

# STATUS KLON-KLON KARET SERI IRR HASIL KEGIATAN PEMULIAAN INDONESIA DAN ADOPSINYA DI PERKEBUNAN KARET INDONESIA

## The Status of IRR Series Rubber Clones from Indonesia Breeding Activity and Its Adoption in Indonesia Rubber Plantation

MUHAMAD RIZQI DAROJAT dan SAYURANDI  
Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet  
Sungei Putih Research Centre, Indonesian Rubber Research Institute  
PO BOX 1415 Medan 20001  
e-mail: mr.darojat@puslitkaret.co.id

### ABSTRAK

Kegiatan pemuliaan dan seleksi tanaman karet di Indonesia telah berjalan selama 4 generasi (G-4) dan telah diperoleh kemajuan yang cukup pesat dalam hal peningkatan produktivitas tanaman. Klon Karet seri IRR (*Indonesian Rubber Research*) merupakan klon generasi ke-4 yang awal seleksinya dimulai pada tahun 1985. Selain memiliki potensi produktivitas tinggi (>2.500 kg/ha), keunggulan klon-klon seri IRR memiliki laju pertumbuhan tanaman cepat sehingga masa tanaman belum menghasilkan (TBM) lebih singkat dan tanaman dapat disadap pada umur  $\leq 4$  tahun. Klon-klon seri IRR memiliki tingkat resistensi tergolong moderat - resisten terhadap penyakit gugur daun *Colletotrichum*. Hasil pengujian multilokasi juga menunjukkan bahwa beberapa klon karet seri IRR memiliki daya adaptasi dan stabilitas yang cukup baik di berbagai lokasi pengujian, sehingga klon-klon tersebut sangat potensial dikembangkan di berbagai wilayah Indonesia yang memiliki agroklimat yang cukup luas. Namun, adopsi klon seri IRR oleh masyarakat karet Indonesia masih tergolong rendah. Sebagian petani karet masih menggunakan bahan tanam asal biji atau bibit asalan karena kurangnya pengetahuan dan kepercayaan terhadap klon-klon unggul yang telah beredar selama ini. Agar pemanfaatan klon-klon karet unggul seri IRR dapat berjalan lebih baik, maka peranan penyuluh dan pendamping perlu dioptimalkan kembali. Upaya tersebut tentunya akan berdampak positif terhadap perbaikan produktivitas perkebunan karet di Indonesia.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, klon seri IRR, pertumbuhan dan produktivitas, resistensi penyakit, adaptasi, adopsi klon.

### ABSTRACT

Rubber breeding activities in Indonesia have occurred for 4 generations and result in increasing plant productivity. IRR (*Indonesian Rubber Research*) series clones are the fourth generation of rubber clones that its selection started in 1985. The clones have high potency in productivity (>2.500 kg/ha) and have fast growth rate so that the immature period of rubber plants can be shortened and the tapping activity can be done in less than 4-year-old plants. Moreover, IRR series clones also have moderate to resistant characteristic against leaf fall disease of *Colletotrichum*. The results of the multilocation test showed that IRR series clones have a wide range of adaptability and stability. However, The IRR series clones have rarely been adopted by smallholders in Indonesia. Due to lack of knowledge, smallholders mostly utilized seedlings as planting materials rather than trusting the IRR series clones. The role of advisors is the key factor in order to improve the adoption of IRR series clones in Indonesia. This attempt will certainly boost natural rubber production in Indonesian rubber plantation.

Keywords: *Hevea brasiliensis*, IRR series clones, growth and productivity, adaptability, clone adoption.

### PENDAHULUAN

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan tanaman industri penghasil karet alam yang paling banyak dikembangkan di seluruh dunia. Budidaya tanaman karet telah dikenal di wilayah Asia Tenggara sejak akhir abad 19 dengan menggunakan bahan tanam yang berasal dari biji yang tidak diseleksi (*unselected seedling*) (Dijkman, 1951). Bahan tanam koleksi Wickham diketahui memiliki potensi produksi

tidak lebih dari 225 kg per hektar dengan menggunakan sistem sadap terbaik (Imle, 1978). Bahan tanaman semaian terpilih (*selected seedling*) dari areal perkebunan yang sehat dan memiliki hasil lateks yang tinggi pertama kali digunakan saat program kegiatan pemuliaan di luncurkan (Tan *et al.*, 1996; Aidi Daslin, 2014). Awal abad ke-20 baru diketahui bahwa tanaman karet asal biji memiliki variasi produksi sangat tinggi.

Kegiatan pemuliaan tanaman karet di Indonesia telah berlangsung selama empat generasi (1910 – 2010) dan saat ini telah memasuki generasi ke-5. Salah satu parameter keberhasilan kegiatan pemuliaan pada tanaman karet yaitu menghasilkan klon unggul baru yang memiliki kandungan genetik lebih baik dari sebelumnya (Aidi-Daslin, 2006). Beberapa capaian yang cukup signifikan yaitu peningkatan potensi produksi lateks, perbaikan karakteristik sekunder serta peningkatan potensi biomassa kayu. Saat ini pada generasi ke-4 (G4) telah terbentuk klon-klon unggul baru yang memiliki potensi produksi lima kali lipat lebih tinggi ( $\geq 2500$  kg/ha/thn) dibandingkan dengan generasi pertama (500 kg/ha/thn). Produksi tersebut masih dapat terus ditingkatkan mencapai 7.000 – 12.000 kg/ha/thn melalui perakitan klon unggul yang disertai dengan tindakan pemuliaan yang lebih progresif (Paardekooper, 1989).

Program pemuliaan dan seleksi tanaman karet harus disesuaikan dengan kebutuhan industri karet nasional maupun internasional (Aidi-Daslin, 2005). Kegiatan perakitan klon unggul baru pada prinsipnya tidak hanya diorientasikan pada potensi dan mutu hasil lateks yang tinggi saja, namun juga pada sifat yang lain seperti jagur, tahan terhadap cekaman abiotik dan biotik, serta memiliki biomassa yang tinggi. Menurut Priyadarshan *et al.* (2009) diversifikasi klon unggul baru dapat memberikan manfaat dalam mengurangi resiko di area tertentu seperti lahan sub-optimal. Sumber genetik yang saat ini digunakan sebagai material perakitan klon unggul diantaranya berasal dari genotipe terpilih plasma nutfah IRRDB 1981, klon-klon unggul asal materi Wickham maupun klon-klon introduksi hasil persilangan buatan.

Klon-klon unggul Indonesia (seri IRR) telah berhasil dikembangkan oleh *Indonesian Rubber Research Institute* (IRRI) sejak tahun 1985 atau generasi ke-4 (G4) pemuliaan karet Indonesia. Klon tersebut dibagi menjadi dua jenis berdasarkan potensi hasilnya yaitu klon penghasil lateks dan klon penghasil lateks-kayu. Hal ini bertujuan agar pelaku industri perkebunan karet dapat mengembangkan agribisnis karet sesuai dengan kebutuhannya. Beberapa klon unggul G4 yang termasuk ke dalam klon penghasil lateks diantaranya IRR 104, IRR 112, IRR 118 dan IRR 220. Sedangkan klon unggul penghasil lateks kayu yaitu IRR 5, IRR 39, IRR 42 dan IRR 230. Tulisan ini menyajikan informasi tentang perkembangan perakitan klon unggul dan potensi keunggulan klon-klon unggul IRR generasi ke-4 hasil dari kegiatan pemuliaan serta adopsinya di perkebunan Indonesia.

## PEMULIAAN TANAMAN KARET

### Sejarah dan Proses Domestikasi

Tanaman karet secara alami berasal dan berkembang dari hutan amazon yang dapat ditemukan di beberapa negara amerika latin yaitu Bolivia, Brazil, Colombia, Ecuador, French Guiana, Guyana, Peru, Surinam dan Venezuela (Priyadarshan, 2009). Proses domestikasi tanaman karet pertama kali dilakukan oleh Henry Wickham seorang naturalis berkebangsaan Inggris pada tahun 1876 dengan melakukan ekspedisi ke Brazil. Ekspedisi tersebut mendapatkan 70.000 biji dari wilayah Rio Tapajoz dan mengirimkannya ke *Kew Botanical Gardens* (United Kingdom). Sebanyak 1.911 benih selanjutnya dikirim ke *Ceylon Botanical Gardens* (Srilanka) dan 22 tanaman dikirim ke Singapura yang selanjutnya tersebar ke daerah Malaya (Baulkwill, 1989). Menurut Imle (1978) dan Thomas (2001) tanaman karet klonal yang tersebar pada perkebunan di wilayah Asia Tenggara saat ini merupakan berasal dari tanaman koleksi Wickham.

Kegiatan pemuliaan dan seleksi tanaman karet pertama kali dilakukan pada tahun 1883 oleh P.J.S Cramer di Bogor dengan mengamati variasi 33 tanaman *seedling* koleksi Wickham asal

Penang, Malaysia (Dijkman, 1951). Hasil analisis Cramer mengungkapkan bahwa tanaman karet memiliki sifat heterozigositas yang tinggi sehingga kualitas genetik biji yang dihasilkan dari suatu persilangan tidak dapat diketahui secara pasti. Seleksi generatif menggunakan semaian terpilih untuk menghasilkan klon terbukti memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan produktivitas sebesar 40% dari rata-rata 496 kg/ha/thn menjadi 704 kg/ha/thn. Klon komersial pertama yang dihasilkan melalui perbanyakan okulasi diantaranya yaitu Ct3, Ct9, Ct38 pada tahun 1918 (Tan *et al.*, 1996).

### Sumber Genetik

Genus *Hevea* memiliki 10 spesies yang terdiri dari *H. benthamiana*, *H. brasiliensis*, *H. camargoana*, *H. camporum*, *H. guianensis*, *H. microphylla*, *H. nitida*, *H. pauciflora*, *H. rigidifolia*, dan *H. spruceana* (Wycherley, 1992). Secara umum antar spesies *Hevea* dapat disilangkan untuk kepentingan kegiatan pemuliaan. *Hevea brasiliensis* merupakan tanaman yang diduga memiliki kandungan genetik amphiploid ( $2n = 4x = 36$ ) (Priyadarshan *et al.*, 2009). Hasil pengamatan sel menunjukkan bahwa terjadi formasi tetravalensi kromosom selama proses meiosis (Ong, 1975) dan persilangan *in situ* mengungkapkan terdapat dua lokus terpisah yaitu 18S-25S rDNA dan 5S rDNA yang memungkinkan nenek moyang *Hevea* memiliki sifat allotetraploid (Leitch *et al.*, 1998).

Kegiatan konservasi dan pemanfaatan sumber genetik merupakan hal penting dalam upaya untuk meningkatkan potensi genetik tanaman karet (Priyadarshan dan Goncalves, 2003; Aidi daslin *et al.*, 2009). Klon-klon karet yang beredar saat ini sebagian besar dikembangkan dari koleksi Wickham sehingga telah mengalami proses seleksi selama lebih dari satu abad dan menyebabkan penurunan jarak genetik. Alternatif sumber genetik lainnya yaitu plasma nutfah IRRDB 1981 hasil ekspedisi ke Brasil pada wilayah Acre, Rondonia, dan Mato Grosso. Sehingga sampai saat ini koleksi sumber genetik yang tersedia untuk perakitan klon terdiri dari spesies *Hevea*, koleksi IRRDB 1981, klon asal Wickham maupun klon introduksi dari negara lain. Sumber genetik tersebut telah

dimanfaatkan secara luas dalam kegiatan pemuliaan dan seleksi untuk menghasilkan klon unggul baru Indonesia (Aidi-Daslin *et al.*, 2009a).

### Kegiatan Perakitan Klon Karet Unggul

Karakter produksi lateks dan pertumbuhan masih menjadi tujuan utama dalam perakitan klon unggul karet (Priyadarshan dan Damange, 2004). Menurut Simmond (1989) kedua sifat tersebut secara genetik dikendalikan oleh banyak gen (*polygen*) dan secara kualitatif dapat diamati dengan mudah. Selain berfokus pada hasil lateks, sasaran program pemuliaan juga mengarah pada sifat-sifat sekunder seperti toleran terhadap angin, tahan kering alur sadap, tahan penyakit, sesuai lahan marjinal, ramah lingkungan, respon perubahan iklim dan biomassa kayu tinggi (Aidi-Daslin, 2014).

Proses perakitan klon unggul tanaman karet dibagi menjadi dua tahapan utama yaitu persilangan (hibridisasi) dan seleksi. Sumber genetik terpilih sebagai populasi dasar dalam pemuliaan tanaman karet dapat berasal dari persilangan alami maupun persilangan buatan (Aidi-Daslin, 2005). Beberapa hambatan yang dihadapi dalam persilangan yaitu rendahnya persentase hasil buah jadi, tingginya variasi antar klon dan waktu proses seleksi yang cukup lama (Aidi-Daslin, 2005; Venkatachalam *et al.*, 2007; Priyadarshan, 2011). Husin (1990) mengestimasi bahwa buah jadi yang dihasilkan hanya sebesar 5% dari total jumlah persilangan. Data yang dimiliki oleh Balai Penelitian Sungei Putih menunjukkan nilai rata-rata keberhasilan buah jadi hasil persilangan buatan sebesar 5,4% dan jumlah tanaman F1 sebesar 2,5% selama kurun waktu 30 tahun (Tabel 1).

Secara alami tanaman karet memiliki sifat heterozigositas yang tinggi sehingga keturunannya (F1) memiliki variasi genetik yang sangat tinggi. Sifat inilah yang menyebabkan tanaman karet tidak dianjurkan diperbanyak menggunakan biji. Menurut Azwar (1990) sifat unggul tanaman karet diduga ditentukan oleh pengaruh heterosis, walaupun sampai saat ini belum ada penelitian yang dapat menjelaskan hal tersebut (Priyadarshan, 2017). Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa pengaruh heterosis terlihat masih belum konsisten pada karakter

Tabel 1. Hasil persilangan buatan selama kurun waktu 30 tahun.

Tahun	Jumlah Persilangan	Jumlah Buah Jadi	Jumlah Biji	Jumlah Tanaman F1
1985 – 1990	37525	1956 (5,2)	5804 (15,5)	1716 (4,6)
1991 – 1995	82893	2000 (2,4)	3631 (4,4)	1908 (2,3)
1996 – 2000	85271	2438 (2,9)	7416 (8,7)	3892 (4,6)
2001 – 2005	48992	1457 (3,0)	4070 (8,3)	1386 (2,8)
2006 – 2014	185841	16114 (8,7)	5087 (2,7)	2089 (1,1)
Total	440522	23965 (5,4)	26008 (5,9)	10991 (2,5)
Rata-rata pertahun	14684	799 (5,4)	867 (5,9)	366 (2,5)

Keterangan : data dimodifikasi dari Aidi-Daslin, 2005

yang berhubungan dengan produksi lateks (Sayurandi dan Aidi-Daslin, 2011; Garcia *et al.*, 2017). Namun studi transkriptomika terbaru mengungkapkan bahwa heterosis telah diketahui berperan penting dalam pembentukan karakter produksi (Li *et al.*, 2016) dan sifat pertumbuhan (Yang *et al.*, 2018).

Proses seleksi terdiri dari tiga tahapan yaitu evaluasi progeni F1, pengujian skala kecil, dan pengujian skala besar. Priyadarshan (2017) mengelompokkan proses seleksi menjadi dua skema berdasarkan waktu yang dibutuhkan yaitu proses 30 tahun (*long process*) dan proses 20 tahun (*short process*). Di Indonesia, pengujian skala kecil dibagi menjadi dua kegiatan yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian plot promosi. Perbedaan keduanya terletak pada nilai persen seleksi terhadap hasil progeni F1 (10% dan 1%). Plot promosi dikembangkan untuk menghemat waktu seleksi sehingga klon unggul dapat lebih cepat diketahui karakternya dan dilanjutkan ke pengujian skala besar (pengujian lanjutan/multilokasi).

Upaya mempercepat waktu seleksi dapat dilakukan melalui identifikasi karakter tanaman muda yang berkolerasi erat dengan produksi pada tanaman tua dan juga pendekatan bioteknologi. Menariknya, hanya dua parameter yaitu indeks penyumbatan dan jumlah pembuluh lateks yang dapat digunakan sebagai indikasi potensi produksi (Huang *et al.*, 1981). Darajat dan Tistama (2014) menyimpulkan bahwa bioteknologi melalui teknik marka molekuler dapat mereduksi waktu seleksi hingga 15 tahun. Selain itu teknik tersebut dapat dimanfaatkan untuk menganalisis kekerabatan hasil persilangan (Aidi-Daslin *et al.*, 2007; Woelan,

2007), pengelompokkan tetua (Oktavia *et al.*, 2007; Tistama *et al.*, 2008; Oktavia *et al.*, 2017), dan identifikasi klon karet anjuran (Oktavia *et al.*, 2009; Oktavia *et al.*, 2011; Oktavia *et al.*, 2016).

## KEUNGGULAN KLON-KLON INDONESIA

Salah satu parameter kemajuan program pemuliaan tanaman karet adalah dihasilkannya klon-klon unggul baru. Klon unggul merupakan suatu genotipe tanaman yang memiliki potensi hasil dan sifat-sifat agronomis lebih baik dari pada genotipe standar yang biasa digunakan sebagai bahan tanam dalam pertanaman komersial. Klon tersebut setidaknya harus memiliki sifat-sifat primer (produksi, pertumbuhan, dll) dan sekunder (ketahanan penyakit, dll) lebih baik dari klon sebelumnya. Tabel 2 menunjukkan karakteristik tipe klon unggul berdasarkan ciri produksi dan pertumbuhan.

Kegiatan pemuliaan telah berhasil meningkatkan potensi produksi karet kering dari 500 kg/ha/thn pada generasi-1 (G1) menjadi 3.000 kg/ha/thn pada generasi-4 (G4). Keunggulan lainnya yaitu masa tanaman belum menghasilkan (TBM) dapat dipersingkat dari 6 (enam) tahun menjadi 4 (empat) tahun serta lebih tahan terhadap serangan penyakit. Penyakit utama tanaman karet sebagian besar disebabkan oleh fungi seperti jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) dan gugur daun (*Microcyclus uley*, *Corynespora cassicola*, *Phytophthora* spp, *Colletotrichum*, *Fusicoccum* dan *Oidium*). Hasil beberapa penelitian melaporkan bahwa serangan gugur daun dapat menurunkan produksi sebesar 1,3% - 45% (Situmorang *et al.*, 2008; Ogbebor, 2010; Junaidi *et al.*, 2017).

Tabel 2. Karakteristik tipe klon unggul berdasarkan ciri produksi dan pertumbuhan.

Karakteristik	Klon penghasil lateks	Klon penghasil lateks-kayu
Produksi awal (kg/ha/thn)	Tinggi (> 1.500)	Sedang (1.000 – 1.500)
Produksi lanjutan (kg/ha/thn)	Tinggi (2.500 – 3000)	Sedang – Tinggi (1.500 – 2.500)
Pertambahan lilit batang masa TBM (cm/thn)	Rendah (< 11)	Sedang (11 – 13)
Pertambahan lilit batang masa TM (cm/thn)	Rendah (< 4)	Sedang (4 – 5)
Potensi produksi kayu saat peremajaan (m <sup>3</sup> /ph)	Rendah (<1,0)	Sedang (1,0 – 1,5)

Sumber: Aidi-Daslin (2005)

Tabel 3. Sifat dan karakter klon unggul seri 00.

Klon IRR Seri 00	Tetua	Tipe Klon	Rata-rata pertumbuhan lilit batang (cm)	Potensi produksi (kg/ha/thn)	Potensi Kayu (m <sup>3</sup> /ha)	Resistensi GD <i>Colletotrichum</i>
IRR 5	Seleksi semaian	Lateks-Kayu	62,5 (umur 6 tahun)	1.610 (5 tahun sadap)	250	Resisten
	PBIG			1.561		
IRR 39	LCB 1320 x FX 25	Lateks-Kayu	48,26 (umur 4 tahun)	1.988 (8 tahun sadap)	299,95	Resisten
	LCB 1320 x F 351			50,98 (umur 4 tahun)		

Keterangan : diolah dari Lasminingsih *et al.*, 2001

Klon-klon unggul G4 yang diberi nama IRR (*Indonesian Rubber Research*) telah dihasilkan dari lima seri percobaan yaitu seri 00, 100, 200, 300, dan yang terkini seri 400.

#### Klon IRR Seri 00

Klon IRR seri 00 yang termasuk ke dalam klon anjuran berdasarkan lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet tahun 2009 yaitu IRR 5, IRR 39 (LCB 1320 X FX 25), dan IRR 42 (LCB 1320 X F351) (Aidi-Daslin *et al.*, 2009b). Seluruh klon tersebut termasuk ke dalam tipe klon lateks-kayu yang tidak hanya menghasilkan lateks, namun juga menghasilkan kayu. Hal ini bertujuan agar produktivitas lahan dan pendapatan para pekebun dapat ditingkatkan.

Sifat klon-klon unggul seri 00 disajikan pada Tabel 3. Klon IRR 5 merupakan hasil seleksi dari pohon induk semaian *Prang Besar Isolated Garden* (PBIG) (Lasminingsih *et al.*, 2001). Pertumbuhan klon ini sangat jagur sehingga buka sadap dapat dimulai rata-rata pada umur 4,5 tahun. Selama lima tahun penyadapan tanpa stimulan, klon ini memiliki potensi produksi karet kering yang

tinggi yaitu sebesar 1.610 kg/ha/thn. Hasil pengamatan menunjukkan klon IRR 5 tergolong tahan terhadap penyakit gugur daun *Colletotrichum* dan moderat terhadap penyakit *Oidium* dan *Corynespora*.

Klon IRR 39 dan IRR 42 berasal dari persilangan dengan tetua betina yang sama yaitu LCB 1320. Kedua klon tersebut memiliki rata-rata pertumbuhan yang hampir sama dengan morfologi batang bebas cabang yang tinggi. Klon IRR 39 dan IRR 42 merupakan klon *slow starter* yang memiliki potensi produksi rendah diawal penyadapan dengan nilai rata-rata diatas 1.500 kg/ha/thn selama delapan tahun penyadapan. Boerhendhy (2013) melaporkan pemberian stimulan saat awal sadap pada klon IRR 39 tidak berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan lilit batang, pertumbuhan kulit pulihan, kadar karet kering, dan kekeringan alur sadap. Hasil uji adaptasi menunjukkan klon IRR 39 tumbuh baik di wilayah Jawa Timur, Batumarta, Ogan Komering Ilir, dan Lampung (Lasminingsih *et al.*, 2001). Karakter lain menunjukkan klon IRR 39 dan 42 memiliki potensi kayu yang tinggi serta

mutu lateks yang baik untuk menghasilkan SIR 3 dan SIR 5.

### Klon IRR Seri 100

Klon IRR seri 100 merupakan hasil seleksi dari persilangan buatan yang dilakukan pada periode 1985 – 1989. Persilangan tersebut menghasilkan tanaman F1 sebanyak 577 genotipe dan 187 genotipe telah menjadi klon (Lasminingsih *et al.*, 2009). Klon-klon tersebut telah dilakukan pengujian pada kondisi agroklimat yang berbeda di daerah Sumatera Utara dan Sumatera Selatan dan sebanyak 44 klon telah diperoleh yang diberi nama IRR 100 – IRR 143. Hasil pengujian tersebut memperoleh 5 klon seri 100 yang telah dianjurkan untuk pertanaman komersial berdasarkan lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet tahun 2009 yaitu IRR 104, IRR 107, IRR 112, IRR 118, dan IRR 119 (Tabel 4).

Klon IRR 104 merupakan kombinasi genotipe hasil persilangan dari tetua BPM 101 dengan RRIC 110 (Woelan *et al.*, 1995). Pertajukan klon IRR 104 memiliki bentuk percabangan yang menarik dengan indeks luas daun yang tinggi (Woelan *et al.*, 1996). Klon ini memiliki pertumbuhan yang moderat pada masa TBM dan TM serta resisten terhadap serangan penyakit gugur daun *Oidium*, *Colletotrichum*, *Corynespora* dan tergolong toleran terhadap gangguan angin. Hasil pengujian menunjukkan potensi produksi kering mencapai 1.869 kg/ha/th pada umur 7 tahun sadap. Woelan *et al.*, (2006) melaporkan klon IRR 104 dapat tumbuh optimal pada curah hujan sedang (1.500 mm/th) dan tinggi (>3.500

mm/th) namun memiliki kapasitas osmoregulasi yang rendah sehingga kurang tahan terhadap kekeringan.

Klon IRR 107 dihasilkan dari persilangan antara klon BPM 101 x FX 2784. Klon ini memiliki pertumbuhan yang jagur pada masa TBM dan TM, moderat-resisten terhadap KAS, oidium dan jamur upas, resisten terhadap *Colletotrichum* dan moderat-rentan terhadap *Corynespora*. Woelan *et al.*, (2005) melaporkan bahwa klon IRR 107 memiliki kondisi matang sadap optimal pada umur empat tahun. Potensi produksi karet kering klon IRR 107 mencapai 1.614 kg/ha/thn pada umur 7 tahun sadap dan mengandung biomassa kayu rata-rata 0,11 m<sup>3</sup>/ph (Tabel 4). Klon IRR 107 menunjukkan kinerja yang baik pada daerah agroekosistem yang lebih kering (curah hujan rendah s.d sedang) dan mampu beradaptasi pada lahan sub-optimal dengan permukaan air tanah dangkal (Aidi-Daslin *et al.*, 2009).

Klon IRR 112 dan 119 merupakan klon yang dihasilkan dari tetua jantan yang sama yaitu RRIC 110, namun kedua klon tersebut memiliki persamaan dan perbedaan karakteristik. Kedua klon memiliki persamaan ciri pertumbuhan yang jagur pada masa TBM sehingga matang sadap optimal dapat dicapai pada umur 4 (empat) tahun. Selain itu kedua klon tersebut memiliki resistensi yang baik terhadap serangan penyakit gugur daun dan penyakit cabang jamur upas. Perbedaan mencolok terlihat pada potensi produksi masing-masing klon. Hasil pengujian oleh Woelan *et al.*, (2005) selama 7 (tujuh) tahun penyadapan menunjukkan bahwa klon IRR 112 memiliki rata-rata produksi lebih tinggi dibandingkan klon IRR 119 yaitu 2.546 kg/ha dan

Tabel 4. Sifat dan Karakter klon unggul seri 100.

Klon IRR Seri 00	Tetua	Tipe Klon	Lilit Batang (4 thn)	Tebal Kulit (3,5 thn)	Potensi produksi (kg/ha/thn)	Potensi Kayu (m <sup>3</sup> /ph)	Resistensi GD <i>Colletotrichum</i>
IRR 104	BPM 101 X RRIC 110	Lateks	45,0	5,1	1.869 (7 tahun sadap)	0,15	Resisten
IRR 107	BPM 101 X FX 2784	Lateks-Kayu	45,6	4,6	1.614 (7 tahun sadap)	0,11	Resisten
IRR 112	IAN 873 X RRIC 110	Lateks	50,3	5,2	2.546 (7 tahun sadap)	0,11	Resisten
IRR 118	LCB 1320 X FX 2784 RRIM 701 X RRIC	Lateks	48,9	4,6	2.200 (7 tahun sadap)	0,17	Resisten
IRR 119	110	Lateks-Kayu	47,0	5,2	1.715 (7 tahun sadap)	0,15	Resisten

Keterangan: diolah dari Woelan *et al.*, 2001; Woelan *et al.*, 2005

1.715 kg/ha. Namun nilai tersebut masih tergolong pada produksi tinggi yaitu diatas 1.500 kg/ha. Selain itu, klon IRR 119 memiliki potensi produksi biomassa kayu lebih tinggi dibandingkan klon IRR 112 dengan nilai 1,04 m<sup>3</sup>/ph dan 0,98 m<sup>3</sup>/ph pada umur 20 tahun. Hal inilah yang menyebabkan klon IRR 119 termasuk ke dalam tipe klon penghasil lateks-kayu. Hasil pengujian multilokasi menunjukkan klon IRR 112 maupun 119 mampu beradaptasi pada kondisi agroekosistem yang lebih luas, baik di daerah dengan curah hujan rendah maupun curah hujan tinggi.

Klon 118 merupakan klon penghasil lateks yang berasal dari persilangan antara 1320 x FX 2784. Seleksi biji dan uji F1 dilakukan di Kebun Percobaan Sungei Putih serta pengujian lanjutan dilakukan pada beberapa kebun yang memiliki agroklimat yang berbeda. Lateks klon IRR 118 berwarna putih dan memiliki kadar karet kering yang tinggi. Potensi produksi klon karet kering klon IRR 118 masih dibawah klon IRR 112 namun masih termasuk dalam kategori tinggi yaitu 2.200 kg/ha dalam 7 tahun penyadapan. Aidi-Daslin *et al.* (2007) melaporkan bahwa klon IRR 118 memiliki resistensi yang tinggi terhadap serangan gugur daun *Oidium* dan *Corynespora*. Selain itu, potensi volume kayu klon IRR 118 termasuk ke dalam kategori sedang yaitu 0,92 m<sup>3</sup>/ph pada umur 15 tahun. Berbeda dengan

klon-klon yang lain, klon IRR 118 lebih beradaptasi pada kondisi agroklimat kering dengan produksi yang relatif stabil.

#### Klon IRR Seri 200

Klon IRR seri 200 merupakan klon yang dihasilkan dari persilangan buatan pada tahun 1990 di KP Balai Penelitian Sungei Putih. Persilangan tersebut memperoleh 1.144 genotipe tanaman F1 dari sebanyak 18.352 persilangan yang dilakukan (Woelan *et al.*, 2009). Berdasarkan pengujian pendahuluan dan plot promosi telah dihasilkan beberapa klon yang memiliki potensi bagus dan dua diantaranya telah dilepas sebagai klon anjuran komersial yaitu klon IRR 220 dan klon IRR 230 (Tabel 5). Kedua klon tersebut telah disahkan oleh Kementerian Pertanian sebagai benih bina pada tahun 2016.

Klon IRR 220 merupakan klon yang dihasilkan dari persilangan antara klon PB 260 x IAN 873. Klon ini telah direkomendasikan untuk penanaman komersial sejak tahun 2010 berdasarkan hasil lokakarya pemuliaan karet tahun 2009. Klon IRR 220 memiliki pertumbuhan yang jagur pada masa TBM sehingga matang sadap optimal dapat dicapai pada umur 4 – 4,5 tahun (Woelan dan Azwar, 2001). Selain itu perkembangan lilit batang klon IRR 220 pada masa tanaman menghasilkan (TM) dilaporkan cukup cepat dan menghasilkan biomassa yang

Tabel 5. Karakteristik klon IRR 220 dan IRR 230 dibandingkan dengan klon PB 260

Karakterisasi	IRR 220	IRR 230	PB 260
<i>Produksi</i>			
• Produksi awal	5	4	5
• Produksi lanjutan	5	5	4
• Respon terhadap stimulan	2	3	3
• Respon terhadap kekeringan kulit	4	4	3
<i>Pertumbuhan</i>			
• Pertumbuhan saat buka sadap	3	5	4
• Pertumbuhan selama sadap	3	4	3
• Tebal kulit murni	4	4	3
• Ketahanan terhadap pelukaan	4	4	2
<i>Ketahanan penyakit</i>			
• Angin	2	5	3
• Jamur Upas	4	5	5
• <i>Oidium</i>	5	5	4
• <i>Colletotrichum</i>	4	3	4
• <i>Corynespora</i>	5	3	4
• Jamur upas	5	5	5

Keterangan: Sangat baik = 5, Baik = 4, Sedang = 3, Kurang = 2, Jelek = 1

Sumber : Woelan *et al.*, 2016

tinggi sehingga digolongkan sebagai klon penghasil lateks-kayu (Woelan *et al.*, 2005). Klon IRR 220 termasuk resisten terhadap gangguan penyakit gugur daun *Oidium*, dan *Corynespora* serta moderat terhadap penyakit *Colletotrichum* dan jamur upas. Woelan *et al.*, (2005) melaporkan bahwa klon IRR 220 memiliki potensi rata-rata produksi karet kering sebesar 2.888 kg/ha selama 8 (delapan) tahun penjadwalan.

Berbeda dengan klon IRR 220, klon IRR 230 merupakan klon hasil seleksi dari pengujian pendahuluan dan plot promosi kelompok klon seri 100 (Woelan dan Azwar, 1992; Woelan *et al.*, 2009). Persilangan dilakukan pada tahun 1985 s.d 1990 dan menghasilkan tanaman F1 yang sebanyak 657 genotipe baru. Hasil seleksi 1% genotipe terbaik dari F1 diperoleh sebanyak 21 genotipe yang digunakan untuk pengujian plot promosi. Azwar dan Suhendry (1998) melaporkan bahwa klon IRR 230 memiliki laju pertumbuhan jagur yaitu sebesar 14 cm per tahun saat masa TBM dan 4 cm per tahun saat TM. Berdasarkan hasil pengujian penyakit di tiga lokasi berbeda rata-rata klon IRR 230 mempunyai ketahanan yang moderat terhadap *Corynespora* maupun terhadap penyakit daun *Colletotrichum*. Pengujian multilokasi mendapatkan bahwa klon IRR 230 dapat tumbuh baik dan memiliki potensi produksi yang tinggi pada daerah curah hujan sedang sampai daerah kering (Woelan *et al.*, 2016).

#### PENGUJIAN KLON SERI IRR DI BERBAGAI LINGKUNGAN TUMBUH

Keunggulan suatu klon dipengaruhi oleh faktor genetik yang akan membedakan satu klon dengan klon lainnya (Aidi-Daslin *et al.*, 2012). Produktivitas klon karet unggul sangat dipengaruhi oleh faktor genotipe, lingkungan dan interaksi genotipe x lingkungan. Setiap klon memiliki karakteristik berbeda sehingga membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai agar mampu tumbuh dan berproduksi secara optimal. Beberapa hasil pengujian klon menunjukkan bahwa beberapa klon karet mampu beradaptasi dan berproduksi stabil pada berbagai agroekosistem yang berbeda, namun ada juga klon yang tumbuh dan berproduksi optimal pada lingkungan yang

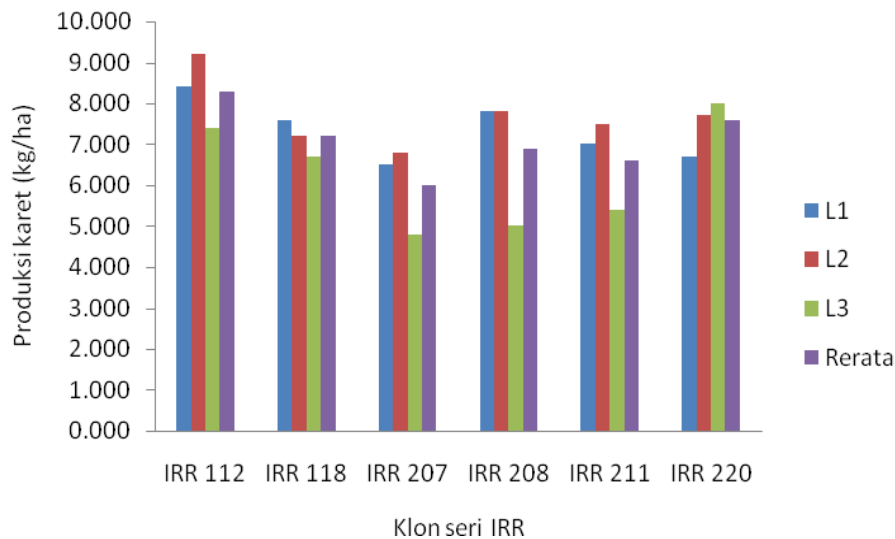
spesifik (Aidi-Daslin & Sayurandi, 2006; Thomas *et al.*, 2009).

Faktor lingkungan yang secara nyata mampu mempengaruhi produktivitas karet adalah jumlah dan frekuensi hujan, ketinggian tempat, topografi areal, dan sifat-sifat fisik tanah (Aidi-Daslin *et al.*, 2007; Hadi *et al.*, 2007). Penurunan produksi dapat mencapai 7 – 40% akibat penanaman klon di wilayah beriklim basah (curah hujan >3.000 mm/thn tanpa bulan kering). Menurut Thomas *et al.* (1995) curah hujan rata-rata per tahun yang terbaik untuk mendukung produktivitas tanaman karet adalah 1.800 - 2.500 mm/thn, dengan jumlah hari hujan berkisar 115 - 150 hari, serta bulan kering (<130 mm) berkisar 5 - 6 bulan dan bulan basah (>150 mm) selama 5 - 6 bulan.

Ketinggian tempat juga sangat mempengaruhi produktivitas tanaman karet. Pertumbuhan tanaman akan melambat jika ditanam pada ketinggian >700 m dpl. Demikian halnya, bentuk (topografi) areal pada kemiringan 17-40% berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, sehingga penanaman pada areal-areal tersebut harus memperhatikan klon yang mampu beradaptasi pada daerah tersebut. Selain itu, perubahan iklim akibat pemanasan global dapat mempengaruhi daerah optimum untuk budidaya tanaman (Mearns, 2000). Zhang *et al.*, (2014) melaporkan bahwa kenaikan suhu lingkungan berpengaruh negatif terhadap produksi lateks karena menyebabkan gangguan dalam proses aliran lateks.

Tingkat keragaman lingkungan Indonesia yang luas sangat memerlukan alternatif pilihan berbagai jenis klon unggul yang sesuai untuk lingkungan spesifik. Pengujian multilokasi telah menghasilkan klon karet unggul seri IRR yang mampu beradaptasi luas maupun pada lingkungan spesifik. Terdapat tiga lokasi pengujian klon seri IRR di beberapa daerah berdasarkan distribusi curah hujan. Karakteristik lingkungan I (L1) yang merupakan daerah sub-optimal (curah hujan rendah), karakteristik lingkungan II (L2) adalah kondisi lingkungan optimal (curah hujan normal) dan karakteristik lingkungan III (L3) merupakan daerah sub-optimal (curah hujan tinggi). Tabel 6 menyajikan deskripsi lokasi pengujian klon seri IRR.





Gambar 3. Produksi kumulatif 5 tahun sadap di tiga lokasi lingkungan tumbuh.

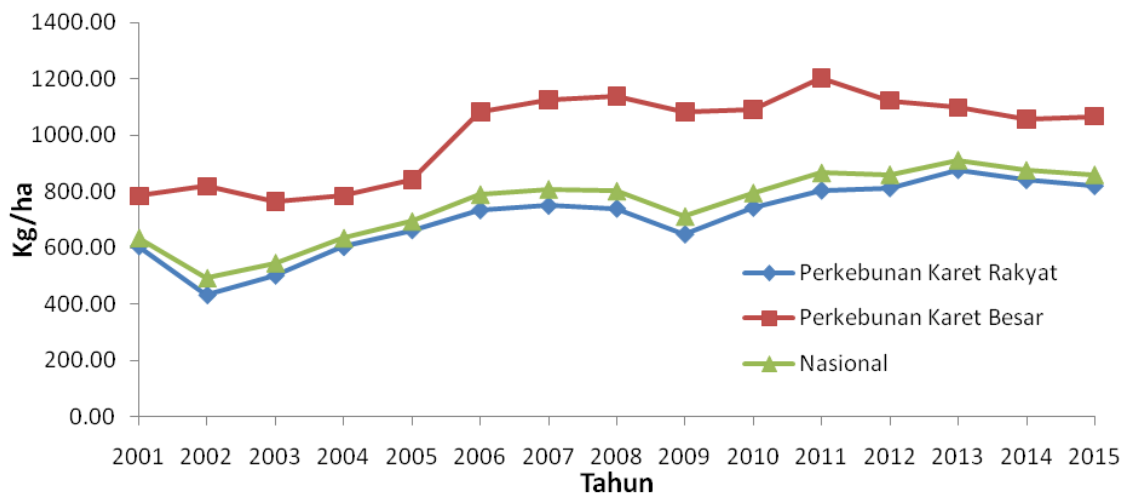
Hasil pengujian menunjukkan bahwa produksi karet kering per hektar kumulatif lima tahun sadap pada klon seri IRR sangat bervariasi di berbagai lingkungan (Gambar 3). Sebagian besar klon seri IRR yang diuji memiliki produktivitas yang rendah di L3, kecuali klon IRR 220. Klon IRR 112 memiliki produksi tertinggi dibanding klon-klon lainnya dan sesuai untuk L1 dan L2 dengan produksi kumulatif per hektar selama lima tahun sadap, berkisar 8.400 – 9.200 kg/ha.

Klon IRR 118 lebih stabil di lokasi L1 dan L2 dengan produktivitas 7.200 – 7.600 kg/ha. Menurut Aidi-Daslin *et al.* (2007), klon IRR 118 dapat dikembangkan pada agroklimat yang lebih kering, sedangkan IRR 112 lebih beradaptasi luas. Klon IRR 208 dan IRR 211 memberikan produksi tertinggi di L1 dan L2 dengan produktivitas kumulatif lima tahun sadap masing-masing sebesar 7.800 kg/ha dan 7.000 – 7.500 kg/ha. Klon IRR 220 memiliki respon yang cukup baik di L2 dan L3 dengan produktivitas masing-masing sebesar 7.700 kg/ha dan 8.000 kg/ha. Hasil penelitian Aidi-Daslin *et al.* (2012), potensi hasil yang tinggi juga ditunjukkan klon IRR 208, IRR 211, IRR 220 pada uji plot promosi di lokasi kebun percobaan Sungei Putih, Provinsi Sumatera Utara.

#### ADOPSI KLON SERI IRR DI PERKEBUNAN INDONESIA

Salah satu hambatan dalam upaya perbaikan perkebunan karet di Indonesia, khususnya bagi perkebunan rakyat, adalah rendahnya tingkat adopsi klon unggul oleh para pekebun. Boerhendhy (2013) menyatakan bahwa 60% produktivitas tanaman karet ditentukan oleh kualitas bahan tanam dan 40% dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan pengelolaan kebun. Dampaknya adalah Indonesia, sebagai negara perkebunan karet terluas, menduduki peringkat 6 dunia (862 kg/ha) dalam hal produktivitas dan terpaut jauh dari Thailand yang memiliki produktivitas mencapai 1,8 ton/ha (Mani dan Santhakumar, 2011). Nilai produktivitas karet nasional berada di bawah produktivitas perkebunan karet besar dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan perkebunan karet rakyat (Gambar 4). Selain itu, kenaikan produktivitas karet nasional rata-rata hanya sebesar 6,67% per tahun dalam kurun waktu 15 tahun (2001 – 2015) (Badan Pusat Statistik, 2017).

Pemerintah sejak tahun 1980an telah menggulirkan berbagai macam program terkait dengan upaya memperbaiki perkebunan karet. Pola program tersebut diantaranya adalah plasma, PRPTE, UPP berbantuan, transmigrasi, swadaya berbantuan dan PIR (Madjid, 1995).



Gambar 4. Produktivitas perkebunan karet Indonesia 2001 – 2015 (diolah dari BPS, 2017).

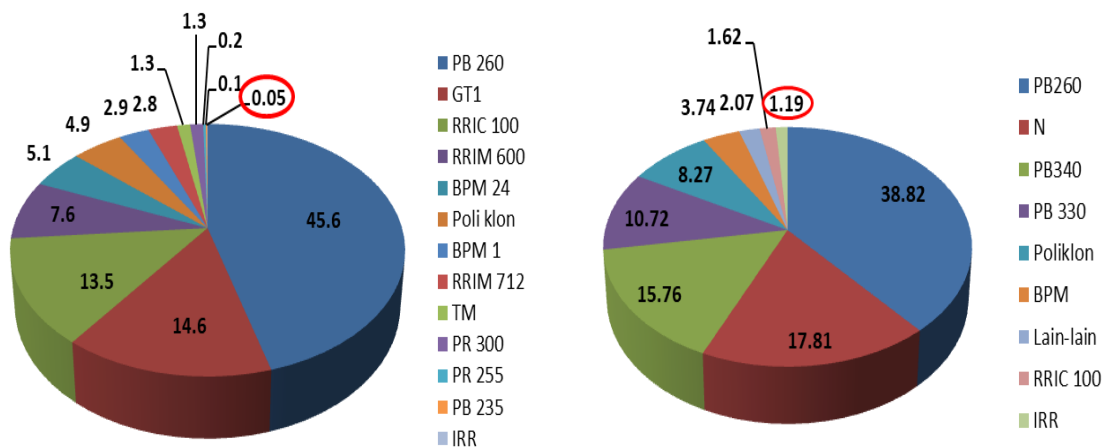
Sejak tahun 2012 mulai diluncurkan Gerakan Nasional Karet (Gernas Karet) oleh pemerintah untuk melanjutkan program sebelumnya dalam merevitalisasi perkebunan karet rakyat (Nasir, 2013). Namun upaya-upaya besar tersebut belum berjalan optimal dan masih jauh dari tujuan. Salah satu alasannya adalah para petani karet masih menggunakan bibit sembarang (*seedling*, palsu, dll) dan bibit klon lama dalam meremajakan areal perkebunan karet. Hal tersebut timbul dari rendahnya pengetahuan para petani mengenai klon unggul dan terbatasnya sentra penghasil klon unggul yang tersedia saat ini.

Permasalahan rendahnya tingkat adopsi klon oleh masyarakat karet telah berlangsung sejak lama. Pee dan Khoo (1975) melaporkan bahwa setidaknya dibutuhkan waktu selama 10 tahun sampai sebuah klon dapat teradopsi hingga mengisi 90% dari total luas area di perkebunan besar (*estate*) Malaysia. Di Indonesia, teknologi klon telah dikenalkan sejak lama, namun rekomendasi klon anjuran baru digulirkan awal tahun 1980an melalui Lokakarya Nasional Pemuliaan Karet. Sementara itu, klon unggul seri IRR diperkenalkan pertama kali pada tahun 1995 sebagai klon harapan dan dilepas sebagai klon anjuran pada tahun 1998 (Pusat Penelitian Karet, 1995; 1998). Hal ini menunjukkan bahwa klon karet seri IRR telah

beredar lebih dari 15 tahun di perkebunan karet Indonesia.

Syarifa *et al.*, (2012) melaporkan bahwa tingkat adopsi klon karet oleh petani karet di Sumatera Selatan mencapai 59,2%. Klon terpopuler berdasarkan hasil penelitian tersebut yaitu PB 260 dengan tingkat popularitas 83% diikuti klon lama Indonesia yaitu GT 1 (48%) dan BPM 24 (39%). Sementara itu klon seri IRR belum banyak diketahui ditingkat petani terbukti hanya klon IRR 39 yang telah diadopsi dengan tingkat popularitas rendah sebesar 32%. Fakta serupa terjadi di perkebunan besar negara yang ditemukan bahwa klon PB 260 mengisi luasan terbesar diikuti klon N (RRIM seri 900), PB 340, GT 1 dan RRIC 100 (Gambar 5). Klon seri IRR hanya menempati 1,19% dan 0,05% total luasan areal (lingkaran merah). Fakta-fakta tersebut menunjukkan bahwa adopsi klon karet baru, khususnya klon seri IRR, masih sangat rendah di tingkat petani karet maupun di perkebunan besar negara.

Beberapa faktor yang menyebabkan lambatnya tingkat adopsi klon seri IRR yaitu rendahnya pengetahuan tentang klon, lambatnya penyebaran kebun entres, ketidakpercayaan akan klon unggul baru dan mahalannya harga bibit klon unggul (Pee dan Khoo, 1975; Syarifa *et al.*, 2012). Salah satu akibat dari rendahnya pemahaman petani karet terhadap klon yaitu banyak beredarnya bibit klon palsu/asalan di pasaran.



Gambar 5. Persentase sebaran luasan klon di dua perkebunan besar negara. (diolah dari Balai Penelitian Sungei Putih, 2016)

Pemahaman yang baik tentang klon akan mendorong petani karet untuk selalu memperbanyak tanaman karet dengan mata tunas berasal dari kebun entres murni. Oleh karena itu, perlu adanya upaya serius dari pemerintah untuk meningkatkan pemahaman petani karet terhadap bibit karet klonal yang berkualitas. Wahyudi (2011) menyatakan bahwa peran aktif petani dan dukungan dari berbagai lembaga terkait (pemulia, pengelola kebun induk, penangkar, lembaga sertifikasi, dan pedagang benih) merupakan kunci meningkatnya adopsi benih unggul oleh petani.

Saefudin dan Listyati (2013) telah mengidentifikasi empat permasalahan rendahnya adopsi dan penyediaan benih karet unggul yaitu: (1) sosialisasi benih karet unggul, (2) penetapan kebun sumber benih untuk batang bawah, (3) revitalisasi kebun entres, dan (4) desentralisasi penyediaan benih karet unggul. Penyuluhan dan advokasi (pendampingan) merupakan faktor kunci keberhasilan adopsi klon unggul oleh petani (Sudjarmoko, 2013), terbukti hampir 90% petani karet Kalimantan dan Jambi telah menerapkan pengetahuannya dari hasil pelatihan yang diikuti (Ilahang *et al.*, 2008). Selain itu kondisi kebun sumber benih dan kebun entres masih belum merata dan berusia tua sehingga proses penyediaan dan adopsi klon unggul masih berjalan lambat. Perlu adanya revitalisasi kebun

entres dan desentralisasi penyedia benih karet unggul agar ketersediaan dan harga benih unggul dapat sesuai dengan kebutuhan masyarakat karet setempat (Saefudin dan Listyati, 2013).

Adopsi klon oleh pelaku agribisnis karet memiliki dampak signifikan dalam meningkatkan produktivitas karet nasional. Kementerian Pertanian telah menetapkan salah satu sasaran dalam pengembangan agribisnis karet ke depan yaitu mempercepat peremajaan karet rakyat (revitalisasi) dengan menggunakan klon unggul (Badan Litbang Pertanian, 2005). Melalui sasaran tersebut diharapkan produksi karet Indonesia mencapai 3,5 – 4 juta ton dan produktivitas kebun mencapai 1.200 – 1.500 kg/ha pada tahun 2025. Selain itu, pertumbuhan produksi karet Indonesia diproyeksikan dapat mencapai 3,1% pertahun melalui program revitalisasi yang sedang digulirkan (Saefudin dan Listyati, 2013). Namun dengan beredarnya klon unggul baru, khususnya seri IRR, yang memiliki potensi produksi hingga 2 ton/ha, sasaran dan produksi karet dapat ditingkatkan lebih tinggi lagi. Bahkan salah satu perkebunan swasta di Sumatera Utara telah memiliki produktivitas mencapai 3 ton/ha dengan menggunakan teknologi klon unggul (komunikasi pribadi). Apabila adopsi klon unggul baru dapat berjalan optimal, produksi karet nasional Indonesia

diperkirakan dapat mencapai 4,38 ton pada sepuluh tahun mendatang.

## PENUTUP

Program perakitan klon unggul karet telah berjalan selama lebih dari satu abad dan saat ini telah memasuki generasi ke-5 (2010 – 2035). Selama empat generasi pemuliaan karet, para pemulia telah menghasilkan kemajuan yang signifikan dalam perbaikan karakter primer maupun sekunder. Hal ini dibuktikan dengan dihasilkannya klon karet yang memiliki potensi produksi 5 kali lebih tinggi dari generasi pertama dan tahan terhadap serangan penyakit. Sejak tahun 1985, Indonesia secara intensif telah melakukan program perakitan klon unggul dan beberapa telah dilepas sebagai klon anjuran diantaranya IRR 5, IRR 39, IRR 42, IRR 112, IRR 118, IRR 220 dan IRR 230. Klon-klon tersebut telah melalui serangkaian pengujian sehingga dapat diusahakan pada agroekologi perkebunan Indonesia.

Bagi seorang pemulia tanaman, tujuan akhir dari rangkaian program perakitan klon adalah menghasilkan klon-klon yang memiliki sifat-sifat unggul. Namun yang lebih penting adalah apabila klon unggul tersebut telah banyak digunakan (adopsi) oleh pelaku industri perkebunan karet. Walaupun telah diperkenalkan lebih dari 15 tahun yang lalu, adopsi klon, khususnya klon seri IRR, oleh masyarakat karet Indonesia masih tergolong rendah. Petani karet masih menggunakan bahan tanam asal biji atau klon palsu/asalan karena kurangnya pengetahuan dan kepercayaan terhadap klon-klon unggul yang telah beredar. Penyuluhan dan pendampingan perlu dioptimalkan kembali agar pemanfaatan klon-klon unggul dapat berjalan dengan baik. Selain itu kerjasama antar lembaga terkait (Puslit Karet, Dinas Perkebunan, Lembaga Penyuluh, dan lainnya) perlu dipererat agar adopsi klon dapat berlangsung dengan cepat dan optimal. Dengan upaya tersebut diharapkan akan berdampak pada perbaikan produktivitas perkebunan karet di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aidi-Daslin. 2005. Kemajuan pemuliaan dan seleksi dalam menghasilkan kultivar karet unggul. Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Tanaman Karet. Pusat penelitian karet. Medan. Hlm 26-37.
- Aidi-Daslin dan Sayurandi. 2006. Pengaruh interaksi genotipe dan lingkungan terhadap pertumbuhan dan produksi klon IRR seri 100 pada uji lanjutan. *Jurnal Penelitian Karet* 24(2): 91-100.
- Aidi-Daslin, S Woelan, M Lasminingsih, H hadi. 2007. New recommended clones for Indonesian Rubber Plantation. *Proceedings of International Rubber Conference and Exhibition*. Pusat Penelitian Karet. Medan. 97-103.
- Aidi-Daslin, Sayurandi dan S Woelan. 2007. Analisis kekerabatan genetik populasi F1 hasil persilangan tetua tanaman karet penghasil lateks dan kayu berdasarkan teknik RAPD. *J penelitian karet* 25(2): 1-9.
- Aidi-Daslin, Sayurandi and Sekar Woelan. 2007. Adaptability and stability of IRR 100-series rubber clones. *Proc. International Rubber Conference & Exhibition 2007* Hlm.385-392.
- Aidi-Daslin, S Woelan, M Lasminingsih, H Hadi. 2009a. Kemajuan pemuliaan dan seleksi tanaman karet di Indonesia. *Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Tanaman Karet*. Pusat Penelitian Karet. Medan. Hlm. 50-59.
- Aidi-Daslin et al 2009b. Rumusan Lokakarya Nasional Pemuliaan Tanaman Karet 2009. *Prosiding lokakarya Nasional Pemuliaan Tanaman Karet*. Pusat Penelitian Karet. Medan.
- Aidi-Daslin, S.Woelan and S.A.Pasaribu. 2012. High latex yielding and disease resistance of rubber clones IRR 200 series. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 13(2), 2012 : 80-85.
- Aidi-Daslin. 2014. Perkembangan penelitian klon karet unggul irr seri 100 sebagai penghasil lateks dan kayu. *Warta perkaretan*, 33(1): 1 – 10.
- Azwar R. 1990. Advantages and disadvantages of the use of seedling and clonal rubber planting materials.

- Azwar R. dan I. Suhendry. 1998. Kemajuan pemuliaan karet dan dampaknya terhadap pada peningkatan produktivitas. Pros. Lok. Nasional Pemuliaan Karet dan Diskusi Nasional Prospek Karet Alam Abad 21. Pusat Penelitian Karet. APPI. Hlm 51 - 64.
- Badan penelitian dan pengembangan pertanian. 2005. Prospek dan arah pengembangan agribisnis karet. Departemen Pertanian RI.
- Badan Pusat Statistik. 2017. Produksi Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman tahun 2000-2015. <https://www.bps.go.id/> [diunduh tanggal 2 Maret 2017].
- Badan Pusat Statistik. 2017. Produksi Perkebunan Besar menurut Jenis Tanaman, Indonesia tahun 1995 - 2015. <https://www.bps.go.id/> [diunduh tanggal 2 Maret 2017].
- Balai Penelitian Sungei Putih. Evaluasi Dan Rekomendasi Sistem Eksploitasi Kebun Karet PT. Perkebunan Nusantara III tahun 2016. Sungei Putih.
- Balai Penelitian Sungei Putih. Evaluasi Dan Rekomendasi Sistem Eksploitasi Kebun Karet PT. Perkebunan Nusantara VII tahun 2016. Sungei Putih.
- Baulkwill WJ. 1989. The history of natural rubber production. *Dalam: Rubber*. Webster CC, Baulkwill WJ (Ed). Longman Scientific and Technical. Essex, England. p1-56.
- Boerhendhy I. 2013. Prospek perbanyak bibit karet unggul dengan teknik okulasi dini. *Jur Litbang Pert.* 32(2): 85-90.
- Boerhendhy I. 2013. Penggunaan stimulan sejak awal penyadapan untuk meningkatkan produksi klon IRR 39. *Jurnal Penelitian Karet* 31(2): 117-126.
- Darojat dan Tistama. 2014. Upaya perbaikan genetik dan penyediaan bibit tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) melalui pendekatan bioteknologi. *Warta Perkaretan* 33(2): 57-72.
- Djikman MJ. 1951. *Hevea-Thirty years of research in the far east*. Univ Miami Press, Coral Gables, Florida, USA.
- Hadi, H., A.D.Wahyudi and K.Anwar. 2007. Performance of the promoting clones of *Hevea* rubber planted on dry climate area. *Proc. International Rubber Conference & Exhibition 2007*. Hlm. 379-383.
- Huang X, L Wei, S Zhan, C Chen, Z Zhou, X Yuen, Q Guo, and J Lin. 1981. A preliminary study of relations between latex vessel system of rubber leaf blade and yield prediction at nursery. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2: 16-20.
- Husin SM. 1990. *Hevea* seed: its characteristics, collection and germination. *Planters' Bulletin (Rubber Research Institute of Malaysia)*, 202; 3-8.
- García DAM, JMC Torres, AAN Arboleda and OJC Gaona. 2017. Repeatability for yield total solids in a segregating population of rubber (*Hevea brasiliensis*) in Colombia. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 71(1): 8407-8414.
- Imle EP. 1978. *Hevea* rubber: Past and future. *Econ Bot.* 32: 264-277.
- Ilahang, D Wulandari, R Akiefnawati, Budi, L Joshi dan G. Wibawa. 2008. Pengeruh Pelatihan Teknologi Karet bagi Petani Kecil terhadap Perspsi, Pengetahuan dan Penerapan Penanaman Karet. *Warta Perkaretan*, 27(1): 25-34.
- Junaidi, Radite Tistama, Atminingsih, Zaida Fairuzah, Arief Rachmawan, Muhammad Rizqi Darajat, dan Mochlisin Andriyanto. 2017. Fenomena gugur daun sekunder di wilayah sumatera utara dan pengaruhnya terhadap produksi karet. *Warta Perkaretan*, 37 (1): 1-16.
- Lasminingsih M, S Woelan, Aidi-Daslin, H Hadi, I Boerhendhy. 2001. Evaluasi dan Keragaan klon karet harapan penghasil lateks dan kayu. prosiding lokakarya nasional pemuliaan karet. Pusat penelitian karet. Medan. Hlm 82-93.
- Lasminingsih M, S Woelan, Aidi-Daslin. 2009. Evaluasi keragaan klon karet IRR seri 100. Prosiding lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet. Pusat penelitian karet. Medan. Hlm 60-83.
- Leitch AR, KY Lim, IJ Leitch, M O'Neill, ML Chye, FC Low. 1998. Molecular cytogenetic studies in rubber. *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae). *Genome*, 41: 64-467.
- Li D, R Zeng, Y Li, M Zhao, J Chao, Y Li, K Wang, L Zhu, WM Tian, C Liang. 2016. Gene expression analysis and SNP/InDel

- discovery to investigate yield heterosis of two rubber tree F1hybrids. *Sci. Rep.* 6 (24984): 1-12.
- Madjid A. 1995. Upaya mempercepat penggunaan klon unggul di perkebunan karet rakyat. *Prosiding lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet*. Medan.
- Mani S and V Santhakumar. 2011. Diffusion of New Technologies and Productivity Growth in Agriculture: Natural Rubber vs Coconuts. *Economic and Political Weekly*, 46 (6): 58 – 63.
- Mearns, L.O. 2000. Climate change and variability. In Reddy, K.R. and Hodges, H.F (Ed.). *Climate Change and Global Crop Productivity*. CAB International. 7-35.
- Nasir G. 2013. Karet rakyat menanti peremajaan. *Tabloid Sinar Tani*. Edisi 6-12 Pebruari 2013 3493: 4.
- Ogbebor ON (2010). The status of three common leaf disease of Para rubber in Nigeria. *Journal of Animal and Plant Sciences* 6(1): 567- 570.
- Ong SH. 1975. Chromosome morphology at the pachytene stage in *Hevea brasiliensis*: a preliminary report. *Proceeding International Rubber Conference IRRDB*, Kuala Lumpur, 2. : 3-12.
- Oktavia F, Kuswanhadi, Dini Dinarty, Widodo and Sudarsono. 2017. Genetic Diversity and Population Structure of IRRDB 1981 and Wickham Rubber Germplasm Based on EST-SSR. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 39(3): 239-251.
- Oktavia F, M Lasminingsih, S Ismawanto dan Kuswanhadi. 2007. Analisis genetik klon-klon tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) menggunakan penanda RAPD. *J Penelitian Karet* 25(1): 1-12.
- Oktavia F, M Lasminingsih, dan Kuswanhadi. 2009. Identifikasi klon karet anjuran dengan teknik RAPD. *J Penelitian Karet* 27(1): 21-31.
- Oktavia F, M Lasminingsih dan Kuswanhadi. 2011. Genetic Relationship of Wickham and IRRDB 1981 Rubber Population Based on RAPD Markers Analysis. *HAYATI Journal of Biosciences*, 18 (1): 27-32.
- Oktavia F, Sudarsono, Kuswanhadi, D Dinarty, Widodo. 2016. Identifikasi ketahanan plasma nutfah karet IRRDB 1981 terpilih terhadap penyakit gugur daun *corynespora* berdasarkan aktivitas toksin *Cassiicolin*. *Jurnal Penelitian Karet*, 34 (1) : 35-48.
- Paardekooper EC. 1989. Exploitation of the rubber tree. *Dalam: Rubber*. Webster CC and Baulkwill WJ (Ed). Longman Scientific and Technical. Essex, England. p349-414.
- Pee TY and SK Khoo. 1975. Diffusion and impact of high yielding materials on rubber production in Malaysia. *Proceedings of the international rubber conference*. 327-349p.
- Priyadarshan PM, PS Goncalves and KO Omokhafe. 2009. Breeding Hevea Rubber. *Dalam: Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. SM Jain, PM Priyadarshan (Ed). Springer Science+Business Media. p469-522.
- Priyadarshan PM, PS Goncalves. 2003. *Hevea* gene pool for breeding. *Genet. Resour. Crop Evol*, 50: 101-114.
- Priyadarshan PM, A Clement-Demange. 2004. Breeding *Hevea* rubber: formal and molecular genetics. *Adv. Genet*, 52: 51-115.
- Priyadarshan PM. 2017. *Biology of Hevea Rubber*. Springer International Publishing.
- Pusat penelitian karet. 1995. Hasil rumusan lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet 1995. *Prosiding lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet*. Medan. Hlm 9-10.
- Pusat penelitian karet. 1998. Hasil rumusan lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet 1998. *Lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet dan diskusi nasional prospek karet alam abad 21*. Medan.
- Sayurandi Dan Aidi-Daslin. 2011. Heterosis Dan Heritabilitas Pada Progeni F1 Hasil Persilangan Kekerabatan Jauh Tanaman Karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 29 (1) : 1 – 15.
- Simmonds NW. 1989. Rubber breeding, in *Rubber*, ed. by C. C. Webster, W. J. Baulkwill (Longman Scientific and Technical, New York, pp. 85-124.
- Situmorang A, Suryaningtyas H, Febbiyanti TR. 2008. Penyakit hawar daun Amerika

- Selatan dan pengendaliaanya pada tanaman karet. Lokakarya Nasional Agribisnis Karet, 20-21 Agustus. Yogyakarta.
- Syarifa LF, DS Agustina, C Nancy dan M Supriyadi. 2012. Evaluasi tingkat adopsi klon unggul di tingkat petani karet propinsi Sumatera Selatan. *Jur Penel Kar* 30 (1): 12 – 22.
- Sudjarmoko. 2013. Peran strategis industri benih dalam gerakan nasional peningkatan produktivitas karet di Indonesia. Medkom Perkebunan. Tanaman Industri dan penyegar. Hlm. 1.
- Tan H, SK Khoo, Ong SH. 1996. Selection of advanced polycross progenies in *Hevea* improvement. *Jour Nat Rubb Res.* 11: 215–225.
- Tistama R, Sayurandi, Aidi-Daslin, & S Woelan. 2008. Pengelompokkan tetua tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) berdasarkan penanda RAPD. *J Penel Karet* 26(1): 10-19.
- Thomas, W., P.Grist and K.Menz. 1995. Modelling rubber growth as a function of climate and soils. Imperata Project Centre for Resource and Environmental Studies. The Australian National University.
- Thomas KK. 2001. Role of Clement Robert Markham in the introduction of *Hevea* rubber into the British India. *The Planter* 77: 287–292.
- Thomas, W., A.Situmorang dan M.Lasminingsih. 2009. Pemilihan klon karet untuk provinsi Lampung berdasarkan kondisi agroklimat. *Warta Per karetan* 28(1) : 19-27.
- Venkatachalam P, PK Jayasree, S Sushmakumari, R Jayashree, K Rekha, S Sobha, P Priya, RG Kala and A Thulaseedharan. 2007. Current Perspectives on Application of Biotechnology to Assist the Genetic Improvement of Rubber Tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.): An Overview. Functional Plant Science and Biotechnology. Global Science Books.
- Wahyudi, A. 2011. Kelembagaan perbenihan perkebunan. *Tree, Majalah Semi Populer Tanaman Rempah dan Industri* 2(1): 4.
- Woelan, S. dan R. Azwar, 1992. Kemajuan persilangan dan seleksi tanaman karet *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Pros. Lok. Nas. Pemuliaan Tanaman Karet. Medan 7 – 9 Desember 1992.
- Woelan S, R Azwar, Aidi-Daslin. 1995. Klon-klon harapan baru IRR seri 00 dan IRR seri 100. Prosiding Lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet. Pusat penelitian karet. Medan.
- Woelan S, R Azwar, I Suhendry. 1996. Penampilan klon karet IRR seri 100 selama periode tanaman belum menghasilkan. *Jurnal penelitian karet*, 14(2): 111-124.
- Woelan S, Aidi-Daslin, R Azwar, I Suhendry. 2001. Keragaan klon karet unggul harapan IRR seri 100. Prosiding Lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet. Pusat penelitian karet. Medan. Hlm 173-189.
- Woelan S dan R Azwar. 2001. Penampilan klon IRR seri 200 selama masa TBM. Prosiding lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet. Pusat penelitian karet. Medan. Hlm 188-200.
- Woelan S, Aidi-Daslin, I Suhendry, M Lasminingsih. 2005. Evaluasi Keragaan klon karet IRR seri 100 dan 200. Prosiding Lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet. Pusat penelitian karet. Medan. Hlm 38-61.
- Woelan S, Aidi-Daslin, I Suhendry. 2006. Potensi Keunggulan klon karet generasi IV seri IRR. Prosiding lokakarya nasional budidaya tanaman karet. Pusat penelitian karet. Medan. Hlm 33-52.
- Woelan S, R Tistama, dan Aidi-Daslin. 2007. Determinasi keragaman genetik hasil persilangan antar populasi berdasarkan karakteristik morfologi dan teknik RAPD. *J Penel Karet*, 25(1): 13-26.
- Woelan S, Aidi-Daslin, M Lasminingsih, I Suhendry. Evaluasi keragaan klon karet IRR seri 200 dan 300 pada tahap pengujian. 2009. Prosiding lokakarya nasional pemuliaan tanaman karet. Pusat penelitian karet. Medan. Hlm 84-106.
- Woelan S, R Azwar, Aidi-Daslin, I Suhendry, M Lasminingsih, Sayurandi, SA Pasaribu. 2016. Keunggulan klon karet IRR 220 dan

- IRR 230. *Warta Penelitian karet*, 35 (2), 89-106.
- Wycherley PR. 1992. The genus *Hevea*: botanical aspects. *Dalam: Natural Rubber: Biology, Cultivation and Technology*. Sethuraj MR, Mathew NM (Ed). Elsevier, Amsterdam. The Netherlands. p50–66.
- Yang H, X Wang, Y Wei, Z Deng, H Liu, J Chen, L Dai, Z Xia, G He, D Li. 2018. Transcriptomic analyses reveal molecular mechanisms underlying growth heterosis and weakness of rubber tree seedlings. *BMC Plant Biology* (2018), 18:10.
- Zhang H, L Zhang, Y Ge, Y Hua, Z Lan, H Huang. 2014. Short Communication: Climate And Latex Production Of Rubber Tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) In Wanning, Southeastern Part Of Hainan Province, China. *J. Rubb. Res.*, 17(4):261–265.