

**EVALUASI GENETIK DAN SELEKSI PROGENI BUSH MERAH
(*Lophostemon suaveolens*) BERUMUR 5 TAHUN DI LAHAN GAMBUT**

*Genetic Evaluation and Progeny Selection of Bush Merah (*Lophostemon suaveolens*) at Five Years of Age on Peatland*

Putra Gunawan^{1*}, Deviona², dan Nurul Qomar³

¹Program Studi Magister Ilmu Pertanian, Pascasarjana, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Binawidya, Kota Pekanbaru, Riau, 28293, Indonesia

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Binawidya, Kota Pekanbaru, Riau, 28293, Indonesia

³Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Binawidya, Kota Pekanbaru, Riau, 28293, Indonesia

ABSTRACT. *This study evaluated phenotypic performance, relative genetic merit, and progeny selection of Bush Merah (*Lophostemon suaveolens*) at five years of age on peatland in Siak Regency, Riau Province, Indonesia. The study used a half-sib progeny test arranged in a randomized complete block design consisting of 45 progenies, four replications, and five trees per plot, with blocks representing groundwater-table strata of 20-25, 26-30, 31-35, and 36-40 cm. Genetic evaluation was conducted using a mixed linear model with the Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) approach. Survival averaged approximately 88%, indicating good early adaptation on peatland. Narrow-sense heritability was low for height (H60; $h^2 = 0.0473$), diameter (D60; $h^2 = 0.0472$), and mean annual increment (MAI; $h^2 = 0.0342$), indicating that growth and productivity were more strongly influenced by environmental heterogeneity than by additive genetic effects. Multi-trait BLUP-based selection identified LS17, LS40, LS15, and LS43 as the main candidates for the productivity-adaptation pathway, whereas LS23, LS32, LS10, and LS27 were highlighted for the wood quality-adaptation pathway. Wood basic density ranged from 502.65 to 742.86 kg m⁻³. These results indicate that *L. suaveolens* has potential as an alternative peatland pulpwood species, provided that selection integrates adaptability, productivity, and wood quality.*

Keywords: *Lophostemon suaveolens*; peatland; progeny test; BLUP; genetic evaluation.

ABSTRAK. Penelitian ini mengevaluasi performa fenotipik, potensi genetik relatif, dan seleksi progeni Bush Merah (*Lophostemon suaveolens*) umur lima tahun di lahan gambut Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Penelitian menggunakan uji progeni *half-sib* dengan rancangan acak kelompok yang terdiri atas 45 progeni, empat ulangan, dan lima pohon per plot, dengan blok yang merepresentasikan strata muka air tanah 20-25, 26-30, 31-35, dan 36-40 cm. Evaluasi genetik dilakukan menggunakan model linier campuran dengan pendekatan Best Linear Unbiased Prediction (BLUP). Nilai *survival* rerata mencapai sekitar 88%, yang menunjukkan adaptasi awal yang baik pada lahan gambut. Nilai heritabilitas sempit tergolong rendah pada tinggi total (H60; $h^2 = 0,0473$), diameter setinggi dada (D60; $h^2 = 0,0472$), dan mean annual increment (MAI; $h^2 = 0,0342$), sehingga variasi pertumbuhan dan produktivitas lebih kuat dipengaruhi heterogenitas lingkungan daripada komponen genetik aditif. Seleksi multi-sifat berbasis BLUP mengidentifikasi LS17, LS40, LS15, dan LS43 sebagai kandidat utama pada jalur produktivitas-adaptasi, sedangkan LS23, LS32, LS10, dan LS27 menonjol pada jalur kualitas kayu-adaptasi. Kerapatan kayu berada pada kisaran 502,65-742,86 kg m⁻³. Hasil ini menunjukkan bahwa *L. suaveolens* berpotensi dikembangkan sebagai spesies alternatif bahan baku *pulpwood* di lahan gambut melalui seleksi yang mengintegrasikan adaptasi, produktivitas, dan mutu kayu.

Kata kunci: *Lophostemon suaveolens*; lahan gambut; uji progeni; BLUP; evaluasi genetik.

Penulis untuk korespondensi: surel: putra.gunawan7229@grad.unri.ac.id

PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan ekosistem yang peka terhadap perubahan hidrologi, sehingga keberhasilan pengembangan bahan tanam kehutanan pada ekosistem ini sangat dipengaruhi oleh kesesuaian genetik-tapak dan kemampuan tanaman beradaptasi terhadap heterogenitas lingkungan (Page et al., 2011; Novita et al., 2021). Variasi muka air tanah akibat jaringan drainase dan kanal dapat membentuk perbedaan mikrohabitat yang memengaruhi aerasi tanah, ketersediaan air, dan stabilitas pertumbuhan tegakan (Astiani et al., 2017; Ismail et al., 2021). Kondisi tersebut menyebabkan evaluasi bahan tanam di lahan gambut berisiko bias apabila hanya didasarkan pada rerata fenotipik tanpa mengendalikan pengaruh lingkungan terstruktur (Chimner et al., 2017; Ma et al., 2022). Situasi ini menunjukkan bahwa penilaian performa genotipe pada lahan gambut memerlukan pendekatan yang mampu membedakan sinyal genetik dari pengaruh lingkungan yang menyertainya (Piepho et al., 2008; Resende et al., 2012).

Pengelolaan hutan tanaman industri di lahan gambut tidak hanya dituntut produktif, tetapi juga harus memperhatikan keberlanjutan tapak yang rentan terhadap subsiden, perubahan tingkat kematangan gambut, dan kebakaran (Lisnawati et al., 2015; Cattau et al., 2016). Dalam konteks tersebut, *Lophostemon suaveolens* mulai dipertimbangkan sebagai salah satu spesies alternatif untuk mendukung pengembangan bahan baku *pulpwood* di lahan gambut karena menunjukkan potensi pemanfaatan kayu dan relevansi untuk sistem produksi hutan tanaman (Toar, 2024). Meskipun demikian, informasi kuantitatif mengenai performa pertumbuhan, produktivitas, dan dasar seleksi genetik progeni *L. suaveolens* pada lahan gambut Indonesia masih terbatas, sehingga rekomendasi pengembangannya belum ditopang oleh bukti evaluasi genetik yang memadai. Pendekatan *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP) relevan digunakan pada kondisi ini karena mampu meningkatkan ketepatan pemeringkatan kandidat dengan memisahkan pengaruh lingkungan terstruktur dari komponen genetik relatif (Piepho et al.,

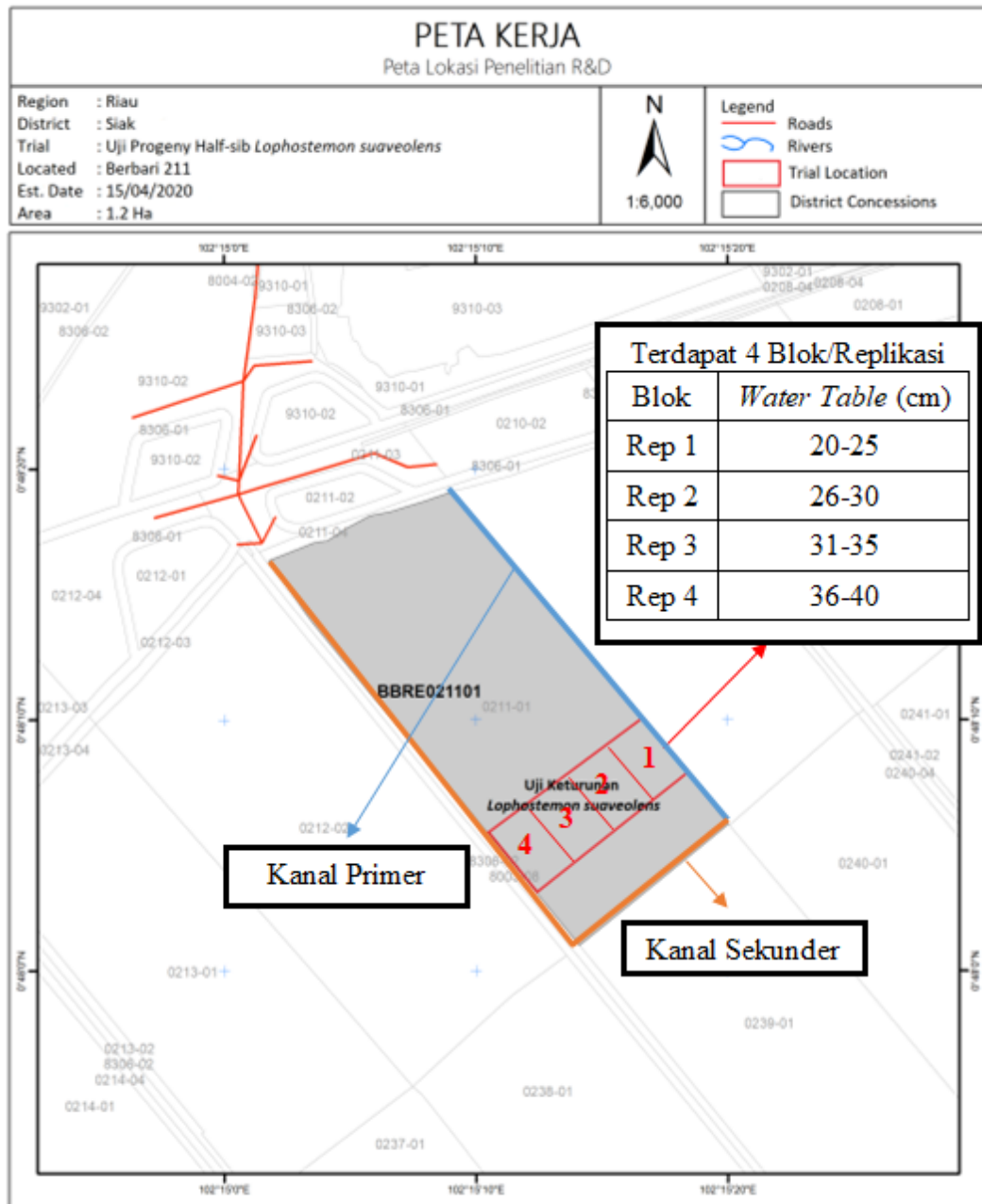
2008; Grattapaglia & Resende, 2011; Resende et al., 2012).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengisi kesenjangan informasi mengenai evaluasi performa fenotipik, pendugaan nilai genetik relatif berbasis BLUP, dan seleksi multi-sifat pada uji progeni *half-sib L. suaveolens* umur lima tahun di lahan gambut. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan rancangan berblok yang merepresentasikan gradien muka air tanah untuk mengevaluasi progeni *L. suaveolens*, sehingga pemeringkatan kandidat tidak semata-mata mencerminkan keunggulan lokasi tumbuh, tetapi juga mempertimbangkan komponen genetik relatif setelah pengaruh lingkungan diperhitungkan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa pertumbuhan dan produktivitas progeni *L. suaveolens* pada lahan gambut, menduga potensi genetik relatif melalui pendekatan BLUP, serta mengidentifikasi progeni unggul dan cadangan melalui seleksi multi-sifat yang menyeimbangkan adaptasi, produktivitas, dan mutu kayu sebagai dasar pengembangan bahan tanam pada tahap pemuliaan berikutnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada areal uji keturunan (*half-sib progeny test*) *Lophostemon suaveolens* di Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Lokasi penelitian berada pada koordinat N 0°48'07,5" dan E 102°15'10,1", pada ketinggian 5-10 m dpl, bertopografi datar, dan memiliki ketebalan gambut sekitar 7 m. Kegiatan penelitian berlangsung pada April 2025 hingga April 2026.

Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok (Randomized Complete Block Design/RCBD) yang melibatkan 45 progeni, empat blok, dan lima pohon per plot, sehingga total unit pengamatan mencapai 900 pohon dengan jarak tanam 3 × 2 m atau setara 1.666 pohon ha⁻¹. Dalam penelitian ini, blok berfungsi sebagai pengendali variasi lingkungan yang merepresentasikan gradien muka air tanah pada lahan gambut (dapat dilihat pada Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian dan skema rancangan uji progeni *Lophostemon suaveolens* di Kabupaten Siak, Provinsi Riau

Parameter yang diamati meliputi survival, tinggi total umur 60 bulan (H60), diameter setinggi dada umur 60 bulan (D60), mean annual increment (MAI), tinggi bebas cabang, luas tajuk, kelurusan batang, percabangan dan kemampuan self-pruning, kesehatan batang dan tajuk, basic density, serta ketebalan kulit. Luas tajuk dihitung dari dua arah tegak lurus, yaitu timur–barat dan utara–selatan, kemudian dinyatakan sebagai luas proyeksi tajuk dengan rumus:

$$LT = \pi \times (D1/2) \times (D2/2),$$

dengan LT sebagai luas tajuk (m²), D1 sebagai diameter tajuk arah pertama, dan D2 sebagai diameter tajuk arah kedua. Penilaian kelurusan batang dilakukan secara visual pada seluruh pohon hidup dari pangkal batang hingga bagian batang yang mewakili arah pertumbuhan utama.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak R. Pendugaan nilai genetik relatif dilakukan dengan model linier campuran berbasis *Best Linear Unbiased Prediction*

(BLUP). Untuk karakter pertumbuhan dan produktivitas, model yang digunakan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + P_j + b_{k(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

dengan Y_{ijk} sebagai nilai pengamatan pada blok ke- i , progeni ke- j , dan plot ke- k ; μ sebagai rerata umum; R_i sebagai pengaruh blok atau ulangan (*rep*) yang diperlakukan sebagai efek tetap; P_j sebagai pengaruh progeni yang diperlakukan sebagai efek acak; $b_{k(i)}$ sebagai efek acak plot di dalam blok (*rep_plot*); dan ε_{ijk} sebagai galat residual. Komponen ragam, akurasi seleksi, dan heritabilitas diperoleh dari hasil model campuran. Perbedaan rerata antarprogeni dan antarblok diuji menggunakan estimated marginal means, sedangkan hubungan antar-karakter pendukung pertumbuhan dianalisis melalui korelasi Pearson, khususnya antara luas tajuk dengan D60 dan MAI. Penggunaan BLUP dalam rancangan lapang heterogen bertujuan memisahkan pengaruh lingkungan terstruktur dari komponen genetik relatif, sehingga pemeringkatan kandidat lebih andal dibandingkan penilaian yang hanya bertumpu pada rerata fenotipik (Piepho et al., 2008; Resende et al., 2012).

Indeks seleksi dihitung dengan mengintegrasikan nilai BLUP pada karakter pertumbuhan dan produktivitas dengan *survival* sebagai indikator adaptasi. Indeks seleksi pertama (SI1) digunakan untuk menekankan kombinasi pertumbuhan, produktivitas, dan adaptasi lapangan, sedangkan indeks seleksi kedua (SI2) digunakan untuk menyeimbangkan pertumbuhan, produktivitas, mutu batang, dan kualitas kayu. Persamaan yang digunakan adalah:

$$SI1_{raw} = 0,35 \times BLUP(MAI) + 0,35 \times BLUP(D60) + 0,30 \times BLUP(H60)$$

$$SI1_{final} = SI1_{raw} \times survival$$

$$SI2_{raw} = 0,25 \times BLUP(MAI) + 0,20 \times BLUP(D60) + 0,20 \times BLUP(H60) + 0,20 \times BLUP(BD) + 0,075 \times z \text{ (Kelurusan)} + 0,075 \times z \text{ (Pruning)}$$

$$SI2_{final} = SI2_{raw} \times survival$$

Indeks seleksi pertama (SI1) digunakan untuk menekankan kombinasi pertumbuhan, produktivitas, dan adaptasi lapangan, sedangkan indeks seleksi kedua (SI2) digunakan untuk menyeimbangkan pertumbuhan, produktivitas, mutu batang, dan kualitas kayu. Dengan demikian, *survival* diposisikan sebagai komponen adaptasi, sedangkan BLUP pertumbuhan dan kualitas digunakan sebagai dasar pemeringkatan kandidat seleksi.

HASIL PENELITIAN DAN

PEMBAHASAN

Tabel 1 menyajikan ringkasan performa fenotipik 45 progeni *Lophostemon suaveolens* umur lima tahun di lahan gambut pada peubah adaptasi, pertumbuhan, produktivitas, mutu batang, kesehatan, dan kualitas kayu. Secara umum, *survival* relatif tinggi, sedangkan variasi pertumbuhan dan produktivitas lebih jelas pada tingkat blok daripada pada tingkat progeni. Pola ini menunjukkan bahwa heterogenitas tapak masih berperan besar dalam membentuk performa tegakan, sehingga interpretasi hasil perlu ditempatkan dalam kerangka evaluasi genetik berbasis BLUP.

Tabel 1. Ringkasan performa fenotipik dan indeks seleksi 45 progeni *L. suaveolens* umur 5 tahun di lahan gambut

Progeny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LS1	90	8.91	8.69	13.5 7	6.0 8	3.7 0	3.3 3	2.8 0	2.5 5	537.3 0	1.6 4	-0,608	-7,696
LS2	95	10.0 6	10.1 4	21.3 5	7.2 7	3.8 2	3.6 7	2.0 0	3.0 0	575.6 1	1.5 5	0,404	0,588
LS3	95	9.15	8.29	13.5 5	5.3 3	3.6 9	4.0 0	3.0 0	3.0 0	569.5 4	1.4 2	-0,255	-0,882
LS4	90	8.90	8.23	11.9 8	4.2 4	3.7 2	3.3 3	2.9 4	2.4 4	528.6 8	1.9 5	-0,693	-9,46
LS5	10 0	9.30	9.17	15.5 7	4.3 0	3.8 2	4.0 0	2.0 0	4.0 0	548.8 3	2.0 3	-0,268	-5,183

<i>Progen y</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LS6	70	8.41	10.2 7	24.1 3	5.4 4	3.8 9	4.0 0	2.5 0	3.0 0	555.0 7	1.9 0	0,578	-3,28
LS7	75	8.45	7.84	11.7 9	4.4 0	3.7 1	3.4 3	2.4 1	2.6 8	565.4 5	1.9 0	-0,703	-2,169
LS8	80	9.79	7.62	9.65	4.1 2	3.6 7	3.4 5	2.3 6	2.7 0	567.1 8	1.8 5	-0,937	-1,991
LS9	85	9.82	10.2 7	21.9 0	2.5 0	3.8 2	3.7 5	2.0 0	2.5 0	502.6 5	1.8 5	0,417	-13,982
LS10	90	9.82	9.63	18.0 8	4.9 2	3.7 8	3.0 0	2.0 0	2.0 0	631.4 0	2.0 0	0,048	11,408
LS11	95	10.0 6	10.3 6	21.5 3	7.4 8	3.8 0	3.0 0	2.0 0	2.0 0	601.8 3	1.8 5	0,048	11,408
LS12	10 0	9.47	9.12	16.0 9	2.8 4	3.8 1	3.0 0	2.5 0	3.0 0	567.3 8	2.2 0	0,442	5,765
LS13	95	9.90	9.83	22.7 0	3.4 9	3.7 7	2.5 0	1.5 0	3.5 0	571.7 7	2.1 0	-0,212	-1,5
LS14	95	8.75	8.85	14.4 1	4.3 9	3.7 4	3.0 0	1.7 5	2.0 0	509.4 8	2.0 5	0,469	-0,361
LS15	95	10.3 8	10.5 5	23.5 0	2.5 6	3.8 1	2.5 0	2.5 0	2.5 0	605.8 6	2.0 5	-0,448	-13,349
LS16	95	10.2 4	10.1 5	21.9 7	5.0 8	3.8 6	3.0 0	2.0 0	2.3 3	592.3 0	2.0 5	0,659	6,723
LS17	95	9.19	11.3 4	27.6 5	4.7 3	3.8 3	4.0 0	2.1 2	3.5 0	540.1 8	2.3 0	0,475	3,883
LS18	70	9.08	8.98	14.3 9	2.2 6	3.7 1	4.0 0	2.0 0	4.0 0	542.9 5	2.5 0	1,121	-5,943
LS19	75	9.54	8.24	13.0 4	4.1 5	3.7 6	3.0 0	1.5 0	2.0 0	618.6 7	2.0 0	-0,343	-6,41
LS20	90	10.1 5	9.78	18.5 4	6.6 5	3.8 0	3.5 0	1.5 0	2.5 0	599.2 4	1.9 5	-0,541	8,395
LS21	95	9.90	9.99	19.1 7	5.6 2	3.8 3	3.0 0	2.0 0	2.0 0	611.1 0	1.7 3	0,076	4,994
LS22	90	9.90	10.0 0	20.6 4	6.9 9	3.8 2	4.0 0	3.0 0	3.0 0	569.5 3	2.4 3	0,211	7,457
LS23	80	8.86	8.87	15.2 6	4.6 6	3.6 7	3.4 6	2.5 9	2.5 9	742.8 6	2.4 3	0,307	-0,505
LS24	95	8.44	8.51	13.0 8	2.9 6	3.6 4	3.0 0	2.5 0	1.5 0	612.0 7	2.7 2	0,307	-0,505
LS25	95	9.74	9.57	17.3 1	5.3 3	3.7 8	3.3 5	2.1 3	2.7 4	531.8 8	1.9 5	-0,51	33,472
LS26	85	8.84	8.21	12.4 9	2.9 9	3.7 1	3.3 8	2.4 2	2.5 3	528.0 6	1.7 0	-0,627	7,156
LS27	85	9.92	9.27	16.9 3	7.3 8	3.8 0	3.0 0	1.5 0	3.0 0	622.2 4	1.9 5	-0,031	-8,482
LS28	80	10.0 8	9.95	19.7 5	4.6 0	3.8 2	3.0 0	2.0 0	2.3 3	596.7 9	1.9 5	-0,74	-9,679
LS29	75	10.0 3	9.68	19.0 1	6.4 0	3.7 8	4.0 0	3.5 0	2.0 0	561.6 4	1.9 0	-0,074	9,422
LS30	10 0	9.13	8.76	14.3 5	5.4 8	3.7 2	2.3 3	1.6 7	2.6 7	550.6 4	1.9 5	0,232	4,612
LS31	80	9.95	9.70	19.8 0	2.5 0	3.8 4	3.5 0	2.2 5	3.5 0	553.4 4	1.9 0	0,135	-2,131
LS32	85	9.93	9.71	18.8 8	5.9 4	3.7 5	3.2 5	2.0 6	2.5 8	699.1 9	1.9 5	-0,436	-5,213
LS33	80	9.73	9.36	19.2 7	2.4 1	3.7 6	2.0 0	3.5 0	3.0 0	556.4 4	2.1 5	0,199	-3,971
LS34	90	9.65	9.83	18.5 6	6.3 1	3.8 2	3.3 3	2.5 0	3.0 0	566.2 2	1.9 5	0,129	25,066
LS35	10 0	9.97	9.57	17.7 2	3.4 9	3.8 3	3.0 0	2.0 0	2.0 0	567.6 4	2.0 5	0,105	-3,463

Progeny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
LS36	90	9.09	8.52	13.9 6	5.0 6	3.7 5	4.0 0	3.5 0	3.0 0	561.9 3	1.9 2	0,093	-1,479
LS37	90	9.24	9.49	16.9 9	7.5 0	3.7 2	2.0 0	2.0 0	4.0 0	561.0 9	2.0 5	0,027	-1,359
LS38	80	8.87	8.17	12.1 7	4.1 2	3.7 2	3.5 2	2.6 4	2.6 4	595.0 8	1.9 5	-0,479	-2,49
LS39	75	9.82	9.57	21.0 1	6.4 6	3.7 6	3.3 3	1.8 3	3.3 3	538.7 6	2.0 5	-0,111	-2,9
LS40	10 0	10.2 2	10.9 9	24.9 7	2.5 6	3.8 3	3.5 0	2.2 5	2.5 0	555.7 9	2.0 0	-0,641	3,842
LS41	85 7	10.2 7	10.3 2	20.9 0	4.7 4	3.8 2	3.2 8	2.1 5	2.6 4	605.1 7	2.0 4	0,262	-6,943
LS42	95	8.92	9.18	16.0 4	2.2 3	3.7 4	2.0 0	1.5 0	1.0 0	551.4 6	2.4 1	0,834	-3,071
LS43	75	10.2 3	10.6 3	24.1 4	7.5 7	3.8 2	3.5 0	2.7 5	3.5 0	604.4 0	1.9 2	0,38	6,447
LS44	90	10.2 8	10.1 0	22.6 0	6.1 6	3.8 3	3.1 1	1.7 8	2.4 4	512.7 5	1.9 8	-0,259	-4,998
LS45	10 0	9.53	9.65	19.8 9	3.8 1	3.7 4	3.5 0	1.8 7	3.2 5	544.9 2	2.3 2	0,631	6,587

Keterangan: 1 = *survival* (%); 2 = tinggi total umur 60 bulan (H60, m); 3 = diameter setinggi dada umur 60 bulan (D60, cm); 4 = *mean annual increment* (MAI, m³ ha⁻¹ tahun⁻¹); 5 = tinggi bebas cabang (TBBC, m); 6 = luas tajuk (LT, m²); 7 = kelurusan batang (skor 1-4); 8 = percabangan dan kemampuan *self-pruning* (skor 1-4); 9 = kesehatan batang dan tajuk (skor 1-4); 10 = *basic density* (kg m⁻³); 11 = ketebalan kulit (mm); 12 = indeks seleksi berbasis produktivitas dan *survival* (SI1); 13 = indeks seleksi berbasis kualitas kayu dan *survival* (SI2).
Sumber: data primer, 2026

Tabel 2. Rataan H60, D60, dan MAI per blok berdasarkan strata muka air tanah

Ulangan	Water table (cm)	H60 (m)	D60 (cm)	MAI (m ³ ha ⁻¹ tahun ⁻¹)
Rep 1	20-25	11,24	10,18	24,82
Rep 2	26-30	10,08	9,41	18,85
Rep 3	31-35	8,84	9,19	15,25
Rep 4	36-40	8,17	8,99	13,11

Sumber. hasil pengolahan data primer, 2026

Tabel 2 menunjukkan bahwa rerata H60, D60, dan MAI menurun dari Rep 1 ke Rep 4, yaitu dari 11,24 m menjadi 8,17 m untuk H60, dari 10,18 cm menjadi 8,99 cm untuk D60, dan dari 24,82 menjadi 13,11 m³ ha⁻¹ tahun⁻¹ untuk MAI. Pola ini menegaskan bahwa perbedaan kondisi hidrologi antarblok masih menjadi sumber variasi utama pada pertumbuhan awal Bush Merah di lahan gambut.

Survival

Nilai *survival* pada 45 progeni *L. suaveolens* umur lima tahun berada pada kisaran 70-100% dengan rerata sekitar 88%, sehingga menunjukkan bahwa spesies ini memiliki kemampuan adaptasi awal yang baik pada lahan gambut. Rentang tersebut menegaskan bahwa pada fase seleksi sebagian besar materi uji masih mampu mempertahankan populasi tegakan efektif, meskipun terdapat variasi daya tahan

antarprogeni. Dalam konteks pemuliaan, *survival* tidak hanya mencerminkan keberhasilan tumbuh, tetapi juga berfungsi sebagai filter adaptasi minimum sebelum kandidat dipertimbangkan lebih lanjut melalui peubah produktivitas dan mutu kayu. Oleh sebab itu, *survival* pada penelitian ini layak diposisikan sebagai indikator adaptasi awal yang memperkuat potensi *L. suaveolens* sebagai spesies alternatif di lahan gambut.

Kisaran *survival* Bush Merah juga menunjukkan posisi yang kompetitif dibandingkan dengan spesies gambut lain. Junaedi (2018) melaporkan bahwa pada gambut terdrainase di Pelalawan, Riau, *survival* umur 5,5 tahun sebesar 80,0% dicapai oleh geronggang (*Cratogeomys arborescens*) dan 65,6% oleh mahang (*Macaranga pruinosa*), sedangkan *Acacia crassicaarpa* hanya 22,4%. Perbandingan tersebut

memperkuat bahwa keunggulan Bush Merah pada tapak gambut tidak semata-mata terletak pada produktivitas, tetapi terlebih dahulu pada kapasitas bertahan hidup. Dengan demikian, *survival* pada penelitian ini tidak seharusnya diperlakukan hanya sebagai statistik pelengkap, melainkan sebagai komponen adaptasi yang secara langsung memengaruhi reliabilitas indeks seleksi akhir.

Tinggi Total Tanaman (m)

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, tinggi total umur lima tahun berada pada kisaran 8,41-10,38 m pada tingkat progeni, sedangkan rerata antarblok menurun dari 11,24 m pada Rep 1 menjadi 8,17 m pada Rep 4. Pola ini menunjukkan bahwa respons pertumbuhan tinggi lebih kuat dipengaruhi oleh perbedaan kondisi tapak daripada oleh perbedaan genetik yang tampak pada rerata fenotipik. Nilai heritabilitas sempit H60 yang rendah, yaitu 0,0473, memperkuat bahwa variasi tinggi pada penelitian ini lebih banyak dijelaskan oleh heterogenitas lingkungan terstruktur daripada oleh komponen genetik aditif.

Temuan tersebut sejalan dengan karakter lahan gambut yang sangat dipengaruhi oleh dinamika muka air tanah dan sistem drainase. Ismail et al. (2021) dan Astiani et al. (2017) menunjukkan bahwa perubahan kondisi hidrologi pada gambut dapat diikuti oleh perubahan respons pertumbuhan pohon. Dalam konteks penelitian ini, kisaran H60 menguatkan bahwa Bush Merah memiliki performa pertumbuhan awal yang layak dipertimbangkan, tetapi ekspresi tinggi totalnya masih sangat dipengaruhi oleh posisi tapak. Junaedi (2018) juga melaporkan bahwa pada gambut terdrainase, spesies lokal seperti geronggang dan mahang masih mampu menunjukkan pertumbuhan tinggi yang cukup baik, meskipun tetap dipengaruhi oleh kondisi drainase dan kualitas tapak.

Dari sudut pandang seleksi, hasil ini menunjukkan bahwa tinggi total tetap relevan sebagai komponen evaluasi, tetapi tidak layak digunakan sebagai dasar tunggal dalam menetapkan kandidat unggul pada lahan gambut heterogen. Oleh karena itu, H60 lebih tepat diperlakukan sebagai salah satu peubah penyusun indeks seleksi yang dibaca bersama D60, MAI, *survival*, dan karakter mutu batang.

Diameter Batang Setinggi Dada (*Diameter at Breast Height*)

Berdasarkan Tabel 1, diameter setinggi dada umur lima tahun berada pada kisaran

7,62-11,34 cm pada tingkat progeni. Rentang ini menunjukkan adanya variasi pertumbuhan radial antarprogeni, tetapi pemisahan antarkandidat masih relatif lemah pada umur lima tahun. Nilai heritabilitas sempit D60 yang rendah, yaitu 0,0472, menunjukkan bahwa variasi diameter pada penelitian ini lebih banyak dipengaruhi oleh heterogenitas tapak daripada oleh komponen genetik aditif.

Pola tersebut sejalan dengan karakter lahan gambut yang sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi dan sistem drainase. Ismail et al. (2021) dan Astiani et al. (2017) menunjukkan bahwa perubahan muka air tanah pada gambut dapat diikuti oleh perubahan respons pertumbuhan pohon. Dalam konteks penelitian ini, kisaran D60 menguatkan bahwa Bush Merah memiliki performa pertumbuhan radial yang layak dipertimbangkan sebagai bahan tanam alternatif, tetapi ekspresinya masih kuat dipengaruhi oleh posisi tapak. Junaedi (2018) juga melaporkan bahwa pada gambut terdrainase, spesies lokal seperti geronggang dan mahang tetap mampu menunjukkan pertumbuhan diameter yang cukup baik, meskipun sangat dipengaruhi kualitas tapak dan drainase.

Dari sisi evaluasi genetik, nilai BLUP D60 tertinggi tercatat pada LS17, diikuti oleh LS40, yang menunjukkan bahwa kedua progeni tersebut tetap memiliki performa diameter yang relatif baik setelah pengaruh blok diperhitungkan. Dengan demikian, D60 tetap relevan sebagai komponen seleksi, tetapi lebih tepat diperlakukan sebagai bagian dari indeks seleksi yang dibaca bersama H60, MAI, *survival*, dan karakter mutu batang.

MAI

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, nilai *mean annual increment* (MAI) pada umur lima tahun berada pada kisaran 9,65-27,65 m³ ha⁻¹ tahun⁻¹ pada tingkat progeni, sedangkan rerata antarblok menurun dari 24,82 m³ ha⁻¹ tahun⁻¹ pada Rep 1 menjadi 13,11 m³ ha⁻¹ tahun⁻¹ pada Rep 4. Pola ini menunjukkan bahwa produktivitas tegakan lebih kuat dipengaruhi oleh perbedaan kondisi tapak daripada oleh perbedaan genetik yang tampak pada rerata fenotipik. Nilai heritabilitas sempit MAI yang rendah, yaitu 0,0342, memperkuat bahwa variasi produktivitas pada penelitian ini lebih banyak dijelaskan oleh heterogenitas tapak dibandingkan oleh komponen genetik aditif.

Temuan tersebut sejalan dengan karakter lahan gambut yang sangat dipengaruhi oleh dinamika muka air tanah dan sistem drainase. Ismail et al. (2021) dan Astiani et al. (2017) menunjukkan bahwa perubahan kondisi hidrologi pada gambut dapat diikuti oleh perubahan respons pertumbuhan pohon. Dalam konteks penelitian ini, kisaran MAI menguatkan bahwa Bush Merah memiliki produktivitas awal yang layak dipertimbangkan pada lahan gambut, tetapi ekspresinya masih sangat dipengaruhi oleh posisi tapak. Junaedi (2018) juga melaporkan bahwa pada gambut terdrainase, MAI geronggang mencapai $13,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ dan mahang $21,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$, sehingga kisaran MAI Bush Merah pada penelitian ini dapat dipandang kompetitif terhadap kedua spesies lokal tersebut.

Dari sisi evaluasi genetik, kandidat dengan performa produktivitas relatif terbaik pada jalur seleksi produktivitas-adaptasi adalah LS17, LS40, LS15, dan LS43. Hasil ini menunjukkan bahwa MAI tetap merupakan peubah kunci dalam seleksi, tetapi lebih tepat diperlakukan sebagai bagian dari indeks seleksi yang dibaca bersama H60, D60, *survival*, dan karakter mutu batang agar keputusan seleksi tidak bias terhadap satu indikator produktivitas saja.

Tinggi Bebas Cabang (*clear bole height*)

Berdasarkan Tabel 1, tinggi bebas cabang (TBBC) pada 45 progeni *L. suaveolens* umur lima tahun berada pada kisaran 2,23-7,57 m, sehingga menunjukkan adanya variasi mutu batang yang cukup lebar antarprogeni. Peubah ini penting karena panjang batang bebas cabang berhubungan langsung dengan bagian batang yang lebih bernilai dan lebih efisien dimanfaatkan, sehingga relevan untuk tujuan pemuliaan bahan baku kayu maupun *pulpwood*.

Implikasi operasional TBBC juga didukung oleh hasil penelitian lain. Hardiansyah et al. (2015) melaporkan bahwa panjang batang bebas cabang berhubungan dengan mutu dan hasil kayu komersial, serta bahwa retensi cabang bawah hingga saat panen dapat menurunkan nilai log. Temuan tersebut relevan dengan penelitian ini karena menunjukkan bahwa kandidat dengan pertumbuhan baik belum tentu menghasilkan mutu batang terbaik apabila panjang batang bebas cabangnya rendah. Dalam konteks Bush Merah, variasi TBBC karenanya memberi informasi penting untuk membedakan kandidat dari sisi kualitas batang, bukan hanya dari sisi pertumbuhan.

Dari sudut pandang pemuliaan, pentingnya karakter mutu batang juga didukung oleh Cameron et al. (2012), yang menunjukkan bahwa sifat eksternal batang dan percabangan dapat dipertimbangkan dalam seleksi tanpa harus selalu mengorbankan pertumbuhan. Dengan demikian, TBBC pada penelitian ini layak dipertahankan sebagai salah satu komponen dalam seleksi multi-sifat karena dapat memperkaya pemilihan kandidat yang tidak hanya produktif, tetapi juga memiliki mutu batang yang lebih baik.

Luas Tajuk

Berdasarkan Tabel 1, luas tajuk pada 45 progeni *L. suaveolens* umur lima tahun berada pada rentang yang relatif sempit, yaitu 3,64-3,89 m^2 . Rentang ini menunjukkan bahwa pada umur lima tahun, ukuran tajuk belum menjadi peubah yang sangat kuat untuk membedakan progeni secara fenotipik. Meskipun demikian, luas tajuk tetap penting dari sisi fisiologis karena berkaitan dengan kapasitas penangkapan cahaya, penggunaan ruang tumbuh, dan pembentukan biomassa.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya korelasi positif antara luas tajuk dengan D60 serta antara luas tajuk dengan MAI, yang berarti bahwa individu dengan tajuk lebih berkembang cenderung memiliki diameter lebih besar dan produktivitas tahunan lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan Wang et al. (2024), yang melaporkan bahwa ukuran tajuk berhubungan nyata dengan pertumbuhan pohon, dan dengan Yang dan Swenson (2023), yang menunjukkan bahwa hubungan antara tajuk dan ukuran pohon mengikuti pola alometrik yang konsisten. Dalam konteks penelitian ini, hasil tersebut mendukung bahwa perkembangan tajuk pada Bush Merah berkontribusi terhadap pembentukan pertumbuhan radial dan produktivitas tegakan, meskipun bukan menjadi kriteria seleksi utama.

Dari sudut pandang seleksi, luas tajuk lebih tepat diposisikan sebagai peubah penjelas daripada sebagai dasar seleksi tunggal. Peubah ini membantu menjelaskan variasi pertumbuhan diameter dan produktivitas, tetapi tidak cukup kuat untuk dijadikan satu-satunya dasar pemeringkatan kandidat. Oleh karena itu, luas tajuk pada penelitian ini layak dipertahankan sebagai karakter pendukung yang memperkuat interpretasi hubungan antara arsitektur tajuk, pertumbuhan radial, dan produktivitas dalam seleksi multi-sifat berbasis BLUP.

Kelurusan Batang

Berdasarkan Tabel 1, skor kelurusan batang pada 45 progeni *L. suaveolens* umur lima tahun berada pada kisaran 2,00-4,00, sehingga menunjukkan adanya variasi mutu bentuk batang dari kategori kurang lurus hingga sangat lurus. Skor terendah tercatat pada LS33, LS37, dan LS42, sedangkan skor tertinggi dicapai oleh LS3, LS5, LS6, LS17, LS18, LS22, LS29, dan LS36. Variasi ini penting karena kelurusan batang berkaitan langsung dengan efisiensi pemanfaatan kayu dan mutu batang komersial.

Pentingnya kelurusan batang dalam evaluasi pohon juga didukung oleh Tran et al. (2023), yang menegaskan bahwa kelurusan merupakan salah satu karakter mutu penting dalam penelitian pemuliaan pohon. Selain itu, Macdonald et al. (2009) menunjukkan bahwa sistem skoring kelurusan batang dapat digunakan untuk membedakan kualitas log antar-tegakan. Temuan tersebut relevan dengan penelitian ini karena menunjukkan bahwa perbedaan skor kelurusan bukan sekadar variasi penampilan pohon, tetapi memiliki arti operasional dalam penetapan kandidat unggul.

Dari sudut pandang pemuliaan, Cameron et al. (2012) melaporkan bahwa perbaikan mutu batang dan percabangan dapat dicapai tanpa harus selalu menurunkan laju pertumbuhan. Dalam konteks penelitian ini, keberadaan progeni seperti LS17 yang menonjol pada jalur produktivitas sekaligus termasuk kelompok dengan skor kelurusan tertinggi menunjukkan bahwa produktivitas dan mutu batang dapat bertemu pada kandidat tertentu. Dengan demikian, kelurusan batang pada *L. suaveolens* layak dipertahankan sebagai salah satu komponen mutu batang dalam seleksi multi-sifat berbasis BLUP agar kandidat yang dipilih tidak hanya cepat tumbuh, tetapi juga memiliki kualitas bentuk batang yang lebih baik.

Percabangan dan Kemampuan *Pruning*

Berdasarkan Tabel 1, skor percabangan dan kemampuan *self-pruning* pada 45 progeni *L. suaveolens* umur lima tahun berada pada kisaran 1,50-3,50, sehingga menunjukkan adanya variasi mutu batang yang cukup nyata antarprogeni. Skor terendah tercatat pada LS13, LS19, LS20, LS27, dan LS42, sedangkan skor tertinggi dicapai oleh LS29, LS33, dan LS36. Variasi ini penting karena percabangan dan kemampuan peluruhan

cabang alami berhubungan langsung dengan kebersihan batang bawah, pembentukan mata kayu, dan efisiensi pemanfaatan kayu.

Dari sudut pandang pemuliaan, pentingnya karakter percabangan juga didukung oleh Cameron et al. (2012), yang menunjukkan bahwa sifat eksternal batang dan percabangan dapat dipertimbangkan dalam seleksi tanpa harus selalu menurunkan laju pertumbuhan. Selain itu, Belaber et al. (2018) menegaskan bahwa kualitas cabang tidak selalu otomatis membaik hanya karena peubah pertumbuhan meningkat, sehingga karakter ini tetap perlu dinilai secara tersendiri. Temuan tersebut relevan dengan penelitian Bush Merah karena menunjukkan bahwa kandidat dengan pertumbuhan baik belum tentu menghasilkan kualitas percabangan yang sama baiknya.

Implikasi operasional peubah ini juga diperkuat oleh Hardiansyah et al. (2015), yang menyatakan bahwa keberadaan cabang bawah hingga mendekati panen dapat menurunkan hasil kayu komersial dan nilai log yang dihasilkan. Dalam konteks penelitian ini, skor pruning yang lebih tinggi menunjukkan peluang pembentukan batang yang lebih bersih dan lebih efisien dimanfaatkan. Dengan demikian, percabangan dan kemampuan *self-pruning* pada *L. suaveolens* layak dipertahankan sebagai salah satu komponen dalam seleksi multi-sifat berbasis BLUP agar keputusan seleksi lebih seimbang antara produktivitas dan mutu batang.

Kesehatan Batang dan Tajuk

Berdasarkan Tabel 1, skor kesehatan batang dan tajuk pada 45 progeni *L. suaveolens* umur lima tahun berada pada kisaran 1,00-4,00. Dalam sistem skoring yang digunakan, nilai yang lebih tinggi menunjukkan kondisi kesehatan yang lebih buruk, sehingga progeni dengan skor lebih rendah dapat dipandang memiliki kondisi batang dan tajuk yang relatif lebih baik. Skor terendah tercatat pada LS42, sedangkan skor tertinggi muncul pada LS5, LS18, dan LS37.

Peubah ini penting karena kesehatan batang dan tajuk berkaitan langsung dengan kestabilan biologis tegakan dan keberlanjutan performa kandidat pada tahap seleksi berikutnya. Literatur kehutanan juga menunjukkan bahwa kondisi tajuk dapat digunakan sebagai indikator kesehatan pohon, karena gejala stres sering kali lebih dahulu tampak pada tajuk daripada pada peubah pertumbuhan lainnya. Dalam konteks

penelitian ini, skor kesehatan batang dan tajuk dapat dibaca sebagai indikator risiko biologis yang melengkapi informasi dari peubah pertumbuhan dan mutu batang.

Dari sudut pandang pemuliaan dan pengelolaan, karakter kesehatan tetap relevan karena berkaitan dengan upaya memilih genotipe yang lebih tahan terhadap tekanan biotik maupun gangguan lingkungan. Dengan demikian, kandidat dengan skor kesehatan lebih rendah cenderung lebih aman untuk dibawa ke tahap seleksi berikutnya. Oleh karena itu, kesehatan batang dan tajuk pada *L. suaveolens* layak dipertahankan sebagai salah satu komponen dalam seleksi multi-sifat berbasis BLUP agar keputusan seleksi tidak hanya mempertimbangkan produktivitas dan mutu batang, tetapi juga kestabilan biologis kandidat.

Kerapatan kayu (*Basic density*)

Berdasarkan Tabel 1, kerapatan kayu (*basic density*) pada 45 progeni *L. suaveolens* umur lima tahun berada pada kisaran 502,65-742,86 kg m⁻³, sehingga menunjukkan adanya variasi mutu kayu yang cukup besar antarprogeni. Peubah ini penting karena *basic density* merupakan salah satu indikator utama kualitas bahan baku, terutama untuk tujuan pulpwood, dan pada penelitian ini juga berperan sebagai pembeda utama pada jalur kualitas kayu-adaptasi.

Studi pembandingan pada spesies kehutanan industri di Indonesia menunjukkan bahwa kerapatan kayu memang menjadi salah satu peubah penting dalam evaluasi bahan baku untuk pulp dan kertas. Nirsatmanto et al. (2022) melaporkan bahwa rata-rata kerapatan kayu *Eucalyptus pellita* umur enam tahun adalah 657 kg m⁻³, sedangkan *Acacia hybrid* 567 kg m⁻³. Kisaran *basic density* pada Bush Merah dalam penelitian ini mencakup, bahkan melampaui, rerata kedua bahan baku tersebut, sehingga menunjukkan bahwa *L. suaveolens* memiliki rentang mutu kayu yang layak dipertimbangkan sebagai bahan baku alternatif.

Temuan ini juga sejalan dengan Quilhó dan Pereira (2001), yang menunjukkan bahwa *basic density* tidak selalu bergerak searah dengan pertumbuhan pohon. Dalam konteks penelitian ini, hal tersebut penting karena menegaskan bahwa kandidat dengan pertumbuhan tinggi belum tentu memiliki mutu kayu terbaik, dan sebaliknya kandidat dengan mutu kayu tinggi tidak selalu identik dengan

yang paling produktif. Selain itu, literatur juga menunjukkan bahwa *basic density* berimplikasi langsung terhadap efisiensi *pulping* dan kualitas produk akhir, sehingga peubah ini tidak hanya penting dari sisi seleksi, tetapi juga dari sisi kelayakan industri.

Dari sudut pandang seleksi, kandidat jalur kualitas kayu-adaptasi ditunjukkan oleh LS23, LS32, LS10, dan LS27. Hasil ini memperjelas bahwa kandidat unggul tidak selalu sama antara jalur produktivitas dan jalur kualitas kayu. Oleh karena itu, *basic density* pada *L. suaveolens* layak dipertahankan sebagai salah satu komponen inti dalam seleksi multi-sifat berbasis BLUP agar keputusan seleksi lebih seimbang antara produktivitas, mutu kayu, dan kelayakan operasional pengembangan bahan tanam di lahan gambut.

Ketebalan kulit

Berdasarkan Tabel 1, ketebalan kulit pada 45 progeni *L. suaveolens* umur lima tahun berada pada kisaran 1,42-2,72 mm. Nilai terendah tercatat pada LS3 dan nilai tertinggi pada LS24, sehingga peubah ini tetap memberikan informasi pembeda antar kandidat pada fase seleksi awal. Secara operasional, ketebalan kulit relevan karena memengaruhi proporsi kulit terhadap kayu bersih dan efisiensi pengolahan bahan baku.

Studi pada *Eucalyptus globulus* menunjukkan bahwa karakter kulit memang mempunyai variasi yang bermakna dan berhubungan dengan proporsi kayu yang dapat dimanfaatkan. Quilhó dan Pereira (2001) melaporkan bahwa ketebalan kulit bervariasi di sepanjang batang dan berimplikasi terhadap kandungan kulit dalam bahan baku. Selain itu, Miranda dan Pereira (2012) menunjukkan bahwa proporsi kulit yang lebih tinggi dapat menurunkan efisiensi pengolahan bahan baku serat. Temuan tersebut relevan dengan penelitian ini karena menunjukkan bahwa variasi ketebalan kulit pada Bush Merah tidak hanya penting dari sisi morfologi batang, tetapi juga dari sisi kelayakan bahan baku.

Dari sudut pandang seleksi, ketebalan kulit tidak layak dijadikan dasar tunggal dalam menetapkan kandidat unggul, tetapi tetap penting sebagai peubah pendukung dalam seleksi multi-sifat. Kandidat dengan kulit relatif lebih tipis berpotensi memberi keuntungan dari sisi proporsi kayu bersih, sedangkan kandidat dengan kulit lebih tebal dapat memiliki implikasi biologis atau operasional tertentu yang perlu dipertimbangkan lebih lanjut. Oleh

karena itu, ketebalan kulit pada *L. suaveolens* layak dipertahankan sebagai karakter penyerta yang memperkaya interpretasi mutu batang dan bahan baku dalam seleksi multi-sifat berbasis BLUP.

Indeks seleksi

Indeks seleksi multi-sifat berbasis BLUP digunakan untuk mengintegrasikan pertumbuhan, produktivitas, kualitas kayu, dan survival ke dalam satu dasar pemeringkatan kandidat. Pada penelitian ini, indeks seleksi pertama (SI1) menekankan kombinasi pertumbuhan, produktivitas, dan adaptasi lapangan, sedangkan indeks seleksi kedua (SI2) menyeimbangkan pertumbuhan, produktivitas, mutu batang, kualitas kayu, dan kemampuan bertahan hidup. Dengan pendekatan ini, seleksi tidak lagi bertumpu pada satu peubah tunggal, tetapi pada kombinasi sifat yang lebih mencerminkan kebutuhan operasional pengembangan bahan tanam di lahan gambut.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemeringkatan kandidat membentuk dua jalur seleksi utama yang saling melengkapi. Pada jalur produktivitas-adaptasi (SI1), kandidat utama adalah LS17, LS40, LS15, dan LS43. Kelompok ini merepresentasikan progeni yang relatif unggul dalam kombinasi pertumbuhan, produktivitas, dan *survival*, sehingga lebih sesuai untuk orientasi pengembangan bahan tanam yang menekankan performa lapangan awal dan kemampuan adaptasi. Pada sisi lain, jalur kualitas kayu-adaptasi (SI2) menempatkan LS23, LS32, LS10, dan LS27 sebagai kandidat utama. Kelompok ini menunjukkan bahwa mutu kayu dan mutu batang dapat menghasilkan prioritas seleksi yang berbeda dari jalur produktivitas, sehingga kandidat unggul tidak terpusat pada satu kelompok yang sama.

Pola tersebut memperlihatkan adanya perbedaan orientasi seleksi antara produktivitas efektif dan kualitas kayu. Kandidat yang menonjol pada jalur produktivitas-adaptasi tidak otomatis menempati posisi yang sama pada jalur kualitas kayu-adaptasi, dan sebaliknya. Temuan ini penting karena menunjukkan bahwa seleksi Bush Merah di lahan gambut tidak dapat disederhanakan hanya pada satu indikator pertumbuhan atau satu peubah mutu kayu. Dalam konteks pemuliaan, hasil ini memberi pesan bahwa arah pengembangan bahan tanam perlu ditetapkan secara eksplisit sejak awal, yaitu apakah program lebih

menekankan produktivitas dan adaptasi lapangan, atau lebih menekankan mutu kayu dengan tetap mempertahankan kelayakan adaptasi.

Secara substantif, indeks seleksi pada penelitian ini dapat dipandang sebagai sintesis dari seluruh hasil evaluasi fenotipik dan genetik yang telah dibahas sebelumnya. Pendekatan ini memperkuat bahwa *L. suaveolens* memiliki prospek sebagai spesies alternatif *pulpwood* di lahan gambut, tetapi strategi seleksinya tidak dapat bersifat satu arah. Integrasi BLUP, *survival*, peubah pertumbuhan, mutu batang, dan kualitas kayu menghasilkan dasar pemeringkatan yang lebih kuat dan lebih operasional untuk menetapkan kandidat unggul pada tahap pemuliaan berikutnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Lophostemon suaveolens umur lima tahun menunjukkan adaptasi awal yang baik di lahan gambut dengan *survival* 70-100% (rerata sekitar 88%). Sifat pertumbuhan dan produktivitas lebih kuat dipengaruhi oleh heterogenitas tapak daripada komponen genetik aditif, sebagaimana ditunjukkan oleh heritabilitas sempit yang rendah pada H60 (0,0473), D60 (0,0472), dan MAI (0,0342). Karakter mutu batang dan kualitas kayu memberikan informasi seleksi yang lebih kuat, dengan kerapatan kayu 502,65-742,86 kg m⁻³ dan ketebalan kulit 1,42-2,72 mm. Indeks seleksi multi-sifat berbasis BLUP menetapkan LS17, LS40, LS15, dan LS43 sebagai kandidat utama pada jalur produktivitas-adaptasi, serta LS23, LS32, LS10, dan LS27 pada jalur kualitas kayu-adaptasi. Dengan demikian, *L. suaveolens* berpotensi dikembangkan sebagai spesies alternatif *pulpwood* di lahan gambut melalui seleksi multi-sifat dan validasi lanjutan pada tapak yang lebih beragam.

Saran

Validasi lanjutan pada berbagai kondisi tapak gambut perlu dilakukan untuk memastikan kestabilan performa kandidat terpilih. Program pemuliaan *Lophostemon suaveolens* sebaiknya diarahkan melalui dua jalur seleksi, yaitu produktivitas-adaptasi dan kualitas kayu-adaptasi, agar keputusan seleksi lebih seimbang. Penelitian lanjutan mengenai sifat anatomi, kimia, dan proses *pulping* kayu,

serta pengelolaan tata air yang sesuai, diperlukan untuk memperkuat dasar pengembangan Bush Merah sebagai spesies alternatif bahan baku *pulpwood* di lahan gambut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Magister Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, atas dukungan akademik selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim lapangan yang telah membantu kegiatan pengukuran dan pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Astiani, D., Burhanuddin, Curran, L. M., Mujiman, & Salim, R. 2017. Effects of drainage ditches on water table level, soil conditions and tree growth of degraded peatland forests in West Kalimantan. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 4(1): 15-25.
- Belaber, E. C., Gauchat, M. E., Reis, H. D., Borralho, N. M., & Cappa, E. P. 2018. Genetic parameters for growth, stem straightness, and branch quality for *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis* F1 hybrid in Argentina. *Forest Science*, 64(6), 595-605.
- Cameron, A., Kennedy, S., & Steven, L. 2012. The Potential to Improve Growth Rate and Quality Traits of Stem Straightness and Branching Habit when Breeding *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. *Annals of Forest Science*, 69(3), 363-371.
- Cattau, M. E., Harrison, M. E., Shinyo, I., Tungau, S., Uriarte, M., & DeFries, R. 2016. Sources of anthropogenic fire ignitions on the peat-swamp landscape in Kalimantan, Indonesia. *Global Environmental Change*, 39(1): 205-219.
- Chimner, R. A., Pypker, T. G., Hribljan, J. A., Moore, P. A., & Waddington, J. M. 2017. Multi-decadal changes in water table levels alter peatland carbon cycling. *Ecosystems*, 20(5): 1042-1057.
- Grattapaglia, D., & Resende, M. D. V. 2011. Genomic selection in forest tree breeding. *Tree Genetics & Genomes*, 7(2): 241-255.
- Hardiansyah, Rachmawati, C., & Rauf, A. (2015). Pengaruh pemangkasan cabang (pruning) terhadap pertumbuhan diameter dan tinggi pada tanaman jato (*Tectona grandis* L.f) di kesatuan pemangkuan hutan. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 6(2), 112-118.
- Ismail, I., Haghighi, A. T., Marttila, H., Kurniawan, U., Karyanto, O., & Kløve, B. 2021. Water table variations on different land use units in a drained tropical peatland island of Indonesia. *Hydrology Research*, 52(6): 1372-1388.
- Junaedi, A. 2018. Growth performance of three native tree species for pulpwood plantation in drained peatland of Pelalawan District, Riau. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 5(2): 119-132.
- Lisnawati, Y., Suprijo, H., Poedjirahajoe, E., & Musyafa. 2015. Dampak pembangunan hutan tanaman industri *Acacia crassicaarpa* di lahan gambut terhadap tingkat kematangan dan laju penurunan permukaan tanah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 22(2): 179-186.
- Ma, L., Zhu, G., Chen, B., Zhang, K., Niu, S., Wang, J., Ciais, P., & Zuo, H. 2022. A globally robust relationship between water table decline, subsidence rate, and carbon release from peatlands. *Communications Earth & Environment*, 3: 254.
- Macdonald, E., Mochan, S., & Connolly, T. 2009. Validation of a stem straightness scoring system for Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 82(4), 419-429.
- Miranda, I., Gominho, J., & Pereira, H. 2012. Incorporation of bark and tops in Eucalyptus globulus wood pulping. *BioResources*, 7(3), 4350-4361.
- Nirsatmanto, A., Sunarti, S., Kartikaningtyas, D., Handayani, B. R., Setyaji, T., Surip, Pudjiono, S., Kartikawati, N. K., Kardiansyah, T., Krisdianto, Indrawan, D. A., Pari, R., Razoki, M., Herdyantara, A. B., Marsoem, S. N., & Hidayati, F. 2022. Evaluation of the characteristics of Eucalyptus pellita and Acacia hybrid superior clones selected from breeding program in Indonesia as materials for pulp and papermaking. *Wood Research*, 67(5): 847-865.

- Novita, N., Lestari, N. S., Lugina, M., Tiryana, T., Basuki, I., & Jupesta, J. 2021. Geographic setting and groundwater table control carbon emission from Indonesian peatland: A meta-analysis. *Forests*, 12(7): 1-25.
- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. 2011. Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2): 798-818.
- Piepho, H. P., Möhring, J., Melchinger, A. E., & Büchse, A. 2008. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, 161(2): 209-228.
- Quilhó, T., & Pereira, H. 2001. Within and Between-Tree Variation of Bark Content and Wood Density of *Eucalyptus globulus* in Commercial Plantations. *IAWA Journal*, 22(3), 255-265
- Resende, M. D. V., Resende, M. F. R., Jr., Sansaloni, C. P., Petroli, C. D., Missiaggia, A. A., Aguiar, A. M., Grattapaglia, D. 2012. Genomic selection for growth and wood quality in *Eucalyptus*: Capturing the missing heritability and accelerating breeding for complex traits in forest trees. *New Phytologist*, 194(1): 116-128.
- Toar, G. M. 2024. Variasi Sifat Kimia Kayu Bush Merah (*Lophostemon suaveolens* (Sol. ex Gaertn.)) pada Arah Aksial dan Radial Umur 4 Tahun. Skripsi. Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tran, H., Woeste, K., Li, B., Verma, A., & Shao, G. 2023. Measuring Tree Stem Diameters and Straightness with Depth-Image Computer Vision. *Journal of Forestry Research*, 34(5), 1395-1405.