

Mudji Susanto, Liliana Baskorowati. (2018). Pengaruh Genetik dan Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Sengon (*Falcataria Molucanna*) Ras Lahan Jawa. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 4 (2) Pp. 35-41. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v4i1.2795

Pengaruh Genetik dan Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Sengon (*Falcataria molucanna*) Ras Lahan Jawa

Mudji Susanto and Liliana Baskorowati

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
e-mail: mudjisusanto@yahoo.com ; mudjisusanto@biotifor.or.id

Abstract

Stand of Sengon (*Falcataria molucanna*) of Java race land was established in Bali to find growth variation base on genetic and environment in 1-3 years old after planting. The stand was designed as progeny trial using Row Column Incomplete Block Design (IBD). The trial tested 25 half sib families of Java race land and single plot planting. Results of investigation showed that the trend of growth variation caused by genetic and environment were different in year of year. The first year, aditif genetic variance contributed 3.38% for height and 0.6% for stem diameter; the second year aditif genetic variance contributed 3.40% for height and 3.05% for stem diameter; and the third year, aditif genetic variance contributed 3.90% for height and 7.00% for stem diameter. Base on result of the research, the growth of sengon of Java race land was affected environment factor, so as the sengon plantation of Java race land have to apply good silviculture system to increase growing the trees.

Keywords: Genetic, Environment, Variation, Land Race

Abstrak

Tegakan sengon (*Falcataria molucanna*) ras lahan Jawa dibangun di Bali dengan tujuan untuk mengetahui keragaman pertumbuhan yang disebabkan oleh faktor lingkungan dan genetik pada umur 1-3 tahun. Tegakan sengon tersebut dibangun sebagai uji keturunan dengan rancangan Baris Kolom Incomplete Block Design (IBD). Tegakan sengon tersebut menguji 25 famili half-sib dengan single plot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keragaman pertumbuhan yang disebabkan oleh faktor genetik (aditif) maupun faktor lingkungan berubah-ubah setiap tahun. Pada tahun pertama ragam aditif mempunyai peranan 3,38% untuk tinggi pohon dan 0,67% untuk diameter batang; pada tahun kedua ragam aditif sebesar 3,40% untuk tinggi pohon dan 3,05% untuk diameter batang; dan pada tahun ketiga ragam aditif sebesar 3,90% untuk tinggi pohon dan 7,00% untuk diameter batang. Sedangkan sisanya mulai tahun pertama sampai ketiga pertumbuhan dipengaruhi oleh ragam lingkungan. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa pertumbuhan tanaman sengon ras lahan Jawa mayoritas dipengaruhi oleh faktor lingkungan, sehingga disarankan tanaman sengon ras lahan Jawa harus menggunakan sistem silvikultur yang tepat yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman sengon.

Kata kunci: Genetik, Lingkungan, Keragaman, Ras Lahan

Pendahuluan

Hutan rakyat di Jawa sebagian besar ditanami sengon (*Falcataria molucanna*) untuk menghasilkan kayu pertukangan. Tanaman sengon tersebut termasuk jenis cepat tumbuh dan sangat mudah dibudidayakan sehingga banyak diminati oleh masyarakat. Saat ini permintaan kayu sengon sangat tinggi, sehingga harus dibarengi oleh ketersediaan kayu yang cukup.

Salah satu usaha masyarakat untuk dapat memenuhi permintaan kayu sengon adalah dengan melakukan usaha budidaya sengon dengan sistem silvikultur yang tepat. Budidaya sengon yang dapat meningkatkan produktifitas hutan rakyat adalah dengan menggunakan benih unggul yang dapat meningkatkan riap volume.

Program pemuliaan sengon ditujukan untuk mendapatkan benih unggul yang dapat meningkatkan produktifitas hutan rakyat. Dasar

penelitian pemuliaan sengon adalah berbasis genetik dan lingkungan. Benih unggul sengon yang akan dihasilkan secara genetik mempunyai riap volume yang lebih tinggi dibanding dengan riap volume sebelum dimuliakan.

Di Pulau Jawa sengon sudah ditanam sejak jaman Belanda dengan asal benih dari kepulauan Maluku maupun dari kepulauan lainnya. Sehubungan dengan tanaman sengon sudah cukup waktu yang lama tumbuh di Pulau Jawa, maka sengon ras lahan Jawa sangat perlu diteliti keragaman genetik pertumbuhan serta pengaruh lingkungannya. Informasi genetik dan lingkungan sangat berguna untuk kegiatan program pemuliaan sengon dan budidaya tanaman sengon yang akan dikerjakan.

Beberapa famili yang berasal dari ras lahan Jawa telah dilakukan uji keturunan di Bali. Setiap tahun uji keturunan tersebut dilakukan pengukuran pertumbuhan. Tulisan ini merupakan hasil analisis data dari umur 1 sampai dengan 3 tahun untuk mengetahui pengaruh genetik dan lingkungan terhadap pertumbuhan sengon ras lahan Jawa.

Metode Penelitian

Penelitian analisis komponen varian uji keturunan sengon di Bali dilaksanakan dengan metode penelitian sebagai berikut:

1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan di uji keturunan sengon Ras Lahan Jawa di Desa Blimbingsari, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana, Propinsi Bali. Pengambilan data dengan cara melakukan pengukuran tinggi pohon dan diameter batang setinggi 130 cm dari permukaan tanah. Pelaksanaan pengukuran pada saat uji keturunan sengon berumur 1 tahun, 2 tahun, dan 3 tahun.

2. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan berupa uji keturunan sengon yang ditanam di Desa Blimbingsari, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana, Propinsi Bali. Uji keturunan

tersebut secara geografi terletak pada garis Bujur 114°30'05" Bujur Timur dan 08°14'33" Lintang Selatan (Nurwanto, 2015; Susanto, 2015). Ketinggian tempat pada ketinggian 48 m dpl; kelerengan sebesar 15% dengan jenis tanah latosol (Nurwanto, 2015; Susanto, 2015).

Rancangan uji keturunan tersebut menggunakan baris kolom design dari *Incomplete Block Design* (Nurwanto, 2015). Famili yang diuji sebanyak 25 famili yang berasal dari ras lahan Jawa dengan 25 ulangan dengan sistem single plot (Nurwanto, 2015). Jarak tanam 4 meter antar baris dan 2 meter antar kolom. Alat yang digunakan sebagai pengukur diameter batang adalah kaliper dan pengukur tinggi total pohon adalah galah meter.

3. Analisis Data

Data hasil pengukuran selanjutnya dianalisis komponen variannya yang diperoleh dari model linear dari (Williams, Matheson, & Harwood, 2002) dan (Susanto, 2015) sebagai berikut:

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{Rep}_i + \text{Row}_{j(i)} + \text{Col}_{k(i)} + \text{Fam}_l + e_{ijklm}$$

Keterangan :

Y_{ijklm} : pengukuran pohon ke m , famili ke l , ulangan ke i , baris ke j dalam ulangan ke- i , kolom ke k dalam ulangan ke i

μ : rerata umum

Rep_i : pengaruh ulangan ke i

$\text{Row}_{j(i)}$: pengaruh baris ke j dalam ulangan ke i

$\text{Col}_{k(i)}$: pengaruh kolom ke k dalam ulangan ke i

Fam_l : pengaruh famili ke l

e_{ijklm} : sisa (*error*)

Perhitungan prosentase komponen varian terhadap keragaman pertumbuhan diperoleh dengan menggunakan analisis model sebagai berikut: ulangan, kolom dalam ulangan, dan baris dalam ulangan; serta famili sebagai pengaruh random (random effect).

Perhitungan estimasi heritabilitas individu (h^2_i) menggunakan model ulangan, kolom dalam ulangan, dan baris dalam ulangan sebagai pengaruh pasti (*fixed effect*), sedangkan famili sebagai pengaruh random berdasar *Restricted Maximum Likelihood* (Williams et al., 2002). Varian yang diperoleh meliputi: varian famili (s^2_f); varian ulangan (s^2_b); varian baris dalam ulangan (s^2_{rb}); varian kolom dalam ulangan (s^2_{cb}); dan varian sisa (s^2_e). Estimasi heritabilitas individu half-sib (h^2_i) dihitung menurut Zobel & Talbert (1984) sebagai berikut:

$$h^2_i = (\sigma^2_A) / \sigma^2_p$$

$$\sigma^2_A = \text{varian aditif} = 4\sigma^2_f$$

$$\sigma^2_p = \sigma^2_e + \sigma^2_f$$

σ^2_p = varian phenotipik.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil penelitian komponen varian dan estimasi nilai heritabilitas dari tinggi pohon dan diameter batang mulai umur 1 tahun sampai dengan 3 tahun di sajikan pada Tabel 1. Tabel 1 tersebut memperlihatkan bahwa keragaman genetik pertumbuhan tinggi pohon dan diameter batang sangat rendah, sehingga uji keturunan ras lahan Jawa sulit untuk dilakukan seleksi pohon berdasarkan nilai genetik. Keragaman genetik pertumbuhan yang rendah mengharuskan memperhatikan faktor lingkungan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sengon ras lahan Jawa.

Tabel 1. Hasil analisis komponen varian dan estimasi nilai heritabilitas individu untuk pertumbuhan uji keturunan sengon ras lahan Jawa di Bali

Sifat	Umur	s^2_b (%)	s^2_{cb} (%)	s^2_{rb} (%)	s^2_f (%)	s^2_e (%)	h^2_i
Tinggi Pohon	1 tahun	16,47	16,86	11,72	3,38	51,57	0,09
	2 tahun	35,85	12,82	15,79	3,40	32,54	0,07
	3 tahun	27,13	13,75	15,96	3,90	39,26	0,05
Diameter Batang	1 tahun	18,28	11,15	12,08	0,67	57,82	0,01
	2 tahun	33,84	12,53	14,83	3,05	35,5	0,04
	3 tahun	30,23	9,83	13,43	7,00	39,51	0,19

Berdasarkan analisis komponen varian, maka faktor lingkungan sangat mendominasi perannya dalam keragaman pertumbuhan baik tinggi pohon maupun diameter batang. Perbedaan ulangan serta perbedaan baris dan kolom di dalam ulangan mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sengon ras lahan Jawa. Perbedaan tersebut disebabkan oleh beberapa kemungkinan antara lain perbedaan kesuburan tanah (nutrisi mineral berbeda-beda); perbedaan ketersediaan air; maupun perbedaan lingkungan lainnya. Penelitian mengenai nutrisi terhadap pertumbuhan tanaman juga dilakukan oleh Elias et.al.(2002) dengan hasil menunjukkan bahwa perbedaan input nutrisi akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Lteif etal. (2008) meneliti mengenai ketidak seimbangan nutrisi terhadap respon pertumbuhan pohon.

Perbedaan kesuburan tanah akan mempengaruhi terhadap pertumbuhan pohon melalui metabolisme pohon dan berbagai proses fisiologis yang terkait dengan pertumbuhan pohon itu sendiri. Studi tentang hal tersebut juga telah dilakukan oleh Fromm (2010) mengenai peran penting dari potassium dan kalsium xylogenesis.

Peran dari setiap komponen yang diteliti selama 3 tahun memperlihatkan bahwa tren pengaruh lingkungan maupun genetik berbeda-beda setiap tahunnya terhadap pertumbuhan sengon di uji keturunan. Perbedaan ulangan maupun perbedaan baris di dalam ulangan pengaruhnya terhadap pertumbuhan sengon menunjukkan tren semakin naik mulai tahun pertama sampai tahun ke tiga. Demikian juga keragaman genetik juga mengalami

kenaikan pengaruh terhadap keragaman pertumbuhan. Namun pengaruh faktor sisa yang tidak diketahui perannya menurun dari tahun pertama sampai tahun ke tiga. Terjadi perubahan yang demikian adalah disebabkan oleh faktor iklim yang berubah setiap tahunnya. Perubahan iklim menyebabkan terjadinya perubahan ketersediaan air. Ketersediaan air maupun intensitas cahaya yang tidak sama setiap tahunnya akan menyebabkan pengaruh terhadap pertumbuhan pohon. Martín-Benito et al. (2008) telah melakukan studi tentang perubahan iklim selama 10 tahun mengenai ketersediaan air dan keterbatasan cahaya dan kelembaban terhadap pertumbuhan pohon.

Pertumbuhan sengon tetap dikontrol oleh genetik, walaupun keragaman genetik sengon ras lahan Jawa rendah. Pertumbuhan organ tanaman dibawah kontrol genetik telah dilakukan studi oleh Johnson & Lenhard (2011).

Keragaman genetik pertumbuhan yang rendah pada tanaman sengon ras lahan Jawa tetap dapat dipandang menguntungkan, karena dalam penanaman tidak perlu memilih-milih tanaman sengon secara genetik. Pertumbuhan sengon lebih mengandalkan kepada teknik silvikultur (budidaya) yang tepat. Nyland (2011) telah melakukan studi mengenai kegunaan maupun manfaat teknik silvikultur terhadap kehutanan modern. Konsep-konsep pengembangan teknik silvikultur sangat berhubungan dengan faktor biologis, ekologis, dan ekonomi.

Komponen varian sisa adalah keragaman yang disebabkan oleh faktor yang sulit untuk dimasukkan dalam analisis pada model linear. Namun varian sisa tersebut cukup besar pengaruhnya terhadap keragaman pertumbuhan di uji keturunan sengon ras lahan Jawa di Bali tersebut. Faktor tersebut adalah genetipe antar pohon di dalam famili dan faktor antar plot.

Famili-famili dalam uji keturunan ras lahan Jawa di Bali tersebut adalah famili half-sib, sehingga anakan pohon yang diuji berasal dari satu pohon betina yang dibuahi secara terbuka oleh banyak pohon jantan. Pohon anakan yang

diuji tentunya dalam satu famili mempunyai keragaman genotipe. Uji keturunan ras lahan Jawa di Bali menguji 25 individu anakan pohon setiap famili (pohon induk), sehingga individu-individu anakan tersebut mempunyai keragaman genotipe. Susanto (2008) telah melakukan penelitian komponen varian di uji keturunan kayu putih di Paliyan, Gunungkidul, D.I. Yogyakarta umur 2 tahun yang menemukan varian sisa yang cukup besar pengaruhnya terhadap keragaman pertumbuhan (55,06% terhadap tinggi pohon dan 68,29% terhadap diameter batang).

Keragaman genetik pertumbuhan yang tinggi antar pohon dalam famili pada jenis sengon ras lahan Jawa tersebut menunjukkan bahwa perkawinan silang (*out crossing*) yang terjadi lebih besar dari pada perkawinan kerabat atau perkawinan silang dalam (*inbreeding*). Keadaan tersebut juga pernah dilakukan penelitian oleh Kartikawati (2008) terhadap uji keturunan kayu putih di Paliyan, Gunungkidul yang menunjukkan bahwa sistem perkawinan kayu putih adalah perkawinan silang sebesar 95%.

Antar plot juga bisa menjadi sumber keragaman pertumbuhan. Setiap ulangan mempunyai 25 plot (setiap plot satu pohon), sehingga perbedaan plot dalam ulangan menjadi penyebab terjadinya perbedaan pertumbuhan. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan mengenai pengaruh plot antara lain oleh Maltamo, Bollandsås, Næsset, Gobakken, and Packalén (2011); Ricotta and Bacaro (2010); Ruiz, Hermosilla, Mauro, and Godino (2014); Jurasinski, Jentsch, Retzer, and Beierkuhnlein (2012); Chytrý, Tichý, Hennekens, & Schaminée (2014); Holmgren (1995).

Hasil analisis keragaman (ANOVA) dari uji keturunan sengon Ras Lahan di Bali umur 1 tahun sampai 3 tahun disajikan pada Tabel 2. Analisis keragaman menunjukkan bahwa selama 3 tahun ditemukan keragaman pertumbuhan tinggi pohon dan diameter batang diantara ulangan, baris dalam ulangan, dan kolom dalam ulangan secara signifikan, namun tidak ditemukan keragaman pertumbuhan tinggi

pohon tersebut diantara famili. Keragaman pertumbuhan diameter batang mulai umur 2 sampai 3 tahun ditemukan diantara famili secara signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kinerja famili terhadap pertumbuhan diameter batang terlihat mulai umur 2 tahun. Hasil analisis keragaman pertumbuhan tersebut menunjukkan bahwa rancangan penelitian yang digunakan di uji keturunan sengon ras lahan Jawa tersebut adalah tepat. Rancangan tersebut telah memperhatikan keadaan lapangan uji yang mempunyai kelerengan yang tajam, pola tanam tumpang sari yang berbeda-beda, dan kesuburan tanah yang berbeda-beda dalam satu ulangan.

Estimasi heritabilitas individu diameter batang pada umur 3 tahun termasuk katagori sedang. Hasil penelitian tentang estimasi heritabilitas individu katagori sedang juga banyak dijumpai pada jenis-jenis tanaman lainnya. Estimasi heritabilitas individu diameter batang jenis ulin umur 5,5 tahun sebesar 0,25 (Prastyono & Susanto, 2015). Heritabilitas individu diameter batang pada uji keturunan sengon ras lahan Jawa di Bali tersebut menindikasikan bahwa program pemuliaan untuk meningkatkan diameter batang secara genetik dapat dilakukan melalui seleksi individu pohon. Seleksi pohon berdasarkan sifat pertumbuhan diameter batang dapat dimulai pada tahu ke tiga.

Tabel 2. Analisis keragaman pertumbuhan uji keturunan sengon di Bali umur 1 sampai dengan 3 tahun

Sumber Keragaman (Source of Variance)	d.k (d.f)	Rerata Kuadrat (Mean Square)		
		Umur 1 tahun	Umur 2 tahun	Umur 3 tahun
<i>Tinggi pohon</i>				
Ulangan	24	15.882,21 ^{**}	237.927,07 ^{**}	143.474,20 ^{**}
Kolom (Ulangan)	91	4.602,98 ^{**}	31.673,39 ^{**}	30.247,46 ^{**}
Baris (Ulangan)	91	4.121,36 ^{**}	34.222,18 ^{**}	28.119,85 ^{**}
Famili	24	4.149,92 ^{NS}	22.381,15 ^{NS}	23.280,34 ^{NS}
Error	141	2.641,83	14.669,90	14.752,7
<i>Diameter Batang</i>				
Ulangan	24	168,93 ^{**}	2.679,95 ^{**}	4.011,00 ^{**}
Kolom (Ulangan)	91	42,57 [*]	375,33 ^{**}	675,09 ^{**}
Baris (Ulangan)	91	46,10 ^{**}	391,22 ^{**}	677,55 ^{**}
Famili	24	30,38 ^{NS}	341,16 [*]	867,86 ^{**}
Error	140	29,83	195,43	413,35

Keterangan :

(** = signifikan pada level 1 %, (* = signifikan pada level 5 %, (NS = tidak signifikan)

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian tersebut, maka untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sengon dapat dikerjakan melalui dua langkah. Pertama meningkatkan pertumbuhan tinggi pohon dan diameter batang melalui silvikultur yang tepat dengan memanipulasi kesuburan tanah dan jarak tanam. Kedua meningkatkan pertumbuhan diameter batang melalui seleksi pohon yang mempunyai diameter terbaik secara genetik. Langkah yang kedua tersebut akan memperoleh

benih unggul secara genetik yang akan ditanam dengan dibarengi langkah pertama (sitem silvikultur yang tepat).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa tanaman sengon ras Lahan Jawa keragaman pertumbuhan pohon (tinggi pohon dan diameter batang) disebabkan secara dominan oleh keragaman lingkungan.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kami ucapkan kepada Bp. Iwan Nurwanto dkk (BPTH BALINUSRA) yang

bertanggung jawab terhadap pembangunan tegakan provenans sengon di Bali.

Daftar Pustaka

- Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S. M., & Schaminée, J. H. J. (2014). Assessing vegetation change using vegetation-plot databases: A risky business. *Applied Vegetation Science*, 17(1), 32–41. <https://doi.org/10.1111/avsc.12050>
- Elias, M. E. A., Schroth, G., Macêdo, J. L. V, Mota, M. S. S., & D'Angelo, S. A. (2002). Mineral Nutrition, Growth and Yields of Annatto Trees (*Bixa Orellana*) in Agroforestry on an Amazonian Ferralsol. *Experimental Agriculture*, 38(3), 277–289. <https://doi.org/10.1017/S0014479702003034>
- Fromm, J. (2010). Wood formation of trees in relation to potassium and calcium nutrition. *Tree Physiology*. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq024>
- Holmgren, E. (1995). The P-P Plot as a Method for Comparing Treatment Effects. *Journal of the American Statistical*, 90(429), 360–365. <https://doi.org/10.1080/01621459.1995.10476520>
- Johnson, K., & Lenhard, M. (2011). Genetic control of plant organ growth. *New Phytologist*. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03737.x>
- Jurasinski, G., Jentsch, A., Retzer, V., & Beierkuhnlein, C. (2012). Detecting spatial patterns in species composition with multiple plot similarity coefficients and singularity measures. *Ecography*, 35(1), 73–88. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.06718.x>
- Kartikawati, N. (2008). Sistem Perkawinan Kayu Putih *Melaleuca cajuputi* Di Paliyan, Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 5(1), 209–216.
- Lteif, A., Whalen, J. K., Bradley, R. L., & Camiré, C. (2008). Diagnostic tools to evaluate the foliar nutrition and growth of hybrid poplars. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(8), 2138–2147. <https://doi.org/10.1139/X08-069>
- Maltamo, M., Bollandsås, O. M., Næsset, E., Gobakken, T., & Packalén, P. (2011). Different plot selection strategies for field training data in ALS-assisted forest inventory. *Forestry*, 84(1), 23–31. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpq039>
- Martín-Benito, D., Cherubini, P., Del Río, M., & Cañellas, I. (2008). Growth response to climate and drought in *Pinus nigra* Arn. trees of different crown classes. *Trees - Structure and Function*, 22(3), 363–373. <https://doi.org/10.1007/s00468-007-0191-6>
- Nurwanto, I. (2015). *Pembangunan Sumber Benih Sengon di Bali*. Denpasar.
- Nyland, R. D. (2011). *Silviculture: concepts and applications*. *Plant Biosystems* (Vol. 145). <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.558705>
- Prastyono, & Susanto, M. (2015). Variasi Sifat Pertumbuhan Ulin (*Eusideroxylon zwageri* T. Et B) pada Uji Keturunan di Bondowoso. *Jurnal Wasian*, 2(2), 79–86.
- Ricotta, C., & Bacaro, G. (2010). On plot-to-plot dissimilarity measures based on species functional traits. *Community Ecology*, 11(1), 113–119. <https://doi.org/10.1556/ComEc.11.2010.1.16>
- Ruiz, L. A., Hermosilla, T., Mauro, F., & Godino, M. (2014). Analysis of the influence of plot size

- and LiDAR density on forest structure attribute estimates. *Forests*, 5(5), 936–951. <https://doi.org/10.3390/f5050936>
- Susanto, M. (2008). Analisis Komponen varian Uji Keturunan Melaleuca Cajuputi Subsp. Cajuputi Di Paliyan, Gunungkidul. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 5(1), 199–264.
- Susanto, M. (2015). Genetik Pertumbuhan Sumber Benih Sengon (*Paraserianthes mollucana*) Di Jembrana, Bali. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL Sewindu BPTHHBK Mataram : “Pengarusutamaan Hasil Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai Lokomotif Pembangunan Berkelanjutan”* (pp. 169–175).
- Williams, E. R., Matheson, A. C., & Harwood, C. E. (2002). *Experimental Design and Analysis For Tree Improvement*. CSIRO Publishing. Retrieved from www.publish.csiro.au
- Zobel, B. J., & Talbert, J. T. (1984). *Applied Forest Tree Improvement*. John Willey & Sons, Inc.