

PERAN PAKLOBUTRAZOL TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN DAN FISILOGI LATEKS BEBERAPA KLON KARET

The Role of Paclobutrazol Toward Plant Growth and Latex Physiology on Some Rubber Clones

Try KORYATI^{1*} dan Radite TISTAMA²

¹Departemen Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Amir Hamzah Medan
Jalan Pancing Pasar V Barat Medan Estate Kenangan Baru
Percut Sei Tuan Deli Serdang 20219 Sumatera Utara
*Email: trykoryati@gmail.com

²Pusat Penelitian Karet
Jalan Raya Palembang – Pangkalan Balai KM 29
Sembawa Banyuasin 30953 Sumatera Selatan

Diterima : 14 Juli 2020 / Disetujui : 21 Desember 2020

Abstract

This research was aimed to determine plant growth, anatomy, and physiological characteristics of latex produced from several rubber clones at the initial tapping with the use of paclobutrazol as plant growth regulator. Paclobutrazol an organic compound is a growth inhibitor which can inhibit stem lengthening and increase stem diameter, thus shorten immature period of rubber. The study was carried out at Karang Inong Plantation PT Perkebunan Nusantara I, East Aceh. The research was arranged based on two factors of Nested Design, namely rubber clone factor such as $K_1 = \text{PB 260}$, $K_2 = \text{PB 330}$, $K_3 = \text{PB 340}$, $K_4 = \text{IRR 107}$ and $K_5 = \text{IRR 5}$. Furthermore the second factor was paclobutrazol factors, namely; $P_0 = \text{control (without paclobutrazol)}$, $P_1 = (500 \text{ ppm paclobutrazol applied through the soil})$ and $P_2 = (500 \text{ ppm paclobutrazol applied on the leaves})$. Application of paclobutrazol through soil was given twice, first was at the time of research and second was at 6 months after treatment, while application of paclobutrazol through leaf surface spraying was given as ten times starting from the implementation of the study at intervals of once a month. Observations were made at the beginning of the study (28 months) and 46 months in the field. The results showed that clone and paclobutrazol affected significantly plant growth, latex production and physiological characteristics of latex. Application paclobutrazol through soil suppressed plant height, but increased stem girth, bark

thickness and latex vessel diameter. Interaction between the treatment of clones and paclobutrazol on the highest latex production (22.81 g/t/t) and DRC (36.47%) were found in clone PB 340 without paclobutrazol (K_3P_0). Meanwhile the highest in organic phosphate (4.92 mM) and Thiol (0.38 mM) were found in the treatment of K_3P_1 and the lowest plugging index was found in the K_3P_2 (18.71%). The results of the research was regarded as one of the solutions to shorten immature period of rubber, because it could inhibit plant height and accelerate stem girth growth.

Keywords: Bark anatomy; clones; latex physiology; paclobutrazol; plant growth

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pertumbuhan tanaman, anatomi dan karakter fisiologi lateks beberapa klon karet pada penyadapan awal dengan penggunaan zat pengatur tumbuh paklobutrazol. Paklobutrazol merupakan zat penghambat pertumbuhan yaitu suatu senyawa organik yang mampu menghambat pemanjangan batang dan dapat meningkatkan diameter batang, sehingga memperpendek tanaman belum menghasilkan. Penelitian dilaksanakan di Kebun Karang Inong PT Perkebunan Nusantara I, Aceh Timur dan PT Perkebunan Nusantara III. Penelitian disusun

berdasarkan Rancangan Tersarang (*Nested Design*) dua faktor, yaitu faktor klon karet dengan lima taraf yaitu K_1 = PB 260, K_2 = PB 330 K_3 = PB 340, K_4 = IRR 107 dan K_5 = IRR 5 dan faktor paklobutrazol dengan tiga taraf yaitu P_0 = Kontrol (tanpa paklobutrazol), P_1 = 500 ppm paklobutrazol melalui tanah dan P_2 = 500 ppm aplikasi paklobutrazol melalui daun. Aplikasi paklobutrazol melalui tanah diberikan hanya dua kali yaitu pada saat pelaksanaan penelitian dan enam bulan setelah perlakuan (BSP), sedangkan aplikasi paklobutrazol melalui penyemprotan permukaan daun diberikan sebanyak 10 kali mulai dari pelaksanaan penelitian dengan interval satu bulan sekali. Pengamatan dilakukan pada awal penelitian (umur 28 bulan) dan dilanjutkan pada umur 46 bulan di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respon masing-masing klon dan aplikasi paklobutrazol menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap parameter pertumbuhan tanaman, produksi lateks dan karakter fisiologi lateks. Aplikasi paklobutrazol melalui tanah nyata menekan pertumbuhan tinggi tanaman, tetapi dapat meningkatkan diameter batang, tebal kulit dan diameter pembuluh lateks. Interaksi antara perlakuan klon dan paklobutrazol terhadap parameter produksi tertinggi (22,81 g/p/s), untuk parameter KKK (36,47%) yang dijumpai pada klon PB 340 tanpa paklobutrazol (K_3P_0), fosfat anorganik (4,92 mM) dan *Thiol* (0,38 mM) tertinggi terdapat pada perlakuan K_4P_1 dan indeks penyumbatan terendah terdapat pada K_3P_2 (18,71%). Hasil penelitian ini menjadi salah satu solusi untuk memperpendek tinggi tanaman belum menghasilkan (TBM), karena dapat menghambat pertumbuhan tinggi dan mempercepat pertumbuhan lilit batang tanaman.

Kata kunci: Anatomi; fisiologi lateks; klon; paklobutrazol; pertumbuhan tanaman

PENDAHULUAN

Kriteria matang sadap tanaman karet yang dianut hingga dewasa ini masih berdasarkan pada ketentuan yang sifatnya visual. Hamparan tanaman karet

dinyatakan sudah memenuhi kriteria matang sadap apabila 60% dari populasi tegakan telah mencapai lilit batang 45 cm. Kriteria seperti ini baru dapat dijumpai pada hamparan tanaman karet yang berumur 4,5 – 5 tahun (Anwar, 2006). Analisis ekonomi telah menunjukkan bahwa kerugian selama masa tanaman belum menghasilkan (TBM), termasuk di dalamnya ongkos dan waktu dapat ditutup lebih cepat dengan memperpendek masa non produktif (Anwar, 2006). Lateks mengandung partikel karet (*isoprene*) yang dihasilkan oleh tanaman karet dan merupakan produk sekunder yang tergolong sebagai terpen (*politerpen*), yang disintesis melalui lintasan asam mevalonat (MVA). Sebagai precursor dari *isoprene* adalah *asetil koA* atau asam asetat, tetapi dalam jaringan dipersiapkan berupa sukrosa yang mudah ditranslokasikan (Coucaud *et al.* 2009, Kekwick, 1989; West, 1990; Jacob *et al.*, 1989).

Dari hasil penelitian Koryati (1998) diperoleh bahwa pada tanaman karet klon PB 260 (umur 2 tahun), aplikasi paklobutrazol baik melalui tanah maupun daun melambatkan pertumbuhan tinggi tanaman, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan lilit batang sekitar 50% dibandingkan dengan kontrol. Selain itu hasil penelitian Koryati *et al.* (2015) juga menunjukkan bahwa beberapa klon karet yang diteliti pada umur 34 bulan di lapangan, aplikasi paklobutrazol melalui tanah lebih kuat menghambat pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun tetapi dapat meningkatkan diameter batang, tebal kulit dan jumlah cincin pembuluh lateks. Hal ini sangat penting pada tanaman karet semasa TBM karena lamanya umur non produktif ini sangat erat kaitannya dengan ukuran lilit batang dan tebal kulit.

Mekanisme kerja paklobutrazol bersifat menghambat biosintesis giberelin (ICI, 1986; Sponsel, 1987; Davis *et al.*, 1988). Penghambatannya terjadi pada lintasan pembentukan kaurenoat, sehingga lintasan tersebut beralih peran untuk melaksanakan biosintesis asam absisat. Dampak dari proses tersebut ialah menghambat pertumbuhan vegetatif tanaman. Agar pemberiannya lebih efektif harus

diperhatikan beberapa faktor, seperti iklim, stadia, fase pertumbuhan dan kondisi tanaman.

Penelitian paklobutrazol sudah diaplikasikan secara luas untuk memperpendek batang tanaman ornamental, sedangkan yang diaplikasi pada batang tanaman perkebunan masih terbatas. Wang *et al.* (1986) meneliti pengaruh paklobutrazol pada akumulasi karbohidrat pada kayu apel. Ternyata paklobutrazol yang diaplikasi melalui semprotan (daun) dan injeksi pada batang meningkatkan kadar karbohidrat berupa fruktosa, glukosa dan sukrosa pada jaringan kayu. Hasil penelitian ini sangat berguna pada tanaman karet, karena mendukung proses pembentukan lateks.

Lateks dihasilkan dari asimilat hasil fotosintesis dalam bentuk sukrosa, ditranslokasikan dari daun melalui pembuluh tapis ke dalam pembuluh lateks (Chaidamsari, 1987; Chantuma *et al.*, 2006). Di dalam pembuluh lateks terdapat enzim seperti invertase yang akan mengatur proses perombakan sukrosa untuk pembentukan karet. Walaupun mekanisme kerja paklobutrazol menghambat GA-endogen melalui lintasan yang sama, hal ini tidak mempengaruhi produksi lateks yang dihasilkan dari tanaman yang diaplikasi paklobutrazol.

Dengan melihat lateks sebagai kumpulan sitoplasma dari sel-sel pembuluh lateks, maka analisisnya merupakan cerminan dari mekanisme metabolik yang berlangsung baik dalam pembentukannya, maupun mekanisme fisiologis tanaman secara keseluruhan. Secara fisiologis paklobutrazol meningkatkan kadar karbohidrat dalam jaringan kayu, partisi asimilat dari daun ke akar, meningkatkan respirasi akar, mengurangi kehilangan air akar (Wang *et al.*, 1986). Selain itu paklobutrazol juga menekan pertumbuhan vegetatif, menghambat sel pada sub *apical meristem* dan mempertebal batang (Wattimena, 1988). Dengan berkurangnya pertumbuhan vegetatif maka pertumbuhan tanaman lebih kekar dan terbuka untuk mendapat penyinaran matahari optimum.

Pengaruh fisiologi ini sangat erat kaitannya dengan pertumbuhan tanaman karet belum menghasilkan. Untuk merangsang batang agar pertumbuhan meninggi tanaman dihambat untuk sementara oleh paklobutrazol, sehingga dampaknya ialah tanaman menjadi pendek dan pengaruhnya terjadi pada pembesaran lilit batang, sehingga masa non produktif dapat dipersingkat. Lilit batang dan tebal kulit juga mempunyai hubungan dengan produksi lateks (Sunariyo, 1996; Novalina *et al.*, 2008). Selain itu karakter fisiologi, anatomi kulit, pertumbuhan dan produksi karet merupakan parameter penting di dalam seleksi klon karet unggul (Woelan *et al.*, 2013). Penggunaan klon karet unggul yang berproduksi tinggi merupakan syarat utama penentu keberhasilan agribisnis tanaman karet. Dengan demikian para pemulia tanaman karet terus berupaya untuk mendapatkan klon-klon unggul baru yang memiliki potensi hasil tinggi serta memiliki karakter agronomi yang diinginkan (Woelan *et al.*, 2007).

Kajian bidang fisiologi dan biokimia lateks pada tanaman karet bermanfaat untuk menentukan karakteristik tanaman muda yang diduga memiliki produktivitas tinggi (Jacob *et al.*, 1989). Apabila parameter fisiologi dan biokimia itu dirumuskan secara tepat dan dilaksanakan dengan akurat, maka profil dari suatu klon dapat digambarkan potensinya sehingga dapat diketahui secara dini (Bricard & Nicolas, 1989). Adanya perbedaan karakteristik fisiologi lateks dan anatomi dari jenis klon yang berbeda akan mempermudah seleksi terhadap karakter klon yang diinginkan (Jacob *et al.*, 1989).

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana penggunaan paklobutrazol dapat memperpendek masa TBM, dan untuk mempelajari produksi lateks serta karakter fisiologi lateks beberapa klon karet pada penyadapan awal.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di KSO Kebun Karang Inong PT Perkebunan Nusantara I di Kabupaten Aceh Timur dan

PT Perkebunan Nusantara III. Kebun Karang Inong berada pada ketinggian 51 m dari permukaan laut, dengan topografi datar sampai bergelombang. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Maret 2013 sampai dengan Oktober 2014 dan analisis lateks pada bulan Juli 2015. Klon yang digunakan dalam penelitian ini ada lima klon karet yaitu PB 260, PB 340, PB 330, IRR 5, dan IRR 107. Umur tanaman karet yang digunakan adalah tanaman berumur 28 bulan (tahun tanam Desember 2010).

Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Tersarang (*Nested Design*) dua faktor yaitu faktor klon dan faktor paklobutrazol. Faktor klon (K) terdiri dari 5 jenis klon yaitu K_1 = Klon PB 260, K_2 = Klon PB 330, K_3 = PB 340, K_4 = IRR 107, dan K_5 = IRR 5. Sedangkan faktor Paklobutrazol (P) terdiri dari 3 taraf yaitu P_0 = 0 (Kontrol tanpa paklobutrazol), P_1 = paklobutrazol 500 ppm (di aplikasikan melalui tanah) dan P_2 = paklobutrazol 500 ppm (di aplikasikan melalui daun). Perlakuan diulang dua kali, namun tersarang dalam faktor perlakuan jenis klon, sehingga jumlah satuan percobaan adalah $5 \times 3 \times 2 = 30$ satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 4 tanaman, maka jumlah tanaman yang digunakan adalah 120 tanaman.

Masing-masing klon dipilih 24 tanaman yang memiliki homogenitas relatif tinggi. Kriteria pemilihan tanaman meliputi tinggi tanaman, ukuran lilit batang, kondisi tajuk dan bebas dari penyakit akar dan daun. Jumlah tanaman tersebut dibagi dua kelompok sebagai ulangan dan masing-masing (12 pohon). Untuk menguji masing-masing perlakuan yang dicobakan dilakukan Analisis Ragam. Apabila hasil analisis menunjukkan beda nyata, dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT), sedangkan untuk melihat hubungan antar sifat yang diamati maka dilakukan analisis korelasi dengan menggunakan software SPSS ver. 18.

Aplikasi paklobutrazol melalui tanah diberikan hanya dua kali yaitu pada saat pelaksanaan penelitian dan 6 Bulan Setelah Perlakuan (BSP), sedangkan aplikasi paklobutrazol melalui penyemprotan

permukaan daun diberikan sebanyak 10 kali mulai dari pelaksanaan penelitian dengan interval 1 bulan sekali.

Pengamatan parameter dilakukan pada umur 46 bulan di lapangan yaitu pengamatan pertambahan tanaman meliputi:

1. Sifat pertumbuhan meliputi lilit batang (cm) yang diukur pada ketinggian 100 cm di atas permukaan tanah, dan tebal kulit (mm) diukur dengan menggunakan alat ukur ketebalan kulit.
2. Sifat pertumbuhan tinggi tanaman yang diukur dengan menggunakan bambu atau kayu yang telah diberi ukuran/meteran. Diukur di atas kaki gajah sampai pucuk tanaman yang tertinggi pada tanaman yang lurus.
3. Anatomi kulit meliputi jumlah pembuluh lateks dan diameter pembuluh lateks yang diamati dengan menggunakan metode Gomez *et al.* (1982), dengan cara mengambil contoh kulit berdiameter 1 cm pada ketinggian 100 cm di atas permukaan tanah.
4. Produksi karet (g/p/s) diamati pada umur tanaman 54 bulan di lapangan dengan penyadapan awal pada penyadapan pisau ke empat. Produksi per tanaman diamati dengan mengukur volume lateks yang dihasilkan dari tiap tanaman, yang kemudian dikonversi menjadi g/p/s. Kadar karet kering (KKK) diukur dengan cara meneteskan lateks segar 2 g pada plat kaca, diratakan dan ditimbang bobot basah (B_{basah}), kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu sekitar 100°C selama 2 x 24 jam sehingga menjadi tetap bobotnya (B_{kering}). Perhitungan kadar karet kering dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Karet Kering KKK} = \frac{\text{Bobot Kering}}{\text{Bobot Basah}} \times 100\% \dots (1)$$

5. Sifat fisiologi lateks meliputi kadar sukrosa dan fosfat anorganik diukur dengan menggunakan 1 contoh berupa

serum lateks/TCA (*Trichloroacetic acid*). Serum lateks dibuat dengan cara mencampur 1 mL lateks dengan 9 mL TCA. Kadar sukrosa diukur berdasarkan metode Dische (1962), yaitu berdasarkan reaksinya dengan anthrone menghasilkan turunan furfural yang berwarna hijau biru yang terabsorpsi pada panjang gelombang 627 nm. Pengukuran fosfat anorganik dilakukan dengan metode Taussky dan Shorr (1953), yaitu berdasarkan prinsip reaksi dengan molibdat menghasilkan kompleks Pimolibdat berwarna biru yang terabsorpsi pada panjang gelombang 750 nm. Nilai absorban diukur dengan spektrofotometer Beckham DU 650. Indeks penyumbatan diamati dengan membandingkan volume lateks yang mengalir pada 5 menit pertama dengan total volume lateks yang dihasilkan dalam satu kali sadap dikali 100%, sedangkan penyumbatan ditentukan berdasarkan Milford *et al* (1969). Indeks Penyumbatan (IP) ditentukan dengan cara berikut volume lateks 5 menit pertama total volume lateks x 100. Sedangkan pH diamati dengan menggunakan pH meter, yang dilakukan segera saat lateks menetes setelah disadap. Pembacaan pH pada 2-5 menit pertama (Do *et al.*, 1996)

Pada penelitian ini data yang diolah adalah data penambahan pada pengamatan 18 BSP atau tanaman berumur 46 bulan di lapangan. Data diperoleh dari pengurangan umur tanaman 46 bulan dikurangi pada pengamatan awal (28 bulan). Untuk data hasil yaitu produksi dan karakter fisiologi lateks diamati pada tanaman 54 bulan di lapangan yaitu data diperoleh pada penyadapan awal pada penyadapan pisau ke empat tanpa menggunakan stimulan. Penyadapan dilakukan pada bulan Juli 2015 umur tanaman 54 bulan, karena pada bulan Oktober 2014 (umur tanaman 46 bulan) di lapangan masih banyak tanaman yang belum sesuai dengan kriteria matang sadap, (walaupun dari tanaman sampel yang diteliti sudah mencapai kriteria matang sadap dengan lilit batang sudah ± 45 cm), hal ini terjadi karena penulis melakukan penelitian di kebun KSO PT Perkebunan Nusantara I dan PT Perkebunan Nusantara III dan

penyadapan baru bisa dilakukan setelah mendapat persetujuan dari perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan dan Anatomi Tanaman

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa setiap perlakuan paklobutrazol dan klon yang diuji memberikan pengaruh nyata yang disajikan pada Tabel 1. Terlihat bahwa masing-masing klon yang diuji menunjukkan perbedaan terhadap parameter yang diamati. Pertambahan tinggi tanaman dan lilit batang terbesar terdapat pada klon PB 330, pertambahan tebal kulit dan diameter pembuluh lateks terbesar terdapat pada klon PB 260, sedangkan pertambahan jumlah pembuluh lateks terbesar terdapat pada klon IRR 107. Sedangkan perlakuan paklobutrazol nyata menekan pertambahan tinggi tanaman, tetapi aplikasi paklobutrazol melalui tanah dapat meningkatkan pertambahan lilit batang, tebal kulit dan diameter pembuluh lateks.

Hasil observasi juga menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara tinggi tanaman dengan lilit batang dan tebal kulit. Seperti telah diketahui bahwa salah satu efek yang paling nyata dari paklobutrazol adalah memodifikasi pertumbuhan. Perubahan dalam perkembangan ini memanifestasikan fenomena melalui penghambatan biosintesis giberelin. Penghambatannya terjadi pada lintasan pembentukan kaurenoat dari oksidasi kaurena, sehingga lintasan ini berubah peran untuk melaksanakan biosintesis asam absisat (ICI, 1986; Sponsel, 1987; Davis *et al.*, 1988). Dampak dari proses tersebut ialah menekan pertumbuhan pemanjangan sel vegetatif sehingga pertumbuhan tinggi tanaman klon karet semasa TBM dihambat dan efeknya ialah terhadap pembesaran batang dan ketebalan kulit karena beralihnya penggunaan fotosintat.

Hasil penelitian pada lima klon yang diuji selama 18 bulan (dari umur 28 bulan sampai dengan 46 bulan di lapangan), bahwa klon yang lebih cepat pertumbuhan

Tabel 1. Rataan pertambahan tinggi tanaman, lilit batang, tebal kulit, jumlah pembuluh lateks (JPL) dan diameter pembuluh lateks (DPL) umur 46 bulan pada perlakuan klon dan paklobutrazol

Table 1. Avarage increasing of plant height, girth, bark thickness, number of latex vessel (JPL) and diameter of latex vessel (DPL) at the age of 46 months by clones and paclobutrazol treatment

Perlakuan <i>Treatment</i>	Data pertambahan dari umur 28 ke 46 bulan <i>Increasing data at the age of 28 to 46 months</i>				
	Tinggi tanaman <i>Plant height</i> (m)	Lilit batang <i>Girth</i> (cm)	Tebal kulit <i>Bark thickness</i> (mm)	Jumlah pembuluh lateks <i>Number of latex vessels</i>	Diameter pembuluh lateks <i>Diameter of latex vessel</i> (μ)
Klon (K)					
K ₁ = PB 260	3,00 b	21,58 c	3,17 a	2,69 c	14,01 a
K ₂ = PB 330	3,45 a	22,74 a	2,99 a	3,00 b	13,52 ab
K ₃ = PB 340	3,26 a	21,73 bc	3,13 a	2,93 bc	13,24 b
K ₄ = IRR 107	3,39 a	21,39 c	2,75 b	3,60 a	13,96 a
K ₅ = IRR 5	3,28 a	22,44 ab	2,79 b	2,86 bc	13,43 ab
Paklobutrazol (P)					
P ₀ = 0 (kontrol)	3,85 a	21,30 b	2,67 c	2,90 a	13,41 b
P ₁ = 500 ppm (tanah)	2,76 c	22,50 a	3,26 a	3,06 a	13,92 a
P ₂ = 500 ppm (daun)	3,22 b	22,13 a	2,96 b	3,09 a	13,56 ab

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% berdasarkan Uji DMRT

Remaks: *Figures followed by the same letter in the same column were not significantly different at 5% level according to Duncan Multiple Range Test*

lilit batangnya adalah klon PB 330 (K₂ = 46,28 cm), diikuti IRR 5 (K₅ = 46,15 cm), PB 340 (K₃ = 45,48 cm), IRR 107 (K₄ = 45,21 cm) dan PB 260 (K₁ = 45,20 cm) pada umur 46 bulan di lapangan (Lampiran 2). Jadi lilit batang untuk klon yang diuji sudah memenuhi kriteria matang sadap. Hal ini diduga bahwa klon-klon yang diuji merupakan klon anjuran komersial yang dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu klon PB 330, PB 260 dan PB 340 termasuk kedalam klon penghasil lateks, sedangkan klon IRR 5 dan IRR 107 adalah klon penghasil lateks dan kayu (Daslin, 2014; Daslin *et al.*, 2009; Anwar, 2006).

Dari hasil analisis sidik ragam terlihat bahwa interaksi perlakuan klon dan paklobutrazol (K x P) hanya nyata pengaruhnya terhadap pertambahan tinggi tanaman dan jumlah pembuluh lateks, sedangkan pada parameter yang lain tidak menunjukkan pengaruh nyata. Walaupun

pertambahan lilit batang pengaruhnya tidak nyata, tapi perlakuan aplikasi paklobutrazol cenderung meningkatkan pertambahan lilit batang. Uji beda rata-rata pertambahan tinggi tanaman, jumlah pembuluh lateks, dan lilit batang disajikan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa bahwa klon tanpa paklobutrazol menyebabkan pertambahan tinggi tanaman meningkat nyata dan terbesar pada klon PB 330 tanpa paklobutrazol (K₂P₀), tetapi bila klon diaplikasi paklobutrazol melalui daun (P₂) maka pertambahan tinggi tanaman tertekan, sedangkan bila paklobutrazol diberikan melalui tanah (P₁) maka pertambahan tinggi klon semakin tertekan secara nyata. Untuk parameter pertambahan lilit batang terlihat bahwa aplikasi paklobutrazol cenderung meningkatkan pertambahan lilit batang secara tidak nyata.

Tabel 2. Rataan pertambahan tinggi tanaman dan jumlah pembuluh lateks umur 46 bulan pada interaksi perlakuan klon dan paklobutrazol
 Table 2. Average increasing of plant height and number of latex vessels at the age of 46 months by clones and paclobutrazol treatment interaction

Klon Clone (K)	Paklobutrazol Paclobutrazol (P)	Data pertambahan dari umur 28 ke 46 bulan Increasing data at the age of 28 to 46 months		
		Tinggi tanaman Plant height (m)	Jumlah pembuluh lateks Number of latex vessels	Lilit batang Girth (cm)
K ₁ = PB 260	P ₀ = 0 (kontrol)	3,26 b	2,64 efg	20,78 a
	P ₁ = 500 ppm (tanah)	2,62 d	2,57 fg	21,94 a
	P ₂ = 500 ppm (daun)	3,12 bc	2,86 def	22,03 a
K ₂ = PB 330	P ₀ = 0 (kontrol)	4,02 a	2,79 d-g	22,29 a
	P ₁ = 500 ppm (tanah)	3,04 bc	3,21 bcd	23,23 a
	P ₂ = 500 ppm (daun)	3,28 b	3,00 c-f	22,70 a
K ₃ = PB 340	P ₀ = 0 (kontrol)	3,98a	3,14 bcd	20,84 a
	P ₁ = 500 ppm (tanah)	2,63 d	3,00 c-f	22,17 a
	P ₂ = 500 ppm (daun)	3,17 b	2,64 efg	22,19 a
K ₄ = IRR 107	P ₀ = 0 (kontrol)	4,02 a	2,36 g	20,85 a
	P ₁ = 500 ppm (tanah)	2,86 cd	3,07 cde	21,75 a
	P ₂ = 500 ppm (daun)	3,31 b	3,14 bcd	21,58 a
K ₅ = IRR 5	P ₀ = 0 (kontrol)	3,99 a	3,57 ab	21,75 a
	P ₁ = 500 ppm (tanah)	2,63 d	3,43 abc	23,42 a
	P ₂ = 500 ppm (daun)	3,23 b	3,79 a	22,16 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% berdasarkan Uji DMRT.

Remaks: Figures followed by the same letter were not significantly different at 5% level according to Duncan Multiple Range Test

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Koryati *et al.* (2015) diperoleh bahwa pada beberapa klon karet yang diteliti pada umur 34 bulan di lapangan menunjukkan bahwa aplikasi paklobutrazol melalui tanah (P1) dibanding melalui daun (P2) lebih kuat menghambat pertambahan tinggi tanaman, luas daun dan meningkatkan pertambahan lilit batang, tebal kulit dan jumlah cincin pembuluh lateks. Hasil penelitian ini sangat penting untuk tanaman karet semasa Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) karena dapat mempercepat matang sadap, selain itu perlu dipelajari bagaimana produksi lateks serta karakter fisiologi lateks pada penyadapan awal.

Dari hasil penelitian terlihat juga bahwa aplikasi paklobutrazol melalui tanah pada klon IRR 5 (K₅P₁) cenderung dapat

meningkatkan pertambahan lilit batang sebesar 23,42 cm (46,50 cm), dan aplikasi paklobutrazol baik melalui tanah maupun daun pada klon PB 330 (K₂P₁) juga cenderung meningkatkan pertambahan lilit batang sebesar 23,23 cm (46,50 cm) dan pada perlakuan K₂P₂ sebesar 22,70 cm (47,60 cm). Sedangkan pertambahan lilit batang terendah terdapat pada klon PB 340 tanpa paklobutrazol (K₃P₀) pertambahan hanya 20,84 cm (40,15 cm) (Tabel 2 dan Lampiran 2).

Jadi kombinasi perlakuan klon dengan aplikasi paklobutrazol baik melalui tanah maupun daun dapat mempercepat matang sadap, karena pada umur tanaman 46 bulan di lapangan tanaman sudah memenuhi kriteria matang sadap dengan ukuran lilit batang (> 45 cm). Sementara tanaman di

lokasi penelitian kebun Karang Inong KSO PTPN I baru bisa dilakukan penyadapan pada umur 54 bulan (4.5 tahun) dengan ketentuan kriteria matang sadap (60% dari areal tanaman tegakan dengan lilit batang 45 cm). Aplikasi paklobutrazol 500 ppm baik melalui tanah maupun daun dapat mempercepat matang sadap sekitar 8 bulan (54 bulan - 46 bulan) di lokasi penelitian kebun Karang Inong KSO PTPN-I. Hasil penelitian Koryati (1998, 2015) di dukung penelitian Sarkar *et al.* (2015) pada pembibitan karet klon RR11 429 di *polybag*, bahwa aplikasi paklobutrazol dengan konsentrasi 50 mg dapat memodifikasi morfologi tanaman, di mana tanaman semakin pendek dan seragam, namun dapat meningkatkan diameter batang dan meningkatkan perkembangan akar.

Aplikasi paklobutrazol melalui tanah (P_1) lebih kuat menghambat pertumbuhan tinggi tanaman klon karet dibanding melalui daun (P_2). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Davis *et al.* (1988) pada tanaman apel, menunjukkan bahwa paklobutrazol umumnya lebih efektif menghambat pertumbuhan ketika diaplikasi melalui tanah atau langsung ke batang dibandingkan aplikasi melalui daun. Studi laboratorium memperlihatkan bahwa kandungan paklobutrazol pada tanah juga berhubungan dengan kandungan bahan organik tanah, kandungan tanah liat (lempung) dan Kapasitas Tukar Kation. Pengangkutan melalui akar akan bergantung pada relatif dekatnya bahan kimia paklobutrazol ke akar (Davis *et al.*, 1988). Sedangkan pada interaksi perlakuan klon dan paklobutrazol pada pertumbuhan jumlah pembuluh lateks (Tabel 2), terlihat bahwa pertumbuhan jumlah pembuluh lateks terbesar diperoleh pada klon IRR 5 dengan aplikasi paklobutrazol melalui daun (K_5P_2), yang berbeda tidak nyata dengan kombinasi perlakuan K_5P_1 dan K_5P_0 . Pertumbuhan jumlah pembuluh lateks terkecil terdapat pada klon IRR 107 tanpa aplikasi paklobutrazol (K_4P_0).

Sebagaimana dinyatakan sebelumnya, penekanan pertumbuhan vegetatif atau penekanan tinggi tanaman klon karet ini terjadi karena mekanisme

kerja paklobutrazol yang menghalangi produksi giberelin endogen, sehingga konsentrasi GA rendah. Namun lebih rendahnya konsentrasi tidak sampai menghalangi pembentukan sel-sel baru tetapi hanya menghambat perpanjangan sel (ICI, 1986; Sponsel, 1987; Davis *et al.*, 1988).

Produksi Lateks per Tanaman dan Karakter Fisiologi Lateks

Respon terpenting setiap klon tanaman karet terhadap perlakuan tercermin dari produksi, walaupun sebenarnya dari penelitian yang dilakukan produksi belum menjadi patokan. Pada penelitian ini belum dilakukan penyadapan secara rutin, meskipun data tetap diambil dari penyadapan awal pada penyadapan pisau ke empat yaitu untuk mempelajari bagaimana produksi dan karakter fisiologi lateks tersebut. Data rata-rata produksi lateks per tanaman dan parameter fisiologi lateks sukrosa, fosfat anorganik (FA), tiol, kadar karet kering (KKK), pH lateks dan indeks penyumbatan (IP) dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa masing-masing klon nyata mempengaruhi produksi lateks per tanaman. Klon PB 340 (K_3) menghasilkan produksi lateks per tanaman lebih tinggi (20,63 g/p/s) dan berbeda nyata dengan klon IRR 107 (K_4), PB 260 (K_1), PB 330 (K_2) dan IRR 5 (K_5), tapi diantara klon IRR 105 dan klon PB 330 saling berbeda tidak nyata terhadap produksi lateks per tanaman. Untuk parameter KKK, sukrosa, FA dan tiol tertinggi terdapat pada klon IRR 107, sedangkan pH tertinggi terdapat pada klon PB 340 dan Indeks penyumbatan terdapat pada klon PB 330.

Pemberian paklobutrazol juga meningkatkan produksi lateks per tanaman, aplikasi melalui tanah (P_1) lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi melalui daun (P_2) secara tidak nyata. Pemberian paklobutrazol juga nyata meningkatkan KKK dan kadar FA, dimana aplikasi melalui tanah (P_1) memberikan KKK lebih tinggi, sedangkan kadar FA diperoleh dari aplikasi melalui daun (P_2). Untuk kadar tiol, pH dan IP tanpa paklobutrazol (P_0) lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi paklobutrazol

Tabel 3. Uji beda rata-rata produksi lateks per tanaman dan parameter fisiologi lateks pada perlakuan klon dan paklobutrazol pada umur 54 bulan
 Table 3. Mean different test of latex yield per tree and physiological character of latex by clones and paklobutrazol treatment at age of 54 months

Perlakuan Treatment	Produksi lateks dan parameter fisiologi lateks Latex yield and latex physiological parameters						
	Produksi lateks (g/p/s) Latex Yield (g/t/t)	KKK DRC (%)	Sukrosa Sucrose (mM)	FA Pi (mM)	Tiol Thiol (mM)	pH pH	IP PI (%)
	Klon (K)						
K ₁ = PB 260	15,51 c	34,60 c	3,75 d	3,62 c	0,32 b	6,80 c	22,00 d
K ₂ = PB 330	12,87 d	34,23 c	3,96 c	3,29 d	0,31 cd	6,79 c	31,31 a
K ₃ = PB 340	20,63 a	33,49 d	5,45 b	4,47 b	0,30 d	7,02 a	19,35 e
K ₄ = IRR 107	18,76 b	36,25 a	6,92 a	4,80 a	0,37 a	6,93 b	25,28 c
K ₅ = IRR 5	12,51 d	35,18 b	3,63 d	3,26 d	0,31 c	6,82 c	30,23 b
Paklobutrazol (P)							
P ₀ = 0 (kontrol)	15,47 b	34,06 b	4,82 a	3,82 b	0,33 a	6,90 a	26,88 a
P ₁ = 500 ppm (tanah)	16,54 a	35,13 a	4,65 a	3,85 b	0,32 b	6,88 a	24,93 b
P ₂ = 500 ppm (daun)	16,15 a	35,06 a	4,75 a	4,00 a	0,32 b	6,83 b	25,09 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% berdasarkan Uji DMRT.

Remarks: Figures followed by the same letter in the same column were not significantly different at 5% level according to Duncan Multiple Range Test

baik melalui tanah maupun daun, sedangkan kadar sukrosa pemberian paklobutrazol berbeda tidak nyata.

Dari hasil analisis sidik ragam bahwa interaksi faktor klon dan paklobutrazol nyata pengaruhnya terhadap produksi lateks per tanaman dan karakter fisiologi lateks. Uji beda rata-rata produksi lateks per tanaman pada interaksi klon dan paklobutrazol disajikan pada Tabel 4. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa, interaksi perlakuan klon dan paklobutrazol terhadap produksi lateks per tanaman, menunjukkan bahwa pada perlakuan K₃P₀ merupakan perlakuan yang menghasilkan produksi per tanaman tertinggi (± 22,81 g/p/s), sedangkan produksi per tanaman terendah diperoleh pada perlakuan K₅H₁ (± 12,20 g/p/s).

Hal ini diduga bahwa klon PB 340 merupakan klon penghasil lateks, yang memiliki ciri produksi awal tinggi, produksi lanjutan meningkat, pertumbuhan lilit batang agak lambat. Sementara klon IRR

107 merupakan klon penghasil lateks-kayu, yang memiliki ciri produksi awal rendah-sedang, produksi lanjutan meningkat (Aidi Daslin *et al.*, 2009). Selain itu analisis fisiologi tanaman diduga juga merupakan cara yang berguna untuk menentukan kondisi tanaman, seperti kesehatan, potensi produksi maupun waktu buka sadap.

Interaksi klon dan paklobutrazol terhadap KKK, kadar sukrosa, FA dan tiol menunjukkan bahwa KKK, FA dan tiol tertinggi diperoleh pada perlakuan K₄P₁, kadar sukrosa tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan K₄P₂. Sedangkan KKK terendah diperoleh pada perlakuan K₁P₀, sukrosa dan FA terendah diperoleh pada perlakuan K₅P₀, tiol terendah diperoleh pada perlakuan K₂P₁. Respon tanaman terhadap stimulasi bergantung pada kadar sukrosa lateks. Makin tinggi kadar sukrosanya, semakin tinggi intensitas stimulasi dapat dilakukan. Di samping itu tanaman lebih tahan terhadap stress akibat stimulasi (Jacob & Prevot, 1992; Jacob, 1998; Gohet, 2008).

Tabel 4. Uji beda rata-rata produksi dan karakter fisiologi lateks pada interaksi perlakuan klon dan paklobutrazol pada umur 54 bulan

Table 4. Mean different test of latex yield per tree and physiological characters of latex on the interaction by clone and paclobutrazol treatment at the age of 54 months

Klon Clone (K)	Paklobutrazol Paclobutrazol (P)	Produksi dan karakter fisiologi lateks Latex yield and latex physiological parameters						
		Produksi lateks (g/p/s) Latex yield (g/t/t)	KKK DRC (%)	Sukrosa Sucrose (mM)	FA Pi (mM)	Tiol Thiol (mM)	pH	IP PI (%)
K ₁ = PB 260	P ₀ = (0)	14,12 de	32,98 h	3,72 fg	3,63 de	0,34 bc	6,77 c	22,32 g
	P ₁ = (500 ppm)	13,98def	34,73 def	3,82 efg	3,39 efg	0,33 cd	6,83 bc	22,94 g
	P ₂ = (500 ppm)	18,42 c	36,10 abc	3,71 fg	3,84 d	0,30 fg	6,78 c	20,74 h
K ₂ = PB 330	P ₀ = (0)	12,53 gh	33,40 gh	4,13 c	3,47 ef	0,32 de	6,83 bc	33,17 a
	P ₁ = (500 ppm)	13,69 cfg	34,95 de	3,95 ef	3,16 gh	0,29 g	6,88 b	29,40 de
	P ₂ = (500 ppm)	12,39 gh	34,34 ef	3,79 efg	3,25 fgh	0,31 ef	6,67 d	31,35 b
K ₃ = PB 340	P ₀ = (0)	22,81 a	33,09 h	5,90 c	4,33 c	0,30 fg	7,02 a	19,63 hi
	P ₁ = (500 ppm)	20,88 b	33,97 fg	5,34 d	4,70 ab	0,31 ef	7,00 a	19,70 hi
	P ₂ = (500 ppm)	18,20 c	33,40 gh	5,11 d	4,38 c	0,29 g	7,03 a	18,71 i
K ₄ = IRR107	P ₀ = (0)	15,23 d	36,29 ab	6,91 ab	4,56 bc	0,37 a	7,02 a	28,19 c
	P ₁ = (500 ppm)	21,96 ab	36,47 a	6,65 b	4,92 a	0,38 a	6,89 b	22,95 g
	P ₂ = (500 ppm)	19,09 c	36,00 abc	7,21 a	4,92 a	0,35 b	6,89 b	24,71 f
K ₅ = IRR 5	P ₀ = (0)	12,67 fgh	34,53 ef	3,46 g	3,11 h	0,31 efg	6,88 b	31,11 bc
	P ₁ = (500 ppm)	12,20 h	35,51bcd	3,49 g	3,07 h	0,31 ef	6,82 bc	29,65 cde
	P ₂ = (500 ppm)	12,65 fgh	35,48 cd	3,95 ef	3,60 e	0,33 cde	6,76 c	29,95 bcd

Keterangan: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf 5% berdasarkan Uji DMRT.

Note: Figures followed by the same letter in the same column were not significantly different at 5% level according to Duncan Multiple Range Test

Paklobutrazol pada batang dapat meningkatkan kadar karbohidrat berupa fruktosa, glukosa dan sukrosa pada jaringan kayu (Wang *et al.*, 1986). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa kadar sukrosa tertinggi terdapat pada klon IRR 107 yang diaplikasi 500 ppm paklobutrazol melalui daun (Tabel 4). Hal ini sangat berguna untuk proses pembentukan lateks. Lateks dihasilkan dari asimilat hasil fotosintesis dalam bentuk sukrosa di translokasi dari daun melalui pembuluh tapis ke dalam pembuluh lateks (Chaidamsari, 1987; Chantuma *et al.*, 2006).

Perbedaan antar klon menunjukkan perbedaan dalam tanggap masing-masing klon terhadap perlakuan yang diberikan. Hal ini adalah wajar, mengingat perbedaan genetik antar klon menyebabkan perbedaan-perbedaan secara fisiologis. Hal yang sama telah dilaporkan pada penelitian

sebelumnya. Templeton (1969) dan Sethuraj (1992) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman sangat kompetitif dengan produksi lateks. Namun besarnya kompetisi tersebut beragam antar klon. Pada umumnya makin tinggi peningkatan produksi semakin rendah perkembangan lilit batang, hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa klon yang produksinya lebih tinggi terdapat pada klon PB 340 (Tabel 3), sedangkan untuk perkembangan lilit batang terbesar terdapat pada klon PB 330 (Tabel 1). Klon karet dengan kadar fosfat anorganik tinggi pada lateks yang dihasilkannya maka lebih terhambat pertumbuhannya. Hal ini disebabkan oleh distribusi asimilat lebih banyak ke arah produksi lateks. Penurunan lilit batang berkorelasi negatif dengan kadar sukrosa awal (Lacote, 2007). Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Kuswanhadi *et al.* (2009) yang mendapatkan bahwa setiap klon dapat dikelompokkan menjadi klon

Tabel 5. Korelasi antar parameter pada masing-masing klon
 Table 5. Correlations between parameters on each clone

Klon karet Rubber clone				
PB 260	PB 330	PB 340	IRR 107	IRR 5
PLB=PTK PDPL=PTK	PLB	PTK= -PTT	PTK= -PTT	PTK= -PTT
PDPL=PJPL	IP= -PLB	PLB=PTK	PLB=PTK	PLB=PTK
KKK=PTK =PLB	KKK=PLB= PDPL= -IP	PDPL=PTK= PLB	KKK=PLB	S=KKK
S=KKK=FA FA=PLB	S= -IP=FA	S= -IP	T=KKK=FA	=S ^{sk}
T=FA=S S=PLB=KKK	=FA	T=FA=S	T= -IP=FA ^{sk} =S	P=KKK=S
P=KKK=FA =S=T	T=FA=S P= -IP=FA=	S ^{sk} =T	P= -IP=FA ^{sk} =S	=T
P=PLB= -IP=	KKK=FA=S			

Keterangan (Remarks):

- PLB : pertambahan lilit batang (*girth accretion*)
- PTK : pertambahan tebal kulit (*bark thickness accretion*)
- PDPL : pertambahan diameter pembuluh lateks (*latex vessel diameter accretion*)
- PTT : pertambahan tinggi tanaman (*plant height accretion*)
- PJPL : pertambahan jumlah pembuluh lateks (*number of latex vessel accretion*)
- IP : indeks penyumbatan (*plugging index*)
- KKK : kadar karet kering (*dry rubber content*)
- T : tiol (*Thiol*)
- FA : fosfat anorganik (*inorganic phosphate*)
- S : sukrosa (*sucrose*)
- P : produksi (*production*)
- sk : sangat kuat (*very strong*)

bermetabolisme tinggi, medium dan rendah berdasarkan kadar sukrosa dan posfat anorganik.

Hasil korelasi antara parameter pada masing-masing klon yang diamati dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan korelasi bahwa tujuan mempercepat matang sadap pada klon yang diinginkan dapat dikaitkan dengan parameter produksi dan karakter fisiologi lateks tertentu. Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa masing-masing klon memiliki hubungan korelasi yang berbeda

antar parameter yang diamati. Sebagai contoh pada klon PB 260 untuk mempercepat matang sadap maka pertambahan lilit batang berhubungan dengan pertambahan tebal kulit, diameter pembuluh lateks dan jumlah pembuluh lateks. Hal ini juga akan mempengaruhi produksi. Produksi sangat berkaitan dengan kadar sukrosa dan tiol yang tinggi, akhirnya mempengaruhi kadar karet kering lateks, walaupun hubungan diantara parameter hanya sedang.

Produksi lateks akan meningkat dengan meningkatnya kadar sukrosa lateks (pada klon PB 340 dan IRR 107) dan mempunyai hubungan korelasi yang sangat kuat, sedangkan dengan parameter lainnya mempunyai hubungan korelasi sedang. Tapi dengan parameter indeks penyumbatan mempunyai hubungan negatif. Hal ini berarti mempunyai hubungan tidak searah, dimana apabila produksi meningkat, maka indeks penyumbatan rendah atau kecil. Karena apabila indeks penyumbatan lateks tinggi maka laju aliran lateks akan cepat terhenti, sehingga produksi akan rendah atau menurun.

KESIMPULAN

Aplikasi paklobutrazol 500 ppm melalui tanah dapat menekan pertambahan tinggi tanaman karet, tetapi meningkatkan pertambahan lilit batang, jumlah pembuluh lateks, diameter pembuluh lateks dan karakter fisiologi lateks. Sehingga penggunaan paklobutrazol pada tanaman karet semasa TBM merupakan salah satu solusi untuk dapat mempercepat matang sadap di bawah umur 4 tahun. Untuk karakter fisiologi lateks yaitu parameter KKK, FA dan tiol kombinasi perlakuan terbaik terdapat pada klon IRR 107 yang diaplikasi paklobutrazol 500 ppm melalui tanah (K_4P_1) dan untuk parameter sukrosa terdapat pada perlakuan paklobutrazol melalui daun (K_4P_2).

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, C. (2006). *Manajemen dan Teknologi Budidaya Karet*. Pelatihan Tekno Ekonomi Agribisnis Karet. Medan, Indonesia: Pusat Penelitian Karet.
- Aidi Daslin., Woelan, S., & Suhendry, I. (2009). *Bahan Tanaman Klon Karet Unggul*. Medan, Indonesia: Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet.
- Aidi Daslin. (2014). Perkembangan penelitian klon karet unggul IRR Seri 100 sebagai penghasil lateks dan kayu. *Warta Per karetan*, 33(1), 1-10. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v33i1.44>
- Bricard, P., & Nicolas, D. (1989). Possibility of the use of physiological parameters of latex in early selection. In d'Auzac, J., Jacob, J.L., & Chrestin, H. *Physiology of Rubber Tree*. Florida, USA: Boca Raton CRC Press.
- Coucaud, A.D., Brunel, N., Kongsawadworakul, P., Viboonjun, U., Lacinte, A., Julien, J.L., Chrestin, H., & Sakr, S. (2009). Sucrose importation into laticifers of *Hevea brasiliensis*, in relation to ethylene stimulation of latex production. *Ann Bot.* 104(4), 635-647. <https://dx.doi.org/10.1093/aob/mcp150>
- Chaidamsari, T. (1987). Ulasan tentang sifat-sifat lateks dan hubungannya dengan jenis olahan karet. *Warta Per karetan*, 6(2), 21-23.
- Chantuma, P., Thanisawanyangkura, S., Kasemsap, P., Gohet, E., & Thaler, P. (2006). Distribution pattern of latex sucrose content and concurrent metabolic activity at the trunk level with different tapping systems and in latex production bark of *Hevea brasiliensis*. *Kasetsart Journal Natural Science*, 40(3), 634-642.
- Davis, T.D., Seffens, G.L., & Sankhla, N. (1988). Triazol Plant Growth Regulator. *Horticultural Reviews*, 10, 64-89. <https://doi.org/10.1002/9781118060834.ch3>
- Dische, Z.M. (1962). *Carbohydrate Chemical*. New York, USA: Academic Press.
- Do, K.T., Sivakumaran, S., & Cho, W.K. (1996). Effects of tapping and intensive stimulation on yield, dryness incidence, and some physiological latex parameters of clone RRIM 600. *Journal of Natural Rubber Research*, 11(3), 200-214.

- Gohet, E., Scomparin, C., Cavaloc, E., & Balerin, Y. (2008). Influence of ethephon stimulation on latex physiological parameters and consequences on latex diagnosis implementation in rubber agroindustry. *IRRDB Workshop on Latex Harvesting Technologies (11p.)*. Kuala Lumpur, Malaysia: IRRDB & MRB.
- Gomez, J.B. (1982). *Anatomy of Hevea and its Influence on Latex Production*. Kuala Lumpur, Malaysia: Malaysian Rubber Research Development Board.
- ICI. (1986). *Paclobutrazol Plant Growth Regulator for Fruit*. Technical Data. UK: Plant Protection Division Surrey.
- Jacob, J.L., Prevot, C., Lacrotte, R., Clement, A., Gallois, R., Joet, T., Pujade-Renaud, V., & d'Auzac, J. (1989). Les mecanismes Biologiques de la Production de Caoutchouc par Hevea brassiliensis. *Plantations, Recherche, Developpement*, 5(1), 5-17.
- Jacob, J.L., & Prevot, J.C. (1992). Metabolism of the Laticiferous System and its Biochemical Regulation. In: Sethuraj, M.R., & Mathew, N.M. *Natural Rubber: Biology, Cultivation and Technology*. Netherland: Elsevier.
- Kekwick, R.G.O. (1988). *The in Vitro Biosynthesis of Hevea Latex Proteins. Colloque Hevea 88*. Paris, France: CIRAD & IRRDB.
- Koryati, T. (1998). *Pengaruh Aplikasi IAA, Kinetin dan Paklobutrazol pada Tanaman Karet Belum Menghasilkan Klon PB 260*. [Tesis]. Medan, Indonesia: Program Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara.
- Koryati, T., Napitupulu, J.A., Siregar, L.A.M., & Nisa, T.C (2015). Roles of growth regulator to shorten the immaturity period in some rubber clones. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 4(5), 162-168.
- Kuswanhadi., Sumarmadji., Karyudi., & Siregar, T.H.S. (2009). Optimasi produksi klon karet melalui sistem eksploitasi berdasarkan metabolisme lateks. *Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Tanaman Karet*. Yogyakarta, Indonesia: Pusat Penelitian Karet.
- Lacote, R. (2007). Some consideration concerning the yield potential of some clones Hevea brassiliensis. *Proceedings of International Rubber Conference 2007*. Siem Reap, Cambodia: IRRDB and CRRI.
- Milford, G.F.J., Paardekooper, E.C., & Ho, C.Y. (1969). Latex vessel plugging, its importance to yield and clonal behavior. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya*, 21(3), 274-279.
- Novalina., Jusuf, M., Wattimena, G.A., Suharsono., Sumarmadji., & Aidi Daslin. (2008). Keragaan dan hubungan berbagai komponen hasil tanaman karet (*Hevea brassiliensis* Muell.Arg.) pada dua populasi persilangan PB 260 dan PN. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 36(2), 153-160. <https://doi.org/10.24831/jai.v36i2.20507>
- Sarkar, J., Annamalainathan, K., Krishnakumar, R., & Jacob, J. (2015). Morphological changes in young plants of *Hevea brassiliensis* induced by Paklobutrazol. *Rubber Science*, 28(1), 22-30.
- Sethuraj, M.R. (1992). Yield components in *Hevea brassiliensis*. *Development in Crop Science*, 23, 137-163. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88329-2.50013-1>
- Sponsel, V.M. (1987). Gibberellin Biosynthesis and Metabolism. In Davies, P.J. *Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development*. Netherland: Martinus Bihhoff Publisher.

- Sunariyo. (1996). *Evaluasi fenotipe dan produksi awal tanaman karet populasi F1 hasil persilangan tahun 1992*. [Skripsi]. Medan, Indonesia: Universitas Sumatera Utara.
- Taussky, H.H., & Shorr, E. (1953). A microcolometric methods for the determination of inorganic phosphorus. *Journal of Biological Chemistry*, 202(2), 675-678
- Templeton, J.K. (1969). Partition of assimilates. *J. Rub. Res. Inst. Malaya.*, 21, 259-273.
- Wang, C.Y., Steffens, G.L., & Faust, M. (1986). Effect of paclobutrazol on accumulation of carbohydrates in apple wood. *Hort.Sci*, 21(6), 1419-1421.
- Wattimena, G.A. (1988). *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman*. Bogor, Indonesia: Institut Pertanian Bogor.
- West, C.A. (1990). Terpene and Byosynthesis Metabolism. In Denis, D.T., & Turpin, D.H. *Plant Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. UK: Longman Sci & Technical.
- Woelan, S., Tistama, R., & Aidi Daslin. (2007). Determinasi keragaman genetik hasil persilangan inter populasi berdasarkan karakteristik morfologi dan teknik RAPD. *Jurnal Penelitian Karet*, 25(1), 13-27.
- Woelan, S., Sayurandi., & Pasaribu, S.A. (2013). Karakter fisiologi, anatomi, pertumbuhan dan hasil lateks klon IRR Seri 300. *Jurnal Penelitian Karet*, 31(1), 1-12. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v31i1.128>

Lampiran 1. Rataan tinggi tanaman (m) pada pengamatan awal dan umur 46 bulan
 Appendix 1. Avarage of plant height (m) at initial observation and at the age of 46 months

Perlakuan <i>Treatment</i>	Tinggi tanaman pada umur <i>Plant height at age</i> (m)	
	28 (Awal) (bulan) <i>Initial</i> (months)	46 (18 BSP) (bulan) <i>18 months after</i> <i>treatment</i> (months)
K ₁ P ₀	7,08	9,97
K ₁ P ₁	7,18	8,96
K ₁ P ₂	6,77	9,42
K ₂ P ₀	6,20	10,01
K ₂ P ₁	6,48	9,19
K ₂ P ₂	6,34	9,70
K ₃ P ₀	6,45	10,58
K ₃ P ₁	6,75	8,88
K ₃ P ₂	6,49	9,63
K ₄ P ₀	6,68	10,76
K ₄ P ₁	6,42	8,88
K ₄ P ₂	6,31	9,29
K ₅ P ₀	6,77	10,93
K ₅ P ₁	6,77	9,18
K ₅ P ₂	6,56	9,63

Lampiran 2. Rataan lilit batang pada pengamatan awal dan umur 46 bulan
 Appendix 2. Avarage of girth at Initial observation and at the age of 46 months

Perlakuan <i>Treatment</i>	Lilit batang pada umur <i>Girth at age</i> (cm)	
	28 (Awal) (bulan) <i>Initial</i> (months)	46 (18 BSP) (bulan) <i>18 months after</i> <i>treatment</i> (months)
K ₁ P ₀	23,36	40,75
K ₁ P ₁	23,30	45,40
K ₁ P ₂	23,68	44,75
K ₂ P ₀	23,74	40,40
K ₂ P ₁	23,74	46,50
K ₂ P ₂	23,68	47,40
K ₃ P ₀	23,50	40,15
K ₃ P ₁	23,29	46,10
K ₃ P ₂	23,53	45,00
K ₄ P ₀	23,57	40,20
K ₄ P ₁	23,28	44,85
K ₄ P ₂	23,77	45,25
K ₅ P ₀	24,19	40,30
K ₅ P ₁	23,89	46,50
K ₅ P ₂	23,69	45,25

Lampiran 3. Rangkuman rata-rata tebal kulit, jumlah pembuluh lateks dan diameter pembuluh lateks pada pengamatan awal dan umur 46 bulan
 Appendix 3. Summarize bark thickness, number of latex vessel and diameter of latex vessel at initial observation and at the age of 46 months

Perlakuan <i>Treatment</i>	Tebal kulit <i>Bark thickness</i> (mm)		Jumlah pembuluh lateks <i>Number of latex vessel</i>		Diameter pembuluh lateks <i>Diameter of latex vessel</i> (μ)	
	Pada umur (bulan) <i>At the age of</i> (months)					
	28	46	28	46	28	46
K ₁ P ₀	3,00	5,01	2,50	3,50	12,88	24,38
K ₁ P ₁	3,00	6,62	3,00	5,00	11,88	26,75
K ₁ P ₂	3,10	6,24	2,00	5,00	11,25	26,32
K ₂ P ₀	3,50	5,06	2,50	4,00	13,44	23,44
K ₂ P ₁	3,50	6,30	2,00	6,00	11,88	25,00
K ₂ P ₂	3,35	6,04	2,00	6,00	10,63	24,69
K ₃ P ₀	3,25	4,76	2,50	4,00	14,07	24,69
K ₃ P ₁	3,20	6,78	2,50	5,00	10,00	24,69
K ₃ P ₂	3,25	6,57	3,00	5,00	12,19	24,69
K ₄ P ₀	3,30	5,03	2,50	4,00	12,82	24,07
K ₄ P ₁	3,45	6,48	2,50	6,00	11,88	25,32
K ₄ P ₂	3,10	6,32	2,50	5,00	11,57	24,22
K ₅ P ₀	3,45	4,94	2,50	5,00	13,13	24,38
K ₅ P ₁	3,25	6,37	3,50	5,00	11,88	24,38
K ₅ P ₂	3,10	6,12	2,50	5,50	10,63	23,44