

Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Menggunakan Perekat Damar

Akram Akram^{1*}, Samsul Rizal², Syifaul Huzni³

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7 Darussalam Banda Aceh 23111*

¹e-mail: akram_roses@yahoo.com

Abstrak

Papan partikel merupakan produk hasil pemamfaatan limbah pengolahan kayu yang dapat digunakan pada berbagai konstruksi bangunan maupun lainnya. Produk papan partikel pada umumnya menghasilkan emisi formaldehid yang dapat merugikan kesehatan manusia. Untuk mengurangi emisi formaldehid, perekat yang ramah lingkungan perlu digunakan, yaitu Damar (*Shorea Javanica*). Dalam penelitian ini, Perekat Damar dipakai sebagai bahan perekat untuk papan partikel kayu Meranti. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan papan partikel dari limbah kayu Meranti menggunakan perekat Damar, kemudian untuk mengetahui pengaruh penggunaan damar sebagai perekat papan partikel terhadap kekuatan fisik dan mekanik papan partikel serbuk kayu tersebut. Pembuatan spesimen mengikuti Standar SNI No. 03-2105- 2006 melalui metode cetak bertekanan sebesar 1,33 MPa. Partikel kayu yang digunakan berukuran (0,315-5 mm), dicampurkan dengan persentase berat damar sejumlah 5 %, 10%, 15% dan 20%. Temperatur pemanasan adalah 150 °C selama 15 menit. Dari pengujian didapatkan kekuatan tarik tertinggi yaitu 0,516 MPa nilai kerapatan 0,989 g/cm.³ Hasil tersebut diperoleh dari spesimen yang memiliki komposisi perekat Damar terhadap partikel kayu Meranti dengan perbandingan 20:80 dengan nilai kerapatan 0,989 gr/cm, sedangkan untuk penambahan berat dan pengembangan tebal menghasilkan nilai sebesar 42 %, dan 27 % lebih rendah dari pada spesimen uji lain. Sedangkan nilai modulus elastisitas untuk komposisi yang sama adalah 1642 MPa. Berdasarkan persentasenya, semakin tinggi penggunaan Damar akan didapatkan, nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas dan kerapatan semakin tinggi. Sedangkan nilai kadar air dan pengembangan tebal semakin menurun.

Kata kunci: Papan partikel, Damar, Partikel Kayu Meranti.

LATAR BELAKANG

Berdasarkan jumlah kebutuhan kayu di Negara kita. Kayu berkualitas semakin lama semakin menghilang dan sulit di cari. Untuk itu ketersedian kayu alternatif sangatlah dibutuhkan untuk memenuhi permintaan konsumen. Pembuatan papan partikel sebagai hasil produk pengolahan limbah kayu telah berhasil memberikan solusi terhadap pembuatan produk baru yang ramah lingkungan. Papan partikel banyak digunakan untuk aplikasi tambahan pada lemari dan juga jenis furniture lainnya [1]. Namun telah ada beberapa penelitian tentang papan partikel, diantaranya partikel kayu menggunakan perekat urea formaldehid [2]. Produk tersebut masih memiliki kelemahan yakni adanya emisi formaldehid dari material yang direkat, yang dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan dan berbahaya untuk kesehatan manusia karena mengandung senyawa kimiawi yang tidak mampu

terdegradasi secara alamiah [3]. Selain itu penggunaan perekat urea formaldehid juga mudah mengalami perubahan dimensi (pengembangan tebal), perubahan warna, pengelupasan dan terurai yang diakibatkan oleh pengaruh kelembaban, terutama bila tidak di cat atau dilapisi bahan lainnya. Seperti yang tampak pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Papan partikel rusak terendam air

1. Papan Partikel

Papan partikel merupakan suatu produk hasil pemamfaatan limbah pengolahan kayu yang terbentuk dari campuran beragam ukuran serat dan partikel kayu dengan perekat melalui metoda penekanan dalam kondisi panas ke dalam bentuk yang diinginkan untuk digunakan pada berbagai bidang kontruksi bangunan, mebel ataupun perabotan rumah tangga. Peningkatan sifat papan partikel kemungkinan disebabkan oleh terlarutnya wax dan peptin dari permukaan serat sehingga memperbaiki ikatan antara serat dengan perekat. Untuk memperbaiki sifat tebal papan harus menguraikan serat menjadi komponen yang lebih kecil [4]. Papan partikel menghasilkan kemampuan melepaskan diri dari gaya akibat pengempaan panas (*spring-back*) terbesar dengan standard deviasi yang besar juga. Selain itu papan partikel mulai mengalami kerusakan akibat dari pengaruh perendaman dan pengeringan kering oven [5].

2. Perekat

Menurut [6] perekat terdiri dari dua macam, yaitu perekat alami dan perekat sintetis. Perekat alami berasal dari tumbuhan (pati dan *soya glue*) dan dari binatang (perekat berasal dari tulang, *casein*, dan *blood albumin*). Menurut Lan Ping [7], perekat diuji untuk digunakan pada papan partikel interior. Perekat menghasilkan kekuatan internal yang baik untuk panel sesuai standar internasional panel untuk penggunaan dalam ruangan.

Perekat sintetis disebut juga resin sintetis. Resin sintetis dibagi menjadi dua, yaitu termoseting dan termoplastis. Perekat termoseting merupakan perekat yang tergantung pada tipe kondensasi dari reaksi polimerisasi dimana unsur air dihilangkan. Perekat ini mengalami perubahan kimia dan fisika yang berlangsung satu arah yang mengubahnya menjadi tidak larut. Contoh dari perekat ini adalah *diphenil methane diisocyanate* (MDI), *Urea Formaldehyde* (UF), *Melamine formaldehyde* (MF), *Phenol formaldehyde* (PF), dan *Recolchynol formaldehyde* (RF). Sedangkan perekat termoplastis terpolimerisasi dan terbentuk melalui kehilangan pelarut dan tidak melalui reaksi kimiawi sehingga bisa berubah-ubah dan dapat menjadi lunak akibat pemanasan, contohnya PVAC (*Polyvinyl Acetate*).

Untuk mengatasi penggunaan perekat yang mengandung emisi formaldehyde yang tidak ramah terhadap lingkungan maka dapat digunakan perekat yang ramah terhadap lingkungan yaitu damar. Damar (*Shorea javanica*) merupakan getah

yang berasal dari pohon Meranti dan Damar memiliki potensi yang baik untuk digunakan sebagai perekat. Peningkatan jumlah perekat yang digunakan pada panel akan meningkatkan semua sifat papan papan partikel [8]. Perekat Damar banyak dijumpai dipesisir barat dan selatan provinsi Aceh. Selama ini, Damar digunakan sebagai bahan untuk melapisi perahu nelayan yang bocor dan juga sebagai bahan pengisi sambungan antar papan pada dinding perahu tradisional. Karena memiliki daya rekat yang kuat, bahan tersebut juga tahan terhadap gangguan rayap dan jamur [9]. Penelitian mengenai penggunaan damar sebagai perekat papan partikel belum banyak dilakukan sehingga karakter papan partikel berpenguat damar belum diketahui dengan baik. Menurut [10] papan partikel yang menggunakan perekat berupa getah tumbuhan cenderung menunjukkan struktur yang lebih stabil. Sedangkan Menurut [3], getah merupakan unsur alami dari material organik yang memiliki sifat seperti fenol formaldehid sehingga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi.

Bahan perekat yang digunakan untuk penelitian ini adalah perekat damar yang mempunyai sifat tidak mudah larut dengan air atau tahan air. Damar adalah hasil dari sekresi (getah) dari pohon *shorea sp*, *vatica sp*, *Dryobalanops sp*, dan lain-lain dari suku Meranti-Merantian atau *Dipterocarpaceae*. Di dalamnya termasuk damar mata kucing dan damar gelap. tumbuhan ini dibudidayakan untuk diambil getah atau hars-nya. Getah damar ini diolah untuk dijadikan kopal. Perekat tersebut mudah digunakan dalam proses spray-up dan hand-up serta memiliki kemampuan yang baik di lingkungan air. Bentuknya seperti tepung dan mencair pada akhir proses, sehingga pada proses manufakturnya atau proses pengolahannya dapat dibentuk dengan cara pengadukan, pengaliran dan penyemprotan. Bentuk damar sebelum dijadikan tepung bisa dilihat pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Damar batu sebelum diolah menjadi tepung

Ikatan yang bekerja pada suatu material terdiri dari dua ikatan, yaitu: Ikatan adhesi dan kohesi. Ikatan adhesi merupakan ikatan yang bekerja untuk menghubungkan dua material yang berbeda bentuknya sedangkan ikatan kohesi merupakan ikatan yang bekerja untuk menghubungkan dua material yang serupa bentuknya. Selain itu Damar dimanfaatkan dalam pembuatan korek api (untuk mencegah api membakar kayu terlalu cepat), plastik, plester, vernis, dan lak. Damar biasanya tumbuh di daerah dataran tinggi atau pegunungan terutama di daerah pegunungan bukit barisan pulau Sumatera khususnya daerah pesisir barat dan selatan Aceh.

3. Perendaman Papan Partikel

Pengembangan tebal pada kayu solid memberikan dasar yang baik untuk menjelaskan hubungan antara kadar air dan kelembaban relatif udara. Hal ini disebut dengan penyerapan isothermal. Penyerapan isothermal papan komposit biasanya berbeda dengan kayu solid yaitu penyerapan isothermal pada papan komposit lebih rendah dan menunjukkan histerisis yang jelas [11]. Pengaruh perlakuan lamanya perendaman partikel kayu di dalam air akan berpengaruh terhadap sifat keteguhan internal papan partikel dalam keadaan kering [12].

Penelitian ini merupakan suatu terobosan baru dalam menggunakan damar yang merupakan perekat organik. Oleh karenanya perlu untuk dilakukan dikarenakan efektifitas damar yang selama ini digunakan untuk mengatasi celah yang bocor pada perahu. Sifat dammar selain mampu tahan terhadap degradasi yang ditimbulkan oleh air juga mampu menambah kemampuan untuk membuat produk dari bahan limbah kayu yang terbuang diolah menjadi produk mebel dan perabotan. Hasil dari penelitian yang didapatkan menambah meningkatnya nilai kualitas dari pengolahan sisa-sisa kayu yang dilakukan pengolahan. Perihal ini sangat membantu pemerintah dan institusi pendidikan untuk mengurangi penebangan hutan secara liar yang kini semakin marak dan membantu masyarakat untuk ikut mengolah sisa kayu olahan untuk digunakan menjadi material yang bermutu.

Pendekatan Pemecahan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi sekarang ini. Peningkatan jumlah limbah kayu olahan yang terbuang secara percuma telah mampu ditangani melalui penggunaan cara

penekanan dalam keadaan panas dengan bantuan ikatan antar partikel melalui penggunaan perekat. Jenis perekat yang dipakai belum tentu menjamin hasil pemampatan berkualitas baik apabila produk tersebut terkena air, karena papan hasil pemampatan tersebut akan terkelupas dan mengembang hingga menjadi rusak.

Melalui metoda tersebut, akan mampu membuat nilai ekonomis papan hasil pemampatan tersebut menjadi lebih menurun. Pola pembuatan untuk mengatasi persolaan tersebut melalui cara penggunaan perekat yang mampu tahan dalam kondisi kelembaban tinggi atau bersentuhan dengan air. Perihal ini dibuat agar mampu menghasilkan produk papan partikel yang dapat digunakan di dalam ruangan dan diluar ruangan yang biasanya sangat rentan terkena dan terendam air. Untuk itu penelitian dilakukan melalui pembuatan papan partikel dengan memanfaatkan perekat organik sejenis dammar yang dilanjutkan dengan perlakuan uji tarik dan perendaman dalam waktu 48 jam agar bisa didapatkan sifat fisis dan mekanis terhadap bentuk produk yang digunakan dalam mendapatkan kualitas papan yang lebih baik

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini proses pembuatan papan partikel kayu Meranti menggunakan perekat damar, partikel kayu yang diambil langsung dari industri mebel di salah satu tempat di desa Meunasah Papeun Ulee Kareeng, Banda Aceh. Partikel masih berbentuk tidak seragam, kemudian dilakukan penjemuran selama 3 hari di bawah cuaca yang panas, agar kandungan kelembaban di dalam partikel menjadi berkurang. Lalu di lakukan pengayakan untuk mendapatkan dimensi seragam

Tahapan selanjutnya pembuatan pembuatan papan adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pemisahan partikel

Pada tahap ini, setelah dilakukan proses pemisahan antar partikel kayu kemudian melakukan pengadukan secara manual antara perekat damar dengan partikel kayu jenis meranti berdasarkan komposisi yang telah direncanakan, yaitu: Partikel kayu Meranti: damar, 80:20, 85:15, 90:10, 95:05 % .

2. Tahap Pembentukan

Pada tahapan proses pembentukan dilakukan dengan cara melakukan proses pemampatan partikel kayu menjadi lembaran papan partikel satu papan yang terdiri dari lapisan partikel halus seragam (\varnothing 0,3-5 mm). Adapun

ukuran cetakan yang digunakan yaitu memiliki ketebalan volume penampang $30 \times 20 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$.

Data perbandingan komposisi papan partikel yang akan dibuat adalah dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Perbandingan komposisi partikel kayu terhadap perekat damar.

No	Bahan	Vol I %	Vol II %	Vol III %	Vol IV %
1	Partikel Kayu Meranti	95	90	85	80
2	Damar	5	10	15	20

4. Tahap Pemampatan

Proses pemampatan papan partikel harus melalui proses secara bertahap, yaitu dari proses pembentukan hingga penekanan atau pemampatan. Proses pemampatan menggunakan tekanan sebesar 80 ton. Daya tekan dilakukan menggunakan mesin tekan kapasitas 150 ton, pada suhu 150°C selama 15 menit, sedangkan ukuran papan partikel hasil cetakan adalah $30 \times 20 \text{ cm}$ dengan ketebalan 1,2 cm. Tampilan pemampatan dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 3: proses perlakuan pemampatan papan partikel.

Pengujian Perendaman

Pengujian untuk mengetahui perubahan ketebalan papan partikel dilakukan selama proses perendaman. Pengujian sifat papan partikel meliputi sifat fisis dan mekanis seperti kadar air, kerapatan, modulus patah, modulus elastisitas dan

pengembangan tebal dilakukan setelah direndam dalam air selama 48 jam. Standar papan partikel yang dipergunakan adalah SNI 03-2105-2006.

Pengujian Kekuatan Tarik

Perlakuan uji kekuatan tarik dilakukan proses perendaman. Pengujian yang lain untuk papan partikel hasil cetakan tersebut dilakukan dengan menggunakan proses permesinan untuk membentuk ukuran spesimen dengan klasifikasi panjang 25,4 cm, lebar 5,08 cm, dan tebal 1,5 cm sesuai dengan petunjuk ASTM D 1037-78 tentang pengujian tarik sejajar permukaan pada material panel partikel.

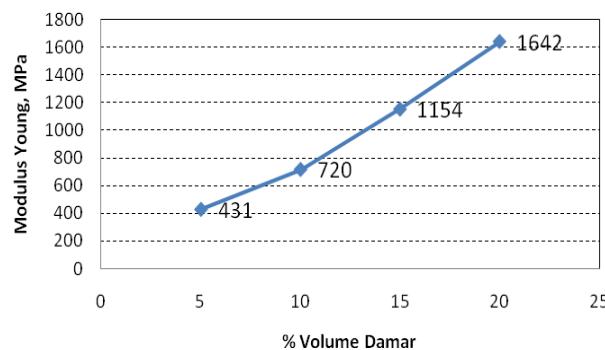
ANALISIS

Dari berbagai data yang telah diperoleh setelah dilakukan pengujian tarik, lentur dan perendaman untuk masing-masing spesimen, didapatkan data yang sangat bervariasi. Nilai dari kekuatan yang terdapat pada papan partikel sangat ditentukan oleh besarnya ukuran dan persentase partikel kayu, kemudian jumlah persentase damar yang berfungsi sebagai perekat serta tekanan yang diberikan.

a. Uji Tarik (Tensile)

Hasil pengujian kekuatan tarik untuk spesimen papan partikel didapatkan data berupa besarnya beban yang diberikan (P), pertambahan panjang (ΔL). kemudian dikonversikan menjadi kekuatan Tarik (σ) dan regangan (ε).

Grafik yang menjelaskan hubungan jumlah volume Damar terhadap nilai Modulus Elastisitas pada berbagai persentase Damar dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini:



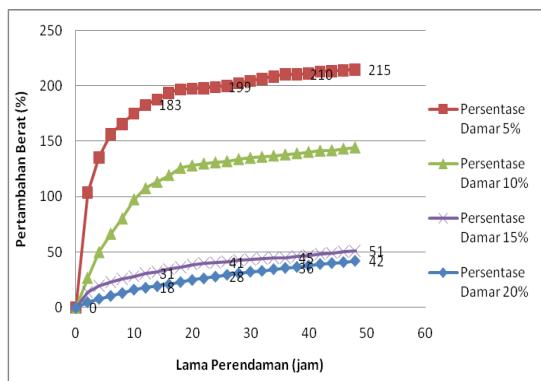
Gambar 4: Hubungan jumlah volume Damar Terhadap nilai Modulus Elastisitas

Dari data yang tersebut pada grafik yang ditampilkan pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai modulus elastisitas untuk persentase Damar 5% adalah 431 MPa. Terus meningkat hingga

percentase 20% berat, yaitu 1642 MPa. Ini terjadi dikarenakan semakin banyaknya jumlah damar yang berkonsentrasi terhadap partikel sehingga menjadikan nilai modulus elastisitasnya semakin besar sehingga tidak terjadi perubahan dimensi yang lebih besar.

b. Uji Rendam

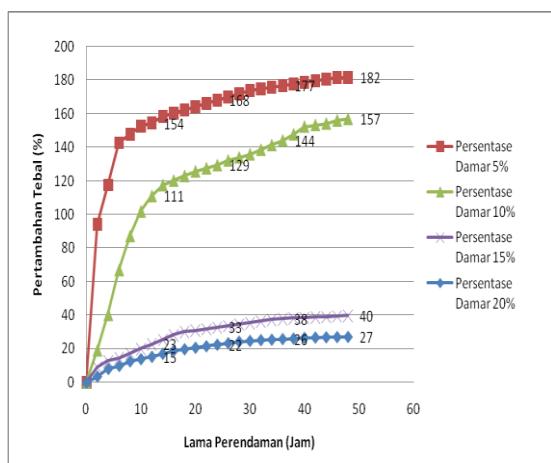
Hasil pengujian perendaman diperoleh kemampuan menyerap air pada papan partikel kayu Meranti berperekat damar adalah semakin tinggi komposisi damar tidak menjamin daya serap airnya lebih rendah. Hal ini dapat kita lihat dari grafik pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5: Hubungan lamanya waktu rendam terhadap Peningkatan berat

c. Peningkatan Ketebalan

Hasil dari tahapan pengujian perendaman didapatkan peningkatan laju ketebalan berdasarkan peningkatan komposisi damar pada papan partikel. Hal ini terlihat dari gambar 6 dibawah ini.

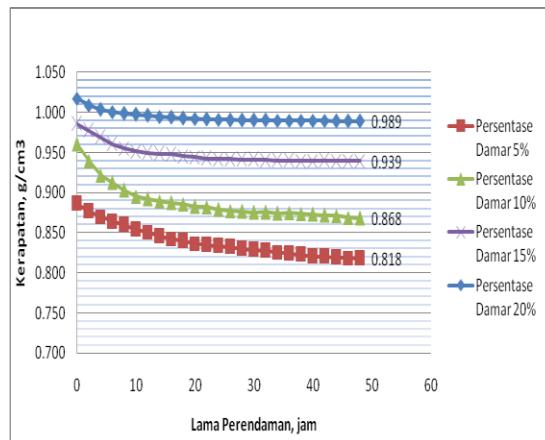


Gambar 6: Hubungan waktu rendam Perendaman terhadap Peningkatan tebal

Kerapatan Papan Partikel

Hasil dari tahapan pengujian perendaman didapatkan data yaitu semakin tinggi komposisi

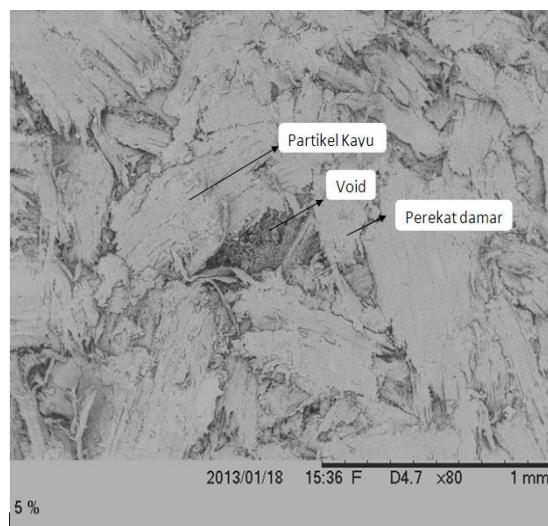
damar maka kerapatan yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Hal ini terlihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7: Hubungan waktu perendaman terhadap Kerapatan papan partikel

Analisa Mikrostruktur

Struktur mikro spesimen papan partikel limbah kayu Meranti menggunakan Damar, dilakukan penganalisaan menggunakan mikroskop *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan beberapa perbesaran. Spesimen dibentuk berukuran 1 cm^2 . Hasil pengamatan melalui mikroskop untuk spesimen uji dengan persentase damar 5% pada pembesaran 80x dapat dilihat pada gambar 8

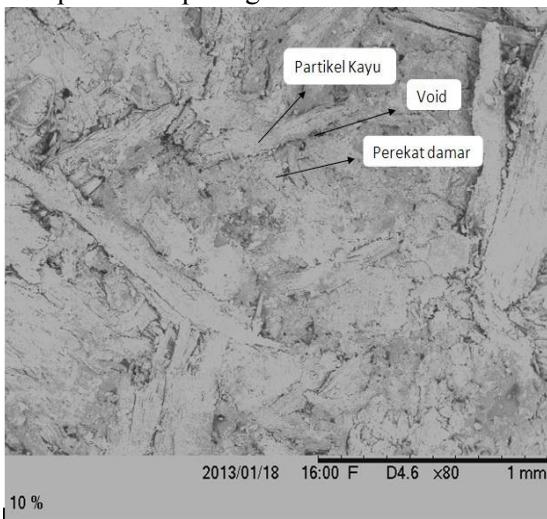


Gambar 8: Struktur Mikro Spesimen Persentase Damar 5% Perbesaran 80x

Pada Gambar 8 terlihat permukaan spesimen papan partikel hasil analisa menggunakan SEM. Terhadap rongga/pori di daerah batas partikel / *interface*. Pada area yang diamati, partikel kayu terlihat tidak ditutupi oleh

Damar pada permukaannya. Besarnya rongga pada papan partikel tersebut tampak sangat jelas. Hal dapat ini diasumsikan bahwa rongga tersebut membuat ikatan antar partikel kayu dengan perekat Damar menjadi lemah, faktor ini dikarenakan ikatan antar partikel terhadap perekat menjadi lebih kecil sehingga ikatan perekat pada partikel kayu sangat mudah untuk melepaskan diri apabila mengalami pembebahan atau gaya yang diberikan terhadap benda tersebut.

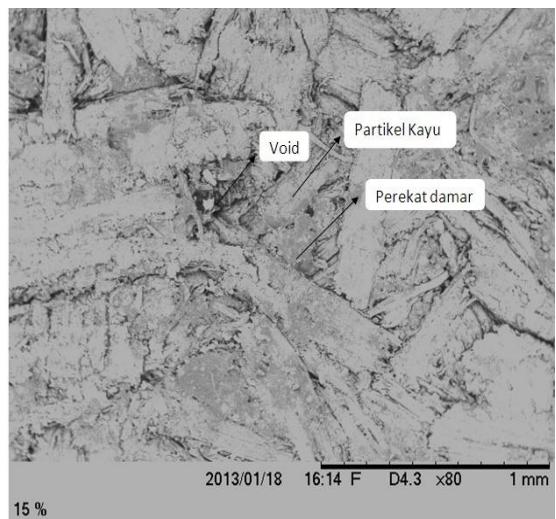
Untuk persentase damar 10% berat, Hasil penglihatan melalui mikroskop dengan pembesaran 80x dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini:



Gambar 9: Struktur Mikro Spesimen Persentase Damar 10% Perbesaran 80x

Dari gambar 9, permukaan papan partikel dengan persentase Damar 10% memiliki pori lebih kecil dibandingkan pori papan partikel persentase damar 5%. Partikel kayu terlihat mulai ditutupi oleh perekat damar pada sebagian permukaannya. Penyebaran perekat yang tidak merata ke seluruh area partikel kayu, menghasilkan tumpukan perekat pada daerah batas partikel / *interface*. Hal ini diduga akan membuat *interface* partikel kayu menjadi berkurang kekuatannya karena tidak meratanya ikatan perekat pada setiap partikel kayu sehingga apabila diberikan pembebahan akan mudah patah

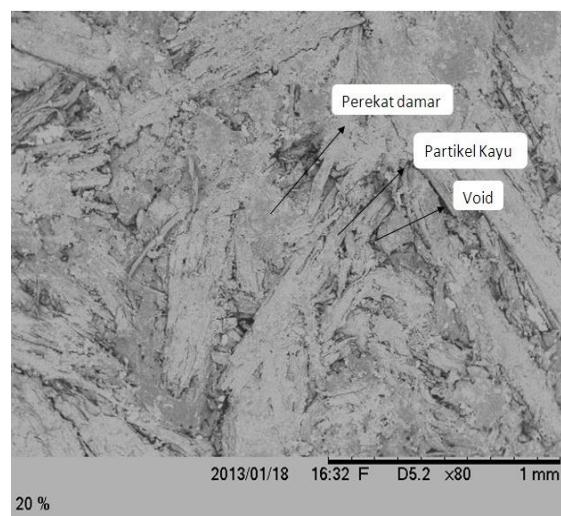
Hasil pengamatan mikroskop untuk persentase damar 15% pada pembesaran 80x, dapat dilihat pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10: Struktur Mikro Spesimen Persentase Damar 15% Perbesaran 80x

Gambar 10 terlihat permukaan papan partikel dengan persentase Damar 15% memiliki pori-pori lebih rapat, dan penumpukan perekat Damar pada permukaan papan partikel lebih banyak dibandingkan dengan pori-pori dan penumpukan perekat Damar pada papan partikel persentase damar 5% dan 10%. Namun permukaan papan partikel tersebut masih terdapat rongga walaupun lebih kecil dibandingkan persentase 5% dan 10 %. hal ini diduga dikarenakan kurangnya pengadukan secara merata pada saat pencampuran. Semakin besar rongga yang terjadi maka akan semakin besar potensi terjadinya kegagalan (Hull 1991)

Hasil pengamatan spesimen uji dengan mikroskop untuk persentase damar 20% pada pembesaran 80x tampak pada gambar 10 dibawah ini:



Gambar 11: Struktur Mikro Spesimen Persentase Damar 20% Perbesaran 80x

Gambar 11 terlihat permukaan papan partikel dengan persentase Damar 20% berat memiliki pori-pori lebih rapat. Besarnya komposisi perekat dibandingkan spesimen papan partikel persentase damar 5%, 10% dan 15 %, menjadikan permukaan papan partikel dipenuhi oleh perekat Damar. Hal ini diduga untuk melindungi papan partikel dari masuknya air ke dalam bagian inti papan partikel, sehingga membuat partikel kayu tidak menyerap air dan menyimpannya di dalam struktur pori-porinya serta melepaskan ikatan perekat yang melekat padanya. Selain itu banyaknya persentase perekat diduga membuat kekuatan ikatan antar partikel kayu menjadi lebih tinggi karna ikatan antar perekat menjadi lebih besar sehingga kekuatan mekanisnya mengalami penurunan dibandingkan persentase Damar 15% berat apabila diberikan beban.

KESIMPULAN

Hasil analisa data dan pembahasan , dapat diambil beberapa kesimpulannya, yaitu:

1. Pembuatan papan partikel menggunakan perekat organik berupa damar terhadap partikel kayu Meranti berhasil dibuat menjadi sebuah produk.
2. Data dari hasil uji didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 0.516 MPa, sedangkan nilai kerapatan $0,989 \text{ g/cm}^3$ dihasilkan oleh spesimen berkomposisi 20:80, sedangkan untuk peningkatan berat dan peningkatan tebal didapatkan nilai 42 %, dan 27 % lebih rendah dari pada spesimen uji lain. Sedangkan nilai modulus elastisitas untuk komposisi yang sama adalah 1642 MPa.
3. Peningkatan jumlah persentase Damar yang digunakan didapatkan semakin tinggi nilai kerapatannya, hal tersebut berbanding terbalik terhadap penambahan berat dan pengembangan tebal, semakin tinggi jumlah persentase perekat Damar maka semakin rendah nilainya.
4. Penggunaan perekat damar untuk pembuatan papan partikel dapat menggunakan penguat alternatif yang lain, seperti serat sawit, kelapa, pisang dan material organik lainnya.

REFERENSI

[1].D.C.Wong, R.A. Kozak (2008). Particle board performance requirements of secondary wood products manufacturers in Canada.. Forest Product Journal. 58(3):34-41.

- [2] Irfan Asmadi (2012): Papan Partikel, Papan Semen, dan Komposit Polimer Kayu, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar.
- [3] Jeong-Hun Lee, Jisoo, Sumin Kim (2011): Green adhesives using tannin and cashew nut shell liquid for environment-friendly furniture materials. School of Architecture, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea. Journal of the Korea Furniture Society vol. 22, No 219-229
- [4] Firda Aulia Syamani, Kurnia Wiji Prasetyo, Ismail Budiman, subyakto, Bambang Subianto. (2008): Sifat Fisis Mekanis Papan Partikel dari Serat Sisal atau Serat Abaka setelah perlakuan Uap, Jurnal Tropical Wood Science and Technology Vol.6 No.2.
- [5] Apri Heri Iswanto, 2008. Pengujian Siklis Papan Partikel, Depatemen Kehutanan, Sumatera Utara
- [6] Tsoumis, G. (1991): Science and Technology of Wood (Structure, Properties, Utilization). Van Nostrand, New York
- [7] Lan Ping, Francois Gambier, Antonio Pizzi, Zhou Ding Guo and Nicolas Brosse (2012): Wood adhesives from agricultural by-products lignins and tannins for the elaboration of particle boards. College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China. Journal Cellulose Chemical Technology, 46 (7-8), 457-462
- [8] Walid A. Kasir. (2006): Using *Quercus Infectoria* gall nut tannin as a binder in particle board production Dept of forestry , college of Agriculture and Forestry, Mosul University, Iraq. Journal Mesopotamia journal of agriculture, ISSN 1815-316 X, vol. (34)
- [9] Sari, R.K. (2001): Isolasi dan Identifikasi Komponen Bioaktif dari Damar Mata Kucing (*Shorea Javanica*), Disertasi Pasca Sarjana, Bogor, IPB
- [10] Antonio Pizzi, Amine moubarik, Ahmed Allal, Fatima Charrier and Bertrand Charrier. (2010): Preparation and mechanical characterization of particle board made from maritime pine and glued with bio-adhesives based on cornstarch and tannins. Moderas Ciencia Y Technologia Journal, 12(3):189-197
- [11] Suchsland O, 2004. The Swelling and Shrinking of Wood: A Practical technology Primer, Madison, WI. Forest Product Soc
- [12] Suwandi Kliwon, 2008. Sifat Papan Partikel dari Kayu Mangium, jurnal Penelitian Hasil Hutan
- [13] American Society of Testing and Materials, (1978), "Standard Test Methods for Evaluating

The Properties of Wood Base-Fiber and Particle Panel Materials”, D1037
[14]Badan Standardisasi Nasional [BSN] (2006):
Papan Partikel SNI No: 03-2105-2006, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta

[15]Hull, Derek, (1991), “An Introduction to Composites Materials”, Cambridge University Press, Cambridge.