air sebagai salah satu kebutuhan utama tanaman sangat diperlukan untuk transpirasi, transportasi hara, dan asimilasi tanaman. Kekurangan air akan menyebabkan proses-proses tersebut menjadi terhambat sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Pada kondisi lingkungan yang ekstrim seperti anomali iklim El-Nino yang menyebabkan kemarau panjang, ketersediaan air menjadi

faktor pembatas bagi pertumbuhan karet, baik di pembibitan maupun di lapangan dari tanaman yang belum menghasilkan sampai yang menghasilkan. Pengaruh langsung akibat kekurangan air berkepanjangan pada karet adalah terhambatnya pertumbuhan tanaman dan produksi lateks lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang tidak kekurangan air (Kramer, 1983). Kemarau panjang pada tahun 1997 telah mengakibatkan produksi karet menurun sebesar 250 kg/ha dan pertumbuhan lilit batang terhambat sehingga matang sadap tertunda 4 bulan (Thomas *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2001).

Beberapa strategi penanggulangan kekeringan yang dapat dilakukan adalah pemupukan yang tepat, pengairan dan penggunaan klon-klon karet yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Pemilihan klon unggul karet penting untuk memperoleh produktivitas tanaman yang tinggi dalam usaha tani karet. Klon unggul karet dibedakan menjadi dua jenis yaitu klon penghasil lateks dan klon penghasil kayu lateks. Klon unggul penghasil lateks diantaranya adalah : IRR 104, IRR 112, IRR 118, IRR 220, BPM 24, BPM 107, BPM 109, PB 217 dan PB 260. Sedangkan klon unggul penghasil kayu lateks adalah IRR 5, IRR 32, IRR 39, IRR 112, IRR 118, IRR 42, IRR 119, RRIC 100, Avros 2037, BPM 1, PB 330, dan PB 340 (Damanik *et al.*,

2010; Pranowo, 2011; Lasmaningsih, 2012). Setiap klon karet mempunyai karakteristik yang berbeda-beda terhadap perubahan iklim, ada yang toleran kekeringan dan ada juga yang tidak tahan kekeringan atau anomali iklim seperti El-Nino.

Tulisan ini akan menguraikan informasi mengenai gejala-gejala morfologi dan fisiologi tanaman karet serta gen-gen yang berpengaruh dalam menghadapi cekaman kekeringan, dan klon-klon karet yang menunjukkan sifat toleran terhadap kekeringan baik pada tanaman belum menghasilkan maupun pada tanaman sudah menghasilkan. Sehingga dapat diketahui klon-klon karet pilihan yang sesuai untuk daerah-daerah yang mempunyai curah hujan yang rendah dan beriklim kering.

Perwilayahan agroklimat tanaman karet

Kriteria perwilayahan agroklimat tanaman sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi iklim yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman karet. Perwilayahan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman karet berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia tahun 2013 tercantum pada (Tabel 1). Ketinggian tempat yang ideal untuk pengembangan karet adalah 0 - 200 meter dari permukaan laut (dpl).

Tabel 1. Kriteria Pewilayahan Agroklimat Tanaman Karet

Zona	Curah hujan (mm/thn)	Σ BK berturut-turut	Suhu udara (°C)	Faktor pembatas
Sedang	1500-3000	0-2	25-28	-
Kering	1500-3000	3-4	25-28	Kekeringan moderat
Basah	3000-4000	-	25-28	Kelembaban tinggi, gangguan penyakit daun <i>Colletotrichum</i> dan hari sadap
Ekstrim	-	> 4	25-28	Kekeringan berat
	-	-	< 25	Suhu rendah menyebabkan pertumbuhan terhambat
	> 4000	-	25-28	Curah hujan berlebihan, gangguan penyadapan dan penyakit

Keterangan : BK : Bulan Kering, yaitu bulan dengan jumlah curah hujan < 100 mm.

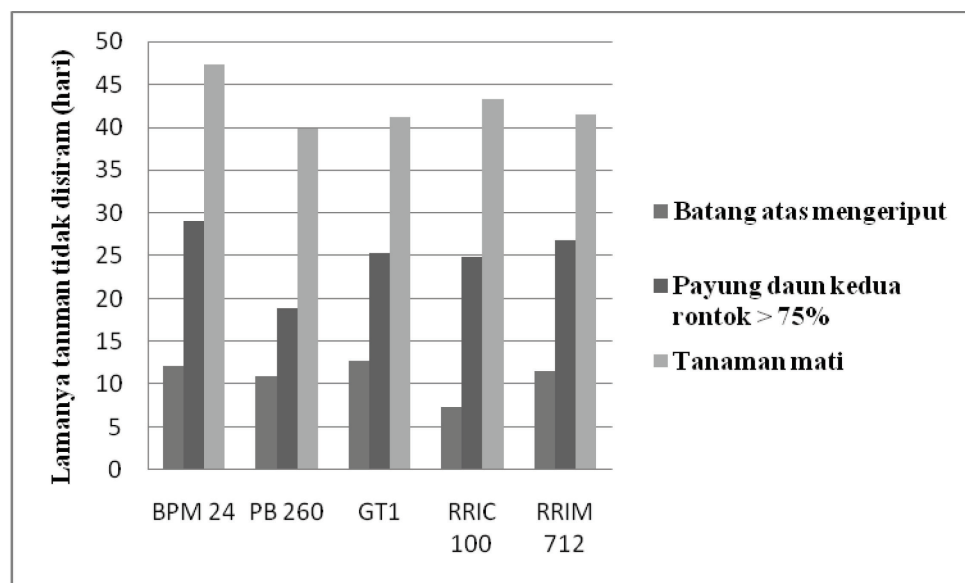
Sumber : No 132/Permentan/OT.140/12/2013

Tanaman karet termasuk tanaman yang mempunyai adaptasi luas pada kondisi tanah dan iklim yang berbeda. Setiap wilayah mempunyai kondisi iklim yang berbeda, untuk itu diperlukan informasi tentang klon-klon karet yang dapat tumbuh pada lingkungan yang kurang sesuai, salah satunya adalah cekaman kekeringan.

Karakter morfologi dan fisiologi tanaman karet akibat kekeringan

Klon-klon karet yang toleran kekeringan cocok untuk dikembangkan pada daerah-daerah dengan ketersediaan air dan jumlah hari hujan sedikit. Karakterisasi morfologi dan fisiologi klon-klon karet akibat cekaman kekeringan sangat diperlukan untuk mengetahui gejala tanaman akibat kekurangan air dan klon karet yang tahan cekaman kekeringan.

Hasil penelitian pada tanaman karet belum menghasilkan oleh Chandrasekhar *et al* (1994) terhadap cekaman kekeringan menunjukkan klon RRIM 600, RRIM 501 dan RRIM 612 lebih toleran terhadap kekeringan dibandingkan dengan klon PB 235, RRIM 300, GT 1, dan PR 107. Sementara hasil penelitian Amypalupy dan Wijaya (2009) memperlihatkan klon BPM 24 relatif lebih tahan terhadap kekeringan yang bersifat berkelanjutan. Hal ini ditunjukkan dengan lamanya tanaman bertahan hidup pada saat pemberian air dihentikan selama 47 hari. Klon BPM 24 tersebut juga memiliki pertumbuhan lebih baik dibandingkan klon PB 260, GT 1, RRIC 100 dan RRIM 712 pada saat dilakukan penyiraman kembali (Gambar 1).

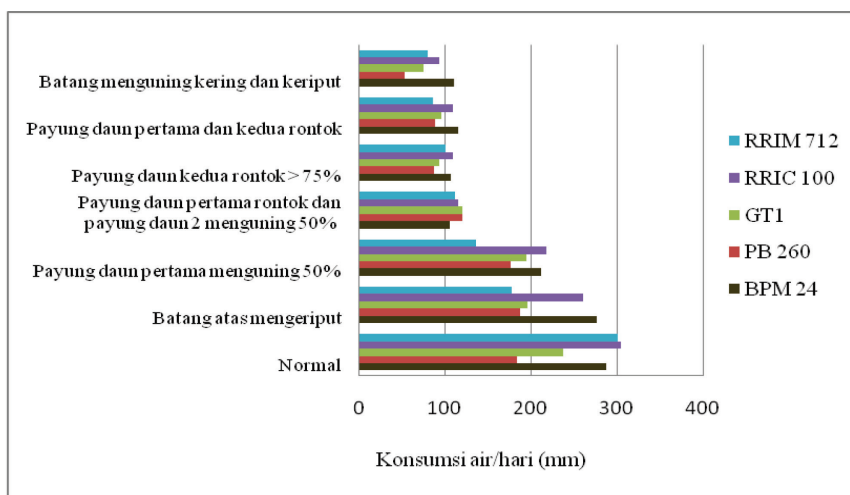


Gambar 1. Ketahanan klon karet terhadap cekaman kekeringan

Sumber : Amypalupy dan Wijaya, (2009)

Tanaman karet dalam menghadapi kondisi cekaman kekeringan akan beradaptasi dengan cara menggugurkan daunnya (Gambar 1). Pemulihan tanaman mendekati kondisi normal kembali setelah mengalami kekurangan air dapat dilihat pada (Gambar 2). Klon-klon karet dapat pulih kembali mendekati kondisi normal hanya terjadi jika kondisi stres air sampai pada tingkat payung daun pertama

menguning 50% saja. Apabila kondisi tanaman stres sampai payung daun pertama rontok dan payung kedua menguning 50%, payung daun kedua rontok > 75%, payung daun pertama dan kedua rontok serta batang menguning dan keriput, walaupun tanaman dapat pulih kembali, tetapi pertumbuhannya menjadi sangat lambat dan tidak normal (Amypalupy dan Wijaya, 2009).



Gambar 2. Kemampuan beberapa klon bibit karet untuk pulih kembali setelah mengalami kekeringan
 Sumber: Amypalupy dan Wijaya, (2009)

Tanaman yang mengalami kekurangan air akan beradaptasi dengan menunjukkan gejala morfologi yaitu awalnya terlihat batang atas mengeriput, kemudian daunnya rontok dan tanaman mati bila tidak bisa bertahan pada cekaman kekeringan. Tanaman akan mulai

pulih kembali setelah adanya konsumsi air yang banyak. Sedangkan bila dilihat dari gejala fisiologi, kekurangan air pada tanaman karet berpengaruh terhadap perubahan laju fotosintesis, konduktivitas stomata dan kadar klorofil daun (Tabel 2).

Tabel 2. Respon fisiologi tanaman karet pada kondisi kekurangan air

Parameter	Klon	laju fotosintesis ($\mu\text{mol}^{-2}\text{m s}^{-1}$)	Konduktivitas Stomata ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Kadar klorofil (SPAD unit)
Penyiraman normal	RRIM 2001	3,89	0,11	51,00
	RRIM 3001	11,26	0,16	47,67
Disiram 2 hari sekali	RRIM 2001	2,06	0,03	49,10
	RRIM 3001	4,07	0,05	39,07
Disiram tiap 5 hari sekali	RRIM 2001	1,06	0,05	34,50
	RRIM 3001	1,69	0,02	36,13
Disiram setiap 10 hari sekali	RRIM 2001	0,00	0,00	13,47
	RRIM 3001	0,00	0,00	10,37
Disiram setiap 15 hari sekali	RRIM 2001	0,00	0,00	12,77
	RRIM 3001	0,35	0,00	17,63

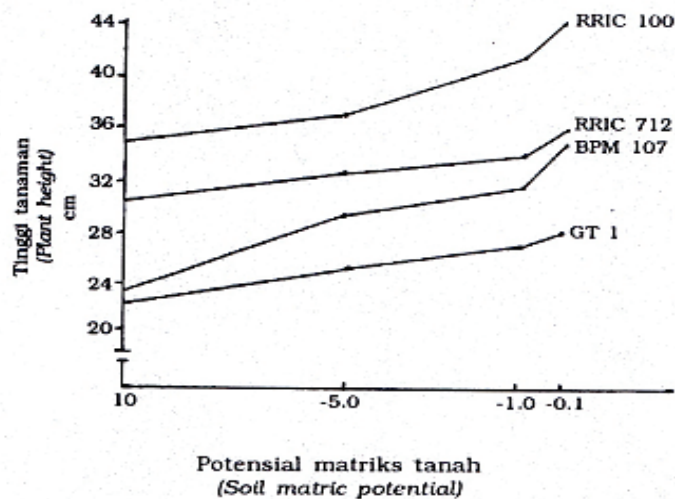
Sumber: Mokhtar *et al.*, (2011)

Stres air pada tanaman karet menyebabkan penurunan laju fotosintesis, konduktivitas stomata atau kemampuan stomata untuk menyalurkan gas persatuan waktu, dan kadar klorofil (Mokhtar *et al.*, 2011; Setiawan *et al.*, 2012). Kadar klorofil daun dapat dipakai sebagai indikator yang baik untuk mengevaluasi ketidakseimbangan metabolisme antara fotosintesis dan hasil produksi pada saat kekurangan air (Ai dan Banyo, 2011; Mokhtar *et al.*, 2011). Klorofil merupakan komponen

kloroplas yang utama dan kandungan klorofil relatif berkorelasi positif dengan laju fotosintesis (Li *et al.*, 2006).

Tingkat pertumbuhan tanaman dan unsur hara daun akibat kekeringan

Hasil penelitian Siagian *et al.* (1994), menunjukkan fase pertumbuhan tinggi tanaman karet klon RRIC 100, BPM 107, dan RRIM 712 pada potensial matrik -0,1 bar adalah lebih tinggi daripada GT 1 (Gambar 3).



Gambar 3. Tinggi tanaman beberapa klon karet pada berbagai tingkat stres air.

Sumber: Siagian *et al.*, (1994)

Semakin tinggi stres air yang diberikan, semakin rendah laju pertumbuhannya. Pada benih karet yang ditanam di polibeg, pertumbuhan terbaik diperoleh pada keadaan kapasitas lapang atau pada -0,3 bar yang dapat dicapai dengan penyiraman 47,5 ml air per polibeg per hari (Siagian *et al.*, 1994). Berdasarkan pertumbuhan bibit selama 6 bulan di polibeg, nilai efisiensi penggunaan air sebesar 0,367 l/g, dimana untuk menghasilkan 1 g kering bibit karet di polibeg diperlukan sebanyak 0,367 l air (Siagian *et al.*, 1994).

Penyiraman air 2 hari sekali berpengaruh baik pada pertumbuhan beberapa

klon tanaman karet, dibandingkan dengan penyiraman 4 hari sekali dan 6 hari sekali pada jenis tanah Podsolik Merah Kuning (Nurlaili, 2009). Sementara penelitian dengan menggunakan media *tailing* pasir pasca penambangan tanah menunjukkan bahwa penyiraman sampai 5 hari sekali dapat menyebabkan terjadinya cekaman kekeringan yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman karet (Inonu *et al.*, 2011; Wang, 2014).

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai indeks sensitivitas tiga klon karet terhadap cekaman kekeringan pada media *tailing* pasir

Peubah	Nilai indeks sensitivitas klon		
	Klon GT1+PB 260	Klon PB 260+IRR 118	Klon PB 260+BPM 24
Pertambahan jumlah daun	0,4	1,5	1,4
Pertambahan luas daun	1,1	0,7	1,2
Pertambahan panjang tunas	1,0	0,8	1,2
Pertambahan diameter tunas	2,5	0,5	-0,9
Biomassa tunas	0,8	1,3	0,8
Biomassa akar	1,2	0,5	1,1
Biomassa total	0,9	1,2	0,9
Rata-rata	1,1	0,9	0,9
Kategori	Peka	Agak toleran	Agak toleran

Keterangan : Klon dikatakan toleran terhadap cekaman kekeringan jika mempunyai nilai (indeks sensitivitas) $IS < 0,5$, agak toleran jika $0,5 \leq IS \leq 1,00$, dan peka jika $IS \geq 1,00$.

Sumber: Inonu *et al.*, (2011)

Berdasarkan nilai indeks sensitivitas terhadap cekaman kekeringan, kombinasi batang bawah dan batang atas karet PB 260 + BPN 24 dan PB 260 + IRR 118 termasuk dalam kategori agak toleran, sedangkan klon GT 1 + PB 260 dikategorikan peka terhadap cekaman kekeringan pada media tailing pasir pasca penambangan timah (Tabel 3). Kedua klon

yang agak toleran menunjukkan respon pertumbuhan yaitu pengurangan luas daun untuk menekan laju transpirasi dan mempertahankan konsumsi air (Inonu *et al.*, 2011). Disamping itu, cekaman kekeringan juga akan mempengaruhi kadar hara daun tanaman karet (Tabel 4).

Tabel 4. Kadar hara daun tanaman karet pada kondisi kekurangan air

Parameter	Klon	Nitrogen (ppm)	Fosfor (ppm)	Kalium (ppm)
Penyiraman normal	RRIM 2001	80,97	4,22	24,93
	RRIM 3001	76,77	3,73	26,17
Disiram 2 hari sekali	RRIM 2001	67,70	3,19	27,70
	RRIM 3001	76,23	3,46	25,60
Disiram tiap 5 hari sekali	RRIM 2001	0,00	0,00	0,00
	RRIM 3001	0,00	0,00	0,00
Disiram setiap 10 hari sekali	RRIM 2001	0,00	0,00	0,00
	RRIM 3001	0,00	0,00	0,00
Disiram setiap 15 hari sekali	RRIM 2001	0,00	0,00	0,00
	RRIM 3001	0,00	0,00	0,00

Sumber: Mokhtar *et al.*, (2011)

Kadar nitrogen dan fosfor pada daun tanaman karet mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya jumlah air yang diberikan. Sedangkan kadar kalium pada daun klon RRIM 2001 justru mengalami peningkatan, hal sebaliknya terjadi pada daun klon RRIM 3001 (Tabel 4). Batas minimal pemberian air adalah 2 hari sekali untuk menjaga ketersediaan kandungan unsur hara pada daun. Apabila pemberian air melebihi 2 hari sekali akan mengakibatkan hilangnya semua unsur hara pada daun (Mokhtar *et al.*, 2011). Hasil penelitian Sun *et al.* (2011) pada

tanaman kelapa sawit menunjukkan bahwa berkurangnya jumlah air yang diberikan menyebabkan kandungan nitrogen dan fosfor dalam daun menurun sedangkan kadar kalium mengalami kenaikan (Tabel 5). Cekaman kekeringan mempengaruhi ketersediaan unsur hara dan transpor unsur hara dari akar ke pucuk sehingga menyebabkan defisiensi ataupun ketidakseimbangan unsur hara, karena kompetisi dari ion Na^+ dan Cl^- dengan ion-ion seperti K^+ , Ca_2^+ , dan NO_3^- (Hu dan Schmidhalter, 2005).

Tabel 5. Pengaruh penyiraman dan pemupukan pada kadar hara nitrogen, fosfor dan kalium pada daun kelapa sawit

Kadar hara	Perlakuan			
	Kapasitas lapang dan pupuk	50% dari kapasitas lapang dan pupuk	Kapasitas lapang dan tanpa pupuk	50% dari kapasitas lapang dan tanpa pupuk
Nitrogen (%)	1,15	1,14	0,97	0,93
Fosfor (%)	0,12	0,11	0,10	0,09
Kalium (%)	0,97	1,26	1,02	0,99

Sumber: Sun *et al.*, (2011)

Kadar prolin

Prolin merupakan asam amino bebas yang terbentuk dan terakumulasi pada daun dalam jumlah yang lebih banyak apabila tanaman mengalami cekaman kekeringan. Prolin juga mempunyai peranan penting dalam mengatasi kekurangan air dengan meningkatkan kadar larutan dalam sel dan memelihara kadar air tetap tinggi. Pada saat yang sama, akumulasi prolin berperan terhadap toleransi dehidrasi dengan cara melindungi protein dan struktur membran (Verslues *et al.*, 2006). Pada tanaman karet, prolin yang terakumulasi pada saat kekeringan bermanfaat dalam memelihara turgor sel (Karyudi, 2001). Hasil penelitian menunjukkan kadar prolin pada tanaman akan semakin meningkat sejalan dengan peningkatan cekaman kekeringan pada tanaman (David,

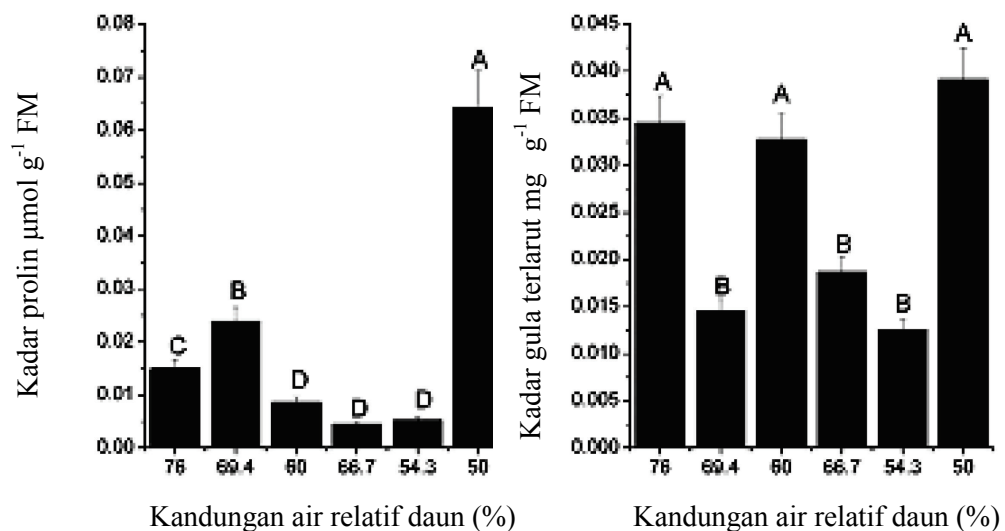
2008; Maralian *et al.*, 2010; Setiawan *et al.*, 2011).

Inonu *et al.* (2011) melaporkan klon karet yang lebih toleran dapat menghasilkan kadar prolin lebih tinggi pada saat tercekam kekeringan (Tabel 6). Kadar prolin yang meningkat juga diikuti dengan meningkatnya kadar gula larut pada daun seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4 (Wang, 2014). Tingginya kandungan prolin pada umumnya berbanding lurus dengan tingkat cekaman kekeringan yang ditunjukkan oleh penurunan potensial air (Iannucci *et al.*, 2002). Sehingga dapat disimpulkan kadar prolin pada daun dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan.

Tabel 6. Rata-rata konsumsi air, kandungan air relatif daun dan kandungan prolin daun pada 3 frekuensi penyiraman pada umur 10 minggu

Parameter	Klon GT1+PB 260			Klon PB 260+IRR 118			Klon PB 260+BPM 24		
	1 hari	3 hari	5 hari	1 hari	3 hari	5 hari	1 hari	3 hari	5 hari
Konsumsi air (L hari ⁻¹)	0,253	0,24	0,183	0,220	0,190	0,173	0,237	0,207	0,177
Kandungan air relatif daun (%)	63,47	57,67	50,70	62,63	58,03	54,23	60,83	60,83	57,47
Kandungan prolin daun (mg g ⁻¹ daun)	0,71	0,60	0,79	0,87	0,93	0,81	0,91	0,91	0,95

Sumber: Inonu *et al.*, (2011).



Gambar 4. Pengaruh kandungan air relatif daun terhadap kadar prolin daun dan kadar gula larut
Sumber: Wang, (2014)

Strategi penanaman dan pemilihan klon karet untuk daerah kering

Pengaruh cekaman kekeringan dapat menurunkan produksi karet (Cahyo *et al.*, 2011). Produksi karet yang rendah dapat diakibatkan oleh pengaruh faktor lingkungan biologi, agroklimat dan budidaya tanaman (Aidi-Daslin *et al.*, 2000), oleh karena itu penting sekali untuk menanam klon karet sesuai agroklimatnya. Salah satu cara untuk mengetahui klon karet yang sesuai dengan agroklimatnya adalah dengan melakukan pengujian adaptasi klon karet. Hasil pengujian adaptasi beberapa klon karet pada fase pertumbuhan menunjukkan klon IRR 104 dan IRR 118 memiliki pertumbuhan yang cukup jagur di daerah yang memiliki iklim kering, sedangkan klon IRR5, IRR 112, PB 217 dan RRIM 921 memiliki pertumbuhan paling jagur di daerah yang memiliki iklim basah (Sayurandi *et al.*, 2014). Sementara klon PR 261, BPM 24, RRIM 703, PR 255, PR 300, dan GT 1 dapat direkomendasikan untuk ditanam pada lahan marginal dengan tekstur tanah lempung berpasir sampai pasir berlempung, serta memiliki periode bulan kering yang tegas (Tjahjana dan Ferry, 2011). Menurut penelitian Aidi-Daslin (2014) klon terbaik dari IRR seri-100 adalah IRR 112 yang sesuai dikembangkan untuk kondisi lingkungan agroklimat kering, sedang, dan basah dengan rata-rata produktivitas dari tiga tahun sadap antara 2.141-2.734 kg/ha/tahun dan IRR 118 sesuai untuk agroklimat kering dengan produktivitas 2.200 kg/ha/tahun. Untuk IRR seri-200, klon IRR 208 sesuai dikembangkan pada daerah agroklimat kering dan sedang, dengan produktivitas sebesar 2.260 kg/ha/tahun, klon IRR 209 dan IRR 216 sesuai

untuk agroklimat basah dengan produktivitas masing-masing 2.496 dan 2.393 kg/ha/tahun, sedangkan IRR 220 beradaptasi baik pada lingkungan agroklimat sedang dan basah dengan produktivitas 2.017-2.340 kg/ha/tahun

Hasil penelitian Indraty (2008) tentang penanaman menggunakan okulasi mata tidur memperlihatkan bahwa klon PB 260 yang ditanam di lapangan mengalami kematian mencapai 40%, sedangkan yang ditanam di dalam polibag kematian tertinggi terjadi pada klon IRR 118 yaitu 19% setelah mengalami kekeringan selama 3 bulan. Angka kematian yang tinggi disebabkan karena tanaman yang dikembangkan dengan okulasi mata tidur belum mempunyai akar, sehingga apabila terkena sinar matahari langsung menyebabkan banyak penguapan. Tapi bila cekaman air terjadi setelah tumbuh 2 payung dengan tanpa melakukan penyiraman sama sekali, maka beberapa klon seperti GT 1, PB 217 dan PB 260 memiliki laju penurunan tekanan osmotik yang tinggi, serta mampu mempertahankan tekanan turgor dan kandungan relatif air daun pada saat cekaman kekeringan (Jones *et al.*, 1980; Karyudi, 2001). Sedangkan menurut Charloq dan Setiado (2005) rataan tekanan osmotik setelah perlakuan -3,01 tanpa penyiraman pada klon PB 260 lebih dapat menjaga ketersediaan air dengan cara menurunkan tekanan osmotik untuk menjaga tekanan turgor dibanding dengan klon RRIM 712 (-4,12). Hal ini karena klon PB 260 memiliki tingkat osmoregulasi yang tinggi (Tabel 7). Oleh karena itu, klon karet yang akan ditanam di lahan kering dianjurkan dipilih dari klon-klon unggul yang memiliki sifat osmoregulasi tinggi.

Tabel 7. Klon anjuran komersial dan kandungan osmoregulasi

No	Klon	Tetua	Osmoregulasi
1	IRR 112	IAN 873 X RRIC 110	-
2	IRR 118	LCB 1320 X FX 2784	1,44
3	IRR 104	BPM 1 x RRIC 110	1,07
4	IRR 32	LCB 1320 x AVROS 1734	0,60
5	IRR 42	LCB 1320 x F 351	1,62
6	BPM 107	Klon Primer	-
7	IRR 5	Seleksi PBIG	0,84
8	PB 260	PB 5/51 x PB 49	2,14

Sumber: Karyudi *et al.*, (2004)

Ekspresi Gen yang terkait dengan sifat toleran kekeringan

Ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan biasanya dikendalikan oleh beberapa gen yang akan terekspresi pada saat tanaman mengalami kekurangan air. Pada tanaman karet, ada tiga gen yang terekspresi saat suatu klon tercekam kekeringan, yaitu 1) *Peroksidase*, tingkat peroksidase yang tinggi menunjukkan keterkaitannya dalam perbaikan stres melalui detoksifikasi *spesies oksigen reaktif* (ROS) yang diproduksi dalam jumlah besar ketika tanaman mengalami kekeringan yang dikombinasikan dengan suhu dan cahaya tinggi. Klon karet RRIM 600 dan RRII 430 diketahui mempunyai sistem pembilasan ROS yang lebih baik sehingga klon tersebut lebih toleran selama kondisi kekurangan air di lapang yang dialami selama musim panas; 2) Protein *Late embryogenesis abundant 5* (LEA 5), merupakan protein hidrofobik yang mengandung proporsi yang jauh lebih tinggi dari residu hidrofobik. Akumulasi dari protein ini merupakan respon terhadap kondisi stres seperti kekeringan, salinitas, suhu dingin dan pelukaan. Tingginya tingkat protein LEA 5 yang ditemukan pada semua klon toleran kekeringan menunjukkan keterkaitannya dengan sifat toleran kekeringan dari klon-klon tersebut; dan 3) Glutation peroksidase (GPX), berfungsi untuk mempercepat reduksi *glutathione*, dimana *glutathione* berperan sebagai antioksidan pada bagian-bagian sel selain kloroplas seperti mitokondria, sitosol, peroksisom dan dalam inti. Sehingga dapat

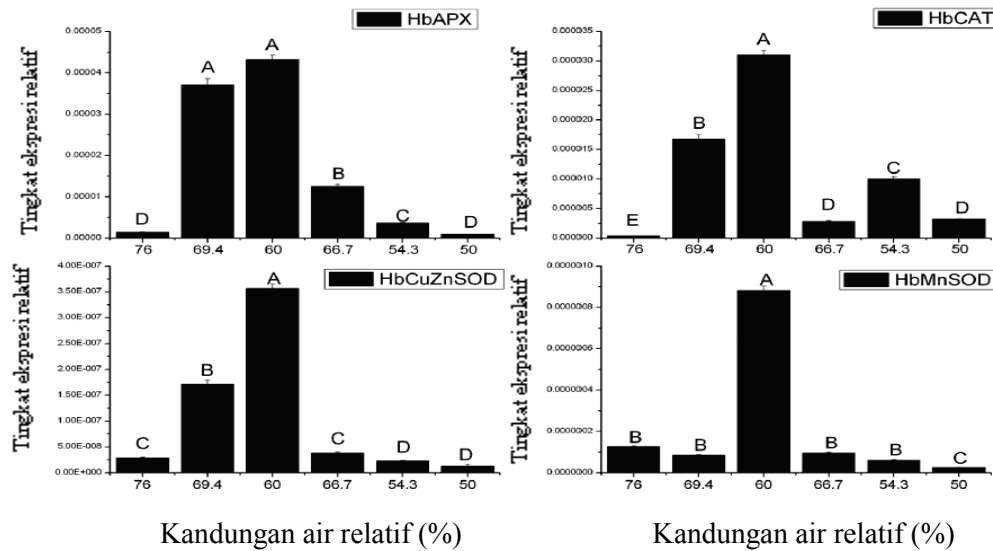
disimpulkan bahwa tingkat GPX yang lebih tinggi pada semua klon toleran menunjukkan relevansinya terhadap pembilasan ROS selama cekaman kekeringan (Sathik *et al.*, 2011).

Perkembangan teknik biologi molekuler pada tanaman karet menghasilkan gen-gen fungsional baru yang dapat memperluas wawasan mengenai mekanisme toleran kekeringan. Belum lama ini, gen-gen seperti *HbCuZnSOD* dan *HbMnSOD* yang terdapat pada tanaman karet berhasil dikloning, dimana ekspresi berlebih dari gen *HbCuZnSOD* pada klon PB260 dapat meningkatkan ketahanan terhadap cekaman kekeringan (Leclercq *et al.*, 2012). Selain itu, Wang (2014) juga melakukan karakterisasi 8 gen yang terlibat dalam biosintesis energi dan sistem detoksifikasi spesies oksigen reaktif (ROS) pada bibit karet GT1 yang diberikan cekaman kekeringan. Untuk mengetahui tingkat ekspresi gen, digunakan sembilan primer/penanda yang didesain untuk gen terpilih dan dianalisa dengan menggunakan *real-time PCR* (*Polymerase chain reaction*) (Tabel 8). Hasil analisis menunjukkan stres terhadap kekeringan menginduksi transkrip gen-gen enzim antioksidatif seperti *HbAPX*, *HbCAT*, *HbCuZnSOD* dan *HbMnSOD* dengan pola yang hampir sama. Ekspresi dari gen-gen tersebut mencapai maksimum setelah 3 hari tanpa pemberian air (Gambar 5). Pola ekspresi dari gen-gen yang berhubungan dengan sistem detoksifikasi ROS terkait dengan variasi pada aktifitas enzimnya.

Tabel 8. Daftar primer/penanda yang digunakan untuk analisis ekspresi gen yang terkait dengan cekaman kekeringan

Nama gen	Sekuen primer		Panjang amplifikasi (bp)
	<i>Forward</i>	<i>Reverse</i>	
<i>HbCOA</i>	GGTGACATGGTGGTGAAT	TGAAGTGACGAATGAGGTAA	145
<i>HbACAT</i>	GAGTATCCAGTTAGGCATCA	CTAGTGAATCATGTCCAAGTC	119
<i>HbAPX</i>	CCAACGTGACACCGTTCTT	CAGCACCATCCTCTACATC	164
<i>HbATP</i>	GCTTCACGCAGACTATTATC	TAGAGGATGGAGATGAGGAA	112
<i>HbCAT</i>	GGTATGTGGTTCTCTGGTAT	ATGGTGATTGTTGTGATGAG	153
<i>HbCuZnSOD</i>	GTCCAACCACCGTAACTG	GCCATCATCACCAACATIG	200
<i>HbMnSOD</i>	TGTGCTGTAATGTTGACCTA	GTTCACCTGTAAGTAGTATGC	128
<i>HbRbsS</i>	GCCAAGGAAGTTGAATACC	CCAGTAACGACCATCATAGT	123
<i>Hb18SRNA</i>	GCTCGAAGACGATCAGATAACC	TTCAGCCTTGCGACCATAC	146

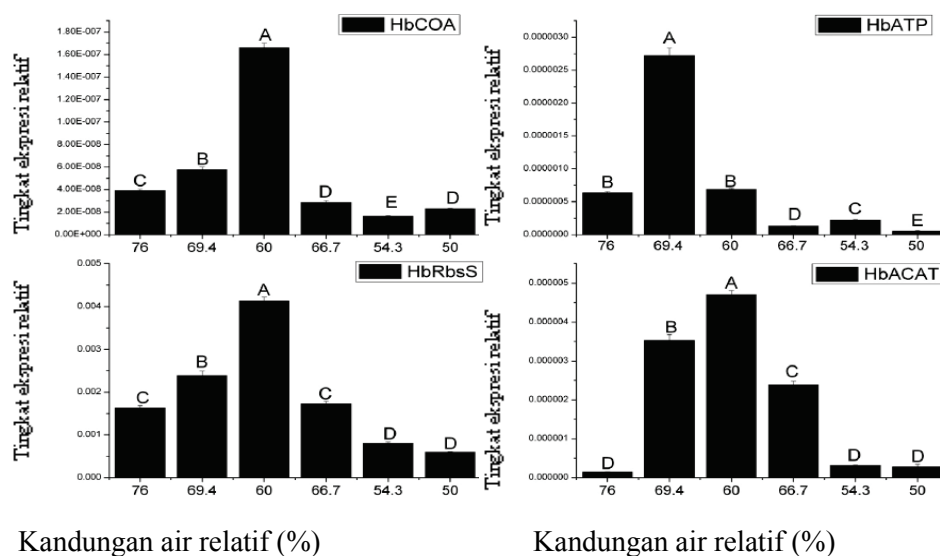
Sumber: Wang, (2014)



Gambar 5. Ekspresi gen-gen *HbAPX*, *HbCAT*, *HbCuZnSOD* dan *HbMnSOD* yang berhubungan dengan sistem detoksifikasi spesies oksigen reaktif (ROS) setelah cekaman kekeringan
 Sumber: Wang, (2014)

Analisis ekspresi dari gen-gen yang berhubungan dengan biosintesis energi memperlihatkan bahwa transkrip gen *HbCOA*, *HbATP*, *HbRbsS* dan *HbACAT* meningkat setelah 3 hari tanpa penyiraman tetapi kemudian menurun setelah 5 hari tanpa pemberian air (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa gen-gen yang terlibat dalam biosintesis energi dan sistem detoksifikasi ROS memberikan respon terhadap cekaman kekeringan, dan respon terhadap cekaman kekeringan tersebut terjadi setelah 3-5

hari tanpa pemberian air pada pembibitan karet (Wang, 2014). Defisit air yang melebihi 5 hari akan mengakibatkan ekspresi gen-gen tersebut menurun dan akhirnya tanaman mengalami kematian. Sehingga dapat dikatakan bahwa adaptasi terhadap cekaman kekeringan merupakan proses yang kompleks, yang melibatkan osmoregulasi, enzim antioksidatif dan gen-gen yang berhubungan dengan biosintesis energi di dalam mitokondria dan kloroplas bibit karet.



Gambar 6. Ekspresi dari gen-gen *HbCOA*, *HbATP*, *HbRbsS* dan *HbACAT* yang terkait dengan biosintesis energi setelah cekaman
 Sumber: Wang, (2014)

PENUTUP

Pengaruh cekaman kekeringan pada klon karet berpengaruh terhadap karakter morfologis dan fisiologis. Karakter morfologis ditunjukkan dengan perubahan tanaman akibat cekaman kekeringan seperti: batang atas mengeriput, daun-daun rontok dan kemudian tanaman mati. Sedangkan karakter fisiologis ditunjukkan dengan semakin menurunnya laju fotosintesis, konduktivitas stomata, kadar klorofil, kadar prolin dengan adanya cekaman kekeringan. Disamping itu, cekaman kekeringan juga mempengaruhi ekspresi dari gen-gen yang berhubungan dengan biosintesis energi dan sistem detoksifikasi *spesies oksigen reaktif* (ROS). Ekspresi dari gen-gen tersebut akan tetap optimal setelah 3-5 hari tanpa pemberian air.

Beberapa klon karet seperti PR 261, BPM 24, RRIM 703, PR 255, PR 300, dan GT 1 dapat direkomendasikan untuk ditanam pada lahan marjinal dengan tekstur tanah lempung berpasir sampai pasir berlempung, serta memiliki periode bulan kering yang tegas. Hasil pengujian adaptasi klon karet pada fase pertumbuhan menunjukkan bahwa klon IRR 104 dan IRR 118 cukup jagur di daerah yang memiliki iklim kering, sedangkan klon IRR5, IRR 112, PB 217 dan RRIM 921 memiliki pertumbuhan paling jagur di daerah iklim basah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ai, N. S. dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(2): 166-173.
- Aidi-Daslin, I. Suhendry and R. Azwar. 2000. Growth characteristic and yield performance or recommended clones in commercial planting. *Proceedings International Rubber Conference and IRRDB Syposium 2000*. Bogor, 12-14 September. Indonesian Rubber Research Institute : 150-158.
- Aidi-Daslin, 2014. Produktivitas klon karet IRR seri-100 dan 200 pada berbagai agroklimat dan sistem sadap. *Warta Perkaretan*. 33 (1). <http://www.balitsp.com/warta-perkaretan-vol-33-no-1-thn-2014>.
- Amypalupy, K. dan T. Wijaya. 2009. Ketahanan beberapa klon karet anjuran terhadap kekeringan. *Jurnal penelitian Karet*. 27 (1): 32-41
- Cahyo, A. N., R. Ardika dan T. Wijaya. 2011. Konsumsi air dan produksi karet pada berbagai sistem pengaturan jarak tanam dalam kaitannya dengan kandungan air tanah. *Jurnal Penelitian Karet*. 29(2): 110-117.
- Chandrasekhar, T.R., K.R. Vijayakumar, M.J. George and M.R. Sethuraj. 1994. Response of a few hevea clones to partial irrigation during immature phase in a dry subhumid climatic region. *J. Nat. Rubb. Res*. 7(2): 114-119.
- Charloq dan H. Setiado. 2005. Analisis stress air terhadap pertumbuhan bibit karet unggul (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg). *Jurnal Komunikasi Penelitian*. 17(6): 52-56.
- Damanik, S, M. Syakir, M. Tasma dan Siswanto. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Karet di Indonesia*. Eska Media. Jakarta.
- David, M. 2008. Kajian ketahanan pada pertumbuhan awal beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap cekaman kekeringan. Skripsi. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Hu, Y., and U. Schmidhalter. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci*. 168: 541-549.
- Iannucci, A., M. Russo, L. Arena, N. Di Fonzo, P. Martiniello. 2002. Water deficit effects on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers. *Euro. J. Agron*. 16:111-122.

- Indraty, I.S. 2008 Pertumbuhan stum okulasi mata tidur di polibeg dan lapangan pada musim kemarau. *Jurnal Penelitian karet*. 26 (2): 133-143.
- Inonu, I. Dedik B., M.Umar, Yakup dan A.Y.A Wiralaga. 2011. Respon klon karet terhadap frekuensi penyiraman di media tailing pasir pasca penambangan timah, *J. agron. Indonesia* 39 (2): 131-136
- Jones, M.M., C.B. Osmond and N.C. Turner. 1980. Accumulation solutes in leaf of sorghum and sunflower in response to water deficits. *Aust. J.Plant.Physiol.* 7: 1993-205.
- Karyudi. 2001. Osmoregulasi tanaman karet sebagai respon terhadap cekaman air. *J. Penelitian karet*. 19 (1-3): 1-17.
- Karyudi. 2004. hubungan antara kapasitas osmoregulasi dengan pertumbuhan tanaman dan status hara. *J. Penelitian Karet*, 22(1): 69-80
- Kramer. 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press Inc. Orlando, Florida.
- Lasmaningsih, M. 2012. Pembangunan kebun entres. In *Saptabina Usahatani Karat Rakyat* (pp. 15-21). Sembawa : Pusat Penelitian Karet.
- Leclercq, J., F. Martin, C. Sanier, A. Clement-Vidal, D. Fabre, G. Oliver, L. Lardet, A. Ayar, M. Peyramard, P. Montoro. 2012. Over-expression of a cytosolic isoform of the HbCuZnSOD gene in *Hevea brasiliensis* changes its response to a water deficit. *Plant Mol. Biol.* (80): 255-272.
- Li, R., P. Guo, M. Baum, S. Grando, S. Ceccarelli. 2006. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agricultural Sciences in China* 5 (10): 751-757.
- Maralian, H., A. Ebadi., T.R. Didar, and H. Eghari. 2010. Influence of water deficit stress on wheat grain yield and prolin accumulation rate. *African Journal of Agriculture Research*, 5 (4): 286-289.
- Mokhatar, S. J., Noordin W. D., & Nursyazwina, M. Z. 2011. Evaluation of different water regimes on *Hevea brasiliensis* grown on haplic ferralsol soil at nursery stage. *International Journal of Applied Science and Technology*. 1(3): 28-33.
- Nurlaili, 2009. Tanggapan beberapa klon anjuran dan pemberian air terhadap pertumbuhan bibit karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) dalam polibeg. *Agrobis*, 1(1): 48-56.
- Peraturan menteri pertanian republik Indonesia. nomor 132/Permentan/OT.140/12/2013 *Pedoman budidaya karet (Hevea brasiliensis) yang baik*.
- Pranowo, D. 2011. *Penyiapan Bahan Tanaman dan Pengolahan Perkebunan Karet*. Sirkuler Teknologi Tanaman Rempah dan Industri, Balitri, Sukabumi. 28 hal.
- Sathik, M., M.B., Luke, L.P., Molly Thomas, Sumesh, K.V., Satheesh, P.R., Annamalainatha, K. and James Jacob. 2011. IRRBD Internasional Rubber Conference, 14-17 December 2011. Chiang Mai Thailand.
- Sayurandi, Suhendry, I., & Syarifah A. P. 2014. Pengujian adaptasi beberapa klon karet pada masa tanaman belum menghasilkan. *Jurnal Penelitian Karet*. 32 (1): 1-9.
- Setiawan, Tohari, dan Dja'far S. 2012. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap akumulasi prolin tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). *Ilmu Pertanian*. 15 (2): 85-99.
- Siagian, N., D. Sitompul dan Y. Sugiyanto. 1994. Kebutuhan air dan pertumbuhan beberapa klon karet pada berbagai kondisi stress air di bibitan polibeg. *Buletin Perkebunan*. 12(3): 11-17.
- Sun, Cheng-xu, Hong-xing C., Hong-bo S., Xin-tao L. and Yong X. 2011. Growth and physiological responses to water and nutrient stress in oil palm. *African Journal of Biotechnolog.* 10(51): 10465-10471.

- Thomas, Karyudi, A. Gunawan, H. Suryaningtyas dan G. Wibawa. 2000. Antisipasi kekeringan dan upaya mengatasinya pada perkebunan karet. *Warta Per karetan Pusat Penelitian Karet*, 19 (1-3):11-22
- Thomas, Karyudi, A. Gunawan, H. Suryaningtyas dan G. Wibawa. 2001. Impact and effort to overcome drought on rubber plantation. *El-Nino Seminar. Indonesian Association for Research*, pp. 73-83.
- Tjahjana, B. E. dan Y. Ferry. 2011. Revegetasi lahan bekas tambang timah dengan tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Perkebunan*. Jakarta, 15 Oktober 2011 : Inovasi Teknologi mendukung peningkatan nilai tambah, daya saing, dan ekspor perkebunan :117-123.
- Verslues, P.E., M. Agarwal, S. Katiyar-Agarwal, J. Zhu and J.-Kang Zhu. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*, 45 : 523-539.
- Wang, Li-feng. 2014. Physiological and molecular responses to drought stress in rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Plant Physiology and Biochemistry*. 83: 243-249

