



HUBUNGAN KARAKTERISTIK BIOMETRIK *Eucalyptus Pellita* TERHADAP KERUSAKAN KARENA ANGIN

(*The Relationship of The Biometric Characteristics of Eucalyptus Pellita
Against Wind Damage*)

Tatik Suhartati^{1*}, Sugeng Wahyudiono¹, Ricky¹

¹Fakultas Kehutanan Institut Pertanian STIPER Yogyakarta.

* E-mail: violethaty@gmail.com

Diterima : 24 Maret 2022

Direvisi : 16 April 2022

Disetujui : 06 Mei 2022

ABSTRACT

Strong winds that occur can damage the Eucalyptus pellita plant thereby reducing wood production at the end of the rotation. Biometric characteristics are very important to predict the criteria for trees that are at risk of damage due to wind. This study aims to determine the biometric characteristics that play a role in the risk of trees being damaged by wind. The study was conducted on Eucalyptus pellita aged 5 years. The biometric characteristics studied consisted of diameter at breast height (DBH), total height (H) and crown length (CL) as well as the ratio of H/DBH (slenderness index) and CL/H (percentage of crown). Binary logistic regression analysis was used to analyzed the probability of tree damage due to wind. The results showed that the regression model with the independent variable H/DBH was a suitable model. The H/DBH ratio or tree slenderness index is a biometric characteristic that contributes 11,4% to explain the risk of wind damage.

Kata kunci (Keywords): binary logistic regression ; percentage of crown; slenderness index.

PENDAHULUAN

Eucalyptus pellita merupakan spesies cepat tumbuh yang dikembangkan pada hutan tanaman industri sebagai bahan baku pulp dan kertas. Hembusan angin kencang yang terjadi dapat merusak tanaman *E.pellita* sehingga mengurangi hasil produksi kayu pada akhir rotasi. Sejumlah faktor kompleks mempengaruhi frekwensi dan tingkat kerusakan karena angin di hutan, yang dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama: cuaca, lokasi, dan kondisi tegakan. Kondisi cuaca selalu di

luar kendali manusia, kondisi lokasi relatif permanen, sedangkan kondisi tegakan adalah yang paling penting dan dapat dikendalikan, kondisi tegakan dapat berubah sesuai pertumbuhan dan perlakuan silvikultur (Zhu *et al.*, 2002). Di antara kondisi tegakan tersebut antara lain adalah umur, struktur tegakan, kerapatan tegakan, luas dasar, jenis pohon, indeks kelangsingan, lebar dan panjang tajuk pohon, merupakan karakteristik tegakan utama yang dapat mempengaruhi ketahanan terhadap kerusakan akibat angin pada tingkat tegakan maupun individu pohon (Donis

et al., 2018; Snepsts et al., 2020). Penelitian Valinger & Fridman (1997) mendapatkan bahwa karakteristik pohon dapat digunakan sebagai ukuran kemungkinan kerusakan akibat salju dan angin. Picchio et al. (2020) menemukan bahwa koefisien kelangsingan (rasio tinggi/diameter, rasio H/D) pohon menjadi indikator yang baik untuk tegakan muda, sedangkan indeks bentuk tajuk (panjang tajuk relatif dan lebar tajuk relatif) merupakan indikator pada tegakan tua terhadap risiko kerusakan karena salju dan angin.

Angin dapat menimbulkan kerusakan secara langsung, namun juga secara tidak langsung yaitu pohon-pohon yang patah dan tumbang juga dapat menyebabkan serangan serangga yang merugikan pada pohon-pohon yang tersisa, karena bertambahnya tempat berkembang biak (Ravn, 1985). Oleh karena itu, pemahaman yang lebih baik tentang kerentanan hutan terhadap kerusakan angin diperlukan untuk membantu mengelola risiko terkait angin melalui perencanaan hutan. Agar dapat meminimalkan resiko karena pengaruh angin maka perlu diketahui karakteristik tegakan yang dikelola. Dengan mengetahui informasi karakteristik pohon atau tegakan diharapkan dapat ditentukan resiko pohon terhadap gangguan angin, sehingga dapat dirumuskan strategi pengelolaan tegakan yang dapat meminimalkan kerusakan karena angin dengan memperhitungkan karakteristik pohon (karakteristik biometrik). Penelitian ini bertujuan menemukan karakteristik biometrik yang signifikan mempengaruhi kemungkinan *Eucalyptus pellita* umur 5 tahun rusak karena angin.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Penelitian dilakukan pada tanaman *Eucalyptus pellita* umur 5 tahun. Jumlah plot pengamatan 15 buah, luas masing-masing plot 0,04 Ha, dengan bentuk plot lingkaran, dan jarak antar plot 200 m. Karakteristik pohon yang diukur adalah diameter setinggi dada, tinggi total dan panjang tajuk. Pohon dikelompokkan menjadi tidak rusak (TR) dan rusak (R). Pohon rusak meliputi batang melengkung, patah batang dan patah tajuk.

Rasio antar karakteristik pohon yang menunjukkan kestabilan tegakan dihitung dengan rumus sebagai berikut (Sumono et al., 2016):

$$KT = \frac{H}{DBH} \times 100\%$$

Keterangan:

KT = Kestabilan tegakan

DBH = Diameter setinggi dada (cm)

H = Tinggi total (cm)

$$PT = \frac{CL}{H} \times 100\%$$

Keterangan:

PT = Persen tajuk

H = Tinggi total (m)

CL = Crown length/ panjang tajuk (m)

Semakin kecil nilai kestabilan tegakan (dalam penelitian ini H/DBH disebut sebagai indeks kelangsingan pohon), maka pohon makin stabil, sedangkan untuk persen tajuk, maka semakin tinggi nilainya pohon makin stabil. Ruchaemi (2013) menyebutkan bahwa kelangsingan pohon yang memiliki nilai kurang dari 100 dinyatakan stabil, dan jika lebih dari 100 dinyatakan tidak stabil, sedangkan Sumono et al. (2016) menyatakan pohon



dikatakan stabil jika memiliki indeks kelangsingan kurang dari 80.

Analisis data untuk membandingkan karakteristik biometrik yang meliputi diameter setinggi dada, tinggi total, panjang tajuk, kestabilan pohon dan persen tajuk pada pohon yang rusak karena angin dengan yang tidak rusak dilakukan menggunakan uji t. Untuk menemukan variabel atau karakteristik biometrik yang memiliki peran signifikan terhadap resiko rusak karena angin dilakukan analisis regresi *binary logistic*. Menurut Hosmer *et al.* (2013) regresi logistik digunakan untuk menjelaskan hubungan antara variabel respon yang berupa data dikotomik/ biner dengan variabel bebas yang berupa data berskala ratio dan atau kategori. Dengan menggunakan analisis regresi *binary logistic*, probabilitas tegakan rusak karena angin dimodelkan sebagai fungsi dari karakteristik pohon. Untuk kepentingan analisis regresi *binary logistic* diberikan nilai “0” bagi pohon yang tidak rusak dan “1” bagi pohon yang rusak. Persamaan regresi *binary logistic* yang digunakan adalah (Hosmer *et al.*, 2013)

$$P = \ln \left[\frac{p}{1 - p} \right]$$

$$= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

Dari persamaan di atas, maka probabilitas (P) pohon rusak adalah:

$$P = \frac{\text{Exp}(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}{1 + \text{Exp}(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}$$

Keterangan:

P = Probabilitas pohon rusak

X = Karakteristik pohon

$\beta_{0,1,\dots,n}$ = Parameter model

Karakteristik biometrik pohon yang diduga mempengaruhi ketahanannya

terhadap angin adalah diameter setinggi dada, tinggi total, panjang tajuk, indeks kelangsingan pohon dan persen tajuk. Taksiran parameter model regresi menggunakan metode maksimum likelihood. Selanjutnya dilakukan uji signifikansi parameter dengan uji Wald Chi-square. Uji kecocokan model menggunakan uji Hosmer dan Lemeshow. Model dikatakan cocok jika nilai uji Hosmer and Lemeshow mempunyai nilai signifikansi lebih dari 0,05 (Hosmer & Lemeshow, 2000). Karakteristik pohon yang signifikan mempengaruhi kerusakan ditemukan melalui metode *backward elimination*. Pengujian menggunakan bantuan *software* SPSS 2016.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Kerusakan Pohon *Eucalyptus pellita*

Pohon yang dalam kondisi tidak normal (diasumsikan rusak karena angin) meliputi: (1) pohon miring, menjadi melengkung dan batang membengkok, meskipun terkadang sulit untuk mengetahui apakah kemiringan itu sepenuhnya karena angin atau karena pohon tumbuh menuju celah kanopi; (2) Patah batang, patahnya batang tidak selalu disebabkan langsung oleh angin. Pohon yang lebih kecil terkadang patah ketika batang dan cabang dari pohon yang lebih tinggi menyimpannya. Namun secara keseluruhan, pohon yang lebih pendek memiliki lebih sedikit kerusakan, karena terlindung dari angin kencang; (3) Patah bagian tajuk, menurut Lindsay & Dickinson (2012), jenis patah ini mengakibatkan penurunan pertumbuhan pohon. Pohon dengan kerusakan tajuk yang sangat parah dapat menjadi mati apalagi jika patahnya pada batang utama.

Karakteristik Diameter Setinggi Dada, Tinggi Total, dan Panjang Tajuk

Hasil pengukuran diameter setinggi dada, tinggi total dan panjang tajuk pada Tabel 1, menunjukkan bahwa secara

pada pohon yang tidak rusak dibanding yang rusak relatif tidak jauh berbeda. Namun pada persen tajuk (CL/H), nampak koefisien variasi yang sangat berbeda yaitu pada pohon yang tidak

Tabel 1. Karakteristik Tinggi, Diameter dan Panjang Tajuk

Status Karakteristik	Tidak Rusak (TR)			Rusak (R)		
	DBH (cm)	H (m)	CL (m)	DBH (cm)	H (m)	CL (m)
Rata-Rata	6,234	6,899	3,248	5,071	6,126	2,905
SD	1,754	0,927	0,654	1,715	1,293	0,772
CV (%)	28,135	13,433	20,136	33,817	21,099	26,569

Keterangan : H = tinggi total; DBH = diameter setinggi dada; CL = *crown length*; SD = standar deviasi; CV = koefisien variasi

umum koefisien variasi pada pohon yang tidak rusak lebih kecil daripada yang rusak. Hal ini berarti pada ketiga karakteristik pohon yang rusak memiliki pertumbuhan yang lebih bervariasi daripada yang tidak rusak. Koefisien variasi yang paling kecil terdapat pada tinggi total pohon yang tidak rusak. Pohon yang tidak rusak memiliki tinggi total yang lebih homogen dibandingkan dengan yang rusak. Hal ini dapat dimengerti karena pohon yang tidak rusak dapat tumbuh lebih optimal sehingga pertumbuhannya relatif seragam.

rusak lebih homogen daripada yang rusak. Ini selaras dengan tinggi total dan panjang tajuk pohon yang rusak yang memiliki kondisi lebih heterogen sehingga berakibat pada persen tajuk yang juga heterogen.

Perbandingan tinggi dan diameter adalah angka yang menunjukkan tinggi total dibagi dengan masing-masing yang diameter mempunyai satuan yang sama, sehingga angka yang diperoleh merupakan angka indeks tanpa satuan. Angka ini penting diketahui untuk menilai bentuk arsitektur batang pohon (Suyana, 2003). Hasil penelitian Suyana

Tabel 2. Karakteristik H/DBH dan CL/H

Status Karakteristik	Tidak Rusak (TR)		Rusak (R)	
	H/DBH	CL/H	H/DBH	CL/H
Rata-Rata	115,120	46,615	126,104	47,174
SD	17,642	5,475	18,181	6,905
CV (%)	15,324	11,746	14,418	14,637

Keterangan : H = tinggi; DBH = diameter setinggi dada ; CL = *crown length*; SD = standar deviasi; CV = koefisien variasi

Karakteristik Indeks Kelangsingan dan Persen Tajuk

Hasil perhitungan indeks kelangsingan yang merepresentasikan kestabilan pohon dan persen tajuk pada Tabel 2, menunjukkan bahwa koefisien variasi indeks kelangsingan (H/DBH)

& Adburrachman (2011) menunjukkan bahwa hubungan antara tingkat kestabilan tegakan dan parameter tinggi menunjukkan hubungan yang lebih erat dengan diameternya.



Perbandingan Karakteristik Pohon Tidak Rusak terhadap Rusak

Hasil uji t karakteristik biometrik pohon yang tidak rusak terhadap yang rusak pada Tabel 3, menunjukkan bahwa hanya persen tajuk (CL/H) saja yang tidak berbeda nyata, sedangkan keempat karakteristik lain menunjukkan perbedaan nyata. Meskipun tinggi total dan panjang tajuk pada pohon yang tidak rusak dengan rusak berbeda nyata, namun dalam hal rasio atau besarnya persen tajuk tidak berbeda nyata. Rata-rata persen tajuk pohon yang tidak rusak 46,615 % sedangkan yang rusak 47,174 %, berarti rata-rata proporsi tajuk pohon *Eucalyptus pellita*, menempati sekitar 46,894 % dari tinggi totalnya.

Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Pohon Tidak Rusak terhadap Rusak

Karakteristik	Varians gabungan	t hitung	Signifikan
H (m)	1,241	9,862**	0,000
DBH (cm)	3,013	9,524**	0,000
CL (m)	0,507	6,850**	0,000
H/DBH	320,329	-8,724**	0,000
CL/H	38,312	-1,283ns	0,200

Keterangan:

** = signifikan pada taraf uji 0,01

ns = tidak signifikan pada taraf uji 0,05

Korelasi Antar Karakteristik Pohon

Nilai koefisien korelasi antar karakteristik pohon pada Tabel 4 menunjukkan bahwa antar kelima karakteristik yang diteliti sebagian besar berkorelasi sangat nyata dengan nilai koefisien antara -0,569 sampai dengan 0,911. Nilai korelasi tersebut menurut Sugiyono (2009) termasuk sedang (0,4-0,599) sampai dengan sangat kuat (0,8-1,0). Korelasi antara persen tajuk (CL/H) dengan diameter setinggi dada (Dbh) dan antara persen tajuk (CL/H) dengan indeks kelangsingan (H/Dbh) termasuk sangat rendah (0,00 -1,99) dan tidak nyata.

Tabel 4. Korelasi Antar Karakteristik Pohon

	Dbh	H	Cl	H/Dbh	CL/H
Dbh	1				
H	0,911**	1			
Cl	0,762**	0,895**	1		
H/Dbh	-	-0,728**	-0,569**	1	
CL/H	0,052ns	0,187**	0,554**	0,028ns	1

Keterangan:

** = signifikan pada taraf uji 0,01

ns = tidak signifikan pada taraf uji 0,05

Karakteristik Pohon Yang Mempengaruhi Kemungkinan Rusak Karena Angin

Karakteristik pohon yang mempengaruhi kemungkinan pohon rusak karena angin dianalisis menggunakan analisis regresi. Model 1 merupakan model yang memasukkan diameter setinggi dada, tinggi total, panjang tajuk, indeks kelangsingan pohon dan persen tajuk sebagai variabel bebas yang mempengaruhi kemungkinan pohon rusak karena angin dan hasil pengujian tahap awal (tahap 1) dapat dilihat pada Tabel 5. Pada pengujian ini selanjutnya dilakukan eliminasi untuk mengeluarkan variabel bebas yang tidak signifikan berdasar hasil uji Wald dan pada tahap yang terakhir (tahap 4) diperoleh dua variabel bebas yang secara individual parsial menurut uji Wald signifikan yaitu tinggi total dan panjang tajuk seperti nampak pada Tabel 5. Namun dari uji kesesuaian model menggunakan uji Hosmer dan Lemeshow, pada tahap 4 ini memperoleh nilai signifikan 0,009 (lebih kecil dari

Tabel 5. Hasil Uji Wald Model 1

Tahap Pengujian	Karakteristik	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	Uji Hosmer dan Lemeshow
1	DBH	0,262	0,193	1,853	1	0,173	1,3000	0,011*
	H	-1,609	0,372	18,748	1	0,000	0,200	
	CL	1,293	0,537	5,794	1	0,016	3,642	
	H/DBH	0,013	0,012	1,116	1	0,291	1,013	
	C/LH	-0,015	0,029	0,281	1	0,596	0,985	
	Constant	4,109	2,752	2,230	1	0,135	60,886	
4	H	-1,246	0,167	55,513	1	0,000	0,288	0,009**
	CL	1,013	0,246	16,981	1	0,000	2,753	
	Constant	4,918	0,552	79,498	1	0,000	136,743	

Keterangan:

** = signifikan pada taraf uji 0,01

Tabel 6. Hasil Uji Wald Model ke-2

Tahap Pengujian	Karakteristik	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
1	H/DBH	3,394	0,423	64,350	1	0,000	29,772
	C/LH	1,296	1,199	1,169	1	0,280	3,654
	Constant	-4,821	0,760	40,199	1	0,000	0,008
2	H/DBH	0,034	0,004	64,598	1	0,000	1,035
	Constant	-4,225	0,518	66,525	1	0,000	0,015

0,05), sehingga model tidak fit dengan data atau menurut Haloho *et al.* (2013) disebut model tidak sesuai (terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengamatan dengan kemungkinan hasil prediksi model). Menurut Hosmer *et al.*, (2013) jika keputusan uji adalah modelnya tidak cocok dan peneliti memiliki alasan yang sesuai, maka dapat mempertimbangkan pembuatan model kembali. Schreiber-Gregory & Bader (2018) menyebutkan regresi logistik membutuhkan sedikit atau tidak ada multikolinearitas di antara variabel bebas. Ini berarti bahwa variabel bebas tidak boleh terlalu berkorelasi satu sama lain. Koefisien korelasi lebih kecil dari 0,8 masih dinyatakan sebagai tidak terdapat multikolinearitas antar variabel bebas. Koefisien korelasi antar variabel bebas yaitu H dan CL seperti pada Tabel 4, memiliki nilai lebih dari 0,8. Oleh karena itu diajukan model 2 yang hanya melibatkan variabel bebas indeks kelangsingan dan persen tajuk, karena kedua karakteristik ini memiliki korelasi yang sangat rendah.

Hasil analisis Model 2 yaitu model yang memasukkan indeks kelangsingan dan persen tajuk tercantum pada Tabel 6,

menunjukkan bahwa pada tahap 1, berdasarkan uji Wald CL/H tidak signifikan, setelah dilakukan eliminasi variabel CL/H, maka tinggal satu karakteristik pohon yaitu H/DBH (indeks kelangsingan) yang signifikan mempengaruhi kemungkinan pohon rusak karena angin. Suyana & Adburrachman (2011) menyatakan kelangsingan pohon menunjukkan bagaimana pohon tersebut membentuk dirinya untuk tetap tahan dan berdiri tegak.

Dari Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa secara umum dari hasil uji Omnibus test, Hosmer dan Lemeshow Test, nilai Pseudo R-Square maka model regresi dapat diterima atau sesuai. Persamaan regresi logistik layak untuk digunakan karena telah melewati persyaratan dalam membangun model yaitu uji Hosmer Lemeshow. Hasil uji Hosmer Lemeshow menghasilkan nilai signifikan 0,479 (lebih besar dari 0,05) sehingga model cocok (fit) untuk digunakan.



Tabel 7. Rangkuman Hasil Pengujian Model 2

Pengujian	Hasil	Interpretasi
Omnibus Test	Chi-square 0,000 **	Karakteristik pohon H/DBH mempengaruhi pohon rusak karena angin
Hosmer dan Lemeshow Test	Chi-square 0,479 ns	Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengamatan dengan prediksi model. Model regresi dapat diterima atau sesuai.
Pseudo R-Square	Nagelkerke 0,114	Karakteristik H/DBH dapat memberikan kontribusi 11,4 % terhadap kemungkinan pohon rusak karena angin
Classification Table	Overall Percentage 61,3	Model regresi yang digunakan telah cukup baik memprediksi kemungkinan pohon rusak karena angin

Keterangan:

** = signifikan pada taraf uji 0,01; ns = tidak signifikan pada taraf uji 0,05

Persamaan regresi yang dihasilkan adalah:

$$Pi = \frac{Exp(-4,225 + 0,034(H/DBH))}{1 + Exp(-4,225 + 0,034(H/DBH))}$$

Keterangan : Pi = peluang pohon rusak

Persamaan tersebut berarti bahwa pohon yang memiliki indeks kelangsingan 1 satuan lebih besar dari pohon lain, maka peluang pohon akan rusak meningkat sebesar 1,035 kali. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai rata-rata indeks kelangsingan pohon yang tidak rusak sebesar 115,120 sedangkan yang rusak 126,104. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada kedua kelompok yaitu pohon yang tidak rusak dan pohon yang rusak karena angin sama-sama memiliki perawakan yang langsing, namun pohon yang rusak memiliki perawakan yang lebih langsing. Semakin tinggi indeks kelangsingan menunjukkan bahwa tanaman kurus sedangkan indeks kelangsingan yang lebih rendah mengindikasikan tanaman lebih gemuk sehingga lebih stabil. Menurut Sutisna (2000) dalam Suyana (2003) pohon-pohon di hutan alam yang berperawakan bagus mempunyai angka $H/DBH \leq 100$. Lebih dari 100 berarti pohon lebih mudah roboh diterpa angin dan jika kurang dari 100 berarti pohon lebih kekar. Sumono *et al.* (2016) menyebutkan stabilitas pohon

ditunjukkan oleh keadaan pertambahan tinggi dan perkembangan diameter yang seimbang. sehingga pohon tersebut mampu bertahan terhadap gangguan alam. Ini semua ditunjang beberapa faktor antara lain tersedianya unsur hara di dalam tanah, keadaan air tanah, cahaya matahari, perbedaan kualitas tempat tumbuh dan kerapatan. Menurut Hechter (2020), dalam kaitan dengan gangguan karena angin, maka pohon pada hutan tanaman memiliki perbedaan morfologi di atas dan di bawah tanah, serta faktor stabilitas pepohonan jika dibandingkan pada hutan alam.

Untuk memacu pertumbuhan diameter diperlukan perlakuan khusus pada tegakan *Eucalytus pellita* sehingga dapat menghindari pohon terlalu tinggi tanpa ditopang oleh diameter yang besar, agar pada sampai pada akhir rotasi memiliki indeks kelangsingan yang lebih kecil. Perlakuan tersebut antara lain dapat berupa perlakuan silvikultur maupun pengaturan kerapatan tegakan. Menurut Suyana & Adburrachman (2011) pohon memiliki tinggi yang tidak ditopang oleh diameter yang besar akan memberikan indikasi pohon riskan terhadap angin. Penanaman dengan jarak tanam yang lebih lebar akan menyebabkan pohon lebih stabil yang selanjutnya menyebabkan pula kestabilan tegakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Karakteristik pohon yang tidak rusak dan yang rusak karena angin berbeda dalam hal diameter setinggi dada, tinggi total, panjang tajuk dan indeks kelangsingan, sedangkan dalam hal persen tajuk tidak menunjukkan perbedaan. Indeks kelangsingan merupakan salah satu karakteristik yang mempengaruhi kemungkinan pohon rusak karena angin.

Saran

-

DAFTAR PUSTAKA

- Donis, J., Kitenberga, M., Šņepsts, G., Dubrovskis, E., & Jansons, Ā. (2018). Factors affecting windstorm damage at the stand level in hemiboreal forests in Latvia: Case study of 2005 winter storm. *Silva Fennica*, 52(4), 1–8. <https://doi.org/10.14214/sf.10009>
- Haloho, O., Sembiring, P., & Manurung, A. (2013). Penerapan Analisis Regresi Logistik Pada Pemakaian Alat Kontrasepsi Wanita (Studi kasus di Desa Dolok Mariah Kab. Simalungun). *Saintia Matematika*, 1(1), 51–61. <https://media.neliti.com/media/publications/221253-penerapan-analisis-regresi-logistik-pada.pdf>
- Hechter, H. (2020). *Wind damage impacts on Eucalyptus species performance in South Africa*. Nelson Mandela University,.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. (2013). Applied Logistic Regression. In *Biometrics* (Vol. 47, Issue 4). <https://doi.org/10.2307/2532419>
- Hosmer, David W., & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression* (p. 375). John Wiley & Sons, INC.
- Lindsay, A., & Dickinson, G. (2012). *Influence of cyclonic winds on the performance of hardwood plantations in tropical north Queensland. A report prepared for the Timber Queensland project: Best Practice Guide for Timber Plantations in Cyclonic Areas* (Issue June). http://www.timberqueensland.com.au/Docs/Growing-Processing/Processing/TQ_Cyclone_DAFF_Final_Report_290612_2.pdf
- Picchio, R., Tavankar, F., Latterini, F., Jourgholami, M., Marian, B. K., & Venanzi, R. (2020). Influence of different thinning treatments on stand resistance to snow and wind in loblolly pine (*Pinus taeda* l.) coastal plantations of northern iran. *Forests*, 11(10), 1–14. <https://doi.org/10.3390/f11101034>
- Ruchaemi, A. (2013). *Ilmu Pertumbuhan Tanaman*. Mulawarman University Press.
- Schreiber-Gregory, D., & Bader, K. (2018). Logistic and Linear Regression Assumptions: Violation Recognition and Control. *Midwest SAS User Group*, 1–21. https://www.lexjansen.com/wuss/2018/130_Final_Paper_PDF.pdf
- Snepsts, G., Kitenberga, M., Elferts, D., Donis, J., & Jansons, A. (2020). Stem damage modifies the impact of wind on Norway Spruces. *Forests*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/F11040463>
- Sumono, A., Ismail, & Emawati. (2016). Derajat Kestabilan Tegakan Karet (*Havea brasiliensis*) di KALurahan Margomulyo Kecamatan Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *AGRIFOR*, XV(2), 147–154.
- Suyana, A., & Adburrachman. (2011). Kondisi Tegakan Meranti Tembaga



(*Shorea leprosula*) Di Kawasan Bekas Kebakaran Samboja ,. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 5(1), 47–58.

Valinger, E., & Fridman, J. (1997). Modelling probability of snow and wind damage in Scots pine stands using tree characteristics. *Forest Ecology and Management*, 97(3), 215–222.

[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00062-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00062-5)

Zhu, J., Matsuzaki, T., Li, F., & Yutaka, G. (2002). Theoretical derivation of risk-ratios for assessing wind damage in a coastal forest. *Journal of Forestry Research*, 13(4), 309–315. <https://doi.org/10.1007/bf02860097>