

SIFAT FISIK DAN MEKANIK KAYU MAHANG (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) YANG DIPADATKAN BERDASARKAN LAMA PENGUKUSAN DAN BESARNYA SUHU KEMPA

Physical and Mechanical Properties of Mahang Wood (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) are Densification by Steam Time and Temperatur Felts

Gerson Eliezer Sailana, Fadillah H. Usman dan Ahmad Yani.

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura. Jalan Imam Bonjol Pontianak 78124

Email : gersoneliezer27@gmail.com

ABSTRACT

*Common wood that used as a building material perceived increasingly difficult to obtain now. Therefore the need for efforts to overcome this condition partly by utilizing low quality wood (IV-V) like Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) in which quality can be improved by densification. There are two factors that have conducted in this research, first is steam time (40 minutes, 60 minutes and 80 minutes) and second one is temperature felts (160°C, 180°C and 200°C). Samples was made from Mahang beam with dimension is 30 cm (L) x 8 cm (W) x 4 cm (H), steamed in autoclave with temperature 120°C and hot pressed with a 30% target thicknes, the pressure felt 60 kg/cm². Physical and mechanical process was conducted based on British Standard Methods No.373 (1957). The measured parameters are physical properties (moisture content, density and dimensional changes) and mechanical properties (MOE, MOR and MCS). Experimental designed that use in this research is 3x3 Factorial Experimental Design in a Completely Randomized Design with 3 replications. As the results of the research show that densification Mahang wood was improve the physical and mechanical properties. This research also showed that best densified treatment is 60 minute steamed with temperature felt 180°C.*

*Keywords : *Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A, densification, physical and mechanical.*

PENDAHULUAN

Hutan sebagai sumber daya alam telah memberikan sumbangan yang besar dalam pembangunan ekonomi nasional. Selain sebagai sumber devisa bagi negara, hutan juga berfungsi langsung bagi kehidupan manusia seperti menyediakan kayu bakar, menjaga ketersediaan air, sumber rekreasi dan lain-lain. Namun akhir-akhir ini hutan banyak mengalami gangguan, yaitu banyak lahan kritis dan produksi kayu yang cenderung menurun, karena kebakaran hutan dan pembalakan liar.

Ketersedian kayu yang cepat tumbuh masih cukup banyak, sehingga

dapat dimanfaatkan sebagai pengganti kayu yang berkualitas tinggi yang keberadaannya mulai terbatas. Kayu cepat tumbuh memberikan keuntungan ekonomi dan ekologi, namun kayu tersebut memiliki kelemahan yaitu keawetan dan kekuatannya rendah, sehingga terbatas dalam ragam pemanfaatannya (Prayitno, 1998), salah satu jenis kayu tersebut adalah Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A), yang merupakan tumbuhan pionir dan karakteristik dari hutan sekunder, dan sering ditemukan tumbuh secara berkelompok secara alami. Tinggi pohon Mahang bisa mencapai 30

m dengan diameter 50 cm. Batang lurus, bulat dan tidak berbanir.

Kayu Mahang merupakan kayu yang memiliki kekuatan rendah, yaitu kelas awet IV – V dan berat jenis 0,34 (0,21 – 0,47) sehingga jarang digunakan sebagai bahan baku khususnya bahan bangunan (PIKA, 1981). Keterbatasan sifat kayu tersebut dapat diatasi antara lain dengan pemadatan yaitu dengan cara mengempa kayu tersebut agar menjadi lebih padat, yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan serta keawetan kayu yang berkerapatan rendah. Proses pemadatan kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis kayu, kerapatan awal, perlakuan pendahuluan sebelum pengempaan, plastisitas kayu, kadar air, suhu kempa dan besarnya tekanan kempa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama pengukusan dan besarnya suhu kempa serta interaksi kedua faktor tersebut terhadap sifat fisik dan mekanik kayu Mahang yang dipadatkan serta mengetahui lama pengukusan dan besarnya suhu kempa yang tepat agar dapat menghasilkan sifat fisik dan mekanik kayu Mahang yang lebih baik. Manfaat penelitian ini adalah sebagai upaya memanfaatkan kayu Mahang sebagai bahan konstruksi ringan, sehingga dapat menambah pasokan bahan baku kayu konstruksi dan memberikan informasi sifat fisik dan mekanik kayu Mahang yang dipadatkan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Wood Workshop, Laboratorium Teknologi Kayu Fakultas

Kehutanan UNTAN, Laboratorium PT. Duta Pertiwi Nusantara Pontianak dan Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Pontianak. Bahan yang digunakan adalah kayu Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A.) Peralatan yang digunakan antara lain gergaji, kapak, gergaji pita, autoklaf, alumunium foil, mesin kempa panas, pressure meter, plat besi, oven, timbangan analitik, moisture meter, kaliper, mesin pengujian sifat mekanik (merk Cesare Galdabini tahun 1989), kamera, stopwatch.

Prosedur Penelitian

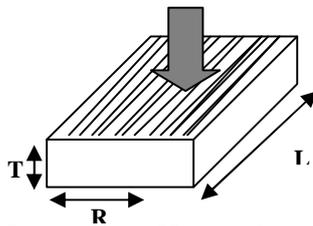
Persiapan Sampel Kayu

Sampel diambil dari pohon Mahang dengan ketinggian bebas cabang sekitar 12 meter dan diameter batang 35 cm. Pohon ditebang bagian pangkal pada batang sepanjang 3 meter sebagai sampel. Kemudian sampel kayu bagian pangkal berukuran 3 meter tersebut dibagi menjadi 3 bagian masing-masing berukuran 1 meter. Kemudian tiap potongan diberi kode serta dicat pada kedua bontosnya untuk mencegah penguapan air yang berlebihan dan serangan jamur. Kemudian kayu tersebut dipotong untuk dibuat sampel berbentuk papan tanpa membedakan bagian teras dan gubalnya sebanyak 36 buah yaitu dari bagian yang berukuran 1 meter masing-masing menghasilkan 12 buah papan. Selanjutnya papan kayu Mahang dikering anginkan dan diukur hingga mencapai kadar air 12-18%. Kemudian papan dipotong dengan ukuran 30 cm (P) x 8 cm (L) x 4 cm (T). Selanjutnya dilakukan pemadatan sesuai dengan prosedur kerja.

Proses Pemadatan

Pemadatan kayu dilakukan dengan mengacu pada prosedur penelitian yang dilakukan oleh Sulistyono (2001) dan Wardhani (2005) sebagai berikut :

1. Sampel kayu dikeringkan sampai kering udara (kadar air 12–18%) dan diukur dimensi serta berat awalnya sebelum dipadatkan.
2. Sampel kayu dikukus dalam autoklaf dengan waktu masing-masing selama 40, 60 dan 80 menit



Gambar 1. Arah Pemadatan Kayu (*Compaction Wood Directions*)

5. Sampel yang telah dikempa selanjutnya diukur dimensi dan ditimbang kayunya kemudian dikering udara selama 7 hari.
6. Hasil pemadatan kemudian dibuat contoh uji untuk pengujian sifat fisik (kadar air, kerapatan, perubahan dimensi), dan sifat mekanik (MOE, MOR, MCS).
7. Pembuatan contoh uji mengacu pada *British Standard Methods 373* (1957), dengan ukuran sebagai berikut : contoh uji Kadar Air dan Kerapatan (2 cm x 2 cm x 2cm), contoh uji Perubahan Dimensi (10 cm x 2 cm x 2 cm), contoh uji MOE dan MOR (30 cm x 2 cm x 2 cm) dan contoh uji MCS (6 cm x 2 cm x 2 cm).

Analisis Data

Metode yang digunakan adalah dengan percobaan Faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL)

dengan suhu pengukusan sebesar 120°C.

3. Setelah dikukus, sampel langsung dibungkus dengan aluminium foil untuk menjaga agar suhu sampel tetap panas dan tidak rusak (gosong).
4. Pengempaan dilakukan pada arah radial (Gambar 1) dengan target penurunan tebal 30% yaitu sebesar 2,8 cm dan diberi tekanan sebesar 60 kg/cm² dengan suhu pengempaan adalah 160°C, 180°C dan 200°C.

dengan 2 faktor perlakuan, yaitu meliputi faktor A lama pengukusan (40 menit, 60 menit dan 80 menit) dan faktor B besarnya suhu kempa (160°C, 180°C dan 200°C) yang masing-masing dibuat 3 kali ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Kayu Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) yang Dipadatkan

1. Kadar Air

Kadar air kayu Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) yang dipadatkan berkisar antara 8,3153% - 10,9581%, mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kadar air kayu Mahang kontrol yaitu sebesar 14,6797%. Untuk jelasnya dapat dilihat grafiknya pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Nilai Kadar Air Kayu Mahang Kontrol dan Kayu Mahang Yang Dipadatkan (*Value Mahang Wood Moisture Content from and Densification Wood*)

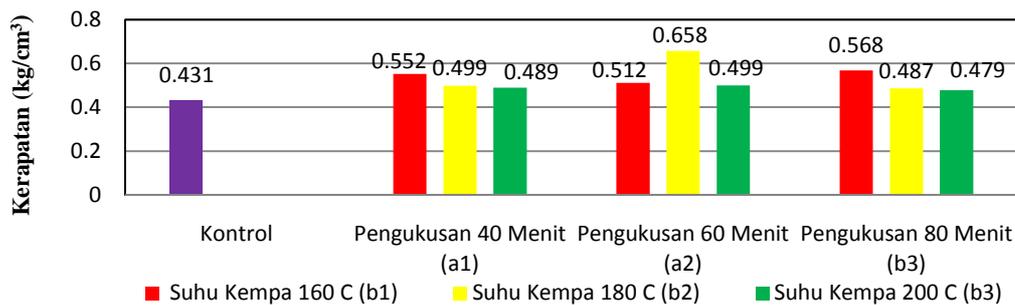
Secara umum kadar air kayu pada proses pemadatan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya suhu kempa dan lamanya pengukusan, tetapi pada perlakuan lama pengukusan 80 menit cenderung lebih tinggi nilai kadar airnya jika dibandingkan dengan perlakuan pengukusan 40 dan 80 menit namun masih lebih rendah dari nilai kadar air kayu Mahang kontrol. Pengukusan pada kayu akan mengurangi kandungan air dan akan meningkatkan permeabilitas kayu. Kayu Mahang yang dipadatkan kadar airnya lebih rendah dari kondisi kering udara (<12-15%), maka hasilnya lebih stabil dibandingkan kayu Mahang tanpa pemadatan.

Analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air kayu Mahang,

sedangkan lama pengukusan dan interaksi dari kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata. Kadar air kayu Mahang menurun dengan semakin meningkatnya suhu kempa. Hal ini disebabkan penguapan air dari kayu semakin cepat dan sesuai dengan yang dikemukakan oleh Amin dan Dwianto (2006), bahwa panas akan mendesak uap air keluar dari dalam kayu.

2. Kerapatan

Nilai kerapatan kayu Kayu Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) kontrol 0,4311 gr/cm³, setelah dipadatkan nilainya mengalami peningkatan sebesar 0,4785 gr/cm³ – 0,6577³. Untuk jelasnya data kerapatan kayu Mahang kontrol dan yang dipadatkan dapat dilihat grafiknya pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Nilai Kerapatan (gr/cm^3) Kayu Mahang Kontrol dan Kayu Mahang yang Dipadatkan (*Density values (kg/cm^3) Mahang Wood from Control and Densification Wood*)

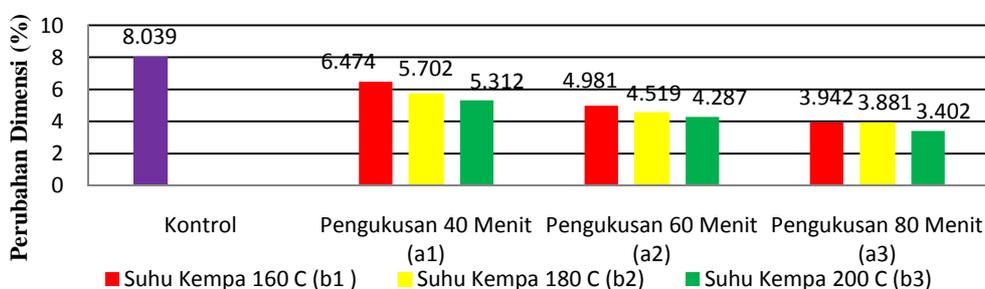
Hasil analisis keragaman kerapatan kayu Mahang menunjukkan bahwa faktor lama pengukusan dan suhu kempa serta interaksi kedua faktor berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan kayu Mahang yang dipadatkan.

Berdasarkan pembagian kelas kuat kayu Indonesia (PIKA, 1981), nilai kerapatan kayu Mahang kontrol tergolong kelas kuat V dan setelah dilakukan pemadatan menjadi kelas kuat III. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemadatan kayu ternyata dapat meningkatkan kerapatan kayu, yang diakibatkan deformasi kayu Mahang yang dipadatkan hingga mencapai 30%, sedangkan berat kayu tidak banyak

berkurang. Menurut Tomme, Girrardet, Gfellerr dan Navi (1998), pemadatan kayu dapat meningkatkan kerapatan kayu karena rongga sel dan dinding sel menjadi lebih padat dan hanya mengandung sedikit hemiselulosa pada dinding sel primer dan lamella tengah.

3. Perubahan Dimensi

Nilai rerata perubahan dimensi kayu Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) kontrol sebesar 8,0394 %, sementara pada kayu Mahang yang dipadatkan lebih rendah yaitu sebesar 3,4015 % - 6,4744 %. Nilai rerata perubahan dimensi kayu Mahang yang dipadatkan dan kontrol, dapat dilihat grafiknya pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai Perubahan Dimensi Kayu Mahang Kontrol dan Kayu Mahang yang Dipadatkan (*Value of Change of Wood Dimension from Control and Densification Wood*)

Hasil analisis keragaman perubahan dimensi kayu Mahang yang dipadatkan menunjukkan bahwa faktor lama pengukusan berpengaruh sangat nyata terhadap perubahan dimensi kayu, sedangkan faktor suhu kempa dan interaksi kedua faktor tersebut tidak berpengaruh nyata.

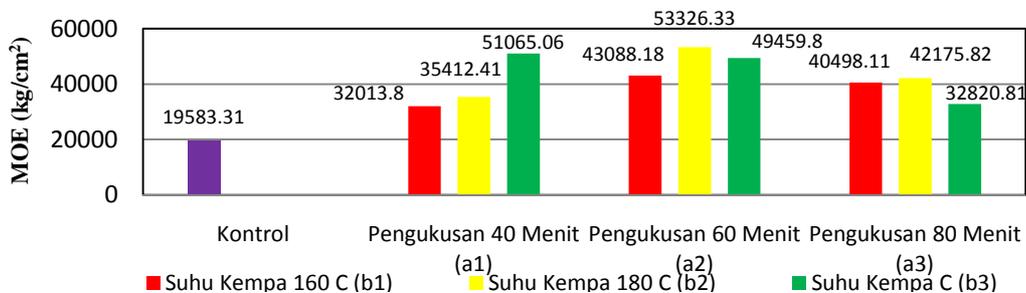
Pengukusan kayu menyebabkan zat kayu akan lebih plastis, sehingga terjadi pembengkakan selaput-selaput dan pembesaran lubang-lubang noktah yang dapat mempengaruhi permeabilitas kayu sekaligus meningkatkan keterawetannya (Stamm, 1963). Air yang terdapat pada rongga sel (air bebas) kosong dan yang terdapat pada dinding sel (air terikat) berkurang sampai kadar air titik jenuh serat, dimana pada keadaan ini akan berpengaruh pada stabilitas dimensi dan kekuatan kayu. Pada penelitian ini

dengan perlakuan lamanya pengukusan menyebabkan kayu lebih stabil dimensinya atau tidak mudah mengembang atau menyusut pada kondisi kering udara.

Sifat Mekanik Kayu Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) yang Dipadatkan

1. Keteguhan Lentur Statis (*Modulus of Elasticity/MOE*)

Nilai rerata MOE kayu Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) M.A) yang dipadatkan berkisar antara 32013,79632 kg/cm² - 53326,33369 kg/cm², meningkat dibandingkan dengan nilai MOE kayu Mahang kontrol yaitu sebesar 19583.3077 kg/cm². Untuk lebih jelasnya, nilai MOE kayu Mahang kontrol dan kayu yang dipadatkan dapat dilihat grafiknya pada Gambar 5



Gambar 5. Grafik Nilai MOE Kayu Mahang Kontrol dan Kayu Mahang yang Dipadatkan (*MOE values from Control and Densification Wood*)

Hasil analisis keragaman kayu Mahang menunjukkan bahwa faktor lama pengukusan berpengaruh sangat nyata, sedangkan faktor suhu kempa berpengaruh nyata terhadap nilai MOE kayu Mahang yang dipadatkan. Kemudian interaksi kedua faktor tersebut berpengaruh sangat nyata.

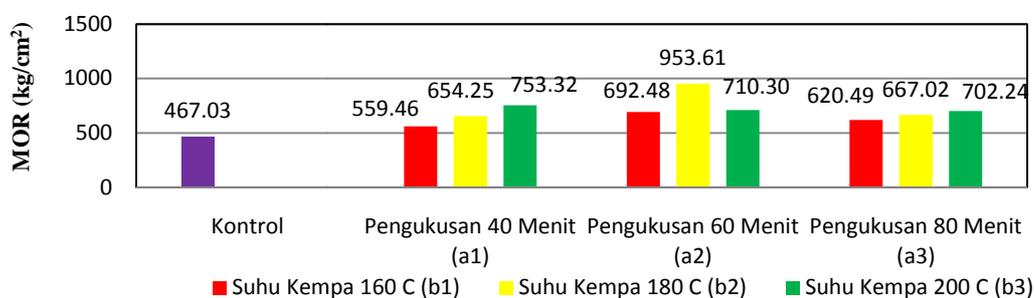
Pemadatan kayu dengan peningkatan lama pengukusan dan suhu kempa pada batas tertentu mampu meningkatkan nilai MOE, tetapi pada contoh uji a2b1, a2b3, a3b1 dan a3b3 terjadi penurunan nilai MOE dibandingkan contoh uji kayu Mahang yang dipadatkan lainnya. Hal ini terlihat pada kombinasi perlakuan lama

pengukusan dan besarnya suhu kempa yang berbeda pada setiap contoh uji. Kayu pada proses pengempaan dengan suhu terlalu tinggi ($> 150^{\circ}\text{C}$) dapat merusak kandungan kimia dan struktur sel sehingga komponen kimia kayu dan struktur sel tersebut akan mengalami deformasi yang melebihi kewajaran sehingga akan menurunkan kekuatan kayu (Sulistiyono, 2001). Demikian juga pada kayu Mahang yaitu akibat pengempaan dengan suhu kempa yang tinggi ($160^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$) akan merusak struktur sel pada bagian kayu sehingga menyebabkan terjadinya penurunan nilai MOE, sehingga tidak terjadi kesatuan gaya reaksi yang bekerja untuk melawan gaya dari luar. Berdasarkan klasifikasi Den Berger (1921), nilai MOE kayu Mahang kontrol termasuk

kelas kuat V karena nilainya $< 70.000 \text{ kg cm}^2$ yaitu $19583,3077 \text{ kg/cm}^2$. Kemudian setelah dipadatkan nilainya mengalami peningkatan, namun tidak terlalu besar sehingga masih termasuk kelas kuat V juga yaitu, nilainya $32013,79632 \text{ kg/cm}^2 - 53326,33369 \text{ kg/cm}^2$.

2. Keteguhan Lentur Patah (*Modulus of Rupture/MOR*)

Nilai MOR kayu Mahang yang dipadatkan berkisar antara $552,3753 \text{ kg/cm}^2 - 953,6057 \text{ kg/cm}^2$, meningkat jika dibandingkan dengan nilai MOR kayu Mahang kontrol yaitu sebesar $467.027045 \text{ kg/cm}^2$. Untuk lebih jelasnya, nilai MOR kayu Mahang kontrol dan yang dipadatkan dapat dilihat grafiknya pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Nilai MOR Kayu Mahang Kontrol dan Kayu Mahang yang Dipadatkan (*MOR values from Control and Densification Wood*)

Nilai rerata MOR pada kayu Mahang yang dipadatkan secara umum terjadi peningkatan, jika dibandingkan dengan nilai MOR kayu Mahang kontrol, tetapi terdapat peningkatan dan penurunan nilai MOR kayu Mahang yang dipadatkan, namun masih di atas nilai kontrol. Peningkatan dan penurunan nilai MOR tersebut bervariasi terhadap lama pengukusan

dan suhu kempa kayu yang dipadatkan. Berdasarkan klasifikasi Den Berger (1921), nilai MOR kayu Mahang kontrol termasuk kelas kuat V karena nilainya berada di antara $300-500 \text{ kg/cm}^2$ yaitu $467,270 \text{ kg/cm}^2$, meningkat menjadi kelas II – III yaitu $552,3753 \text{ kg/cm}^2 - 953,6057 \text{ kg/cm}^2$.

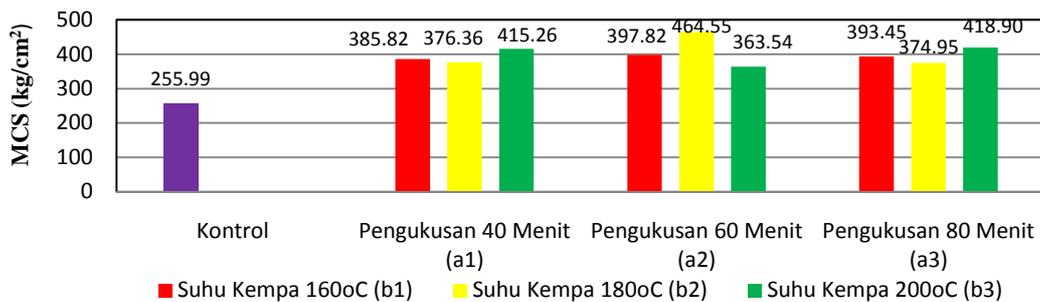
Hasil analisis keragaman kayu Mahang, menunjukkan bahwa lama

pengukusan dan suhu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap nilai MOR kayu Mahang yang dipadatkan. Sedangkan interaksi dari kedua faktor (A dan B) hanya berpengaruh nyata. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemadatan dengan perlakuan lama pengukusan dan suhu kempa meningkatkan nilai MOR. Menurut Rilatupa, Sarjokusumo dan Nandika (2004), peningkatan nilai MOR pada kayu yang dipadatkan terjadi karena struktur sel kayu menjadi lebih padat dan merata pada setiap bagian kayu, dan selain itu adanya kristalisasi molekul

selulosa dalam daerah amorf dari mikrofibril.

3. Keteguhan Tekan Sejajar Serat (*Maximum Cruising Strength/MCS*)

Nilai MCS kayu Mahang yang dipadatkan berkisar antara 363,5413 kg/cm² - 464,5514 kg/cm², meningkat jika dibandingkan dengan nilai MCS kayu Mahang kontrol yaitu sebesar 255,9899 kg/cm². Untuk lebih jelasnya, nilai MCS kayu Mahang kontrol dan yang dipadatkan dapat dilihat grafiknya pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Nilai MCS Kayu Mahang Kontrol dan Kayu Mahang yang Dipadatkan (*MCS values from Control and Dinsification Wood*)

Hasil analisis keragaman MCS kayu Mahang yang dipadatkan menunjukkan bahwa lama pengukusan dan suhu kempa tidak berpengaruh nyata terhadap MCS kayu Mahang yang dipadatkan, sedangkan interaksi dari kedua faktor tersebut berpengaruh nyata.

Lama pengukusan dan suhu kempa akan menyebabkan terjadi perubahan bentuk dari kayu yang dipadatkan, karena pemadatan menyebabkan komponen kayu dapat lebih diperkuat. Peningkatan suhu kempa dapat menyebabkan pemipihan

kayu semakin cepat terjadi. Sebagaimana dikemukakan oleh Heygreen dan Bowyer (1989), bahwa saat kayu mengering dibawah titik jenuh serat, sebagian besar kekuatannya akan bertambah karena saat air dikeluarkan dari dinding sel, molekul-molekul berantai panjang bergerak saling mendekat dan menjadi terikat kuat. Menurut klasifikasi kelas kuat Den Berger (1921), nilai MCS kayu Mahang kontrol termasuk kelas IV karena nilainya berada di antara 209-309 kg/cm² yaitu 255,9899 kg/cm². Kemudian setelah dipadatkan

meningkat menjadi kelas kuat II – III yaitu 363,5413 kg/cm² - 464,5514 kg/cm².

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Perlakuan lama pengukusan dan besarnya suhu kempa serta interaksi kedua faktor tersebut secara umum berpengaruh sangat nyata terhadap sifat fisik dan mekanik kayu Mahang.
2. Kayu Mahang yang dipadatkan berdasarkan lama pengukusan dan suhu kempa menunjukkan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik jika dibandingkan kayu kontrol. Perlakuan terbaik dalam penelitian ini terdapat pada perlakuan lama pengukusan 60 menit dan suhu kempa 180°C.
3. Perlakuan lama pengukusan berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan, perubahan dimensi, MOE dan MOR. Besarnya suhu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air, kerapatan dan MOR. Interaksi antara kedua faktor lama pengukusan dan suhu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kerapatan dan MOE.
4. Sifat fisik kayu Mahang yang dipadatkan berdasarkan lama pengukusan dan suhu kempa dapat menghasilkan nilai kadar air yaitu berkisar 8,3153% - 10,9581%, nilai kerapatan kayu berkisar antara 0,4785 gr/cm³ – 0,6577 gr/cm³ dan nilai perubahan dimensi berkisar 3,4015 % - 6,4744 %.
5. Sifat mekanik kayu Mahang yang dipadatkan menghasilkan nilai MOE

berkisar 32013,79632 kg/cm² - 53326,33369 kg/cm², nilai MOR berkisar 552,3753 kg/cm² - 953,6057 kg/cm² dan nilai MCS berkisar 363,5413 kg/cm² - 464,5514 kg/cm².

Saran

1. Kayu Mahang yang dipadatkan ternyata dapat meningkatkan sifat fisik dan mekaniknya, yaitu dari kelas kuat IV-V menjadi II-III sehingga dapat digunakan untuk bahan konstruksi ringan yaitu bahan interior, dinding, dan kusen.
2. Dalam proses pemadatan kayu Mahang disarankan untuk pengukusan selama 60 menit dan suhu kempa 180°C, karena pada perlakuan tersebut dapat menghasilkan sifat fisik dan mekanik kayu Mahang yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, Y Dwianto, W. 2006. Pengaruh Suhu dan Tekanan Uap Air Terhadap Fiksasi Kayu Kompresi Dengan Menggunakan *Close System Compression*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis Vol 4 No.2.2006 : 55-60.
- British Standar. 1957. Methods of testing Small Clear Specimens of Timber. Serial BS 373. British Standart Instititution. London.
- Den Berger, L.G. 1921. De grondslagen voor de classificatie van Nederlansch Indische timmer houtsoorten. Tectona Vol. XV.
- Haygreen, JG dan JL Bowyer. 1989. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Suatu Pengantar. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

- PIKA. 1981. Mengenal Sifat-sifat Kayu Indonesia dan Penggunaannya. Kanisius. Semarang.
- Prayitno, TA. 1998. Penggunaan Kayu Tak Dikenal, Bermutu Rendah, Di Dalam Bakar ES, Hadi YS dan Karlinasari L, Penyunting. Sifat Dasar Kayu Prosiding seminar Nasional I Masyarakat Penelitian Kayu Indonesia Bogor 24 september 1998. MAPEKI-IPB.
- Rilatupa J, Surjokusumo S, Nandika D. 2004. Keandalan papan Lapis dari Kayu Damar (*Agathis lorantimona* Salisb) Terpadatkan sebagai Pelat Buhul pada Arsitektur Konstruksi Atap Kayu. Tesis Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Stamm, AJ. 1963. Wood and Cellulose. The Ronald Press Company. New York.
- Sulistiyono. 2001. Studi Rekayasa Teknis, Sifat Fisis, Sifat Mekanis dan Keandalan Kontruksi Kayu Agathis (*Agathis lorantifolia* Salisb) Terpadatkan. Program Studi Ilmu Pengtahuan Kehutanan Program Pasca Sarjana Insitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tomme, F. Ph, F. Girrardet, B. Gfellerr, dan P. Navi. 1998. Densified Wood : an Innovative Product With Highly Enhaced Character. Proceeding 5th Word Conference on Timber Engineering Vol. 2. Montreux Switzerland : 641-647.
- Wardhani, I.Y. 2005. Kajian Sifat Dasar dan Pemanfaatan Bagian Dalam Kayu Kelapa (*Cocos nucifera* Linn). Sekolah Pasca Sarjana. Insitut Pertanian Bogor. Bogor.