

PENGGUNAAN STIMULAN GAS ETILEN PADA TANAMAN KARET (*Hevea brasiliensis*)

Ethylene Gas Application In Rubber Trees (Hevea Brasiliensis)

Junaidi, Atminingsih dan Tumpal HS Siregar
Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian karet Po.Box 1415 Medan 20001
E-mail: junaidi.sp5@gmail.com

Diterima tgl 4 Februari 2014 / Direvisi tgl 26 Juni 2014 / Disetujui 22 Juli 2014

Abstrak

Penggunaan stimulan gas dapat menjadi alternatif untuk mengoptimalkan produksi tanaman. Mekanisme kerja stimulan gas etilen hampir sama dengan etefon. Perbedaannya adalah pada stimulan etefon bahan aktif terhidrolisis dalam jaringan tanaman menghasilkan gas etilen, sedangkan pada stimulan gas langsung diberikan dalam bentuk gas etilen. Beberapa hasil pengujian menunjukkan bahwa stimulan gas lebih tepat digunakan pada klon *slow starter* (SS) yang sudah dewasa dengan irisan ke arah atas pada kulit perawan. Penggunaan gas etilen pada tanaman muda maupun pada kulit pulihan tidak memberikan peningkatan produksi yang signifikan. Penyesuaian tata guna panel pada tanaman produktif dapat diadopsi dari tata guna panel klon SS dengan penggunaan stimulan gas etilen memasuki tahun ke-16 dengan irisan S/4U d/3.ETG. Penggunaan teknologi ini harus diikuti dengan penyesuaian sistem pendukung seperti manajemen hancu, peningkatan pengamanan, manajemen pengumpulan hasil, pemeliharaan alat, isi ulang gas dan pemindahan aplikator. Dengan pertimbangan kestabilan produksi dan umur ekonomis tanaman, penggunaan stimulan gas pada tanaman tua (2-3 tahun menjelang diremajakan) dinilai lebih realistis untuk diterapkan.

Kata kunci : *Hevea brasiliensis*, stimulan, gas etilen, produksi, sistem sadap

Abstract

Ethylene gas stimulation can be an alternative to increase rubber yield. The mechanism of action of ethylene gas is similar to that of ethephon stimulant. In ethephon stimulation, the active ingredient is hydrolyzed in plant tissues to produce ethylene gas, while in ethylene gas technique, the ethylene is directly applied. The results of various trials indicated that the technology was more appropriately applied on virgin bark of mature slow starter (SS) clones with upward tapping system. Its application on young mature and renewed bark did not provide significant yield improvement. Tapping system adjustments could be adopted from SS clones tapping system, ethylene gas could be used when plant age reach 16 year old with S/4U d/3.ETG tapping system. This technology should be accompanied by some support systems adjustment such as task management, increased security, collecting management, applicator maintenance, and gas refilling. Considering the production stability and economic life cycle, ethylene gas stimulation on old mature plants (2-3 years before replanting) is considered to be more realistic.

Keywords : Hevea brasiliensis, stimulant, ethylene gas, yield, tapping system

Pendahuluan

Teknologi stimulan telah dikenal lama oleh pelaku agribisnis karet untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Stimulan yang paling dikenal adalah jenis cair berbahan aktif etefon (*2-chloroethyl phosphonic acid*). Stimulan jenis ini

digunakan hampir di seluruh negara-negara produsen karet alam (Njukeng *et al.*, 2011; Jetro dan Simon, 2007). Pemberian etefon dapat meningkatkan produksi terutama disebabkan pengaruhnya terhadap aliran dan regenerasi lateks. Etefon dapat meningkatkan kestabilan litoid sehingga indeks penyumbatan menurun (Jacob *et al.* 1989), influks air dan memperluas daerah aliran lateks (Pakianathan *et al.*, 1989). Zhu dan Zhang (2009) menyatakan bahwa perlakuan etefon yang menyebabkan peningkatan lama aliran lateks adalah salah satu faktor utama penggunaan stimulan etilen. Hasil *screening* terhadap SSH cDNA lateks mengindikasikan bahwa lama aliran lateks diatur oleh gen-gen yang diinduksi oleh etilen.

Stimulan gas relatif baru dibandingkan dengan stimulan cair. Karyudi *et al.* (2006) menyatakan bahwa mekanisme kerja stimulan gas etilen hampir sama dengan stimulan etefon, perbedaannya adalah pada stimulan etefon bahan aktif akan terhidrolisis dalam jaringan tanaman menghasilkan gas etilen, sedangkan pada stimulan gas langsung diberikan dalam bentuk gas etilen tanpa melalui proses hidrolisis. Teknik ini umumnya dikombinasikan dengan irisan pendek yang banyak dikenal dengan *Low Intensity Tapping System* (LITS).

Gas etilen yang diaplikasikan pada jaringan tanaman dapat menstabilkan lutoid yang merupakan fraksi dasar lateks dan banyak mengandung kation. Peran stabilisasi lutoid sangat penting karena jika lutoid pecah, maka kation-kation akan bereaksi dengan partikel karet yang bermuatan negatif sehingga terjadi koagulasi. Proses koagulasi menyebabkan lateks berhenti menetes. Oleh sebab itu, salah satu tujuan penggunaan stimulan adalah menunda penggumpalan pembuluh lateks sehingga masa aliran lateks lebih lama (Siregar *et al.*, 2013).

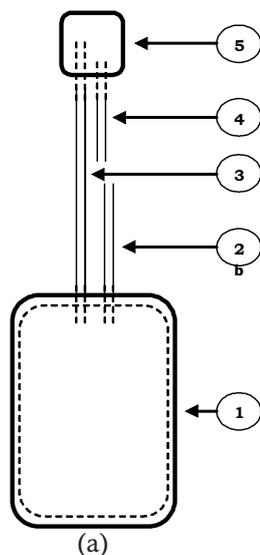
Penggunaan stimulan gas dapat menjadi alternatif untuk mengoptimalkan produksi tanaman. Prinsip irisan pendek (S/4U–S/8U) dapat menghemat kulit, penyadapan lebih ringan, dan jumlah pohon/hanca dapat diperbanyak sehingga penggunaan tenaga

kerja lebih efisien. Meskipun demikian, stimulan gas menyebabkan cekaman yang lebih tinggi dibanding stimulan etefon sehingga tanaman lebih cepat mengalami kelelahan fisiologis dan rentan mengalami Kering Alur Sadap (KAS). Aspek lain yang harus dipertimbangkan adalah tingginya investasi yang dibutuhkan sehingga harus dapat diimbangi oleh peningkatan produksi yang signifikan dalam jangka waktu lama. Dalam artikel ini disajikan secara ringkas teknis pemasangan, faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas, dan tata guna panel sadap dengan penggunaan stimulan gas berdasarkan hasil pengujian di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sungei Putih maupun hasil evaluasi penggunaan stimulan gas di beberapa perusahaan yang telah menggunakan teknologi ini. Tujuan artikel ini adalah memberikan informasi kepada pekebun yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam penggunaan teknologi stimulan gas.

Teknis Aplikasi Stimulan Gas

Beberapa produk stimulan gas telah tersedia di pasaran. Secara prinsip teknik aplikasi semua jenis aplikator stimulan gas relatif sama yaitu menempelkan aplikator pada permukaan kulit tanaman dan memberikan tekanan gas etilen sehingga gas diserap oleh jaringan tanaman. Sebuah aplikator stimulan gas umumnya terdiri dari *head applicator* untuk menempelkan ke permukaan kulit, tabung atau kantong untuk menampung gas dan selang untuk mengalirkan gas. Dalam tulisan ini ditampilkan contoh aplikator dengan kantong plastik polietilen (Gambar 1a). Aplikator jenis lain mungkin memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda namun secara prinsip memiliki fungsi yang sama.

Aplikator sebaiknya ditempatkan di sebelah kanan atas panel yang akan disadap (kulit perawan) dengan jarak 15 - 20 cm (Gambar 1b). Sebelum aplikator dipasang, kulit dibersihkan terlebih dahulu kemudian *head applicator* ditempelkan sampai kedalaman 4-5 mm. Pemasangan *head applicator*



Keterangan:

1. Kantung plastik untuk menampung gas etilen
2. Selang plastik untuk menyalurkan gas ke head applicator
3. Selang pengisian gas

4. Selang pembuangan air
5. Head applicator untuk menempelkan ke jaringan kulit

Gambar 1. a. Bagian-bagian aplikator gas etilen b. Aplikator yang telah terpasang

hendaknya jangan terlalu dalam karena dapat menyebabkan luka. Sebelum pengisian gas harus dilakukan pengecekan dengan cara meniupkan udara ke kantong plastik kemudian ditekan, bila tidak ada kebocoran maka dianggap aplikator telah menempel sempurna. Pengisian gas dilakukan dengan dosis 40 cc per pohon untuk dua kali penyadapan. Aplikator jenis lain mungkin menggunakan dosis yang berbeda.

Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Efektivitas Stimulan Gas

Beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas penggunaan stimulan gas antara lain sebagai berikut:

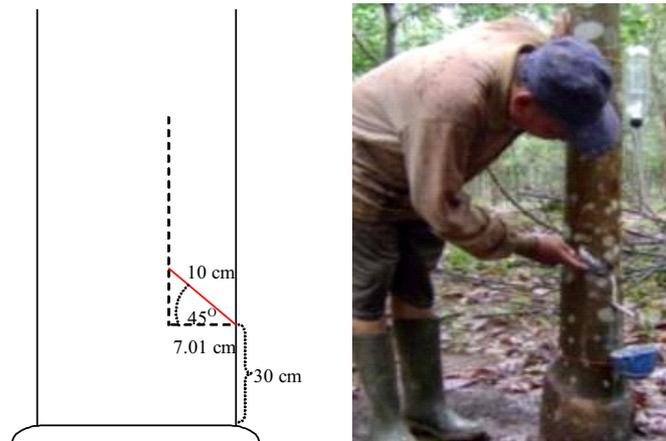
1. Umur Tanaman

Stimulan gas dapat digunakan pada tanaman dewasa dan tua. Pada tanaman muda stimulan ini tidak dianjurkan karena dapat menimbulkan KAS yang tinggi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Balai Penelitian Sungei Putih yang disebut "*gaseous application for Slow Starter clones with Controlled Upward Tapping from opening (gSS-CUT)*" yakni

buka sadap dimulai dari ketinggian 30 cm di atas pertautan okulasi dengan sadapan ke atas (Gambar 2), panjang irisan 10 cm (Mc10U) pada klon BPM 24 yang diberi perlakuan stimulan gas sejak buka sadap sudah membuktikan tambahan produksi tidak signifikan (Sumarmadji, 2010).

Produksi bulan ke-1 – ke-3 hanya lebih tinggi 13% dibanding sistem sadap konvensional, sedangkan produksi bulan ke-4 – ke-6 produksi menurun drastis bahkan di bawah produksi kontrol (Tabel 1). Lebih jauh lagi, penurunan produksi yang drastis setelah bulan ke-3 disertai peningkatan tanaman yang mengalami KAS. Kuat dugaan bahwa hal tersebut disebabkan tanaman muda yang belum mampu mengatasi tekanan eksploitasi tinggi yakni melalui penggunaan stimulan gas, meskipun dengan irisan yang pendek.

Hasil penelitian Sainoi dan Sdoodee (2012) penggunaan stimulan gas pada tanaman klon RRIM 600 berumur 9 tahun (tanaman muda) menunjukkan produksi per pohon per sadap mencapai 91,03 g/p/s namun tidak berbeda secara signifikan dalam produksi kumulatif dibanding perlakuan konvensional. Kadar karet kering dan pertambahan lilit batang



Gambar 2. Panel sadap dan penyadapan pada perlakuan gSS-CUT (Sumarmadji, 2010).

Tabel 1. Rata-rata produksi dengan penggunaan stimulan gas sejak buka sadap.

Perlakuan	Sistem sadap	Rata-rata produksi	
		g/p/s	%
Bulan ke-1 s.d. ke-3			
Stimulan gas	Sc10U d3.ETG	28.04	113.12
Kontrol	S/2 d3	24.78	100.00
Bulan ke-4 s.d. ke-6			
Stimulan gas	Sc10U d3.ETG	29.49	94.12
Kontrol	S/2 d3	31.99	100.00

Keterangan : -Sc10U d/3.ETG :Penyadapan dilakukan dengan irisan pendek (*short cut*) 10 cm ke arah atas tiga hari sekali dan aplikasi stimulan gas etilen.
 -S/2 d3 :Penyadapan dilakukan dengan irisan setengah spiral tiga hari sekali tanpa aplikasi stimulan gas etilen.
 -g/p/s :Produksi karet kering (dalam gram) per pohon per sadap.

Sumber : Sumarmadji (2010).

cenderung menurun. Perlakuan stimulan gas mempengaruhi fisiologis lateks yang dikhawatirkan akan berdampak negatif dalam jangka panjang.

Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa stimulan gas memiliki respon positif jika digunakan pada tanaman yang telah dewasa. Penelitian Doungmusik dan Sdoodee (2012) pada tanaman yang lebih dewasa (tanaman berumur 21 tahun) dengan klon yang sama (RRIM 600) diperoleh produksi tertinggi sebesar 137,70 g/p/s. Karyudi *et al.*, (2006) menyatakan bahwa dengan memperhatikan efektivitas dan ketahanan tanaman, aplikasi stimulan gas sebaiknya diberikan bila tanaman sudah berumur minimal sekitar 15 tahun.

Berdasarkan pertimbangan adaptasi tanaman dan tata guna panel, stimulan gas sebaiknya digunakan setelah menghabiskan panel B0-1 dan B0-2.

Stimulan gas tidak dianjurkan digunakan pada tanaman yang memiliki lilit batang kurang dari 50 cm. Menurut Tillekeratne dan Nugawela (1996), aplikasi stimulan gas pada tanaman yang memiliki lilit batang kurang dari 50 cm tidak ekonomis. Dalam jangka pendek, produktivitas tanaman menurun dan pertambahan lilit batang terganggu. Secara umum, uji coba penggunaan stimula gas di Srilanka menunjukkan hasil yang kurang memuaskan.

2. Jenis Klon

Respon tanaman karet terhadap intensitas eksploitasi umumnya berbeda pada setiap klon dan variasi musiman, sehingga peningkatan intensitas eksploitasi harus mempertimbangkan nilai kritis dari karakter fisiologisnya (Sumarmadji, 1999). Klon-klon *Slow starter* (SS) yakni yang memiliki tingkat metabolisme rendah sampai sedang atau yang memiliki indeks penyumbatan tinggi menunjukkan respon baik terhadap penggunaan stimulan gas (Karyudi *et al.*, 2006). Hasil pengujian pada beberapa klon SS menunjukkan klon yang memiliki metabolisme rendah (TM 9 dan GT 1) memiliki respon yang lebih baik dibanding klon metabolisme sedang (PR 255, PR 261 dan TM 5) (Tabel 2).

3. Panel Sadap

Penggunaan stimulan gas lebih optimal dilakukan pada panel perawan dengan irisan ke arah atas (H0). Uji coba pada panel H0, HI-1 dan BI-1 yang dilakukan pada klon PR 255 di

salah satu perkebunan di Jawa Barat menunjukkan bahwa produksi dengan penggunaan stimulan gas pada kulit pulihan tidak memberikan peningkatan produksi yang signifikan, baik dengan irisan ke arah atas maupun ke arah bawah (Tabel 3).

Penggunaan stimulan gas membutuhkan pasokan bahan baku sukrosa dalam jumlah banyak sehingga irisan ke arah atas sangat sesuai. Sedangkan pada kulit pulihan seringkali pasokan asimilat terganggu akibat bekas irisan sebelumnya maupun luka kayu. Persentase KAS pada tanaman yang distimulan umumnya lebih tinggi dibanding tanaman yang tidak distimulan dan meningkat secara tajam ketika irisan mendekati kaki gajah (Sivakumaran *et al.*, 1981 dalam Priyadarshan, 2011). Penggunaan stimulan gas memerlukan dukungan potensi panel lain sebanyak mungkin. Semakin banyak jaringan lateks yang mendukung produksi yang diperoleh juga akan semakin baik (Siregar *et al.*, 2013). Menurut Lukman (1995), dengan

Tabel 2. Respon beberapa klon SS terhadap aplikasi stimulan gas etilen

Klon	Perlakuan	Sistem sadap	Rata-rata produksi (g/p/s) *
PR 255	Stimulan gas	S/4U d3.ETG	96.5 a
	Kontrol	S/2U d3.ET2.5%	45.0 b
PR 261	Stimulan gas	S/4U d3.ETG	147.8 a
	Kontrol	S/2U d3.ET2.5%	61.5 b
TM 5	Stimulan gas	S/4U d3.ETG	151.0 a
	Kontrol	S/2U d3.ET2.5%	80.1 b
TM 9	Stimulan gas	S/4U d3.ETG	284.3 a
	Kontrol	S/2U d3.ET2.5%	112.5 b
GT 1	Stimulan gas	S/4U d3.ETG	275.0 a
	Kontrol	S/2U d3.ET2.5%	132.3 b

Keterangan: - S/4U d/3.ETG : Penyadapan dilakukan dengan irisan seperempat spiral ke arah atas tiga hari sekali dan aplikasi stimulan gas etilen
 - S/2U d3.ET2.5% : Penyadapan dilakukan dengan irisan setengah spiral ke arah atas tiga hari sekali dan aplikasi stimulan etefon 2,5%
 - g/p/s : Produksi karet kering (dalam gram) per pohon per sadap
 - * : Rata-rata produksi 3 bulan awal
 - Huruf yang berbeda dibelakang angka menunjukkan berbeda nyata antara perlakuan gas etilen dan kontrol pada pada klon yang sama berdasarkan uji t pada selang kepercayaan 95%.

Sumber: - Balit Sungei Putih (2009); (2011); (2014)
 - Junaidi dan Karyudi (2012)

Tabel 3. Produksi karet pada kondisi panel yang berbeda

Perlakuan	Sistem sadap	Produksi (g/p/s)*
Kulit Perawan Atas (H0-1)		
Stimulan gas	S/4U d3.ETG	121.05 a
Kontrol	S/2U d3.ET2.5%	36.88 b
Kulit Pulihan Bawah (HI-1)		
Stimulan gas	S/4U d3.ETG	46.37 a
Kontrol	S/2U d3.ET2.5%	34.00 a
Kulit Pulihan Bawah (BI-1)		
Stimulan gas	S/4U d3.ETG	37.47 a
Kontrol	S/2 d3.ET2.5%	34.00 a

Keterangan : - S/4U d/3.ETG : Penyadapan dilakukan dengan irisan seperempat spiral ke arah atas tiga hari sekali dan aplikasi stimulan gas etilen
 - S/2U d3.ET2.5% : Penyadapan dilakukan dengan irisan setengah spiral ke arah atas tiga hari sekali dan aplikasi stimulan etefon 2,5%
 - g/p/s : Produksi karet kering (dalam gram) per pohon per sadap
 - * : Rata-rata produksi 3 bulan awal
 - Huruf yang berbeda dibelakang angka menunjukkan berbeda nyata antara perlakuan gas etilen dan kontrol pada jenis panel yang sama berdasarkan uji t pada selang kepercayaan 95%.

Sumber : Balit Sungei Putih (2013)

memperpendek dan mengubah arah irisan menjadi ke atas dapat meningkatkan produksi tanaman dibanding menggunakan irisan panjang ke arah bawah.

4. Kesehatan Tanaman dan Manajemen Penyadapan

Penggunaan stimulan gas pada tanaman yang sakit (terserang Jamur Akar Putih (JAP), KAS atau penyakit lainnya) menyebabkan peningkatan yang tidak signifikan karena metabolisme tanaman terganggu. Demikian halnya kondisi tajuk yang tidak optimal (meranggas) menyebabkan suplai asimilat sebagai bahan baku partikel karet berkurang, sehingga pemberian stimulan tidak akan meningkatkan produksi. Bahkan tindakan tersebut sangat berbahaya karena tanaman dalam kondisi lemah dan akan memicu kekosongan *precursor* sehingga rentan terkena KAS. Pada kondisi tanaman yang optimal, maka diharapkan produktivitas yang tinggi dapat dipertahankan dalam jangka waktu lama. Annamalainathan *et al.* (2013) menyatakan bahwa penyadapan berpengaruh

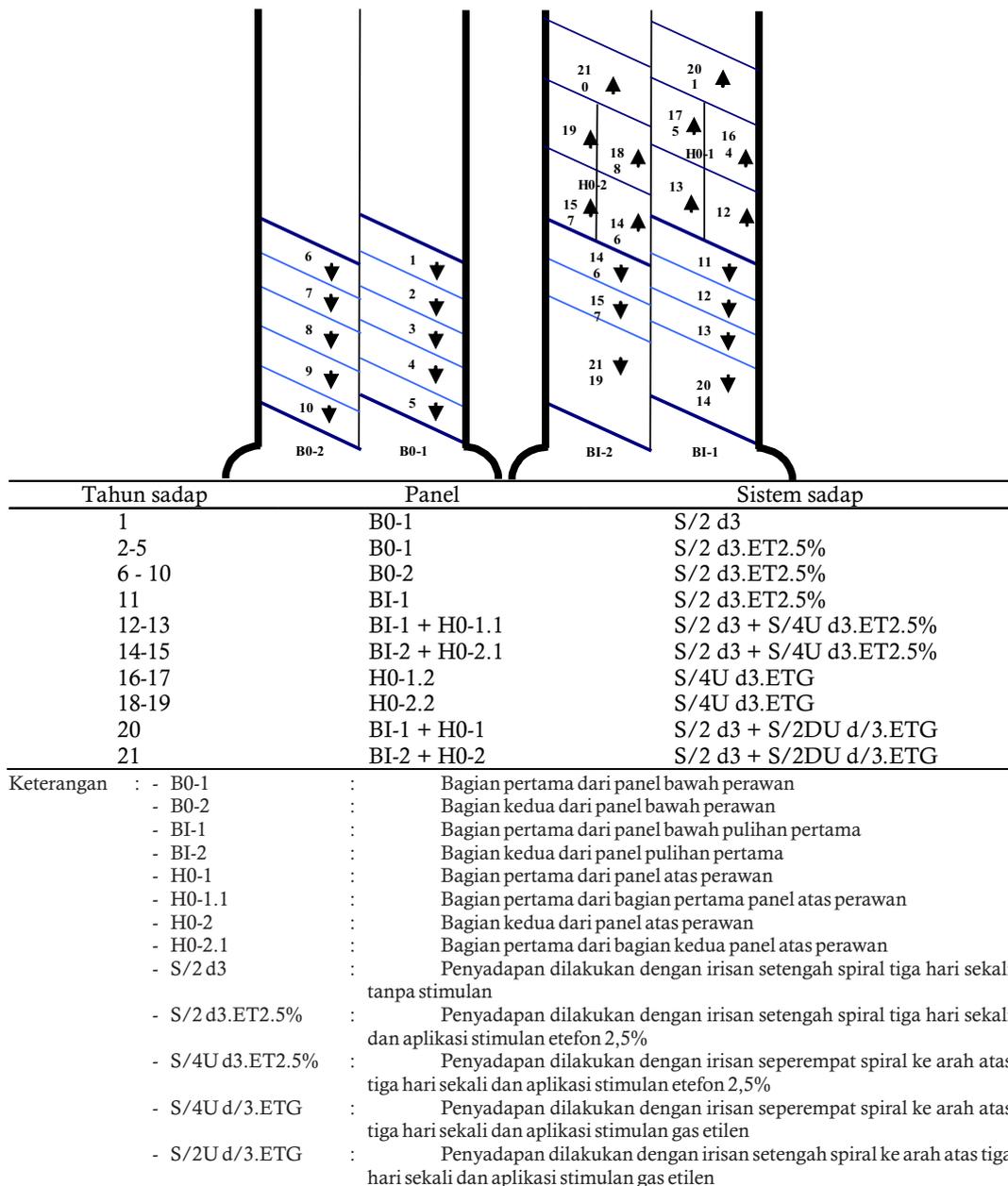
terhadap kehilangan biomassa tanaman. Semakin tinggi intensitas penyadapan, maka semakin tinggi kehilangan biomassa tanaman. Munthe dan Istianto (2005) menyatakan bahwa terdapat kecenderungan produksi yang lebih tinggi pada tanaman yang dipupuk rutin dibanding tanaman yang tidak dipupuk. Dianjurkan untuk memberikan pupuk ekstra 15 – 50% dari dosis normal pada areal yang diaplikasikan stimulan gas.

Faktor manajemen penyadapan juga perlu diperhatikan dalam memper-timbangkan penggunaan stimulan gas. Penggunaan stimulan gas hanya dianjurkan pada penyadapan intensitas rendah. Interval penyadapan sebaiknya tidak lebih dari tiga hari sekali (d3) dan panjang alur sadap maksimal seperempat lingkaran (S/4). Pada tanaman tua yang akan diremajakan, interval penyadapan dan panjang alur sadap dapat disesuaikan karena pada tanaman tersebut penggunaan stimulan gas bertujuan untuk menggali produksi semaksimal mungkin sebelum diremajakan.

Tata Guna Panel Sadap Dengan Penggunaan Stimulan Gas

Stimulan gas sangat potensial untuk menghemat penggunaan kulit dan memperpanjang umur ekonomis tanaman dengan irisan pendek. Penggunaan stimulan gas dapat dilakukan setelah penyadapan di B0-2 (tahun sadap ke-11, umur tanaman > 15 tahun) dengan menggunakan irisan pendek (\geq

10 cm) ke arah atas. Tekanan eksploitasi yang tinggi menyebabkan tanaman sangat rentan mengalami penurunan produksi akibat kelelahan fisiologis sehingga penggunaan stimulan gas harus dilakukan dengan tertib dan pengawasan yang ketat. Chantuma *et al.* (2006) menyatakan bahwa penyadapan menyebabkan penurunan sukrosa lateks pada irisan sadap. Penurunan ini semakin nyata dengan penggunaan irisan ganda sebagai



Gambar 2. Tata guna panel sadap dengan penggunaan stimulan gas (Sumber: Sumarmadji dan Junaidi, 2013)

akibat dari peningkatan produksi dan metabolisme regenerasi lateks. Irisan ganda juga menyebabkan peningkatan efek sink sukrosa yang kuat di bagian atas irisan sadap dan di luar areal yang aktif secara metabolis.

Berdasarkan pertimbangan kesehatan tanaman, penggunaan stimulan gas memasuki tahun sadap ke-16 dengan irisan S/4U d/3 dinilai lebih aman untuk diterapkan dibandingkan irisan lainnya (Sumarmadji dan Junaidi, 2013). Irisan ganda S/2 d3 + S/2DU d/3.ETG dapat dilakukan pada tahun sadap ke-20 dan 21 yakni dua tahun sebelum diremajakan (Gambar 2).

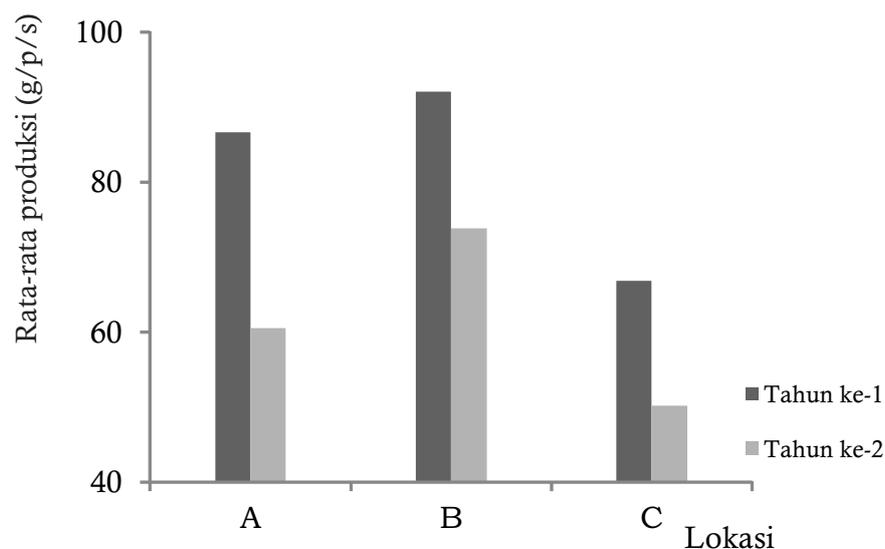
Dari pengamatan di beberapa areal yang menggunakan stimulan gas secara kontinyu, dapat disimpulkan bahwa terdapat kecenderungan penurunan produksi pada tahun kedua (Gambar 3). Beberapa faktor yang menyebabkan penurunan produksi antara lain kelelahan fisiologis tanaman, kebocoran aplikator dan sisa panel sadap yang semakin menipis (Siregar *et al.*, 2013).

Pengawasan produksi harus dilakukan secara berkala untuk memantau efektivitas penggunaan stimulan gas. Pemeliharaan tanaman terutama pemupukan harus dilakukan secara seksama untuk menjamin

asupan hara bagi tanaman. Kedisiplinan kerja juga mempengaruhi efektivitas penggunaan stimulan gas. Bila penyadapan dilakukan pada satu panel terus-menerus, panel menjadi lebih mudah mengalami kelelahan. Hal tersebut dapat dihindari dengan menerapkan kebijakan pemindahan panel sadap dan aplikator secara berkala. Agar berjalan baik, penggunaan stimulan gas menuntut penyesuaian terhadap sistem pendukung seperti manajemen hanca, peningkatan pengamanan, manajemen pengumpulan hasil, pemeliharaan alat, isi ulang dan pemindahan aplikator.

Kesimpulan

Teknologi stimulan gas memberikan alternatif untuk mengoptimalkan potensi produksi tanaman. Investasi yang besar harus dapat dikompensasi dengan peningkatan produksi yang signifikan dan berkelanjutan agar dapat memberikan nilai tambah. Teknologi ini lebih tepat digunakan pada klon SS yang sudah dewasa dengan irisan ke arah atas di kulit perawan. Penggunaannya pada tanaman muda tidak dianjurkan. Penggunaan stimulan gas dapat dilakukan pada tanaman produktif dengan pengawasan yang ketat,



Gambar 3. Pola produksi pada areal yang menggunakan stimulan gas secara berkelanjutan

namun dengan tetap mempertimbangkan kestabilan produksi dan umur ekonomis tanaman. Penggunaan stimulan gas pada tanaman tua (2-3 tahun menjelang diremajakan) dinilai lebih realistis untuk dilakukan.

Daftar Pustaka

- Annamalainathan, K., J. Jacob, K. K. Vinod, K.U. Thomas, S. Sreelatha, V. K. Sumesh, and M. Suryakumar. 2013. Tapping induced biomass loss in natural rubber (*Hevea brasiliensis*) trees: putative factors explaining the unknown mechanism. *Rubber Science* 26(1): 23–35.
- Balit Sungei Putih. 2009. Laporan hasil evaluasi pengujian aplikasi stimulan gas G-FLEX untuk meningkatkan produktivitas tanaman karet. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Balit Sungei Putih. 2011. Laporan hasil evaluasi penggunaan stimulan gas G-FLEX untuk meningkatkan produktivitas tanaman karet di kebun PT. Puta Lika Perkasa, Langga Payung. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Balit Sungei Putih. 2013. Laporan hasil uji coba stimulan Gas Let I System di Kebun Jalupang, PTP Nusantara VIII. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Balit Sungei Putih. 2014. Laporan Hasil Pengujian Aplikasi Stimulan Gas LET 200 untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Karet di Kebun Sei Dadap, PTP Nusantara III. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Chantuma, P., S. Thanisawanyangkura, P. Kasemsap, E. Goheh, and P. Thaler. 2006. Distribution Patterns 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 : 634–642.
- Doungmusik, A dan S. Sdoodee. 2012. Enhancing the latex productivity of *Hevea brasiliensis* clone RRIM 600 using ethylene stimulation. *Journal of Agricultural Technology* 8(6): 2033-2042.
- Jacob, J. L., J. C. Prevot, and R. G. O. Kekwick. 1989. General metabolism *Hevea brasiliensis* latex. p. 102-141 in J. d'Auzac and H.Chrestin (eds). *Physiology of Rubber Tree Latex*. CRC Press, Boca Raton.
- Jetro, N. N. and G. M. Simon. 2007. Effects of 2-chloroethylphosphonic acid formulations as yield stimulants on *Hevea brasiliensis*. *African Journal of Biotechnology* 6(5): 523-528.
- Junaidi dan Karyudi. 2012. Uji Coba Aplikasi Stimulan Gas Letene untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman karet di Kebun Merbuh, PTP Nusantara IX. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Junaidi, S. Nasution, dan Karyudi. 2010. Laporan hasil evaluasi penggunaan stimulan gas G-FLEX di PT. Pinago Utama, Sumatera Selatan. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Junaidi, S. Nasution, dan Karyudi. 2011. Laporan hasil evaluasi penggunaan stimulan gas G-FLEX untuk meningkatkan prduktivitas tanaman karet di PT. Pinago Utama, Sumatera Selatan. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Karyudi, Sumarmadji dan E. Bukit. 2006. Penggunaan stimulan gas etilen untuk meningkatkan produktivitas tanaman karet. *Prosiding Lokakarya Nasional Budidaya Tanaman Karet 2006*. Medan, 4-6 September. Pusat Penelitian Karet : 198–207.
- Lukman. 1995. Penggunaan sadapan ke arah atas (SKA) dengan intensitas eksploitasi rendah untuk meningkatkan produksi dan umur ekonomi tanaman karet. *Jurnal Penelitian Karet* 13(2): 85-98.
- Munthe, H. dan Istianto. 2005. Daur ulang hara pada areal tanaman karet menghasilkan. *Jurnal Penelitian Karet* 23(2): 143 -155.
- Njukeng, J.N., P.M. Muenyi, B.K. Ngane, and E.E. Ehab. 2011. Ethephon stimulation and yield response of some *Hevea* clones in the humid forests of south west cameroon. *International Journal of Agronomy* (2011): 1-6.

- Pakianathan, S. W., G. Haridas, and J. d'Auzac. 1989. Water relation on latex flow. p 233-256 in J. d'Auzac and H.Chrestin (eds). Physiology of Rubber Tree Latex. CRC Press, Boca Raton.
- Priyadarshan, P. M. 2011. *Biologi of Hevea Rubber*. CAB International, United Kingdom.
- Sainoi, T. and S. Sdoodee. 2012. The impact of ethylene gas application on young-tapping rubber trees. *Journal of Agricultural Technology* 8(4): 1497-1507.
- Siregar, T. H. S, Junaidi dan Atminingsih. 2013. Alternatif penggunaan stimulan gas etilen dalam optimasi produksi. Makalah pelatihan workshop eksploitasi tanaman karet menuju produktivitas tinggi dan umur ekonomis optimal. Medan, 18 – 21 Maret. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Sumarmadji dan Junaidi. 2013. Rekomendasi sistem eksploitasi tanaman karet. Makalah pelatihan workshop eksploitasi tanaman karet menuju produktivitas tinggi dan umur ekonomis optimal. Medan, 18 – 21 Maret. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Sumarmadji, Junaidi, Atminingsih, Kuswanhadi dan A. Rouf. 2012. Paket teknologi penjadapan untuk optimasi produksi sesuai tipologi klon. Makalah Konferensi Nasional Karet. Yogyakarta, September 2012. Pusat Penelitian Karet.
- Sumarmadji. 1999. Respons karakter fisiologi dan produksi lateks beberapa klon tanaman karet terhadap stimulan etilen. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sumarmadji. 2010. Perakitan sistem eksploitasi klon *Slow Starter* dengan stimulan gas dan irisan pendek ke arah atas sejak awal sadap (GSS-Cut). Laporan Akhir Tahun. Balai Penelitian Sungei Putih, Medan.
- Tillekeratne, L. M. K, and A. Nugawela. 1996. Exploitation and stimulation recommendation in Sri Lanka. *Bulletin of Rubber Research Institute of Sri Lanka* 34: 9-11.
- Zhu J. and Z. Zhang. 2009. Ethylene stimulation of latex production in *Hevea brasiliensis*. *Plant Signaling and Behavior* 4(11): 1072-1074.