



Studi Karakteristik Mekanik Komposit Kayu Randu Bermatrik Asam Sitrat

Much Suranto^{1*}, Darupratomo², Ratnanik³

¹⁻³Teknik Sipil Universitas Widya Dharma Klaten, Indonesia

*Penulis korespondensi: suranto.unwidha@gmail.com

Abstract. *This paper was made to explain the results of research on how to obtain the most appropriate citric acid adhesive composition in the manufacture of randu wood fiber composites in order to obtain a strong and suitable composite material. The research was carried out by experimental methods in the laboratory through a series of mechanical tests, namely the bending strength test and the screw grip strength test. The sample specimen is 5 cm × 20 cm × 1 cm for flexural strength testing and 5 cm × 10 cm × 1 cm for screw grip strength test. Composite specimens were made with variations in the composition of citric acid adhesives of 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5%, and 20% by weight of randu wood. The results showed that the composite of randu wood particles with a citric acid matrix had optimal strength at a certain ratio, which was 7.5%. At the same ratio, the test results of the screw grip strength test also provide the highest value. These findings confirm that the exact composition of the adhesive has a significant impact on the final performance of the resulting composite.*

Keywords: *citric acid; kapok wood; strong bending; strong screw holding; Composite particle.*

Abstrak. Makalah ini dibuat untuk menjelaskan hasil penelitian mengenai bagaimana mendapatkan komposisi perekat asam sitrat yang paling tepat pada pembuatan komposit berserat kayu randu agar diperoleh material komposit yang kuat dan layak digunakan. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental di laboratorium melalui serangkaian pengujian mekanik, yaitu uji kuat lentur dan uji kuat pegang sekrup. Sampel benda uji berukuran 5 cm × 20 cm × 1 cm untuk pengujian kuat lentur dan 5 cm × 10 cm × 1 cm untuk pengujian kuat pegang sekrup. Spesimen komposit dibuat dengan variasi komposisi perekat asam sitrat sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% terhadap berat kayu randu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit partikel kayu randu dengan matriks asam sitrat memiliki kekuatan optimal pada rasio tertentu, yaitu 7,5%. Pada rasio yang sama, hasil uji kuat pegang sekrup juga memberikan nilai tertinggi. Temuan ini menegaskan bahwa komposisi perekat yang tepat sangat berpengaruh terhadap performa akhir komposit yang dihasilkan.

Kata kunci: asam sitrat; kayu randu; kuat lentur; kuat pegang sekrup; Komposit partikel.

1. LATAR BELAKANG

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Indonesia, menyebutkan bahwa negara Indonesia merupakan pengekspor kapuk terbesar di dunia dengan jumlah mencapai 28.400 ton. Selama ini hanya kapuk yang di manfaatkan padahal kayu dari randu juga bisa dimanfaatkan untuk dijadikan sesuatu yang lebih bernilai selain hanya digunakan dalam pembuatan furnitur dan peralatan rumah tangga (Hendarto, 2010). Salah satu manfaat yang dilakukan terhadap kayu randu adalah sebagai bahan komposit.

Dewasa ini penggunaan serat komposit memiliki perkembangan pada penggunaan kembali serat alam (back to nature) sebagai pengganti serat sintetik. Komposit serat alam memiliki potensi yang sangat baik untuk dikembangkan di Indonesia, misalnya kayu randu. Penggunaan kayu randu dewasa ini belum maksimal, kayu randu hanya digunakan untuk pembuat peti mati dan papan kayu yang bernilai jual rendah. Perlu dilakukan upaya agar kayu randu bernilai lebih tinggi seperti bahan panel peredam suara.

Selain serat papan partikel membutuhkan perekat sebagai bahan yang mampu merekatkan atau menjadikan satu bahan-bahan yang direkat. Ada dua jenis perekat yaitu perekat alam dan sintetis. Sehingga perlu dilakukan pemilihan terhadap perekat yang digunakan. Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan perekat yaitu pertimbangan ekonomi, kebutuhan pembuatan dan karakteristik dari hasil yang diperoleh. Asam sitrat termasuk bahan yang memiliki sifat perekatan yang mampu merekatkan bahan-bahan menjadi satu. Selain itu asam sitrat tersebut banyak tersedia di pasar dan tanpa memerlukan teknologi yang rumit dalam mempersiapkannya.

Papan partikel merupakan salah satu produk industri perkayuan yang memiliki prospek yang cukup baik dimasa sekarang dan dimasa yang akan datang. Pada dasarnya bahan baku papan partikel berasal dari sisa pengolahan kayu di industri penggegrajian sehingga tidak memerlukan persyaratan bahan baku yang tinggi (Sidabutar, 2009). Guna menciptakan papan partikel yang kuat dan memiliki karakteristik akustik yang baik, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan material komposit yang berasal dari batang kayu randu menggunakan perekat asam sitrat.

Dari permasalahan yang telah dirumuskan di atas, maka tujuan penelitian ini untuk: 1) mendapatkan komposisi perekat asam sitrat yang paling tepat pada pembuatan komposit berserat kayu randu agar diperoleh komposit yang kuat 2) memperoleh hasil rekomendasi tentang kelayakan komposit yang terbuat dari serat kayu randu dan perekat asam sitrat.

2. KAJIAN TEORITIS

Studi Pustaka

Beberapa studi pustaka yang terkait dengan penelitian papan partikel diantaranya adalah penelitian M. Zakky (2014) tentang pengaruh jumlah asam sitrat dan suhu kempa panas terhadap sifat papan partikel kayu jati. Hasil penelitian tersebut adalah terjadi interaksi faktor jumlah asam sitrat dan suhu kempa berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal penyerapan air papan partikel. Penambahan jumlah asam sitrat berpengaruh nyata terhadap penurunan pengembangan tebal, penyerapan air dan kekasaran permukaan, serta peningkatan nilai modulus patah, modulus elastisitas dan keteguhan rekat internal.

Ragil Widyorini (2015) meneliti tentang pengaruh asam sitrat dan ukuran partikel terhadap karakteristik papan partikel dari bambu petung. Hasil penelitian tersebut adalah interaksi faktor jumlah asam sitrat dan ukuran partikel berpengaruh terhadap kadar air dan keteguhan rekat internal papan partikel. Alexius Narendra (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh jenis bambu dan komposit perekat asam sitrat-sukrosa terhadap sifat fisika dan

mekanika papan partikel. Hasil penelitian tersebut adalah interaksi faktor jenis bambu dan komposisi perekat berpengaruh nyata terhadap nilai penyerapan air, pengembangan tebal, kekasaran permukaan dan keteguhan rekat internal. Komposisi perekat berpengaruh nyata terhadap nilai modulus elastisitas dan modulus patah.

Pradhana Adhi Nugraha (2015) meneliti tentang pengaruh jumlah dan komposisi perekat alami asam sitrat-sukrosa terhadap sifat papan partikel limbah gergajian kayu sengon. Interaksi jumlah dan komposisi perekat hanya berpengaruh nyata terhadap modulus patah. Penambahan jumlah perekat asam sitrat dan sukrosa berpengaruh nyata terhadap penurunan nilai kadar air penyerapan air, pengembangan tebal serta peningkatan nilai kerapatan, modulus patah, modulus elastisitas dan rekat internal.

Ikhwan Syahri (2014) meneliti pengaruh jenis bambu dan perlakuan ekstraksi terhadap sifat fisika dan mekanika papan partikel dengan perekat asam sitrat. Hasil penelitian tersebut adalah interaksi dan perlakuan ekstraksi berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan, penyerapan air dan keteguhan rekat internal papan partikel. Faktor perlakuan ekstraksi berpengaruh nyata terhadap kerapatan dan penyerapan air. Sedangkan faktor jenis bambu berpengaruh nyata terhadap kerapatan, kadar air keteguhan rekat internal, modulus patah dan modulus elastisitas.

Retno Kusumaningtyas (2015) meneliti pengaruh pati dan komposisi perekat asam sitrat-pati terhadap sifat fisika dan mekanika papan partikel bambu petung. Hasil penelitian tersebut adalah jenis pati berpengaruh secara nyata terhadap parameter pengembangan tebal dan keteguhan rekat internal. Sedangkan komposisi perekat berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar air dan peningkatan modulus patah.

Kayu Randu (*Ceiba pentandra*)

Kapuk randu atau kapuk (*Ceiba pentandra*) termasuk dalam filum Spermathphyta, sub divisi Angiospera, kelas dicotylyedonae, ordo malvales, famili malvacea (Bombaceae), genus *Ceiba*, dan spesies *Ceiba pentandra* (Salazer dan Dorth, 2001). Pohon kapuk tumbuh secara alami di Meksiko, Amerika Tengah, Caribea dan satu di Afrika Barat varietas guineensis dan dibawa ke Asia untuk dibudidayakan ke seluruh daerah tropik. Indonesia terutama di pulau Jawa banyak ditemui di Bogor, Situbondo dan Semarang.

Kata "kapuk" atau "kapok" juga digunakan untuk menyebut serat yang dihasilkan dari bijinya. Pohon ini juga dikenal sebagai kapas Jawa atau kapok Jawa, atau pohon kapas-sutra. Juga disebut sebagai *Ceiba*, nama genusnya, yang merupakan simbol suci dalam mitologi bangsa Maya.

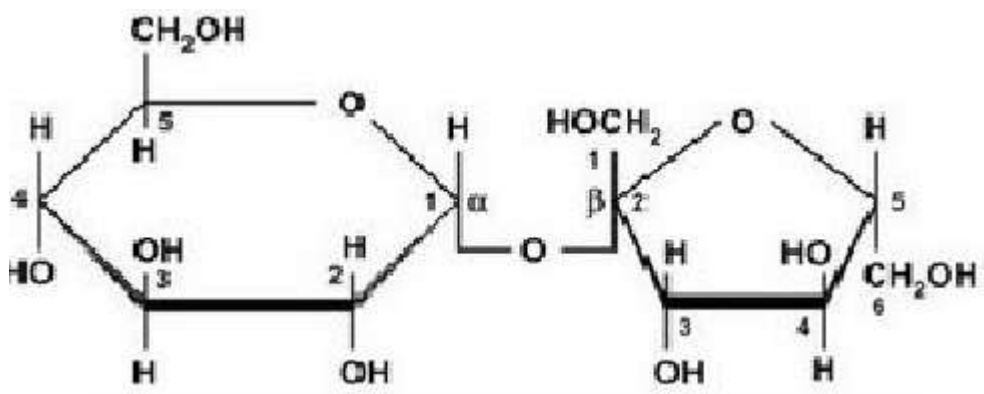


Gambar 1. Pohon Kayu Randu (*Ceiba pentandra*).

Pohon ini tumbuh hingga setinggi 60-70 m dan dapat memiliki batang pohon yang cukup besar hingga mencapai diameter 3 m. Pohon ini banyak ditanam di kebun, pematang sawah dan dapat berfungsi sebagai pohon pembatas wilayah. Kayu randu mempunyai densitas 0,28 g/cm³ dan termasuk kayu berkualitas rendah yaitu kelas kuat IV-V dan kelas awet IV-V (Danudkk, 1994). Kayu randu terdiri dari tipe indica dan tipe caribea. Tipe indica, tingginya kurang dari 20 meter dengan diameter 50 cm, sedangkan tipe caribea bisa mencapai tinggi 50 m dan berdiameter 2 m atau lebih (Suharti, 1996).

Asam Sitrat

Asam sitrat merupakan asam organik lemak yang ditemukan di daun dan buah tumbuhan genus sitrun (jeruk-jerukan). Senyawa ini berupa dalam industri makanan, farmasi dan tambahan dalam makanan ternak. Asam sitrat terdapat pada berbagai jenis buah dan sayuran namun ditemukan pada konsentrasi tinggi hingga dapat mencapai bobot 8 % kering. Hal ini ditemukan pada buah jeruk dan limau misalnya jeruk nipis dan jeruk purut. Sifat asam sitrat yang tidak beracun dapat mengikat logam-logam berat, besi maupun bukan sebagai senyawa antar siklus yang terjadi dalam mitokondria yang penting dalam metabolisme makhluk hidup. Asam sitrat dapat diproduksi secara kimia atau secara fermentasi menggunakan mikroorganisme. Rumus bangun asam sitrat disajikan pada gambar 1 di bawah ini:

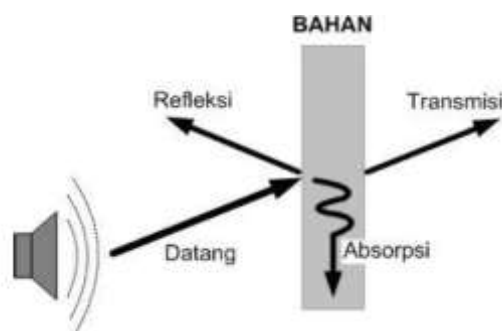


Gambar 2. Rumus bangun asam sitrat.

Sifat Akustik

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani yaitu *akoustikos*, yang artinya segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi (Suptandar 2004). Menurut Tsoumis (1991), sifat akustik kayu berhubungan dengan produksi bunyi yang diakibatkan oleh benturan langsung, dan bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang dipancarkan melalui udara dan mempengaruhi kayu dalam bentuk gelombang bunyi.

Fenomena suara yang terjadi akibat adanya berkas suara yang bertemu atau menumbuk bidang permukaan bahan, maka suara tersebut akan dipantulkan (*reflected*), diserap (*absorb*), dan diteruskan (*transmitted*) atau dengan ditransmisikan oleh bahan tersebut (Gambar 3)



Gambar 3. Fenomena Suara.

Medium gelombang bunyi dapat berupa zat padat, cair, ataupun gas. Frekuensi gelombang bunyi dapat diterima manusia berkisar antara 20 Hz sampai dengan 20 kHz, atau dinamakan sebagai jangkauan yang dapat didengar (*audible range*) (Young dan Freedman 2003).

Tsoumis (1991) menyatakan bahwa bunyi yang dihasilkan mempunyai nada rendah atau tinggi bergantung pada frekuensi dan dipengaruhi oleh dimensi, kerapatan, dan elastisitas bunyi yang dihasilkan dari nada yang lebih tinggi.

Ketika gelombang bunyi yang dihasilkan oleh sumber lain yang menjangkau kayu, sebagian dari energi akustiknya dipantulkan dan sebagian masuk ke dalam kayu. Suara atau bunyi biasanya merambat melalui udara, suara atau bunyi tidak dapat merambat melalui ruang hampa. Menurut Jailani *et al.* (2004) penyerapan suara (*sound absorption*) merupakan perubahan energi dari energi suara menjadi energi panas atau kalor. Pada umumnya, kayu menyerap suara yang diarahkan kepadanya. Menurut Tsoumis (1991), bagian dari energi akustik yang masuk ke dalam kayu diserap oleh massanya. Massa mengubah energi akustik menjadi energi kalor atau lebih tepat disebut *absorb sound*. Kemampuan dari kayu untuk menyerap suara biasa diukur dengan *coefficient of sound absorption*. Faktor-faktor yang mempengaruhi *sound absorption* adalah kerapatan kayu, *modulus of elasticity*, kadar air,

temperatur, intensitas dan frekuensi dari suara, dan kondisi pada permukaan kayu. Kayu dengan kerapatan dan *modulus of elasticity* yang rendah, dan kadar air dan temperatur yang tinggi lebih banyak menyerap suara.

Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Pada umumnya bahan yang berpori (*porous material*) akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya. Adanya pori-pori menyebabkan gelombang suara dapat masuk kedalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah ke energi kalor (Wirajaya 2007).

Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien penyerap suara atau koefisien absorpsi (α).

$$\alpha = \frac{\text{Absorbed Sound Energy}}{\text{Incident Sound Energy}}$$

Bila permukaan bahan tersebut tidak seragam, maka koefisien absorpsi lokal (α) pada suatu tempat dipermukaan bahan tersebut dengan luas permukaan (S_i) akan memiliki nilai tertentu pada setiap tempat dipermukaan bahan tersebut. Maka koefisien absorpsi rata-rata dari bahan tersebut didefinisikan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{1}{S} \sum \alpha_i S_i$$

Berdasarkan arah datangnya gelombang suara, koefisien absorpsi suara ini dibedakan menjadi dua macam, yaitu koefisien absorpsi suara normal (α_n) dan koefisien absorpsi suara sabine/acak (α). Koefisien absorpsi suara normal untuk gelombang suara yang datang tegak lurus terhadap permukaan bahan, sedangkan koefisien absorpsi suara sabine untuk gelombang suara yang datang dari berbagai arah. Diantara kedua jenis tersebut, yang lebih menggambarkan keadaan yang sebenarnya dari kemampuan bahan dalam menyerap suara adalah yang jenis sabine. Hal ini karena secara umum dalam kenyataannya pada kehidupan sehari-hari gelombang suara yang datang pada suatu bahan berasal dari berbagai arah.

Terdapat dua metode untuk mengukur koefisien absorpsi suara, yaitu dengan tabung impedansi (*impedance tube*) yang dapat mengukur koefisien absorpsi suara normal, serta pengukuran dengan ruang dengung (*reverberation room*) yang dapat mengukur koefisien absorpsi suara sabine (Wirajaya 2007).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode eksperimental di laboratorium dengan melakukan pengujian mekanik dari semua sampel komposit benda uji. Komposit menggunakan tatal kayu randu (*ceiba pentandra*) kering (kadar air 10 %) lolos ayakan 10 mesh dan tertahan ayakan 100 mesh. Variasi persentase perekat terhadap tatal kayu yang digunakan adalah fraksi berat 2½ %, 5 %, 7½ %, 10 %, 12½ %, 15 %, 17½ % dan 20 %. Tekanan yang diberikan adalah sama untuk semua sampel uji yaitu sebesar 20 ton/m² serta ditekan pada kondisi panas dengan temperature 130° C. Ukuran cetakan yang digunakan adalah 30 cm x 30 cm x 2 cm dan dihasilkan papan partikel dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm. Sampel Uji dibuat berdasarkan standar SNI 03-2105-2006. Pengujian mekanik yang dilakukan adalah uji kelenturan dan kuat pegang sekrup. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan dimulai pada bulan September 2016 sampai dengan Desember 2016 di Laboratorium Hasil Hutan Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta

Tahapan penelitian terdiri atas penyiapan bahan utama: bahan baku kayu randu (*ceiba pentandra*), pengeringan, penyaringan tatal kayu, penimbangan partikel; penyiapan bahan tambahan; pembuatan komposit; dan pembuatan benda uji.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Lentur

Berdasarkan hasil uji diketahui kuat lentur papan partikel sebagaimana disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Uji Kuat Lentur.

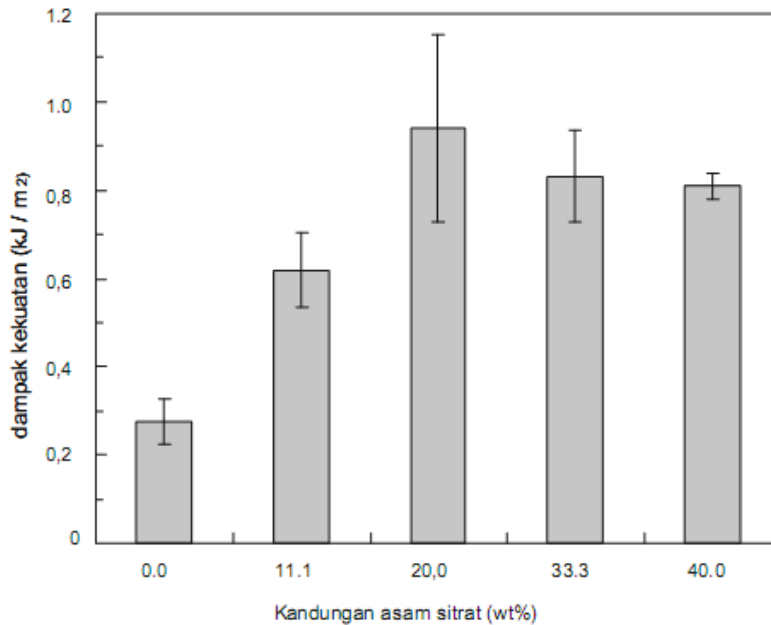
Specimen label	Maximum Load [kgf]	Flexure extension at Maximum Flexure load [mm]	Maximum Flexure stress [kgf/cm ²]
2.5%	0.755	5.54203	3.75669
5%	1.745	3.221155	10.072305
7.5%	2.395	3.37544	13.62721
10%	1.305	3.679625	7.63509
12.5%	0.935	4.12944	5.224035
15%	0.755	4.41694	4.091925
17.5%	0.975	4.858595	5.34844
20%	0.585	6.054465	2.964585
Mean	1.181	4.410	6.590
Standard deviation	0.613	1.020	3.656
Minimum	0.585	3.221	2.965
Maximum	2.395	6.054465	13.62721
Standart SNI_03-2105-2006			Minimal 2.04
JIS a.5908.e.2003.pdf			Minimal 1.50

Kekuatan lentur papan partikel komposit kayu randu berdasarkan rata-rata beban maksimal tertinggi spesimen dengan label 7.50%, yaitu dengan maximum flexure stress sebesar 13.62721 kgf/cm². Pada spesimen dengan label 5%, sebesar 10.072305 kgf/cm², spesimen 10%, maximum flexure stress sebesar 7.63509 kgf/cm², spesimen 17.50%, maximum flexure stress sebesar 5.34844 kgf/cm², spesimen 12.50%, maximum flexure stress sebesar 5.224035 kgf/cm², spesimen dengan label 15%, maximum flexure stress sebesar 4.091925 kgf/cm², spesimen dengan label 2.50%, maximum flexure stress sebesar 3.75669 kgf/cm², dan spesimen dengan label 20%, maximum flexure stress sebesar 2.964585 kgf/cm². Berdasarkan uji kuat lentur tersebut diketahui spesimen 7,5% mampu menahan beban paling tinggi di antara spesimen-spesimen lain. Pada konsentrasi spesimen 20 %, maximum flexure stress justru paling rendah. Artinya semakin besar konsentrasi asam sitrat kuat lentur papan partikel kayu randu dengan matrik asam sitrat semakin menurun.

Sebagaimana hasil pengujian yang tersaji dalam tabel 1 di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi variasi specimen, beban maksimal turun dan kemudian naik hingga pada variasi asam sitrat mencapai 20%. Kenaikan beban maksimal menunjukkan semakin kuat komposit partikel kayu randu bermatrik asam sitrat dalam menahan beban. Sebaliknya semakin besar variasi konsentrasi asam sitrat daya lentur komposit partikel kayu randu bermatrik asam sitrat, meningkat dan kemudian menurun.

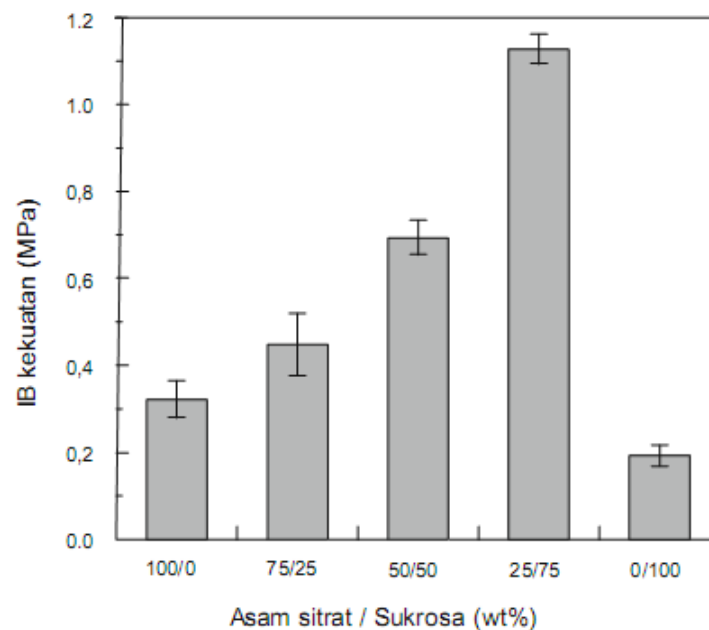
Penggunaan asam sitrat sebagai komposit berserat kayu bukan satu-satunya penelitian yang pernah dilakukan. Pada penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Umemura et al. (2013) dan Widyorini et al. (2015). Penggunaan asam sitrat sebagai komposit berserat kayu, dijelaskan bahwa semua papan partikel dengan perekat asam sitrat tidak mengalami delaminasi. Hal ini menunjukkan penambahan jumlah asam sitrat dan sukrosa dapat meningkatkan stabilitas papan. Dalam proses tersebut gugus hidroksil kayu yang bersifat hidrofilik digantikan oleh ikatan ester yang lebih hidrofobik, seperti dinyatakan oleh Umemura et al. (2013) dan Widyorini et al. (2015).

Hasil penelitian menunjukkan asam sitrat dapat digunakan sebagai perekat alami papan partikel. Kualitas papan partikel yang dihasilkan dapat memenuhi standar JIS A 5908 untuk papan partikel. Hal ini sesuai dengan temuan penelitian yang pernah dilakukan oleh Widyorini dkk., (2015) yang menyatakan bahwa komposisi perekat berpengaruh terhadap nilai keteguhan rekat internal. Menurut Amemura (2011), semakin tinggi variasi asam sitrat semakin rendah kekuatan papan partikel, hal ini divisualisasikan dalam grafik penelitian di bawah ini



Gambar 4. Grafik Dampak Kekuatan Lentur.

Pada gambar grafik di atas, pada saat kandungan asam sitrat 0% rendah kemudian pada penambahan kandungan asam sitrat 11,1%, dampak kekuatan lentur papan partikel meningkat hingga pada kandungan 20%. Pada saat kandungan asam sitrat ditambah menjadi 33.3%, dampak kekuatan papan partikel menurun, dan semakin menurun ketika kandungan asam sitrat dinaikkan menjadi 40%. Dampak kekuatan papan partikel tergantung dari rasio asam sitrat yang berbeda. Hasil penelitian Umemura (2013) menunjukkan bahwa kandungan asam sitrat dalam papan partikel mengembangkan kinerja sampai batas tertentu. Hasil penelitian ini juga digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 5. Grafik Kekuatan Berdasarkan Rasio Kandungan Asam Sitrat.

Kekuatan lentur papan partikel dengan perbandingan kandungan asam sitrat 100% berkisar antara 0.2 hingga 0.4 MPa. Ketika kadar kandungan asam sitrat diturunkan menjadi 75%, kekuatan meningkat hingga pada rasio kandungan 25%. Pada kandungan asam sitrat 25% ini, kekuatan papan partikel mencapai titik tertinggi. Pada saat tidak ada kandungan asam sitrat kekuatan berada di bawah 0.2 MPa.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan asam sitrat sebagai perekat papan partikel dalam rasio tertentu dapat menambah kuat lentur papan partikel. Pada penelitian ini rasio kandungan asam sitrat yang paling bagus adalah 7.5%. Rasio kandungan asam sitrat di atas 7.5%, kekuatan papan partikel yang dihasilkan akan mengalami penurunan.

Uji Kuat Pegang Skrup

Hasil uji kuat pegang skrup disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Pegang Sekrup.

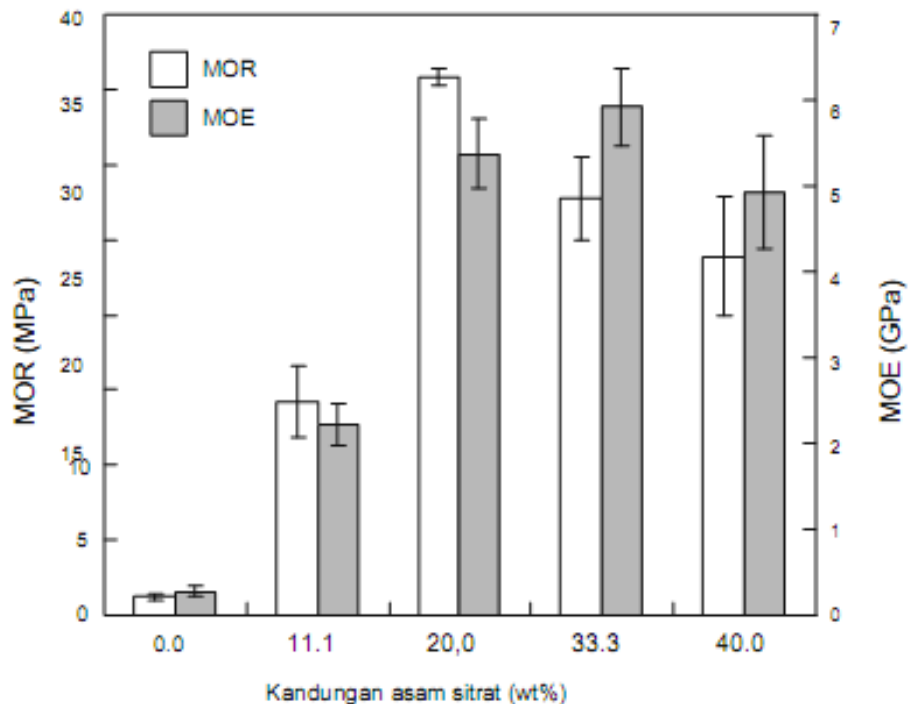
No	Specimen label	Maximum Load (kgf)	Time at Break (Standard) (s)
1	2.5%	1.82	106.29900
2	5.0%	2.99	78.38400
3	7.5%	4.72	51.41300
4	10.0%	2.73	72.88150
5	12.5%	1.57	86.87850
6	15.0%	1.67	94.30000
7	17.5%	1.67	96.17500
8	20.0%	1.38	105.45800
Mean		2.318	86.47363
Standard deviation		1.128	18.47168
Minimum		1.380	51.41300
Maximum		4.718	106.29900
Standart SNI_03-2105-2006		Minimal 31 kgf	
JIS a.5908.e.2003		Min 300 N (30.591486 kgf)	

$$1 \text{ N} = 0.101972 \text{ kgf}$$

Berdasarkan hasil uji kuat pegang skrup di atas, diketahui Maximum Load (kgf) kurang dari standar minimal yang ditetapkan oleh JIS a.5908.e.2003 dan Standart SNI_03-2105-2006. Kuat Pegang Sekrup tertinggi terjadi pada specimen 7.5% dan terendah terjadi pada specimen 20.0%. Maximum Load sebesar pada specimen 7.50%, sebesar 4.72 kgf, diikuti dengan specimen label 5.00%, Maximum Load sebesar 2.99 kgf, specimen label 10.00%, Maximum Load sebesar 2.73 kgf, specimen label 2.50%, Maximum Load sebesar 1.82 kgf, specimen label 15.00%, Maximum Load sebesar 1.67 kgf, specimen label 17.50%, Maximum Load sebesar 1.67 kgf, specimen label 12.50%, Maximum Load sebesar 1.57 kgf, dan paling rendah adalah specimen 20.00%, Maximum Load sebesar 1.38 kgf..

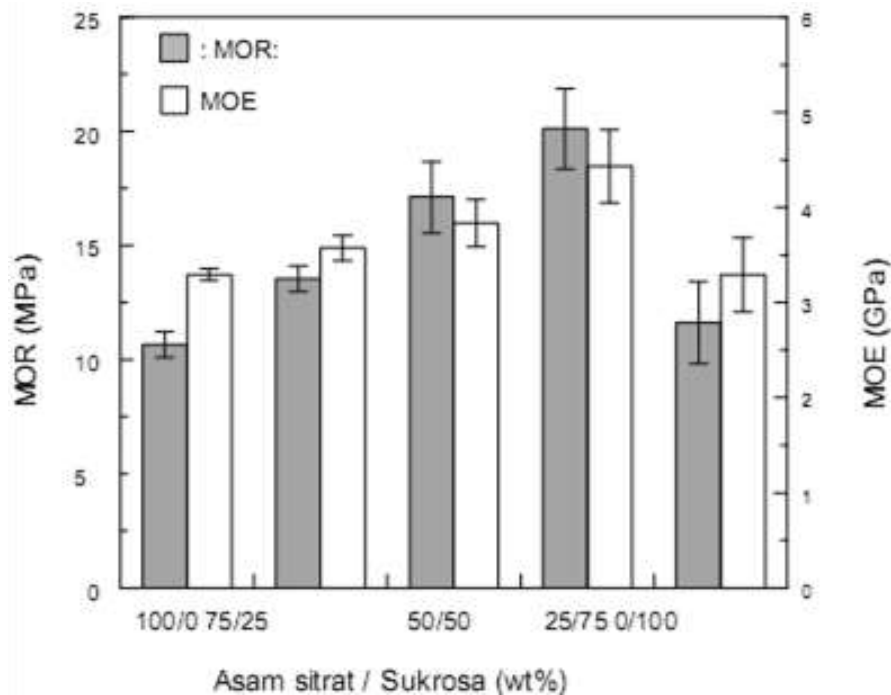
Hasil analisis kuat pegang sekrup yang disajikan dalam tabel 2 di atas menunjukkan bahwa kuat pegang sekrup komposit kayu randu bermatrik asam sitrat diluar standar SNI JIS a.5908.e.2003 dan Standart SNI_03-2105-2006. Kejadian ini disebabkan dalam proses pengujian, mixing material asam sitrat dan partikel kayu randu dilakukan secara manual.

Hasil penelitian ini memperkuat hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Emamura (2011) yang menyatakan bahwa semakin tinggi variasi asam sitrat semakin rendah kuat pegang sekrup papan partikel, hal ini divisualisasikan dalam grafik penelitian di bawah ini



Gambar 6. Grafik Kuat Pegang Sekrup Berdasarkan MOR dan MOE.

Pada gambar grafik di atas, pada saat kandungan asam sitrat 0%, MOR dan MOE rendah kemudian pada penambahan kandungan asam sitrat 11,1%, dampak kuat pegang sekrup (MOR dan MOE) papan partikel meningkat hingga pada kandungan 20%. Pada saat kandungan asam sitrat ditambah menjadi 33.3%, dampak kuat pegang sekrup papan partikel menurun, dan semakin menurun ketika kandungan asam sitrat dinaikkan menjadi 40%. Dampak kuat pegang sekrup papan partikel tergantung dari rasio asam sitrat yang berbeda. Hasil penelitian Umemura (2013) menunjukkan bahwa kandungan asam sitrat dalam papan partikel mengembangkan kinerja sampai batas tertentu. Hasil penelitian ini juga digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 7. Grafik Kekuatan Sekrup Berdasarkan MOR dan MOE pada Masing-Masing Rasio.

Kuat pegang sekrup papan partikel dengan perbandingan kandungan asam sitrat 100% berkisar antara 0.2 hingga 0.4 MPa. Ketika kadar kandungan asam sitrat diturunkan menjadi 75%, kuat pegang sekrup meningkat hingga pada rasio kandungan 25%. Pada kandungan asam sitrat 25% ini, kuat pegang sekrup papan partikel mencapai titik tertinggi. Pada saat tidak ada kandungan asam sitrat kuat pegang sekrup berada di bawah 0.2 MPa.

Hal ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan asam sitrat sebagai perekat papan partikel dalam rasio tertentu dapat menambah kuat pegang sekrup papan partikel. Pada penelitian ini rasio kandungan asam sitrat yang paling bagus adalah 7.5%. Rasio kandungan asam sitrat di atas 7.5%, kuat pegang sekrup papan partikel yang dihasilkan akan mengalami penurunan.

Pada karakter specimen, beban maksimum yang mampu ditahan tertinggi adalah sebesar 2.395kgf dengan kuat lentur maksimal sebesar 3.37544 mm, terjadi pada specimen dengan label 7.5%. Sementara beban maksimum yang mampu ditahan terendah adalah sebesar 0.585kgf dengan kuat lentur maksimal sebesar 6.05447 mm, terjadi pada specimen dengan label 20.5%. Pada spesifikasi specimen kuat beban dan kuat lentur tertinggi, koefisien absorber rata-rata sebesar 0.2518, sedangkan tertinggi sebesar 0.3713 yang terjadi pada specimen label 12.5%. Hal ini dapat dinyatakan bahwa specimen label 12.5% memiliki kuat beban maksimal dan kuat yang lentur serta memiliki peredam suara yang paling bagus, diantara variasi konsentrasi asam sitrat dalam papan partikel kayu randu.

Hasil uji kuat lentur menunjukkan bahwa papan partikel kayu randu bermatrik asam sitrat, ditentukan rasio kadar kandungan asam sitrat. Ada perbedaan kuat lentur papan partikel akibat perbedaan rasio konsentrasi asam sitrat. Hal ini disebabkan bahwa asam sitrat sebagai perekat hanya mampu menjadi perekat dan tidak memiliki kekuatan selain sebagai mana partikel kayu randu. Peningkatan jumlah kandungan asam sitrat lebih dari 7.5% akan menyebabkan kuat lentur papan partikel semakin menurun. Hal ini juga didukung bahwa asam sitrat hanya mampu memberi tekstur keras dan tidak elastis atau alot, sehingga pada rasio tertentu saja asam sitrat tersebut dapat digunakan sebagai perekat partikel kayu.

Hal ini sebagaimana dikemukakan oleh Umemura (2011 dan 2013) bahwa kekuatan partikel dengan asam sitrat sebagai perekat, bergantung pada rasio kandungan asam sitrat yang digunakan. Pada awalnya penambahan asam sitrat akan memberikan tambahan kekuatan papan partikel, namun pada rasio kandungan tertentu dampak kuat yang terjadi pada papan partikel menjadi semakin rendah.

Hasil temuan uji kuat lentur ini sejalan dengan hasil uji kuat pegang skrup. Pada hasil uji kuat pegang skrup, juga menunjukkan bahwa pada kandungan rasio asam sitrat tertentu, kuat pegang skrup papan partikel menjadi kuat. Namun tidak selamanya tambahan rasio kandungan asam sitrat akan memperkuat pegang skrup papan partikel. Pada rasio kandungan asam sitrat lebih dari 7.5% kuat pegang skrup papan partikel menurun.

Ada perbedaan batasan rasio kandungan asam sitrat sebagai perekat papan partikel. Hasil penelitian Umemura (2011 dan 2013) menemukan rasio kandungan yang optimal adalah 20-25%, sementara hasil penelitian ini adalah 7.5%. Hal ini disebabkan dalam melakukan mixing partikel kayu randu dengan asam sitrat dilakukan secara manual. Pada proses ini petugas memerlukan kehati-hatian dan tidak memungkinkan memberikan perekatan kepada partikel satu demi satu. Proses ini perlu menjadi perhatian agar, ke depan dilanjutkan dengan penelitian eksperimen untuk membuat mesin mixer bahan dan perekat papan partikel. Selain teknis pencampuran secara manual. Faktor karakteristik asam sitrat juga mempengaruhi kekuatan partikel kayu dengan matrik asam sitrat.

Asam sitrat sebagai perekat memiliki karakter sebagaimana perekat jenis thermosetting. Menurut Khaeruddin (2008), mendefinisikan perekat adalah substansi yang dapat menyatukan dua benda atau lebih melalui ikatan permukaan. Pada sudut pandang reaksi perekat terhadap panas, maka perekat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu perekat thermosetting dan thermoplastic. Perekat jenis thermosetting merupakan perekat yang dapat mengeras bila terkena panas atau reaksi kimia dengan bantuan katalisator atau hardener dan bersifat irreversible. Perekat ini apabila sudah mengeras tidak dapat lagi menjadi lunak. Sementara perekat thermoplastic

adalah perekat yang dapat melunak jika terkena panas dan menjadi mengeras kembali apabila suhunya telah rendah.

5. KESIMPULAN

Uji kekuatan komposit menggunakan dua indikator, yaitu (1) kuat lentur dan (2) kuat pegang sekrup. Kekuatan lentur papan partikel komposit kayu randu berdasarkan rata-rata beban maksimal menunjukkan bahwa spesimen dengan konsentrasi perekat 7,50% menghasilkan nilai tertinggi, yaitu maximum flexure stress sebesar 13,62721 kgf/cm². Sementara itu, spesimen lain seperti 5% memiliki kekuatan 10,072305 kgf/cm², 10% sebesar 7,63509 kgf/cm², 17,50% sebesar 5,34844 kgf/cm², 12,50% sebesar 5,224035 kgf/cm², 15% sebesar 4,091925 kgf/cm², 2,50% sebesar 3,75669 kgf/cm², dan spesimen 20% menunjukkan nilai terendah, yaitu 2,964585 kgf/cm². Temuan ini menunjukkan bahwa konsentrasi perekat yang terlalu tinggi justru menurunkan kuat lentur papan partikel kayu randu. Dengan demikian, komposisi 7,50% terbukti memberikan performa mekanik terbaik pada uji kuat lentur.

Pada uji kuat pegang sekrup, seluruh nilai Maximum Load (kgf) berada di bawah standar minimal JIS A 5908:2003 dan SNI 03-2105-2006, namun tetap terlihat pola yang konsisten bahwa komposisi 7,50% kembali menjadi yang tertinggi. Spesimen 7,50% memiliki nilai 4,72 kgf, lebih tinggi dibandingkan spesimen lain seperti 5% sebesar 2,99 kgf, 10% sebesar 2,73 kgf, 2,50% sebesar 1,82 kgf, 15% sebesar 1,67 kgf, 17,50% sebesar 1,67 kgf, 12,50% sebesar 1,57 kgf, dan nilai terendah pada konsentrasi 20% sebesar 1,38 kgf. Hal ini menegaskan bahwa kenaikan konsentrasi perekat asam sitrat di atas 7,50% justru menyebabkan penurunan daya rekat internal material sehingga menurunkan kemampuan pegang sekrup. Dengan demikian, konsentrasi perekat 7,50% dinyatakan sebagai komposisi paling optimal dalam menghasilkan komposit kayu randu dengan performa mekanik terbaik.

DAFTAR REFERENSI

- Gunawan, R., & Lestari, S. (2020). Manajemen fasilitas wisata alam dan dampaknya terhadap kepuasan pengunjung. *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 9(1), 45–58. <https://doi.org/10.24036/jdp.v9i1.3012>
- Hayat, W., Syakbaniah, & Darvina, Y. (2013). Pengaruh kerapatan terhadap koefisien absorpsi bunyi papan partikel serat daun nenas (*Ananas comosus* L. Merr). *Pillar of Physics*, 3, 44–51.
- Hendarto. (2010). Uji karakteristik sifat fisis dan mekanis komposit serat acak Cieba pentandra (Kapuk randu) dengan fraksi berat serat 10%, 20%, 30% (Tugas akhir S-1). Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Hidayat, A. (2022). Peran promosi digital dalam meningkatkan daya tarik destinasi wisata. *Jurnal Ekonomi Kreatif*, 4(3), 87–96. <https://doi.org/10.31940/jek.v4i3.551>
- Karlinasari, L. (2011). Sifat penyerapan dan isolasi suara papan wol berkerapatan sedang–tinggi dari beberapa kayu cepat tumbuh. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*, 4(1), 8–13.
- Maloney, T. M. (1997). *Modern particle board and dry process fiberboard manufacturing*. Miller Freeman Publications.
- Nurhayati, E., & Indrayani, E. (2023). Potensi dan tantangan pengembangan ekowisata di kawasan konservasi. *Jurnal Lingkungan Hidup*, 10(3), 200–212.
- Putra, F., & Dewi, S. (2022). Analisis strategi pemasaran digital pada desa wisata. *Jurnal Ekonomi Pariwisata*, 15(1), 45–58.
- Salazar, R., & Dorthe, J. (2001). Informasi singkat benih Ceiba pentandra (L.) Gaertn. Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan.
- Sidabutar, N. R. (2009). Pengaruh parafin pada pembuatan papan partikel serat acak serabut kelapa (Tugas akhir S-1). Universitas Sumatera Utara.
- Suharti, S. (1996). Pedoman teknik penanaman pohon kapok (Ceiba spp.). Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam.
- Umemura, K., Sugihara, O., & Kawai, S. (2013). Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *Journal of Wood Science*, 59, 203–208.
- Widyorini, R., Umemura, K., Isnain, R., Putra, D. R., Awaludin, A., & Prayitno, T. A. (2015). Manufacture and properties of citric acid-bonded particleboard made from bamboo materials. *European Journal of Wood and Wood Products*. <https://doi.org/10.1007/s00107-015-0948-8>
- Wirajaya, A. (2007). Karakteristik komposit sandwich serat alami sebagai absorber suara (Tesis). Institut Teknologi Bandung.
- Young, H. D., & Freedman, O. A. (2003). *Fisika universitas* (Edisi ke-10, Jilid 2; P. Silaban, Trans.; A. Safitri & Santika, Eds.). Erlangga.