

PENJARANGAN GENETIK SEBAGAI STRATEGI PENINGKATAN PRODUKSI GETAH PINUS DI PERUM PERHUTANI

Suryanaji¹, Mohammad Na'iem¹

¹⁾ Departemen Riset dan Inovasi, Perhutani Forestry Institute (PeFI)
Jl. Wonosari-Batokan, Tromol Pos 6, Cepu, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia 58302
Email: suryanaji@perhutani.co.id

RINGKASAN

Perum Perhutani sebagai produsen kayu jati terbesar di Indonesia telah mengalami penurunan potensi tegakan kayu sehingga memerlukan alternatif komoditas lain yang mampu menopang dari aspek finansial perusahaan. Pinus dapat dipilih sebagai alternatif komoditas yang diharapkan mampu menghasilkan peningkatan pendapatan yang cukup menjanjikan. Peningkatan produksi getah pada aspek materi genetik tanaman pinus yang dikelola harus menjadi target pokok terhadap upaya peningkatan tersebut. Pembangunan Kebun Benih Semai diharapkan menghasilkan tegakan *Pinus merkusii* yang memiliki getah banyak. Sampai saat ini tanaman uji *Pinus merkusii* bocor getah yang ditanam oleh Perum Perhutani belum mampu menghasilkan benih dalam jumlah yang cukup. Penelitian ini mengkaji strategi pemilihan penjarangan genetik berdasarkan evaluasi nilai heritabilitas, produktivitas serta peningkatan genetiknya untuk menghasilkan tindakan yang paling tepat terhadap kebun benih untuk menghasilkan benih unggul. Hasil penelitian merekomendasikan penjarangan perlu dilakukan secara bertahap pada level *treeplot* di dalam *family*. Peningkatan produksi diharapkan menjadi 60 gram/pohon/3 hari dari sebelumnya sebesar 54 gram/pohon/3 hari. Kajian ini merekomendasikan penjarangan harus segera dilaksanakan untuk menurunkan *inbreeding* dan memacu pembungaan sehingga dapat diperoleh jumlah benih yang optimal.

Kata kunci: *roguing*, produktivitas getah, *Pinus merkusii*

GENETIC RANGEING AS A STRATEGY FOR INCREASING PINUS SAP PRODUCTION IN PERUM PERHUTANI

ABSTRACT

*Perum Perhutani, Indonesia's largest teak wood manufacturer, experienced a decrease in the potential of timber stands, necessitating the use of alternative commodities capable of supporting the company financially. Pine sap is a viable alternative that is predicted to result in an increase in income. Increasing sap production in the aspect of managed pine plant genetic material must be the main target in the effort to increase it. The development of the Kebun Benih Semai (Seed Garden) is expected to produce stands of *Pinus merkusii* which have a lot*

of sap. Until today, Perum Perbutani's test plant *Pinus merkusii* leaks sap has failed to develop enough seeds. This study examines strategies for selecting genetic thinning based on evaluating the value of heritability, productivity, and genetic enhancement to produce the most appropriate measures for seed orchards to produce superior seeds. The results of this study recommend that thinning should be carried out in stages at the treeplot level within the family. The increase in production is expected to be 60 grams/tree/3 days from the previous 54 grams/tree/3 days. This study suggests that thinning be done immediately to reduce inbreeding and stimulate flowering to obtain the maximum number of seeds.

Keywords: roguing, sap productivity, *Pinus merkusii*

PERNYATAAN KUNCI

1. Produksi getah operasional di hutan produksi pinus sampai saat ini masih rendah dengan rerata sebesar 21 gram/pohon/3 hari. Produksi yang rendah ini salah satunya disebabkan oleh penggunaan benih-benih yang berasal dari kebun benih semai hasil pemuliaan yang pada awalnya memang ditujukan untuk perbaikan bentuk batang.
2. Perbaikan materi genetik untuk meningkatkan produksi getah mutlak dilakukan agar diperoleh *genetic gain* yang signifikan dengan pembangunan kebun benih semai dengan tujuan menghasilkan benih yang memiliki produksi getah tinggi.
3. Kebun benih pinus “bocor getah” yang dibangun sampai saat ini belum bisa menghasilkan benih untuk mencukupi perbaikan materi genetik di seluruh hutan produksi karena belum ada upaya meningkatkan produksi benihnya.

REKOMENDASI KEBIJAKAN

1. Kebutuhan benih pinus bocor getah hanya dapat tercapai jika telah dilakukan tindakan penjarangan genetik pada tanaman uji keturunan. Penjarangan genetik selain mampu meningkatkan potensi produksi benih sekaligus meningkatkan *genetic gain* benih yang dihasilkan.
2. Penjarangan genetik diperkirakan akan mampu menghasilkan benih unggul yang jika ditanam berpotensi meningkatkan getah dari produksi operasional sebesar 21 gram/pohon/3 hari menjadi sebesar 60 gram/pohon/3 hari.
3. Penjarangan genetik mutlak dilakukan mengingat kondisi tegakan yang sudah rapat sehingga tanpa penjarangan menyebabkan pembungaan yang rendah dan tidak mampu menghasilkan benih sebagai materi bibit unggul pinus bocor getah.

PENDAHULUAN

Gondorukem dan terpentin memberikan kontribusi pendapatan bagi Perum Perhutani dengan nilai sekitar 30% dari total pendapatan. Namun, sampai saat ini China masih tertinggi sebagai produsen getah pinus dunia. Sebagai perbandingan, China meng-ekspor hampir 200.000 ton getah per tahun (Lai *et al.*, 2017), sedangkan produksi Perhutani sebanyak hampir 80.000 ton getah per tahun (Perhutani, 2018). Sebagai salah satu dari tiga besar penyuplai getah, 90% di negara China berasal dari *Pinus massoniana* (Liu *et al.*, 2013). Indonesia sampai saat ini masih mengandalkan *Pinus merkusii* sebagai penghasil getah. Langkah nyata perhutani secara khusus untuk peningkatan produksi getah adalah dengan program pemuliaan Pinus Bocor Getah.

Penelitian telah menunjukkan bahwa produksi getah pada tanaman pinus merupakan karakter yang memiliki nilai heritabilitas tinggi pada tanaman pinus dan pencapaian penting *genetic gain* dapat diperoleh dari seleksi tanaman yang memiliki produksi getah tinggi (Lai *et al.*, 2017; Pramudita dan Suryanaji, 2021; Hamzah *et al.*, 2016). Sedangkan Roberds dan Strom (2006) memberikan nilai estimasi *repeatability* produksi getah pada *Pinus taeda* sebesar 0,64–0,67, *Pinus palustris* 0,46–0,77 dan *slash pine* sebesar 0,55 dimana nilai tersebut bernilai moderat. Tadesse *et al.* (2001) menyebutkan bahwa pada *Pinus pinaster* diperoleh nilai

heritabilitas untuk karakter getah di atas 0,5. Menurut Stansfield (1991), heritabilitas ini termasuk tinggi. Leksono (1994) telah melakukan penelitian heritabilitas karakter produktivitas getah di Jember dan Cijambu dimana diperoleh taksiran nilai rerata heritabilitas individu sebesar 0,52, heritabilitas *family* 0,69 dan heritabilitas di dalam *family* sebesar 0,45. Dengan dasar ini, pemuliaan pinus bocor getah di Perum Perhutani pun diprediksi memiliki potensi yang besar untuk memperoleh keberhasilan.

Berbagai uji genetik sebagai upaya untuk peningkatan produktivitas getah secara kontinu telah dilakukan oleh Puslitbang Perhutani dengan berbagai strategi. Pada tahun 2007 di Petak 37c, RPH Samudra, BKPH Lumbar, KPH Banyumas Barat telah dilakukan Uji Keturunan dari berbagai *provenans* dan galur yang dilaksanakan dengan kerja sama Fakultas Kehutanan UGM dan Puslitbang. Sampai saat ini pada tanaman uji tersebut belum dilaksanakan penjarangan genetik. Terdapat perbedaan dalam strategi penjarangan genetik dengan tujuan peningkatan produktivitas getah. Strategi untuk peningkatan produktivitas batang lebih sederhana karena terkait parameter yang mudah diukur sedangkan produktivitas getah memerlukan metode pengukuran yang lebih kompleks. Pada tanaman uji petak 37c ini dilakukan pengukuran produksi dengan metode sadap bor. Teknik ini dilakukan dengan asumsi

akan meminimalisir bias data akibat pengupaan kandungan terpenin, kemurnian dari kotoran dan kebersihan getah dan tidak tercampur air hujan. Upaya lain untuk mendapatkan data yang valid adalah menggunakan penyadapan sistem bor sebanyak 4 kali. Dengan metode tersebut diharapkan pohon yang dilakukan penjarangan benar-benar memiliki produktivitas paling rendah di antara *treeplot* untuk dilakukan penjarangan genetik (*roguing*).

SITUASI TERKINI

Pengelolaan tegakan pinus di Perum Perhutani sampai saat ini masih mengandalkan benih yang berasal dari Kebun Benih Semai (KBS) Baturraden, KBS Sempolan Jember dan KBS Cijambu Sumedang. Dalam sejarahnya, pembangunan ketiga Kebun Benih Semai tersebut ditujukan untuk perbaikan bentuk batang dan diameter serta volume batang. Benih dari ketiga lokasi tersebut menyuplai hampir seluruh kawasan hutan Pinus Perhutani untuk peremajaan tegakan yang sudah ditebang karena daur telah berakhir. Dalam perkembangannya, nilai ekonomi kayu dibandingkan nilai ekonomi getahnya sudah berubah di mana saat ini getah memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayunya. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan produksi getah dengan berbagai penelitian. Jenis Pinus yang dikembangkan di Perhutani sendiri ada tiga spesies, yaitu *Pinus merkusii*, *Pinus oocarpa* dan

Pinus caribaea. Menurut Purwanta dan Suryanaji (2009), produktivitas getah *Pinus merkusii* pada lokasi penelitian yang memiliki karakter ekologis yang hampir sama di Jember adalah sebesar 6,696 gram/pohon/hari, *Pinus oocarpa* sebesar 4,038 gram/pohon/hari, dan *Pinus caribaea* sebesar 2,366 gram/pohon/hari. Mengingat produktivitas getah lokal *Pinus merkusii* masih yang tertinggi, penelitian di Perhutani tetap fokus untuk mengembangkan *Pinus merkusii*.

Produksi getah pada level operasional sendiri ternyata tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian tersebut. Berdasarkan beberapa pengalaman, produksi getah di beberapa KPH tidak jauh dari angka 21 gram/pohon/3 hari. Nilai ini tentunya masih mungkin diharapkan peningkatannya dengan program pemuliaan pinus bocor getah. Pada tahun 2008 akhirnya dibangun uji keturunan *Pinus merkusii* bocor getah sebagai jawaban atas rendahnya produksi getah pada skala operasional. Pinus bocor getah sendiri dibangun dari beberapa kandidat pohon pinus dengan produksi getah minimal 50 gram/pohon/3 hari atau 138% lebih tinggi dari skala operasional. Pada saat ini, tegakan telah mencapai umur 12 tahun dan belum dapat menyuplai kebutuhan benih bocor getah. Upaya untuk segera memperoleh benih pinus bocor getah perlu segera dilaksanakan dengan program-program pemuliaan lanjutan agar peningkatan produksi getah di Perum Perhutani segera

terwujud. Tindak lanjut dari program pemuliaan ini diharapkan akan memberikan estimasi peningkatan produksi getah sehingga memudahkan manajemen dalam mengambil kebijakan pada pengelolaan tegakan pinus di Perhutani.

METODOLOGI

Peningkatan produktivitas dapat ditingkatkan dari beberapa aspek. Salah satu aspek yang dikaji adalah penggunaan benih unggul. Kajian dilaksanakan mulai bulan Januari hingga Desember 2020. Lokasi penelitian di Petak 37c, RPH Samudra, BKPH Lumbar, KPH Banyumas Barat merupakan uji Keturunan Pinus Bocor Getah yang ditanam pada tahun 2007 dengan jarak tanam awal 3x4 m. Luas tanaman uji mencapai 37,8 ha. Lokasi ini memiliki ketinggian sekitar kurang lebih 290 m dpl dengan jenis tanah Latosol Coklat yang ditanam tahun 2008. Rancangan yang digunakan adalah RCBD dengan jumlah *treeplot* sebanyak 3-4 pohon per *family*. Variabel produksi getah diperoleh dengan melakukan pengeboran pada batang pinus pada ketinggian 50 cm di atas tanah. Sudut pengeboran adalah 45° dengan kedalaman sekitar 4 cm. Lubang bekas bor dibuat saluran menggunakan pipa *stainless* dan getah ditampung dalam wadah plastik yang terikat pipa untuk menghindari adanya kotoran dan air hujan masuk ke penampungan, sehingga diharapkan data yang diperoleh lebih berkualitas dan tidak bias. Getah yang

diperoleh selanjutnya dipanen dan dilakukan ulangan sebanyak empat kali dan dinyatakan dalam satuan gram/pohon/3 hari.

ANALISIS DAN ALTERNATIF SOLUSI

Pada praktiknya, upaya peningkatan telah diusahakan melalui perbaikan manajemen penyadapan, penggunaan stimulasi, maupun alternatif lain yang berhubungan dengan tindakan silvikultur. Pengaturan jarak tanam yang lebih lebar pernah dicoba namun pada akhirnya memiliki konsekuensi pada keberhasilan pembuatan tanaman yang rendah. Pengaturan jarak tanam yang lebar pada dasarnya agar tajuk tidak terlalu rapat sehingga diharapkan produktivitas getah meningkat. Namun tanpa disadari jika jarak tanam terlalu lebar maka produksi getah per pohon dapat meningkat, tetapi jumlah N/ha secara total akan turun dan ini mengakibatkan penurunan total produksi getah akan terjadi secara nyata. Penggunaan stimulasi secara produktivitas akan sangat signifikan meningkat. Kritik terhadap praktik penggunaan stimulan sendiri berawal dari sorotan pada aspek kelestarian tegakan pinus. Penggunaan stimulasi yang berlebihan jelas menyebabkan kerusakan bidang sadapan menjadi jauh lebih cepat dibandingkan dengan tanpa menggunakan stimulasi. Kekhawatiran kerusakan akibat stimulasi sudah diantisipasi oleh Perhutani dengan beberapa penelitian penggunaan asam

organik dan hayati agar stimulasia yang selama ini digunakan di lapangan dengan jenis H₂SO₄ dapat diminimalisir atau dihilangkan sama sekali. Kendala juga muncul ketika produktivitas getah dengan stimulan selain H₂SO₄ menjadi kurang produktif dan biaya yang dikeluarkan menjadi meningkat.

Peningkatan produktivitas dengan strategi paling mendasar menggunakan bibit unggul merupakan jawaban yang paling tepat ketika produksi getah secara umum memang memiliki rerata produksi yang rendah. Upaya ini secara aktif sebenarnya sudah dilaksanakan oleh Perhutani dengan berbagai uji coba pemuliaan pinus “bocor getah”. Hasil kajian ini memperoleh informasi taksiran

nilai produktivitas getah sebelum penjarangan, taksiran heritabilitas, *genetic gain* dan produktivitas jika dilakukan penjarangan. Dengan data ini maka akan diperoleh estimasi peningkatan produktivitasnya dalam beberapa tahun setelah benih ditanam di lapangan.

Menurut Gill (1998), karakter produktivitas getah dikendalikan oleh gen. Ini mengindikasikan bahwa pemuliaan untuk tujuan produksi getah melalui seleksi genetik akan menghasilkan *genetic gain* yang lebih tinggi dan tidak terlalu dipengaruhi oleh interaksi faktor lainnya. Nilai heritabilitas, *genetic gain*, produktivitas getah dan harapan produksi getah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Heritabilitas, *genetic gain*, produktivitas getah dan harapan produksi getah

<i>Sub Galur</i>	Rerata <i>Sub Galur</i> (gr/3 hr)	<i>Genetic gain</i> (%)	Potensi produksi getah keturunan (gr/3 hr)	Harapan Peningkatan Operasional (standar: 21 gr/3 hr)
SM2	79,97	10,66	86,68	312%
SM 1	60,37	5,43	63,73	203%
JB2	63,48	0	63,48	202%
SG3D	56,34	4,5	58,87	180%
SG1	54,39	5,28	57,26	173%
SG3B	54,70	1,36	55,45	164%
SL	50,53	6,39	53,76	156%
SG 3	51,86	2,67	53,24	154%
SG3C	52,13	0,71	52,5	150%
JB1	52,03	0	52,03	148%

Nilai heritabilitas individu yang diperoleh pada Galur SM termasuk tinggi, SL dan SG1 masuk dalam kriteria rendah sedangkan untuk heritabilitas *family* masuk

dalam kategori rendah sampai sedang. Nilai heritabilitas menentukan strategi seleksi yang tepat diterapkan pada suatu populasi. Jika suatu populasi memiliki nilai heritabilitas

individu yang relatif tinggi, maka seleksi yang paling tepat adalah seleksi masa. Dengan asumsi ini maka seleksi untuk tegakan pinus bocor getah di Petak 37c ini diharapkan lebih baik jika menggunakan seleksi *family* atau seleksi di dalam *family*. Adapun seleksi yang dipilih dalam program pembangunan KBS berdasarkan pertimbangan beberapa faktor hingga diputuskan melakukan penjarangan atau seleksi pada level pohon di dalam *family*. Pertimbangan tersebut antara lain:

1. Heritabilitas individunya rendah, sehingga dengan jumlah *family* yang utuh maka pada masa mendatang program pemuliaan memiliki banyak materi jika diinginkan karakter getah yang lain dengan tanpa membangun kebun benih klon yang luas ketika ada *family* yang tereliminasi jika dilakukan penjarangan *family*.
2. Seleksi yang merata *treeplot* di dalam *family* akan menguntungkan ditinjau dari distribusi pohon dalam luasan total pertanaman, sehingga tidak terdapat spot tebangan yang terlalu luas pada tempat tertentu jika kebetulan produksinya memiliki rata-rata yang rendah pada suatu blok, yang dapat memicu bahaya longsor mengingat lokasinya tidak landai.
3. Beberapa *family* diseleksi dengan proporsi 50%-67% dengan menyisakan dua pohon yang masih memungkinkan memiliki peluang yang lebih

lebar untuk melanjutkan program pemuliaan dalam seleksi untuk beberapa karakter kimia getah maupun diameter pohon.

Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui bahwa galur yang memiliki potensi peningkatan genetik terbaik jika dilakukan penjarangan genetik dari yang tertinggi adalah dari populasi SL1, kemudian SG1 dan SM. Populasi JB dan SG3 tidak akan menghasilkan respons dari peningkatan genetik secara signifikan.

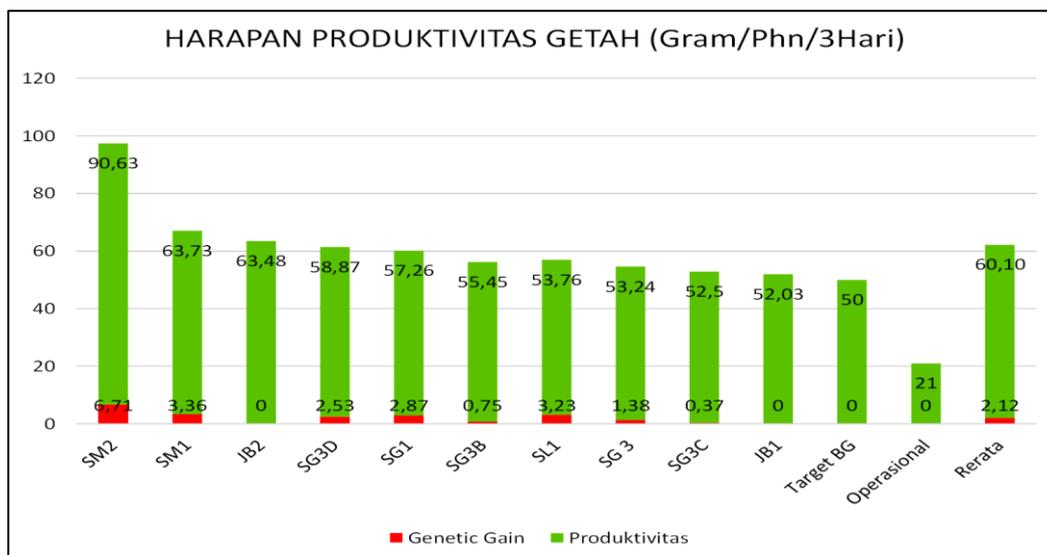
Grafik pada Gambar 1 menunjukkan bahwa penggunaan benih Pinus bocor getah jika telah dilakukan penjarangan akan diperoleh peluang untuk operasional di lapangan menghasilkan rerata produksi sebesar 60 gram/pohon/3 hari. Peningkatan ini setara dengan 186% dibandingkan rerata operasional. Sungguhpun demikian berbagai variasi masih akan terjadi antar galur, namun secara umum produktivitasnya akan berada di atas 50 gram/pohon/3 hari sesuai. Data estimasi masing-masing galur setelah penjarangan juga bervariasi namun dibandingkan dengan benih pada level operasional maka dengan benih pinus bocor getah masih akan diperoleh peningkatan produksi sebesar 154-312%.

Mengacu pada Pembangunan *Seed Orchard Pinus Silvestris* di Finlandia, paling tidak ada tujuh acuan yang harus dilaksanakan oleh Perhutani untuk menghasilkan benih yang unggul. Kebutuhan acuan

ini harus dilihat secara menyeluruh dan semuanya harus secara simultan saling melengkapi (Koski, 1982). Tujuh acuan tersebut, yaitu:

1. *Seed orchard* harus dalam kondisi fisik yang baik dan semua dokumen harus

akurat dan terkini. Peta yang detail yang memberikan informasi nomor maupun jaraknya sangat diperlukan untuk investigasi genetik. Posisi *row* dan *coloum* harus dapat diketahui.



Gambar 1. Perbandingan Harapan produksi getah antar galur setelah dilakukan *roguing*

2. Jarak antar *provenans* harus jelas dan dibatasi sehingga dapat mendukung keserempakan dan sinkronisasi dari pembungaan dan menentukan penggunaan masing-masing dari area benih yang dihasilkan.
3. Jumlah klon paling tidak 30 klon. Meskipun secara model teoritis untuk jumlah klon optimal sudah ditentukan, beberapa peneliti tetap merekomendasikan jumlah minimum klon berkisar antara 20-30 klon. Jumlah klon yang sedikit akan meningkatkan probabilitas *inbreeding* karena jarak atrata ramet dari klon-klon yang ada menjadi kecil dalam suatu pola desain apa pun.
4. Ramet-ramet dari masing-masing klon harus ada jarak yang terdistribusi merata sehingga probabilitas *self pollination* lebih rendah dari 20%. Nilai ini secara praktis agak sulit untuk diaplikasikan namun jika akan dilakukan dapat dihitung dengan bantuan *marker* genetik.
5. Produksi *pollen* dari kebun benih setiap tahun dan setiap hektar paling tidak 20 kg. Penyerbukan dengan bantuan angin akan berfungsi jika jumlah *pollen* banyak dan mencukupi. Secara umum dikatakan bahwa ketidak-cukupan penyerbukan menghasilkan *conus* yang mudah rontok dan *ovule* yang aborsi,

atau dengan kata lain akan mengurangi produksi biji.

6. Luas areal kebun benih paling tidak 5 ha dan diameter area minimal 150 m. Luas yang relatif dari pertanaman ini diperlukan untuk memicu kepadatan kumpulan *pollen* yang layak. Di dalam kumpulan pohon yang kecil, *pollen* akan segera bertransportasi keluar tegakan dan kepadatan *pollen* menjadi rendah.
7. Proporsi kontaminasi *pollen* dari luar kebun benih harus dibawah 20%. Migrasi *pollen* sering kali tidak cukup terhambat oleh jalur isolasi. Jalur isolasi yang ideal adalah berkisar 100-200 m sangat direkomendasikan sebagai barrier yang lengkap untuk mencegah kontaminasi *pollen*.

Jumlah klon yang dikelola dalam kebun benih ini sudah memenuhi standar minimal kebun benih karena setiap galur paling tidak memiliki 50 *family*. Luas total 37 ha pun telah memenuhi syarat untuk berlangsungnya distribusi pollen yang merata. Pada saat pemapanan, efisiensi dari randomisasi sudah dilaksanakan sedemikian rupa sehingga tidak ada klon dalam posisi yang berdekatan untuk menghindari adanya *inbreeding*. Berdasarkan keseluruhan parameter kebun benih tersebut, upaya yang saat ini dilakukan adalah pengaturan jarak tanam dan menstimulasi pembungaan. Untuk aspek produksi *pollen* dan distribusi tegakan yang merata baru dapat dilaksanakan perbaikan-

nya setelah tebangan penjarangan. Penjarangan tahap pertama direncanakan menyaksikan dua pohon tinggal dengan berbagai pertimbangan untuk pemuliaan selanjutnya dengan tujuan yang mungkin harus menyesuaikan kebutuhan pasar pada masa mendatang. Tujuan masa mendatang yang perlu disesuaikan dengan kebutuhan pasar adalah variabel yang berhubungan dengan kandungan kimia di dalam getah. Beberapa pengamatan visual menunjukkan getah yang dihasilkan oleh tegakan pinus cukup bervariasi. Warna getah yang dihasilkan sebagian berwarna kuning dan sebagian lagi berwarna putih. Tekstur getah bervariasi dari yang cair, padat menggumpal dan lainnya memiliki karakter sedikit remah. Getah pinus memiliki pangsa pasar yang berbeda-beda jika ditinjau dari kandungan kimia turunannya.

Dengan dasar ini, pemuliaan lanjutan dengan tujuan khususnya *alphapinene* dan *beta pinene* perlu segera ditindaklanjuti. Dengan hasil kajian pada aspek produktivitas getah ini diharapkan kebijakan penjarangan genetik untuk segera dilaksanakan. Strategi lain untuk pencapaian produktivitas tertinggi dapat menggunakan materi vegetatif. Seleksi klon-klon yang memiliki produktivitas unggul potensi genetiknya dapat diperoleh manfaatnya secara maksimal dengan perhutanan klon *Pinus merkusii*. Pemilihan klon yang memiliki *sprouting* dan *rooting* yang

baik sangat menentukan peningkatan produktivitas getah dalam jangka relatif singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Gill, J.G.S. 1988. Juvenile-mature correlations and trends in genetic variances in sitka spruce in Britain. *Silvae Genetica*, 35 (5–6), 189–194.
- Hamzah, H., Suharjito, D., Istomo, I. 2016. Efektifitas kelembagaan lokal dalam pengelolaan sumber daya hutan pada Masyarakat Nagari Simanau, Kabupaten Solok. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian dan Lingkungan*, 2(2), 116-128.
- Koski, V. 1982. Quantified standards for regional clonal (pine) seed orchards (in Finland). *Forest Genetic Resources-Information (FAO)*, 11, 11-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023544>.
- Lai, M., Dong, L., Yi, M., Sun, S., Zhang, Y., Fu, L., Xu, X., Lei, L., Leng, C., Zhang, L. 2017. Genetic variation, heritability and genotype environment interactions of resin yield, growth traits and morphologic traits for *Pinus elliottii* at three progeny trials. *Forest*, 8 (11). <https://doi.org/10.3390/f8110409>.
- Leksono, B. 1994. Variasi genetik produksi getah *Pinus merkusii* Jung et de Vriese. *Thesis*, tidak dipublikasikan. Universitas Gadjah Mada.
- Perhutani. 2018. Laporan Tahunan 2018. Perum Perhutani.
- Purwanta, S., Suryanaji. 2009. Deteksi produktivitas dan kandungan getah *Pinus merkusii*, *Pinus caribaea* dan *Pinus oocarpa* di RPH Garahan BKPH Sempolan KPH Jember. *Buletin Puslitbang*, 12, 808-815.
- Roberds, J.H., Strom, B.L. 2006. Repeatability estimates for resin yield measurements in three species of the Southern Pines. *Forest Ecology and Management*, 14, 259–273. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.03.005>.
- Stansfield, W.D. 1991. *Theory and Problem of Genetics (Schaum's Outline Series)*. Singapore: Mc Graw-Hill Inc.
- Pramudita, A., Suryanaji, S. 2021. Analisis penetapan harga kayu jati plus perhutani berdasarkan *Stumpage Cost* dan *Willingness to Pay*. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian dan Lingkungan*, 8(2), 53-59. <https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v8i2.28140>.
- Tadesse, W., Nanos, N., Auñon, F., Alia, R., Gil, L. 2001. Evaluation of high resin yielders of *Pinus pinaster* Ait. *Forest Genetics*, 8 (4), 271-278.