

Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Sawit pada Berbagai Ketinggian dan Kedalaman Batang

Erwinskyah dan Eka Nuryanto

ABSTRAK

Penggunaan kayu sawit sampai saat ini masih terbatas walaupun ketersediaannya sangat melimpah sepanjang tahun. Hal ini disebabkan kondisi alami kayu sawit sangat berbeda dengan kayu hutan, baik struktur maupun sifat fisik dan mekanik kayu. Dalam upaya peningkatan penggunaan kayu sawit sebagai bahan baku produk panel maupun penggunaan langsung sebagai kayu solid, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kedalaman dan ketinggian batang terhadap sifat fisik dan mekanik kayu sawit. Batang sawit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pohon sawit berumur 25 tahun sebanyak 8 batang yang dipilih secara acak dan dipotong berdasarkan variasi kedalaman dan ketinggian batang. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa faktor kedalaman batang berpengaruh sangat nyata terhadap sifat fisik dan mekanik kayu sawit, begitu juga faktor ketinggian batang. Namun berdasarkan hasil uji statistik lanjutan, faktor kedalaman batang lebih berpengaruh terhadap sifat kayu dibandingkan dengan faktor ketinggian batang. Dengan hasil penelitian ini, penggunaan kayu sawit dapat ditingkatkan dengan memproduksi kayu gergajian dari batang sawit yang memiliki sifat kayu lebih homogen.

Kata kunci: kayu sawit, kedalaman batang, ketinggian batang, struktur kayu, sifat-sifat kayu, zona kayu.

PENDAHULUAN

Laju deforestasi yang terus meningkat, untuk kurun waktu 2000-2014 laju deforestasi mencapai 1,6 juta ha per tahun (?) dan berbagai upaya untuk menjaga kelestarian hutan menjadi perhatian serius berbagai pemerhati lingkungan, termasuk kegiatan reforestasi. Industri perindustri nasional mengalami

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Erwinskyah (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia
Email: erwinskyahmail@yahoo.com

kendala dalam pengadaan bahan baku kayu baik jumlah maupun kualitas kayu yang semakin menurun. Beberapa jenis kayu cepat tumbuh menjadi alternatif bahan baku dan diversifikasi produk berbasis kayu dan komposit menjadi pilihan bagi industri perindustri nasional agar industri tetap beroperasi.

Di lain pihak, perkembangan industri kelapa sawit nasional terus meningkat dengan pesat, produksi nasional minyak sawit tahun 2013 mencapai 28 juta ton dengan jumlah ekspor 21,5 juta ton (51% produksi minyak sawit dunia) dan menempatkan Indonesia sebagai negara produsen minyak sawit terbesar (Oil World, 2013). Untuk meningkatkan keseimbangan lingkungan dari kegiatan industri kelapa sawit upaya penanganan dan pemanfaatan limbah terus dilakukan, baik limbah cair maupun limbah padat. Salah satu limbah padat yang masih perlu pengkajian untuk pemanfaatannya, yaitu limbah batang sawit yang dihasilkan dari kegiatan peremajaan (*replanting*). Saat ini pemanfaatannya masih sangat terbatas dan hanya dibiarkan melapuk di lapangan setelah ditebang dan dicincang.

Biomassa dalam bentuk batang sawit tersedia dalam jumlah yang sangat besar dan berkelanjutan. Batang sawit yang tersedia sekitar 20,7 juta m³ per tahun mulai tahun 2010 dengan asumsi (1) penambahan luas areal 100.000 ha per tahun untuk periode 1985-1990 (Pamin, 1995); (2) terjadi penurunan jumlah batang 10% selama masa ekonomis kelapa sawit (25 tahun) (Corley *et al*, 2003); dan (3) volume 1,6 m³ per batang (Shaari *et al*, 1991).

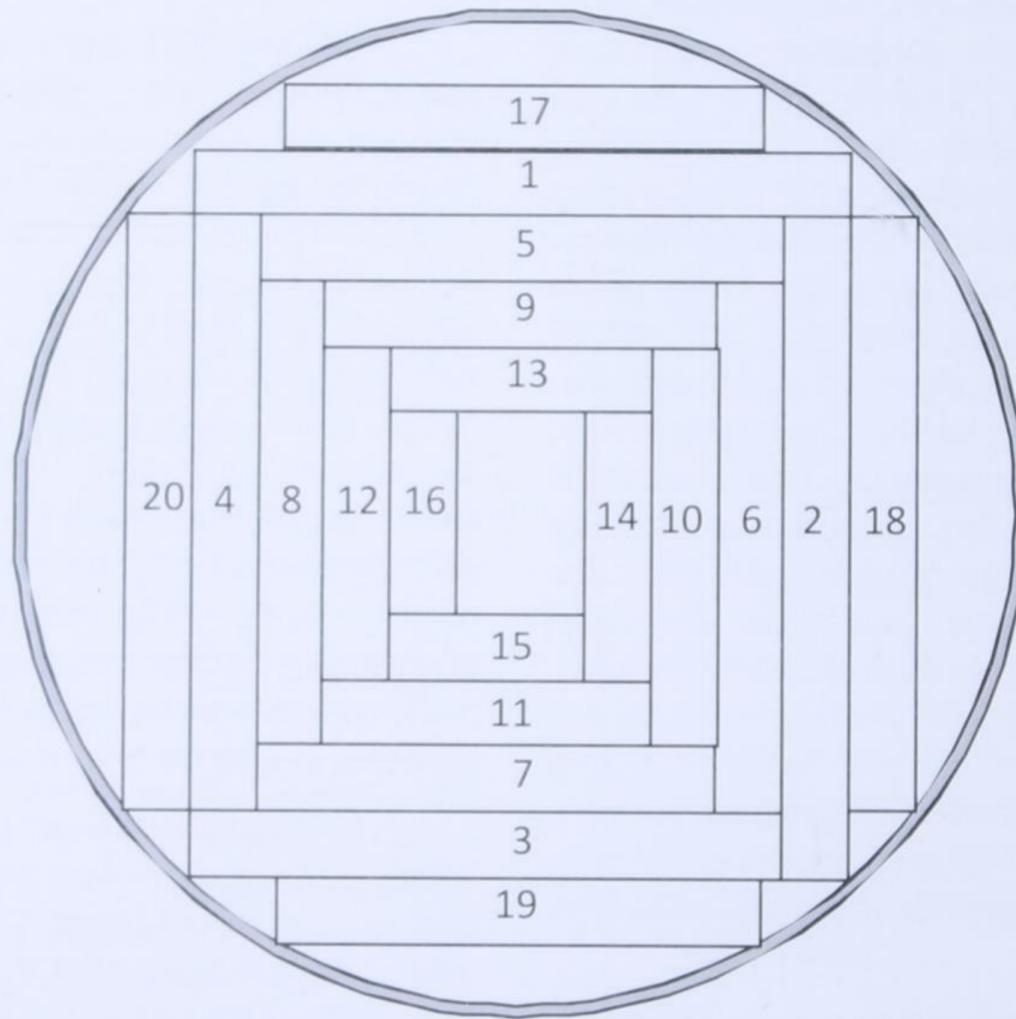
Menurut Balkis *et al.*, 2004, sebagai tanaman monokotil, kayu sawit memiliki struktur kayu yang berbeda dengan kayu hutan (dikotil) sehingga memiliki kekuatan yang sangat berbeda dalam sifat fisiknya. Untuk itu upaya pemanfaatan kayu sawit, kulit kayu sawit dalam satu batang setelah mencapai umur ekonomis perlu dikaji sebagai acuan dasar dalam penggunaan maupun pengembangan teknologi pemrosesan batang sawit menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas kayu sawit pada berbagai ketinggian batang dan zona kayu. Kualitas kayu yang dikaji yaitu sifat fisik, mekanik dan permesinan batang kelapa sawit dengan mengacu pada standar ASTM. Batang sawit berumur 25 tahun yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Kebun Percobaan Bukit Sentang. Data hasil pengujian dianalisa dengan analisis statistik melalui uji beda nyata untuk mengetahui kualitas kayu sawit berdasarkan ketinggian batang dan zona kayu.

BAHAN DAN METODE

Pengujian sifat fisik, mekanik dan permesinan kayu sawit dilakukan pada kayu sawit varietas DP

berumur 25 tahun yang diperoleh dari Kebun Percobaan Bukit Sentang PPKS, Provinsi Sumatera Utara sebanyak 8 batang. Ukuran contoh uji kayu didasarkan pada Standar ASTM untuk pengujian kayu bebas cacat (ASTM Standard, 1995). Batang sawit setelah ditebang, dipotong berdasarkan ketinggian dan kedalaman batang, kemudian digergaji menjadi papan dengan ketebalan 6 cm dengan pola penggergajian seperti tersaji pada Gambar 1. Selanjutnya papan sawit dikeringkan di kilang pengering kayu sampai mencapai kadar air <12%, lalu dibuat contoh uji kayu dengan bentuk sesuai sifat-sifat kayu yang diuji.



Gambar 1. Pola penggergajian batang sawit

Sifat fisik yang diuji meliputi kadar air, densitas, pengembangan tebal/daya serap air. Sedangkan sifat mekanik yang diuji adalah sifat kelenturan (*modulus of elasticity/MOE* dan *modulus of rupture/MOR*), tegangan geser sejajar serat, kekerasan, tegangan tekan sejajar serat, tegangan tarik sejajar dan tegak lurus serat, tegangan sobek dan kuat pegang paku. Pengujian dilakukan merujuk pada ASTM Standard (ASTM 1995-2000) dan DIN Standard (DIN-Taschenbuch, 1991). Pengujian sifat fisik kayu dilakukan di Laboratorium Kayu dan Komposit PPKS,

sedangkan untuk sifat mekanik dan uji permesinan dilakukan di Laboratorium Pengujian Kayu, Fakultas Kehutanan IPB. Pengujian sifat mekanik dilakukan dengan *Universal Testing Machines*.

Selanjutnya data hasil pengujian dianalisa dengan analisis statistik ANOVA dan uji beda nyata lanjutan Duncan. Pembahasan dan interpretasi uji statistik ditujukan untuk mengetahui kualitas kayu sawit pada berbagai kedalaman batang/zona kayu (zona dalam/*inner zone* (IZ), zona tengah/*central zone* (CZ) dan zona luar/*peripheral zone* (PZ)) dan berbagai

ketinggian batang (1, 3, 5, 7 dan 9 meter) yang meliputi sifat fisik, mekanik dan permesinan kayu sawit. Melalui pengujian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang dijadikan dasar dalam penggunaan, pemrosesan dan pengembangan teknologi produk bahan baku kayu sawit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

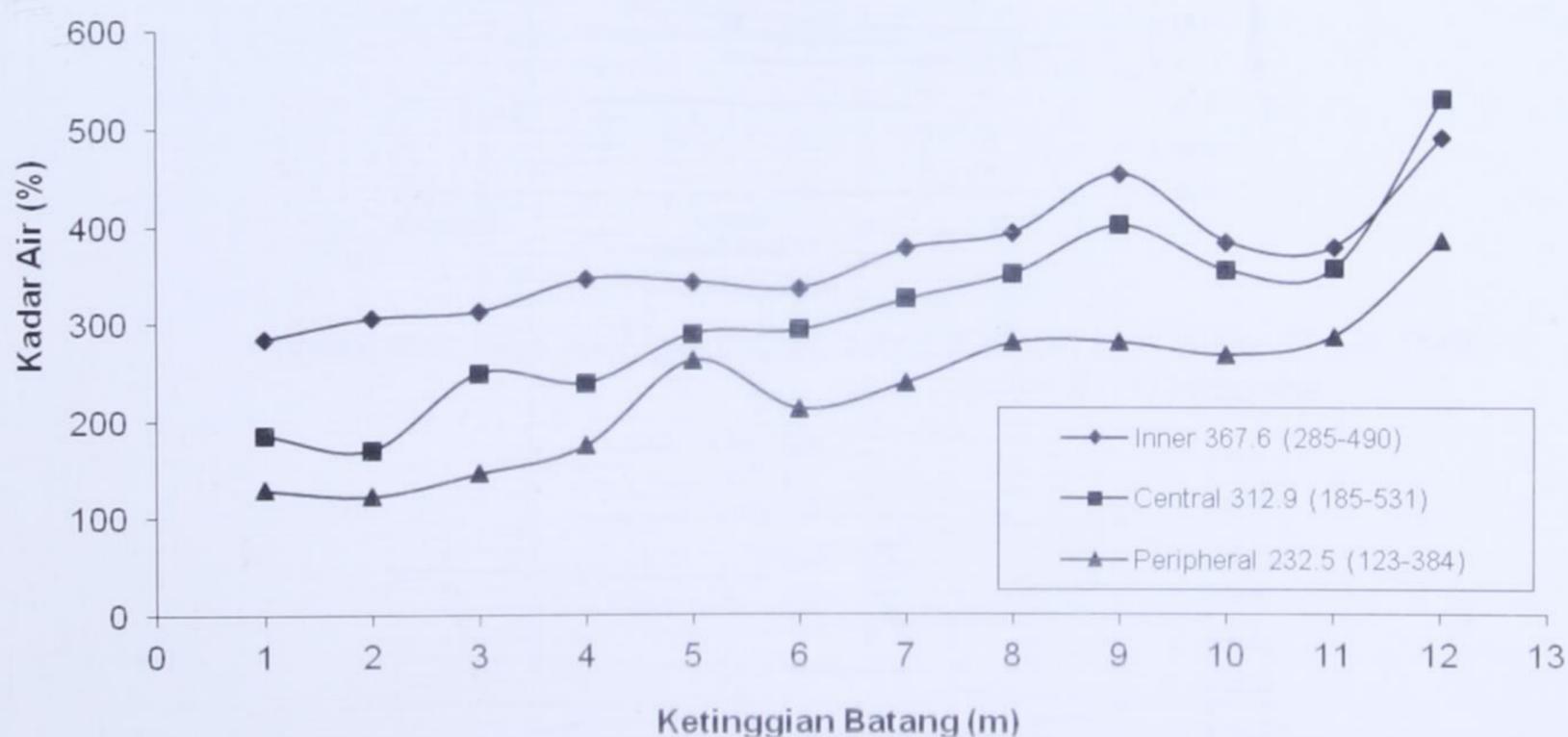
Sifat Fisik Kayu Sawit

Kadar Air

Kadar air (KA) merupakan salah satu sifat fisik kayu yang penting dalam kaitannya dengan penggunaan kayu. Parameter sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban) dimana kadar air akan mengalami perubahan atau berfluktuasi akibat perubahan suhu dan kelembaban lingkungan. Bowyer *et al* (2004) menyatakan bahwa kadar air dibedakan menjadi kadar air basah (*green moisture*), kadar air kering udara (12-20%) dan kadar air kering tanur (KA 0%). Selanjutnya kayu akan memiliki kondisi yang stabil baik dimensi maupun sifat mekanisnya pada kondisi kering dengan kadar air kayu <12%. Oleh

karena itu, untuk pengujian sifat mekanik kayu sawit, sampel kayu dikeringkan sampai mencapai kadar air <12%. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa kadar air kayu sawit dalam keadaan segar (setelah penebangan) dapat mencapai lebih dari 500% dengan rata-rata 304% berkisar antara 123-531% (basis kering).

Berdasarkan kedalaman dan ketinggian batang sawit, kadar air kayu sawit akan mengalami peningkatan dari pangkal sampai ujung batang dan sebaliknya kadar air akan mengalami penurunan dari titik tengah batang sampai bagian luar kayu. Merujuk pada pembagian zona kayu, zona dalam batang memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan zona tengah dan zona luar. Hal ini disebabkan karena pada zona dalam memiliki kandungan sel-sel parenkim yang tinggi sehingga pada zona ini bersifat sangat higroskopis. Kadar air kayu sawit segar rata-rata pada zona dalam, tengah dan luar masing-masing sebesar 368, 312 dan 232%. Kadar air kayu sawit segar berdasarkan kedalaman dan ketinggian batang tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Kadar air kayu sawit pada berbagai ketinggian dan zona batang; (inner=zona dalam, central=zona tengah, Peripheral=zona luar pada arah melintang batang)

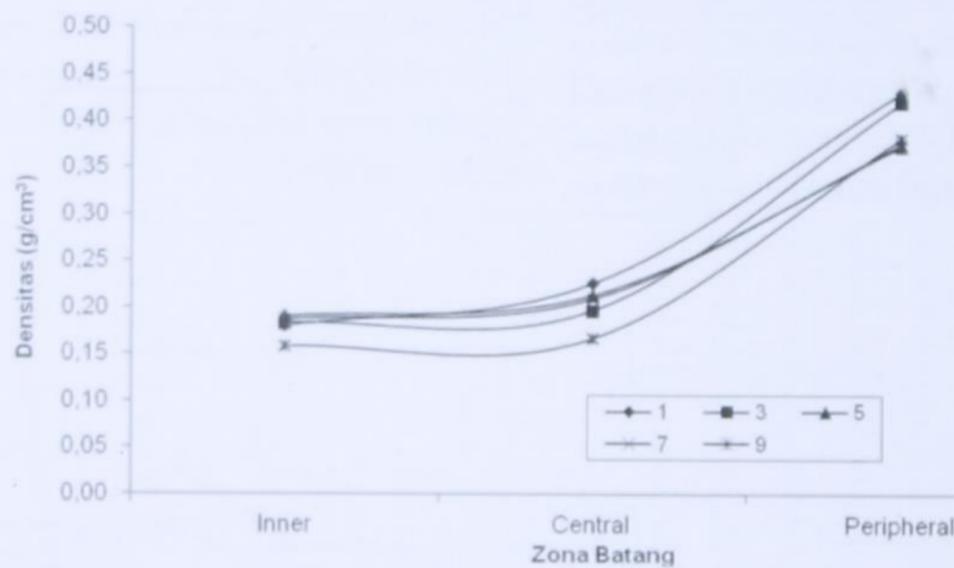
Selanjutnya sebagai perbandingan, kadar air rata-rata pelepah dan daun kelapa sawit masing-masing sebesar 233,5% (berkisar 178,9-291,6%) dan 29,9% (berkisar 7,3-67,2%). Sedangkan kadar air rata-rata untuk akar sangat rendah, yaitu 4,9% dengan kisaran 3,6-6,3%.

Densitas Kayu

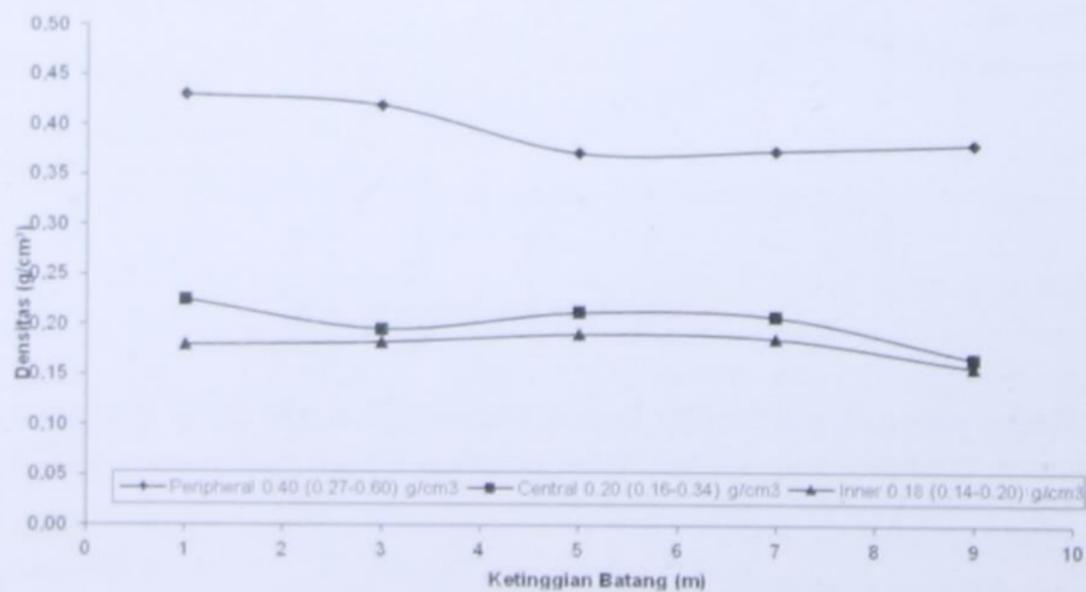
Densitas kayu atau kerapatan kayu diekspresikan sebagai jumlah material kayu terhadap volume kayu pada kondisi tertentu. Parameter ini dievaluasi pada kondisi kering (KA <12%). Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa densitas kayu sawit pada zona dalam dan tengah masing-masing sebesar 0,18 g/cm³ (berkisar 0,16-0,19) dan 0,20 g/cm³ (berkisar 0,17-0,23). Sedangkan

densitas pada zona luar lebih tinggi dibandingkan kedua zona tersebut, yaitu sebesar 0,40 g/cm³ (berkisar 0,37-0,43).

Berdasarkan distribusi densitas kayu sawit pada seksi melintang batang, hubungan antara densitas kayu dan zona kayu diekspresikan pada Gambar 3 dengan persamaan regresi $y=0,085x^2 - 0,235x + 0,328$; $R^2=0,961$. Nilai koefisien korelasi 0,961 menunjukkan bahwa zona kayu merupakan faktor penting dan berpengaruh secara signifikan terhadap densitas kayu. Nilai densitas kayu meningkat dari zona dalam ke zona luar. Distribusi ini hampir sama dengan nilai densitas berdasarkan ketinggian kayu, dimana semakin tinggi posisi batang, maka densitas semakin menurun seperti tersaji pada Gambar 4.



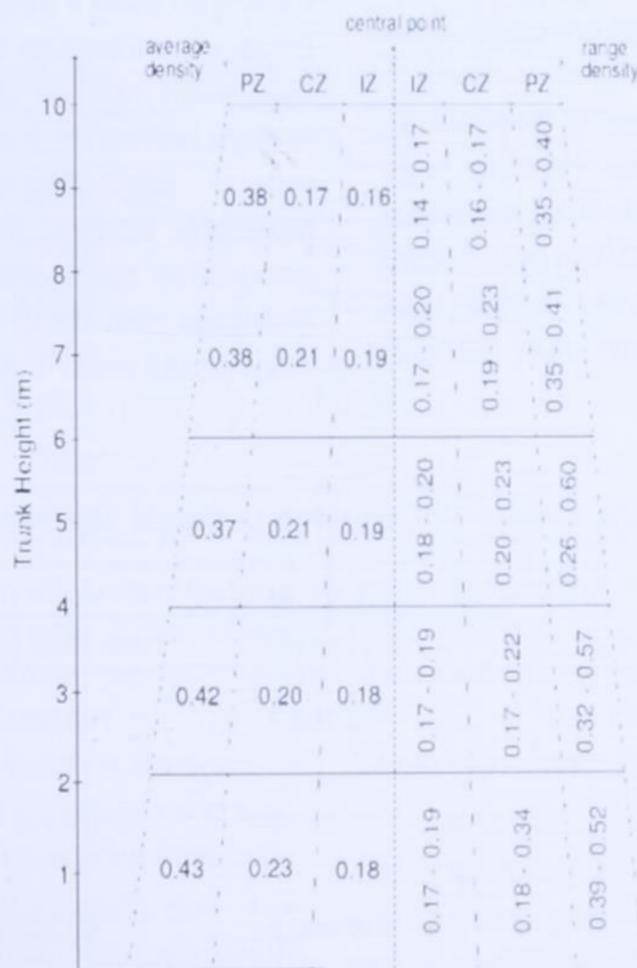
Gambar 3. Pengaruh zona batang terhadap nilai densitas kayu sawit pada berbagai ketinggian (1 – 9 meter).



Gambar 4. Pengaruh ketinggian batang terhadap nilai densitas kayu sawit pada berbagai zona batang.

Selanjutnya untuk menganalisa pengaruh kedalaman (zona kayu) dan ketinggian batang terhadap densitas kayu sawit dilakukan analisis statistik menggunakan *randomized complete factorial design analysis* pada 3 zona kayu (*inner, central dan pheriperal zone*) dan 5 ketinggian kayu (1; 3; 5; 7 dan 9 meter). Berdasarkan hasil analisa diketahui bahwa faktor kedalaman dan ketinggian batang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai densitas kayu sawit pada tingkat kepercayaan 95%, tetapi interaksi antara kedua faktor tersebut tidak berbeda nyata. Berdasarkan analisis Duncan terdapat tiga pengelompokan densitas kayu berdasarkan zona kayu. Hal ini mengindikasikan bahwa densitas kayu pada satu zona kayu terhadap zona lainnya berbeda secara signifikan pada tingkat 0,05. Berdasarkan ketinggian batang, densitas kayu diklasifikasikan

menjadi tiga kelompok, yaitu kayu sawit dengan ketinggian 1-3 m, >3-5m dan >5-7 meter. Hasil analisis regresi linier untuk memprediksi nilai densitas kayu sawit berdasarkan zona kayu dan ketinggian batang diekspresikan dengan persamaan $D = 0,67 + 0,108Z - 0,005H$, $R^2 = 0,69\%$; dimana D=densitas kayu; Z=zona batang dan H=ketinggian batang. Hasil ini mengindikasikan bahwa 69% variasi densitas kayu sawit ditentukan oleh zona kayu dan ketinggian batang, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Faktor kedalaman batang berpengaruh lebih tinggi dibandingkan dengan faktor ketinggian batang terhadap nilai densitas kayu sawit dengan tingkat kepercayaan 95%. Merujuk pada hasil analisis statistik, klasifikasi dan distribusi densitas kayu sepanjang batang berdasarkan kedalaman dan ketinggian batang tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola penggergajian batang sawit, (Erwinsyah, 2008)

Penyusutan Volume

Secara alami kayu akan mengalami penyusutan bila air keluar atau mengalami penguapan dari sel kayu dan nilai penyusutan kayu secara proporsional merefleksikan penurunan kadar air kayu dibawah titik jenuh serat kayu. Wakler *et al* menyatakan bahwa jumlah penyusutan kayu tergantung pada nilai densitas kayu. Secara ideal, penyusutan volume sebesar 20-25% akan menyebabkan kayu mengalami pengurangan kadar air sekitar 8-12%. Dalam penelitian ini, penyusutan kayu yang dikaji adalah penyusutan volume dikarenakan perubahan bentuk spesimen kayu yang tidak beraturan setelah proses pengeringan dalam kilang pengering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyusutan kayu sawit mengalami peningkatan dari bagian pangkal sampai ujung batang seperti tersaji pada Gambar 6. Nilai penyusutan kayu sawit berkisar antara 10,3% sampai 22,8%. Nilai penyusutan pada zona tengah sebesar 19,6% sedangkan pada zona dalam dan luar lebih rendah dengan nilai masing-masing sebesar 16,7% dan 16,8%. Hal ini disebabkan karena jumlah serabut vaskular per satuan luas mengalami peningkatan dari zona dalam ke zona luar dan serabut vaskular pada zona luar terdiri atas 1 atau 2 sel pembuluh sedangkan pada zona tengah dan dalam berjumlah 2 atau 3 sel pembuluh dengan ukuran yang hampir sama.

Sifat Mekanik Kayu Sawit

Kelenturan Kayu (*modulus of elasticity/MOE & modulus of rupture/MOR*)

Dalam penerapan kayu pada berbagai aplikasi struktur, kekuatan kayu merupakan kriteria utama dalam pemilihan bahan. Bowyer *et al* menyatakan bahwa sifat mekanik kayu merupakan karakteristik penting dari produk-produk berbasis kayu dalam penggunaannya untuk keperluan stuktur. Penelitian ini dilakukan untuk menguji sifat mekanik kayu sawit berdasarkan kedalaman dan ketinggian batang dengan menggunakan standar ASTM.

Modulus of Elasticity

Berdasarkan hasil pengujian tegangan elastis (*modulus of elasticity/MOE*), nilai rata-rata MOE kayu sawit pada zona dalam, tengah dan luar masing-masing sebesar 10650, 26297 dan 55913 kg/cm². Nilai tegangan elastis pada zona tengah dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan dengan zona dalam dan dua kali lipat lebih rendah dibandingkan dengan zona luar. Artinya bahwa kayu sawit dengan sifat elastisitas tinggi terletak pada bagian luar batang. Hal ini dapat dipahami, karena jumlah serabut vaskular mengalami penurunan dari zona luar ke zona dalam. Data dan distribusi nilai MOE kayu sawit pada berbagai zona kayu tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi nilai tegangan lentur (MOE) pada berbagai zona kayu

Ketinggian (m)	Zona Kayu			Nilai Rata Rata
	Zona Dalam (IZ)	Zona Luar (CZ)	Zona Luar (PZ)	
1	10.175,0	53.509,1	700.022,5	44.568,9
3	13.010,5	30.924,2	65.774,3	36.569,7
5	11.149,2	18.550,8	69.237,5	32.979,1
7	9.458,4	15.554,7	34.178,9	19.730,7
9	9.457,8	12.946,1	40.353,2	20.919,0
Rata Rata	10.650,2	26.297,0	55.913,3	30.953,5

Keterangan: Pengujian dilakukan dengan *universal testing machine* pada sampel kayu sawit kering dengan 5 kali ulangan pada setiap posisi ketinggian dan kedalaman batang. Ukuran sampel merujuk pada standar ASTM.

Hasil pengujian sifat elastisitas/kelenturan dan analisis statistik, diketahui bahwa faktor kedalaman dan ketinggian batang serta interaksi keduanya berpengaruh secara signifikan terhadap nilai tegangan lentur dengan tingkan kepercayaan 95%. Kajian lanjutan terhadap nilai elastisitas kayu sawit di setiap zona kayu menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nilai MOE pada zona dalam sepanjang batang, sedangkan pada zona tengah dan luar, nilai MOE pada berbagai ketinggian batang berbeda secara signifikan pada tingkat 0,05. Berdasarkan hasil kajian ini dapat dinyatakan bahwa kayu sawit yang berasal dari zona dalam tidak perlu dibedakan berdasarkan ketinggian batang, sedangkan untuk kayu sawit yang berasal dari zona tengah dan dalam perlu dibedakan dalam penggunaannya berdasarkan pengklasifikasian ketinggian batang, sebagai berikut:

- Untuk kayu sawit dari zona tengah (*central zone*), dibedakan dari ketinggian 1-3m; >3-7m dan >7-9m.
- Untuk kayu sawit dari zona luar (*pheripheral zone*), dibedakan dari ketinggian 1-5m; 5-9m.

Modulus of Rupture

Selain sifat elastisitas kayu, kekuatan kayu dimana kayu mengalami kerusakan atau perubahan bentuk dan tidak dapat kembali ke kondisi awal karena beban yang menimpa kayu tersebut telah mencapai titik maksimum beban disebut tegangan patah atau *modulus of rupture* (MOR). Sifat mekanis kayu ini merupakan parameter penting dalam penggunaan kayu untuk tujuan keteknikan (*engineering purpose*). Hasil pengujian sifat tegangan patah kayu sawit pada setiap zona dan ketinggian batang tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi nilai tegangan patah (MOR) pada berbagai zona kayu

Ketinggian (m)	Zona Kayu			Nilai Rata-Rata
	Zona Dalam (IZ)	Zona Luar (CZ)	Zona Luar (PZ)	
1	79,7	366,2	494,2	313,4
3	92,3	216,9	496,1	268,5
5	92,5	145,4	547,4	261,8
7	80,1	119,8	264,0	154,6
9	76,8	94,3	283,4	151,5
Rata-Rata	84,3	188,5	417,0	230,0

Keterangan: Pengujian dilakukan dengan *universal testing machine* pada sampel kayu sawit kering dengan 5 kali ulangan pada setiap posisi ketinggian dan kedalaman batang. Ukuran sampel merujuk pada standar ASTM.

Nilai tegangan patah kayu sawit mengalami peningkatan dari bagian zona dalam menuju zona luar. Nilai rata-rata MOR pada setiap zona adalah 84 kg/cm² (zona dalam); 189 kg/cm² (zona tengah) dan 417 kg/cm² (zona luar). Sedangkan nilai rata-rata MOR pada ketinggian batang 1, 3, 5, 7 dan 9 m masing-masing sebesar 313, 268, 261, 155 dan 152 kg/cm². Analisis statistik menunjukkan bahwa faktor kedalaman batang, ketinggian batang dan interaksi keduanya menunjukkan perbedaan yang signifikan pada tingkat 0,05. Secara umum, sifat kelenturan kayu (MOE dan MOR) meningkat dari zona dalam ke zona luar dan kecenderungan ini hampir sama mulai dari pangkal sampai ke ujung batang.

Tegangan Geser Sejajar Serat

Dalam penelitian ini tegangan geser sejajar serat dikaji untuk mengetahui kekuatan kayu sawit saat mengalami beban sejajar serat kayu pada berbagai posisi kedalaman dan ketinggian batang. Berdasarkan hasil pengujian seperti tersaji pada Tabel 3, diketahui bahwa nilai tegangan geser sejajar serat pada zona kayu dalam tengah dan luar masing-masing sebesar 14,1; 14,3 dan 24,7 kg/cm². Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa nilai kekuatan tegangan geser pada zona luar 71% lebih tinggi dibandingkan zona kayu lainnya. Nilai kekuatan ini mengalami penurunan dari bagian pangkal ke bagian ujung batang.

Tabel 3. Distribusi nilai tegangan lentur (MOE) pada berbagai zona kayu

Ketinggian (m)	Zona Kayu			Nilai Rata-Rata
	Zona Dalam (IZ)	Zona Luar (CZ)	Zona Luar (PZ)	
1	16,7	22,0	35,9	24,9
3	20,5	14,9	28,0	21,1
5	14,5	1,5	30,7	20,2
7	8,6	10,5	15,8	11,7
9	10,0	8,8	13,2	10,7
Rata-Rata	14,1	14,3	24,7	17,7

Keterangan: Pengujian dilakukan dengan *universal testing machine* pada sampel kayu sawit kering dengan 5 kali ulangan pada setiap posisi ketinggian dan kedalaman batang. Ukuran sampel merujuk pada standar ASTM.

Merujuk pada hasil pengujian tegangan geser sejajar serat, secara umum kayu sawit pada bagian zona kayu dalam dan tengah tidak memiliki perbedaan, sehingga kedua zona kayu ini dapat digunakan tanpa membedakan posisi kedalaman kecuali dengan zona luar.

Kekerasan

Sifat kekerasan kayu dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi terkait pada kekuatan kayu untuk menahan beban yang mengakibatkan goresan atau guratan pada permukaan kayu dan juga terkait saat proses pengerjaan kayu menggunakan peralatan tukang atau mesin perkayuan. Sifat kekerasan sangat diperlukan terutama bila kayu digunakan untuk *flooring*, peralatan olahraga, *paving block* dan lainnya yang mensyaratkan permukaan kayu yang tidak mudah pecah atau tergores. Kollmann (1967) menyatakan bahwa nilai kekerasan kayu pada arah aksial dua kali lebih tinggi daripada pada arah sisi/samping, tetapi tidak pada arah radial dan tangensial tidak berbeda secara nyata. Pengujian kekerasan dilakukan dengan membenamkan bola besi dengan diameter 11,28 mm sedalam setengah dari diameter bola.

Secara umum, nilai kekerasan kayu sawit sebesar 137,2 kg dengan rata-rata nilai kekerasan pada zona dalam, tengah dan luar masing-masing sebesar 81, 110 dan 220 kg. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa nilai kekerasam kayu pada zona dalam dan tengah tidak berbeda nyata pada tingkat 0,05 dan kedua zona ini berbeda secara nyata dengan zona luar pada tingkat kepercayaan 95%. Sedangkan

faktor ketinggian kayu juga tidak berbedanya terhadap nilai kekerasan kayu sawit sampai pada ketinggian 8 meter. Data nilai kekerasan kayu sawit pada berbagai kedalaman dan ketinggian batang tersaji pada Tabel 4.

Tegangan Tekan Sejajar Serat

Pengujian sifat mekanik tekan sejajar serat pada kayu sawit hanya dilakukan pada zona luar (peripheral zone) tetapi pada berbagai posisi ketinggian batang. Hasil pengujian dan analisis statistik sifat tegangan tekan sejajar serat pada kayu sawit menunjukkan bahwa faktor ketinggian tidak berpengaruh secara nyata terhadap kekuatan tekan sejajar serat pada tingkat kepercayaan 95%. Nilai rata-rata sifat ini sebesar 197 kg/cm² yang berkisar antara 170 sampai 236 kg/cm². Data nilai tegangan tekan sejajar serat pada kayu sawit tersaji pada Tabel 5.

Sifat mekanik tegangan tarik sejajar dan tegak lurus serat pada kayu menunjukkan kekuatan kayu saat mengalami beban tarik. Menurut Haygreen (2004) dan Kollmann and Cofe (1968), sifat tegangan tarik ini sangat dipengaruhi oleh posisi dan panjang serat kayu serta pengaturan *microfibril*.

Pengujian kekuatan tarik pada kayu sawit hanya dilakukan pada bagian zona luar dikarenakan keterbatasan bahan kayu sawit. Hasil pengujian pada kayu sawit, diketahui bahwa nilai tegangan tarik sejajar serat dan tegak lurus serat masing-masing sebesar 284 kg/cm² dan 3,56 kg/cm² (Tabel 6). Nilai kekuatan tarik sejajar serat sangat tinggi dibanding pada arah tegak lurus serat. Hal ini sesuai dengan Kollmann and Cote (1968) yang menyatakan bahwa tegangan sejajar serat dapat mencapai 50 kali lipat lebih besar dibanding pada arah tegak lurus serat.

Tabel 4. Distribusi nilai kekerasan kayu sawit pada berbagai zona kayu (kg)

Ketinggian (m)	Zona Kayu			Nilai Rata-Rata
	Zona Dalam (IZ)	Zona Luar (CZ)	Zona Luar (PZ)	
1	74,7	134,1	138,5	115,8
3	71,4	100,3	226,9	132,9
5	79,9	100,7	278,4	153,0
7	80,6	101,1	182,9	121,5
9	100,3	113,4	274,9	162,9
Rata-Rata	81,4	109,9	220,3	137,2

Keterangan: Pengujian dilakukan dengan *universal testing machine* pada sampel kayu sawit kering dengan 5 kali ulangan pada setiap posisi ketinggian dan kedalaman batang. Ukuran sampel merujuk pada standar ASTM.

Tabel 5. Distribusi nilai tegangan tekan sejajar serat kayu sawit

Ketinggian (m)	Tegangan Tekan Sejajar Serat (kg/cm ²)
1	180,2
3	174,3
5	222,7
7	169,8
9	236,1
Rata-Rata	196,6

Tabel 6. Distribusi nilai tegangan tarik sejajar dan tegak lurus serat kayu sawit

Ketinggian (m)	Tegangan Tarik Sejajar Serat (kg/cm ²)	Tegangan Tarik Tegak Lurus Serat (kg/cm ²)
	1	387,2
3	401,0	4,5
5	326,8	3,7
7	241,8	2,6
9	63,4	2,7
Rata-Rata	283,8	3,6

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa faktor ketinggian berpengaruh secara nyata terhadap nilai tegangan tarik sejajar serat pada tingkat kepercayaan 95%, tetapi tidak berpengaruh nyata untuk tegangan tarik tegak lurus serat kayu sawit. Dalam penggunaan kayu sawit yang memerlukan kekuatan tarik perlu dipisahkan antara posisi ketinggian sampai 7 meter dan lebih dari 7 meter.

Tegangan Belah

Ketahanan kayu mempertahankan bentuknya akibat daya atau beban luar yang menyebabkan kayu tersebut mengalami pembelahan atau keretakan disebut tegangan belah (*cleavage strength*). Bowyer (15) menyatakan bahwa nilai ini sangat berguna terutama saat penggunaan kayu memerlukan paku

atau sekrup. Hasil pengujian dan analisis statistik menunjukkan bahwa faktor ketinggian batang tidak terlalu berpengaruh secara nyata terhadap nilai tegangan belah kayu sawit, tetapi dalam penggunaannya perlu dipisahkan antara ketinggian 1 - 5 meter dan lebih dari 5 meter. Nilai rata-rata tegangan belah pada zona luar sebesar $1,7 \text{ kg/cm}^2$ seperti tersaji pada Tabel 7.

Kuat Pegang Paku

Ketahanan pencabutan paku secara langsung pada kayu terkait pada sifat densitas kayu, diameter paku dan kedalaman penetrasi pada kayu. Permukaan dan jenis paku juga berpengaruh terhadap ketahanan cabut. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa nilai kuat pegang paku kayu sawit pada zona luar sebesar 34,5 kg berkisar antara 28,5 dan 43,8 kg (Tabel 8). Analisis statistik menunjukkan bahwa faktor ketinggian sangat berpengaruh terhadap nilai kuat pegang paku kayu sawit pada tingkat kepercayaan 95%.

Tabel 7. Distribusi nilai tegangan belah kayu sawit

Ketinggian (m)	Tegangan Belah (kg/cm^2)
1	1,7
3	2,1
5	2,1
7	1,2
9	1,4
Rata-Rata	1,7

Tabel 8. Distribusi nilai kuat pegang paku kayu sawit

Ketinggian (m)	Kuat Pegang Paku (kg)
1	28,5
3	43,8
5	37,2
7	29,9
9	33,1
Rata-Rata	34,5

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi ini dapat disimpulkan bahwa secara umum faktor kedalaman batang/zona kayu (*inner, central dan periperal zone*) dan ketinggian batang sangat berpengaruh secara signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik kayu sawit dalam kaitannya pada penggunaan kayu sawit untuk keperluan struktural.

Hasil pengujian sifat fisik kayu sawit dapat dinyatakan bahwa kadar air kayu mengalami

peningkatan dari bagian pangkal menuju ujung batang dan dari zona luar menuju zona dalam batang sawit. Nilai rata-rata kadar air kayu sawit segar mencapai 304%. Selanjutnya, nilai densitas kayu sawit pada zona luar, tengah dan dalam masing-masing sebesar $0,40$; $0,20$ dan $0,18 \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan analisis statistik, faktor kedalaman batang lebih berpengaruh terhadap nilai densitas kayu sawit dibandingkan dengan faktor ketinggian batang. Dengan demikian dalam penggunaannya kayu sawit perlu dibedakan berdasarkan posisi zona kayu. Hasil pengujian

terhadap sifat penyusutan volume menunjukkan bahwa nilai penyusutan kayu sawit berkisar antara 10,3 sampai 22,8%. Nilai penyusutan pada zona tengah lebih tinggi dibandingkan zona dalam dan luar batang.

Hasil pengujian terhadap sifat mekanik kayu sawit secara umum menunjukkan bahwa faktor kedalaman dan ketinggian batang berpengaruh nyata terhadap sifat kelenturan, tegangan geser, tekan, tarik, dan belah, dan kekerasan kayu serta sifat kuat pegang paku. Dengan demikian dalam penggunaan kayu sawit sebagai bahan konstruksi perlu memperhatikan sifat fisik dan mekanik berdasarkan kedalaman dan ketinggian batang.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM-Standard. 1995. *Annual book of American Standard Testing Methods (ASTM-Standards)-D-7 on Wood, Section 4. Construction*, volume 04.10 of D 143-94 - *Standard methods of testing small clear specimens of timber*, pages 23–53. ASTM, USA.
- ASTM-Standard. 1995. *Annual book of American Standard Testing Methods (ASTM-Standards)-D-7 on Wood, Section 4. Construction*, volume 04.10 of D 2016-94 - *Test methods for moisture content of wood*. ASTM, USA.
- ASTM-Standard. 1995. *Annual book of American Standard Testing Methods (ASTM-Standards)-D-7 on Wood, Section 4. Construction*, volume 04.10 of D 2395-93 - *Standard test methods for specific gravity of wood and wood-base materials*, pages 348–355. ASTM, USA.
- ASTM-Standard. 1995. *Annual book of American Standard Testing Methods (ASTM-Standards)-D-7 on Wood, Section 4. Construction*, volume 04.10 of D 1324-83 - *Standard specification of modified wood*, pages 197–200. ASTM, USA.
- ASTM-Standard. 2000. *Annual book of American Standard Testing Methods (ASTM-Standards)-D-7 on Wood, Section 4. Construction*, volume 04.10 of D 1666-90 - *Standard test methods for conducting machining tests of wood and wood-base materials*, pages 235–253. ASTM, USA.
- Bowyer, J.L., R. Shmulsky, and J.G. Haygreen. 2004. *Forest Products and Wood Science – An Introduction*, pages 160–193; 228–241. Blackwell Publishing Company, fourth edition.
- Choon, K.K., W. Killmann, L.S. Choon, and H. Mansor. 2004. Characteristics of the oil palm stem. In K. Shaari, K. C. Khoo, and A. R. M. Ali, editors, *Oil palm stem utilization*, 107, pages 15–28. Forest Research Institute Malaysia, 1991.
- Dowdy, S., S. Wearden, and D. Chilko. 2004. *Statistics for Research. Probability and Statistics*. A John Wiley and Sons, Inc., Canada, 3rd edition.
- DIN-Taschenbuch. *Normen über Holz - Bestimmung der Quellung und Schwindung*, volume 31 of DIN 52 184, pages 89–92. Beuth Verlag GmbH, Berlin, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1991.
- DIN-Taschenbuch. *Normen über Holz - Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes*, volume 31 of DIN 52 183, pages 87–88. Beuth Verlag GmbH, Berlin, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 1991.
- Hartley, C.W.S. 1998. *The oil palm*, pages 19–23. Longman Scientific and Technical, third edition.
- Kollmann, F.F.P. and W. A. Coté. 1968. *Principle of wood science and technology. I. Solid Wood*. Springer-Verlag, Berlin.
- Kollmann, F.F.P. 1951. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*. Springer Verlag, Berlin.
- Leech, N.L., K.C. Barrett, and G.A. Morgan. 2005. *SPSS for intermediate statistics - Use and Interpretation*. Lawrence Erlbaum Associates, London, 2nd edition.
- Mielke, T. 2010. Oil world data base. www.oilworld.biz (ISTA Mielke GmbH), June 2010.
- Pamin, K. 1995. Utilization of oil palm wastes. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 3(3): 93–96.
- USDA-FPL. 1999. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. USDA Forest Service - Forest Product Laboratory, Madison.
- Walker, J.C.F., B.G. Butterfield, T.A.G. Langrish, J.M. Harris, and J.M. Uprichard. 1993. *Primary wood processing*, pages 95–99. Chapman and Hall, London, first edition.

