



KELAS KUAT KAYU TUMIH (*Combretocarpus rotundatus* (Miq.) Danser) BERDASARKAN BAGIAN BATANG

(The the physical and mechanical Properties of Tumih Wood Based on Section Stem)

Gimson Luhan, Herwin Joni, Johansyah, Yanciluk, dan Ahmad Mujaffar
Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya Kalimantan Tengah
Jl. H. Timang Palangka Raya, 73111.

ABSTRACT

Tumih wood (*Combretocarpus rotundatus* (Miq.) Danser) is classified as an unknown type of wood which is widely grown in peat swamp forests in Central Kalimantan. This study aims to analyze the physical properties and mechanical properties of wood in axial and radial directions so that they can be utilized properly. The results of the study resulted in fresh water content and dry air content of wood air, each of which was 71,58% and 19,33%, kiln dry weight 0,72, tangential shrinkage 9,68%, radial shrinkage 5,02% and longitudinal shrinkage 0,19%. Testing of mechanical properties resulted in a flexural firmness of 618,33 kg/cm², compressive strength parallel to the fiber 333,27 kg/cm², shear constancy 92,02 kg/cm², hardness 355,60 kg/cm², and stiffness at 19,50 kg/cm². Based on the Indonesian Wood Construction Regulations Standard (PKKI) NI 5-1961 tumih wood is included as a strong class III of Indonesian wood, so it is quite well used for home building raw materials, beams, floor and wall boards, door/window frames, and furniture.

Keywords: tumih wood, physical properties, and mechanical properties.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hutan rawa gambut Kalimantan Tengah merupakan salah satu hutan yang banyak menyimpan potensi kayu kurang dikenal baik dari segi jenis maupun jumlahnya. Kayu tumih (*Combretocarpus rotundatus* (Miq.) Danser) tergolong kurang dikenal (lesser known species) masih sangat terbatas pemanfaatannya, secara lokal untuk kayu bakar dan bahan bangunan secara terbatas seperti balok, serta penjualannya dikelompokkan dalam jenis kayu campuran.

Pemanfaatan kayu menjadi kayu secara komersial dapat dicapai apabila sifat fisika kayu dan mekanika kayu tumih

dalam satu batang pohon diketahui dengan jelas alternatif teknologi pemanfaatan/pengolahan kayu dan penggunaannya secara tepat baik memenuhi persyaratan bahan baku industri hasil hutan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisika dan sifat mekanika dari kayu tumih pada arah aksial dan radial agar dapat dimanfaatkan secara tepat berdasarkan kelas kuat kayu. Sedangkan manfaat penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang lengkap mengenai sifat fisika dan mekanika kayu tumih untuk pengolahan dan pemanfaatan kayu tumih secara tepat.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan: gergaji pemotong (chain saw), speed saw, pisau pemotong, meteran pita, kamera, oven, mesin ketam, kertas ampelas, timbangan analitik, timbangan elektrik, kaliper, mistar, desikator, penjepit, baskom, gelas piala, gelas ukur, jarum penekan, Universal Testing Machine, dan lain-lain.

Pohon tumih berasal dari Kelurahan Menteng, Kecamatan Jekan Raya, Kotamadya Palangka Raya, berdiameter 21,6 cm dan tinggi 11,2 m. Pemotongan contoh uji secara proporsional untuk bagian batang pada arah aksial (pangkal, tengah, dan ujung) dan bagian batang arah radial (dekat hati, tengah, dan dekat kulit).

Data pengamatan sifat fisika, yaitu kadar air segar, kadar air kering udara, berat jenis kering tanur, dan penyusutan, dan sifat mekanika, yaitu keteguhan lentur, keteguhan tekan sejajar serat, keteguhan geser, kekerasan, dan keteguhan pukul.

Analisis data dengan grafik, agar memudahkan mendeskripsi informasi secara jelas perbedaan data nilai akibat perbedaan letak bagian batang terhadap sifat fisika dan mekanika kayu tumih untuk pengolahan dan pemanfaatan kayu tumih secara tepat berdasarkan kelas kuat kayu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

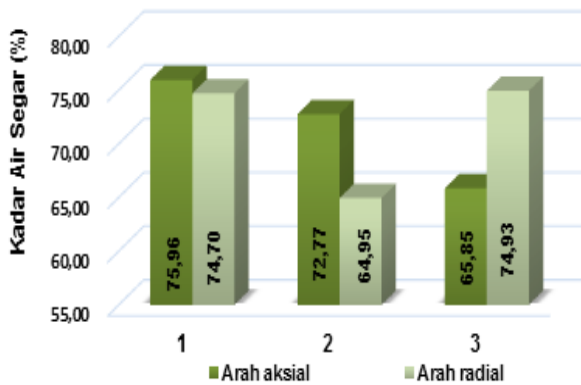
Kadar Air Segar

Kadar air segar yang merupakan ukuran banyaknya air saat pohon berdiri merupakan parameter penting misalnya dalam proses pengeringan kayu atau pengangkutan log. Shmulsky and Jones

(2011) menjelaskan bahwa nilai kadar air kayu yang baru saja dipotong berkisar antara 33-249% (dari berat kayu kering mutlak) bergantung pada bagian kayu, tempat tumbuh, umur, musim panen, dan ukuran pohon. Hasil pengukuran kadar air segar kayu tumih Gambar 1, pada bagian batang arah aksial memiliki kecenderungan menurun dari pangkal 75,96% ke tengah 72,77% dan ujung batang 65,85%, dimana kisarannya adalah 65,85-75,96%, dengan nilai rata-rata 71,58%. Hasil ini lebih besar dari penelitian Febrian (2014), kadar air segar kayu tumih berkisar 51,34-75,31% dengan nilai rata-rata 63,51%. Nilai kadar air segar tumih termasuk kelompok 60-110% pada BJ 0,64-0,8 menurut Seng (1990) dan hasil ini sesuai dengan pernyataan Siarudin dan Marsoem (2007) bahwa pangkal pohon biasanya memiliki kadar air tertinggi dan akan menurun secara teratur ke arah ujung pohon. Hasil ini sesuai dengan penelitian Widiati, dkk (2016) bahwa pada kayu ipil dikarenakan pada bagian pangkal selain lebih dekat dengan akar secara struktur anatomi juga mempunyai susunan sel yang lebih padat sehingga membuat air dalam kayu menjadi cenderung lebih tinggi. Dalam Marsoem, dkk, (2014) adanya perbedaan kadar air basah berdasarkan posisi ketinggian batang pohon diduga berkaitan dengan bagian kayu atau xylem yang terbentuk lebih banyak pada bagian pangkal. Pada kondisi ini rongga dan dinding sel kayu penuh dengan air. Bagian pangkal memiliki biomassa yang lebih banyak, dibandingkan bagian tengah dan ujung pohon.

Nilai kadar air segar kayu tumih pada bagian batang arah radial memiliki kecenderungan menurun dari dekat hati 74,70% ke tengah 64,96% dan meningkat dekat kulit 74,93%. Hasil ini diperkuat

dengan pernyataan Rahayu (2001), bahwa bagian pusat batang (teras) memiliki persentase jumlah parenkim yang lebih banyak dibandingkan dengan bagian tepi batang (gubal). Parenkim diketahui sebagai sel yang berfungsi sebagai penyimpan sehingga lebih banyak mengandung air.



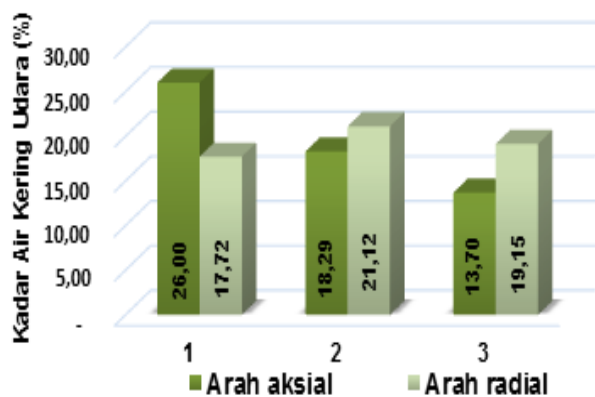
Gambar 1. Kadar Air Segar Kayu Tumih

Mengacu pendapat Marsoem (1996) bahwa kadar air segar yang tidak seragam pada kedudukan radial biasanya memerlukan perlakuan khusus untuk mencegah terjadinya cacat (pecah dan retak) akibat penyusutan kayu yang tidak seragam selama kayu kehilangan air. Berdasarkan data kadar air segar rata-rata kayu tumih yang baru ditebang 71,58% akan menguap sekitar 41,53% air untuk mencapai kadar air seimbang. Informasi ini dapat dijadikan pertimbangan dalam proses pengeringan baik alami maupun buatan, untuk menghindari terjadi cacat pengeringan.

Kadar Air Kering Udara

Nilai kadar air kering udara kayu tumih Gambar 2, pada bagian batang arah aksial memiliki kecenderungan menurun dari pangkal 26,00% ke tengah 18,29% dan ujung batang 13,70%, sedangkan

bagian batang arah radial meningkat dari dekat hati 17,72% ke tengah 21,12 % dan menurun dekat kulit 19,15%, dengan rata-rata 19,33%. Hasil ini lebih besar dari penelitian Febrian (2014), kadar air kering udara kayu tumih berkisar 10,90-18,65%, dengan nilai rata-rata 16,48%, termasuk dalam kadar air kering udara kayu untuk iklim Indonesia yaitu sebesar 12-20% (Seng, 1990). Hasil ini sesuai dengan pernyataan Koch (1972) dalam Siarudin dan Marsoem (2007) diduga dipengaruhi oleh adanya variasi kayu pada masing-masing bagian batang, tebalnya dinding sel dan besarnya rongga sel. Dalam Marsoem, dkk, (2014) pada kondisi kayu kering udara rongga dan dinding sel kayu telah mengalami pengeluaran air. Penurunan kadar air kayu yang dilakukan adalah akibat proses pengeringan untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan sekitar.



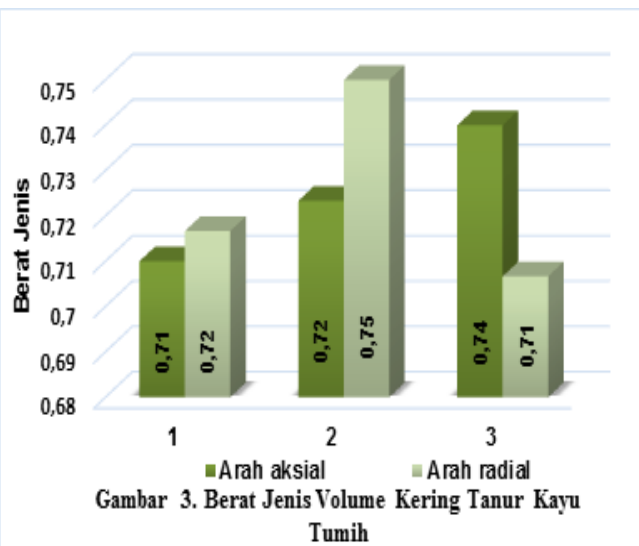
Gambar 2. Kadar Air Kering Udara Kayu Tumih

Berat Jenis

Nilai berat jenis kering tanur kayu tumih Gambar 4, pada bagian batang arah aksial meningkat dari pangkal 0,71 ke tengah 0,72 dan ujung batang 0,74, dengan nilai rata-rata 0,72. Hasil ini lebih besar dari penelitian Febrian (2014), berat

jenis kering tanur kayu tumih berkisar 0,66-0,75 dengan nilai rata-rata 0,70. Nilai berat jenis volume kering tanur termasuk tipe 3 Panshin dan de Zeeuw (1980), yaitu meningkat dari pangkal ke arah pucuk pohon dan termasuk kelompok berat (BJ 0,6-0,9) Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) NI 5-1961. Hasil ini diduga sesuai dengan pendapat Manuhuwa (2007) bahwa pada kayu sukun rendahnya berat jenis pada bagian pangkal dimungkinkan karena pada bagian ini lebih banyak terdapat ekstraktif, sehingga pada kondisi kering udara volumenya akan lebih besar dikarenakan penyusutannya akan lebih kecil. Hal ini membuat berat jenisnya menjadi kecil karena berat jenis merupakan perbandingan antara berat kayu dengan volumenya.

Berat jenis bagian batang arah radial meningkat dari dekat hati 0,72 ke tengah 0,75 dan menurun dekat kulit 0,71, dan termasuk tipe 3 Panshin and de Zeeuw (1980) bahwa berat jenis naik pada riap-riap dekat empulur kemudian lebih kurang konstan atau kadang-kadang berat jenis bahkan turun semakin dekat kulit. Hasil ini diperkuat dengan pernyataan rendahnya berat jenis pada bagian dekat hati di jelaskan adanya fenomena kayu juvenil. Menurut Haygreen dan Bowyer (1996), bahwa kayu juvenil memiliki sel-sel kayu akhir relatif sedikit dan sebagian besar sel-sel berdinding tipis sehingga menghasilkan kerapatan yang rendah. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Mahmud dan Liese (1995), bahwa pada arah radial dapat dipahami karena kayu dekat hati biasanya lunak, yang berarti dinding selnya tipis dan kurang padat, ruang antar sel banyak dan jaringan tinggi sehingga berat jenis kayu dekat hati rendah.

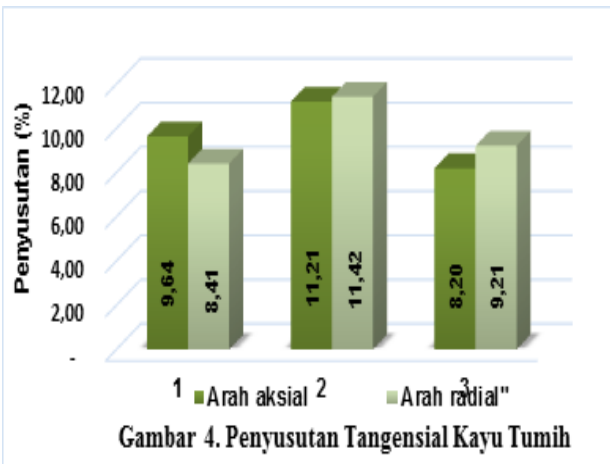


Penyusutan

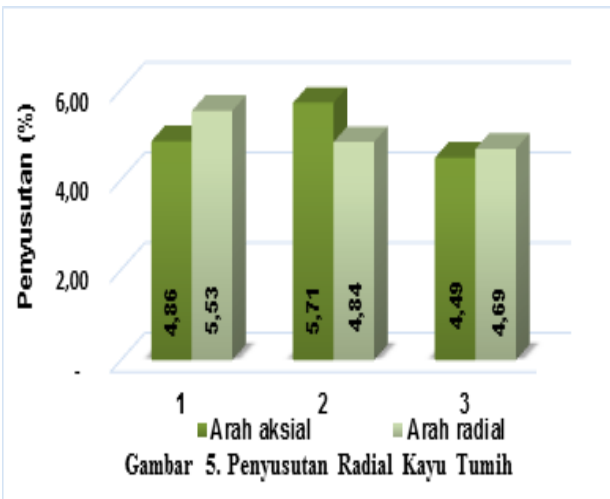
Nilai penyusutan tangensial kayu tumih Gambar 4, pada bagian batang arah aksial meningkat dari pangkal 9,64%, ke tengah 11,21%, dan menurun ujung batang 8,20%, sedangkan bagian batang arah radial meningkat dari dekat hati 8,41%, ke tengah 11,42%, dan menurun dekat kulit 9,21%, dengan nilai rata-rata 9,68%. Hal ini diduga karena rata-rata contoh uji pada arah tangensial menggunakan kayu gubal dibandingkan kayu teras. Semakin tinggi penyusutan maka semakin besar kadar air yang keluar dan kerapatanpun akan semakin besar, Hal ini di karenakan adanya pelepasan atau keluarnya air dari rongga sel akan menyebabkan penyusutan yang berpengaruh terhadap kerapatan kayu. Semakin banyak kandungan kayu zat kayu pada dinding sel berarti semakin tebal dinding sel tersebut maka semakin tinggi juga berat jenis dari kayu tesebut (Bowyer, et al., 2003).

Nilai penyusutan radial kayu tumih Gambar 5, pada arah aksial meningkat dari pangkal 4,86%, ke tengah 5,71%, dan menurun ujung batang 4,49%, sedangkan bagian batang arah radial nilainya

menurun dari dekat hati 5,53%, ke tengah 4,84%, dan dekat kulit 4,69%, dengan nilai rata-rata 5,02%.

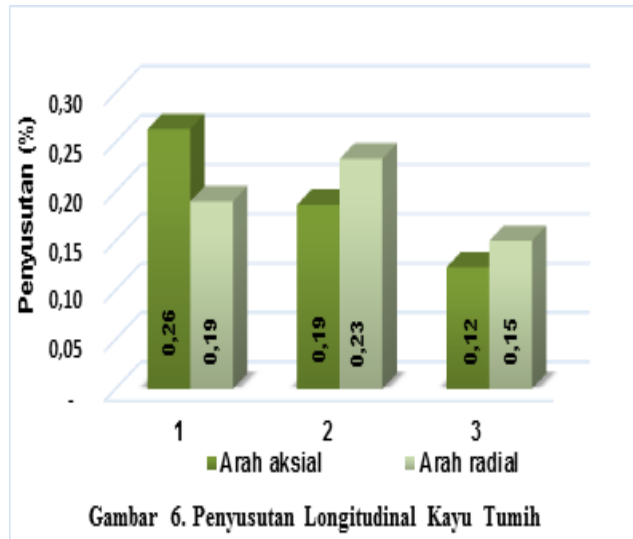


Nilai penyusutan longitudinal kayu tumih Gambar 6, pada bagian batang arah aksial menurun dari pangkal 0,26%, ke tengah 0,19%, dan ujung batang 0,12%, sedangkan bagian batang arah radial meningkat dari dekat hati 0,19%, ke tengah 0,23%, dan menurun dekat kulit 0,15%, dengan nilai rata-rata 0,19%.



Stabilitas dimensi kayu tumih ditunjukkan oleh perbandingan penyusutan kayu pada arah tangensial dengan radial (T/R rasio) sebesar 1,92 termasuk klasifikasi sedang (T/R=1,6-2,0)

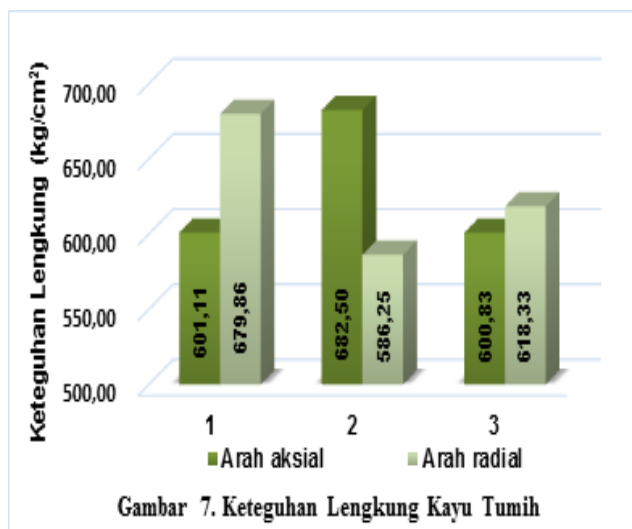
Burgess (1966), dapat dikategorikan sebagai kayu yang memiliki kestabilan dimensi yang cukup baik selama pengeringan, sehingga dapat digunakan untuk bahan baku furniture, panel pintu, jendela, lantai parket dan kusen.



Sifat Mekanika Kayu Tumih

Nilai keteguhan lentur kayu tumih Gambar 7, pada bagian batang arah aksial meningkat dari pangkal 601,11 kg/cm², ke tengah 682,50 kg/cm² dan menurun ujung batang 600,83 kg/cm², sedangkan bagian batang arah radial menurun dari dekat hati 679,86 kg/cm², ke tengah 586,25 kg/cm², dan meningkat dekat kulit 618,33 kg/cm², dengan nilai rata-rata 628,15 kg/cm² termasuk kelas kuat III Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) NI 5-1961. Hasil ini berkaitan dengan kadar air segar, kadar air kering udara, dan penyusutan longitudinal bagian batang pada arah aksial kayu tumih yang nilai menurun dari pangkal ke ujung batang dan sesuai dengan pernyataan Mahdie (2010) bahwa pada kayu bongin semakin tinggi kandungan kadar airnya maka kayu tersebut akan semakin berat dan akan mengakibatkan kayu tersebut lebih sulit

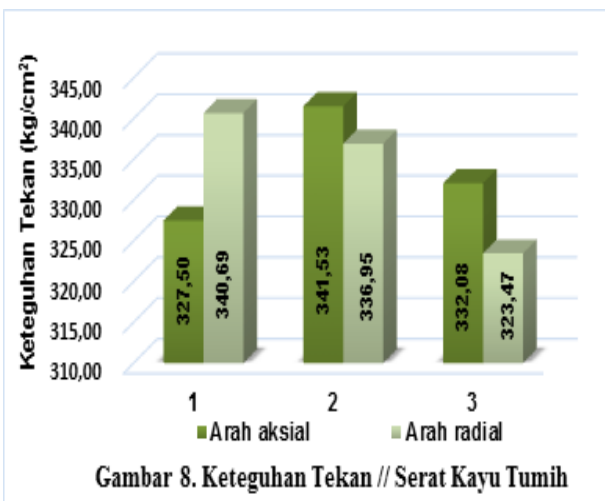
untuk mengalami pelengkungan (kayunya lebih kuat).



Kekuatan tekan sejajar serat adalah menentukan beban yang dapat dipikul suatu tiang atau pancang yang pendek (Damanik, 2005). Nilai keteguhan tekan sejajar serat kayu tumih Gambar 8, pada bagian batang arah aksial meningkat dari pangkal 327,50 kg/cm², ke tengah 341,53 kg/cm² dan menurun ujung batang 332,08 kg/cm², sedangkan bagian batang arah radial menurun dari dekat hati 340,69 kg/cm², ke tengah 336,94 kg/cm², dan dekat kulit 323,47 kg/cm², dengan nilai rata-rata 333,27 kg/cm² lebih kecil dari penelitian Febrian (2014) keteguhan tekan sejajar serat kayu tumih rata-rata 551,31 kg/cm². Nilai kekuatan tekan sejajar serat termasuk kelas kuat III Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) NI 5-1961.

Kekuatan tekan sejajar serat adalah menentukan beban yang dapat dipikul suatu tiang atau pancang yang pendek (Damanik, 2005). Nilai keteguhan tekan sejajar serat kayu tumih Gambar 8, pada bagian batang arah aksial meningkat dari pangkal 327,50 kg/cm², ke tengah 341,53 kg/cm² dan menurun ujung batang 332,08 kg/cm², sedangkan bagian batang arah

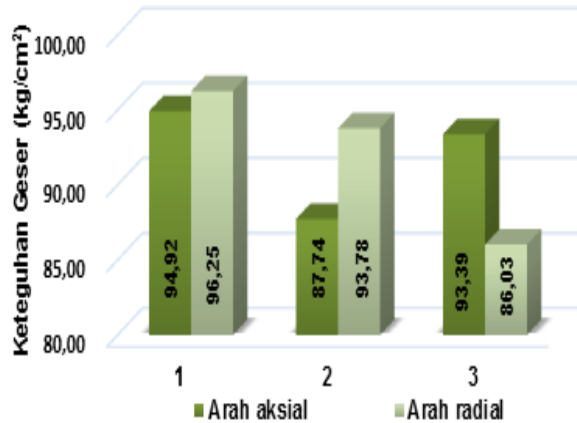
radial menurun dari dekat hati 340,69 kg/cm², ke tengah 336,94 kg/cm², dan dekat kulit 323,47 kg/cm², dengan nilai rata-rata 333,27 kg/cm² lebih kecil dari penelitian Febrian (2014) rata-rata 551,31 kg/cm². Nilai kekuatan tekan sejajar serat kayu tumih termasuk kelas kuat III Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) NI 5-1961.



Nilai keteguhan geser kayu tumih Gambar 9, pada bagian batang arah aksial menurun dari pangkal 94,92 kg/cm², ke tengah 87,74 kg/cm² dan meningkat ujung batang 93,39 kg/cm², sedangkan bagian batang arah radial menurun dari dekat hati 96,25 kg/cm², ke tengah 93,78 kg/cm², dan menurun dekat kulit 83,06 kg/cm², dengan nilai rata-rata 92,02 kg/cm², termasuk kelas kuat II Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) NI 5-1961. Hal ini diduga sesuai dengan pendapat dari Suprpto (1988), bahwa perbedaan ini disebabkan oleh struktur anatominya berupa ukuran sel dan dinding sel bagian pangkal yang lebih tebal dari pada bagian tengah dan ujung.

Kekerasan kayu ialah ukuran ketahanan kayu terhadap tekanan setempat pada permukaan kayu atau merupakan ukuran kekuatan kayu menahan gaya yang

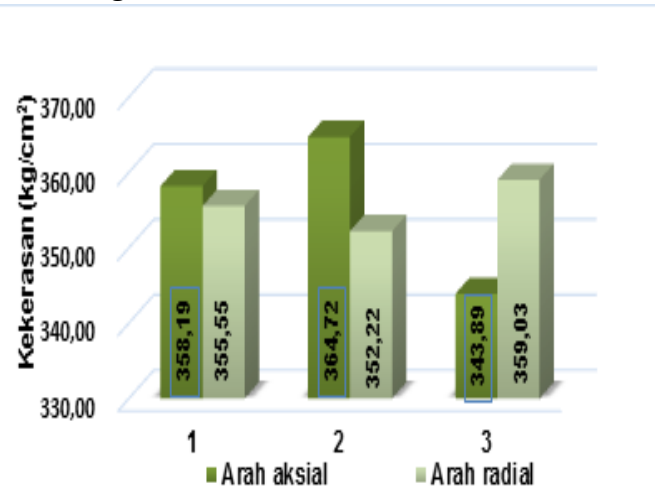
membuat takik dan lekukan (Hasan dan Tatong, 2005). Nilai kekerasan kayu tumih Gambar 10, berkisar 343,89-368,19 kg/cm^2 . Pada bagian batang arah aksial meningkat dari pangkal 368,19 kg/cm^2 , ke tengah 364,72 kg/cm^2 dan menurun ujung batang 343,89 kg/cm^2 , sedangkan pada bagian batang arah radial menurun dari dekat hati 365,56 kg/cm^2 , ke tengah 352,22 kg/cm^2 , dan dekat kulit 359,03 kg/cm^2 , dengan nilai rata-rata 355,60 kg/cm^2 , termasuk kekerasan lunak-padat. Hasil ini diperkuat dengan pernyataan Herianto, dkk (2013) bahwa pada kayu belanti kesamaan ukuran dimensi serat dalam tiap bagian batang juga dapat dijadikan alasan untuk keseragaman nilai kekerasan, bahwa kekerasan kayu erat hubungannya dengan tebal relatif dinding serat, makin tebal dinding serat maka makin keras kayu tersebut.



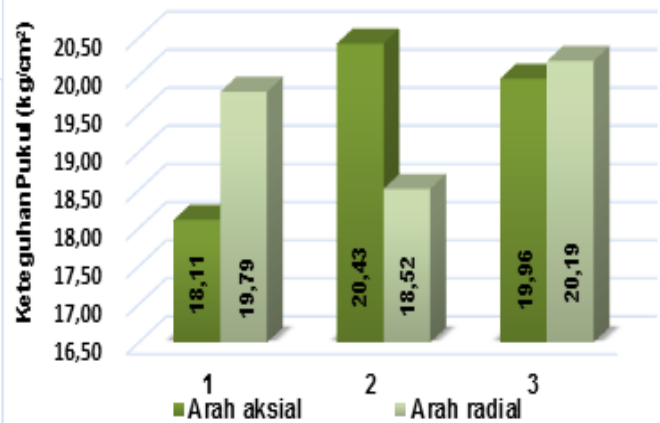
Gambar 9. Keteguhan Geser Kayu Tumih

Nilai keteguhan pukul kayu tumih Gambar 11, pada bagian batang arah aksial meningkat dari pangkal 18,11 kg/cm^2 ke tengah 20,43 kg/cm^2 dan menurun ujung batang 19,96 kg/cm^2 ; sedangkan bagian batang arah radial menurun dari dekat hati 19,79 kg/cm^2 ke tengah 18,51 kg/cm^2 dan meningkat dekat

kulit 20,19 kg/cm^2 , dengan nilai rata-rata 19,50 kg/cm^2 .



Gambar 10. Kekerasan Kayu Tumih



Gambar 11. Keteguhan Pukul Kayu Tumih

Berdasarkan evaluasi kelas kuat kayu tumih dengan Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) NI 5-1961 berat jenis kering tanur tergolong kelas kuat II, sedangkan keteguhan lentur, dan keteguhan tekan sejajar serat tergolong kelas kuat III. Untuk penggunaan kayu tumih secara aman diambil kelas kuat terendah yaitu kelas kuat III kayu Indonesia, sehingga cukup baik digunakan untuk bahan baku bangunan rumah, balok,

papan lantai dan dinding, rangka pintu/jendela, dan mebel.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Nilai kadar air kayu segar kayu tumih rata-rata 71,58%, kadar air kering udara 19,33%, berat jenis kering tanur 0,72, penyusutan tangensial 9,68%, penyusutan radial 5,02% dan penyusutan longitudinal 0,19%.
2. Nilai keteguhan lentur kayu tumih rata-rata 618,33 kg/cm², keteguhan tekan sejajar serat 333,27 kg/cm², keteguhan geser 92,02 kg/cm², kekerasan 355,60 kg/cm², dan keteguhan pukul 19,50 kg/cm².
3. Sifat fisika dan mekanika kayu tumih pada bagian batang arah aksial maupun radial masih termasuk dalam kelas yang sama, yaitu kelas kuat III Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) NI 5-1961, sehingga secara umum semua bagian batang kayu tumih dapat digunakan untuk tujuan yang sama yaitu untuk bahan baku bangunan rumah, balok, papan lantai dan dinding, rangka pintu/jendela, dan mebel.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowyer, J. L., Shmulsky, R., and Haygreen, J. G., 2003. *Forest Product and Wood Science an Intorduction Fifth Edition*. IOWA (US): IOWA State University Press.
- Burgess, P. F., 1966. *Timbers of Sabah*. Sabah Forest Records No. 6. Sabah.
- Damanik, R. I. M., 2005. *Kekuatan Kayu*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
<http://repository.ac.id/bitstream/123456789/843/3/hutan-revandy3.pdf.txt>. Diakses pada tanggal 24 Juli 2019.
- Febrian, R. I., 2014. *Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Tumih (Combretocarpus rotundatus (Miq.) Danser) Asal Kalimantan Tengah*. Skripsi Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tidak dipublikasikan). Diakses pada tanggal 26 Juni 2019.
- Haygreen, J. G. and Bowyer. J. L., 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar*. Cetakan Ketiga. Terjemahan S. A. Hadikusumo. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hasan, H. dan Tatong, B., 2005. *Pengaruh Pemadatan Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Palapi*. Media Komunikasi Teknik Sipil Volume 13, No. 1, Edisi XXXI:1-15. Diakses pada tanggal 26 Juni 2019.
- Herianto, Gustaf, J. F., dan Surasana, I. N., 2013. *Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Belanti Berdasarkan Arah Aksial dan Arah Tumbuh*. Jurnal Agrienvi Vol 7 No. 1:17-25. Diakses pada tanggal 23 Juli 2018.
- Mahdie, M. F., 2010. *Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Bongin (Irvingia malayana Oliv.) dari Desa Karali III Kabupaten Murung Raya Kalimantan Tengah*. Jurnal Hutan Tropis, Vol. 11 No. 30:122-137. Diakses pada tanggal 24 Juli 2019.
- Manuhuwa, E., 2007. *Kadar Air dan Berat Jenis pada Posisi Aksial dan Radial Kayu Sukun (Arthocarpus communis J. R. dan G. Frest.)*. Jurnal Agroforestri Vol II (1):49-55. Diakses pada tanggal 6 Juli 2019.
- Marsoem, S. N., 1996. *Petunjuk Praktikum Fisika Kayu*. Fakultas

- Kehutanan UGM, Yogyakarta. (Tidak dipublikasikan).
- Marsoem, S. N., Prasetyo, V. E., Sulistyo, J., Sudaryono, dan Lukmandaru, G., 2014. Studi Mutu Kayu Jati di Hutan Rakyat Gunungkidul III. Sifat Fisika Kayu. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, Volume 8 No. 2:75-88. Diakses pada tanggal 21 Pebruari 2018.
- Mohmod, A. L. dan Liese, W., 1995. Utilization of Bamboo, Planting and Utilization of Bamboos in Peninsular Malaysia. Research Pamphlet No. 118. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur.
- Panshin, A. J. and Zeeuw, C. D., 1980. Text Book of Wood Technology State University of New York. College of Environmental Science and Forestry. United States of America.
- Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PPKI) Normalisasi Indonesia (NI-5). 1961. Direktorat Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Rahayu, I. S., 2001. Sifat Dasar Vascular Bundle dan Parenkim Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dalam Kaitannya dengan Sifat Fisis, Mekanis serta Keawetan. Tesis Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tidak dipublikasikan). Diakses pada tanggal 13 Agustus 2019.
- Seng, O. Dj., 1990. Berat Jenis dari Jenis-jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek. Pengumuman No. 13. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Diakses pada tanggal 26 Nopember 2017.
- Siarudin, M. dan Marsoem, S. N., 2007. Karakteristik dan Variasi Sifat Fisika Kayu *Acacia Mangium* Willd. pada Beberapa Jarak Tanaman dan Kedudukan Aksial-Radial. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* 1 (1):1-13. Diakses pada tanggal 14 Juli 2019.
- Shmulsky, R. and Jones, P. D., 2011. Forest Products and Wood Science: an Introduction, Sixth Edition. Published by John Wiley & Sons, Inc.
- Suprptono, B., 1988. Diktat Mekanika Kayu. Yayasan. Pembina, Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda. (Tidak dipublikasikan).
- Widiati, K. Y., Dayadi, I., dan Taruli, M., 2016. Sifat Fisika dan Mekanika Kayu Ipil (*Endertia spectabilis* Steenis & de Wit Sidiyasa) Berdasarkan Letak Ketinggian dalam Batang. *Jurnal Agrifor* Vol XV No. 1:93-100. Diakses pada tanggal 14 Juli 2019.
-