

Peningkatan Kerapatan Kayu Samama Melalui Pre-kompresi Asam Sitrat (Density Improvement of Samama Wood by Pre-compression of Citric Acid)

Azis Rumbaremata¹, Tekat D Cahyono¹, Teguh Darmawan², Sukma S Kusumah²,
Fazhar Akbar², Wahyu Dwianto^{2*}

¹Fakultas Pertanian, Universitas Darussalam Ambon, Jl. Waehakila Puncak Wara,
Ambon 97128

²Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Raya Bogor
Km. 46, Cibinong, Bogor 16911

*Penulis korespondensi: wahyudwianto@yahoo.com

Abstract

Samama wood (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil.) is a potential fast-growing species of Sulawesi and Maluku. This study aimed to increase the density of the wood through citric acid pre-compression. The temperature/time pressing formula and the optimal concentration of citric acid for fixation were also determined. Water saturated samples of (5x5x4) cm³ (L = longitudinal x T = tangential x R = radial) were pre-compressed at 100 °C for one hour to reach drying set. Subsequently, the samples were soaked for 4 hours in a citric acid solution of 5% and 10% concentration, drained and wrapped in aluminum foil before re-pressed at 180 °C for 10, 20, 30, 40, 50, and 60 minutes. Fixation was measured by soaking the samples into water for 24 hours at room temperature. The results showed that the moisture contents at fiber saturation point ranged from 33.15-33.94%, with density of 0.46 g cm⁻³ and oven dry density of 0.37 g cm⁻³. The L, T, and R shrinkages were 0.18-0.20%, 4.13-4.14%, and 2.53-3.10%, respectively; while the T/R ratio was 1.33-1.63%. Pre-compression can only be done at a compression target of 25% with compression level of 19.57-20.01%. Pre-compression increased the oven dry density of 17.11-20.13% to 0.44-0.45 g cm⁻³. After thickness recovery, the weight of the oven dried samples increased by 1.79-2.72% at the 5% citric acid concentration and by 12.04-15.25% at the 10% citric acid concentration. Permanent fixation achieved at 180 °C for 50 minutes pressing time with 10% citric acid concentration.

Keywords: citric acid, density, fixation, pre-compression, Samama wood

Abstrak

Kayu Samama (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil.) merupakan jenis cepat tumbuh potensial di Sulawesi dan Maluku. Dalam penelitian ini kerapatan kayu samama ditingkatkan melalui impregnasi asam sitrat dengan metode pre-kompresi. Formulasi suhu/waktu pengepresan dan konsentrasi asam sitrat optimal untuk mencapai fiksasi juga ditentukan. Contoh uji berukuran (5x5x4) cm³ (L = longitudinal x T = tangensial x R = radial) jenuh air dipre-kompresi pada suhu 100 °C selama 1 jam hingga mencapai *drying set*. Selanjutnya, direndam selama 4 jam dalam larut asam sitrat berkonsentrasi 5 dan 10%, ditiriskan dan dibungkus aluminium foil sebelum dipres kembali pada suhu 180 °C selama 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Pengujian fiksasi dilakukan dengan merendam contoh uji ke dalam air selama 24 jam pada suhu ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air titik jenuh serat kayu ini berkisar antara 33,15-33,94%, dengan kerapatan 0,46 g cm⁻³ dan kerapatan kering oven 0,37 g cm⁻³. Penyusutan arah L, T, dan R masing-masing adalah 0,18-0,20%, 4,13-4,14%, dan 2,53-3,10%, sedangkan ratio T/R

1,33-1,63%. Pre-kompresi kayu ini hanya dapat dilakukan sampai dengan 25% dan menghasilkan tingkat pengepresan antara 19,57-20,01%. Pre-kompresi meningkatkan kerapatan kering oven 17,11-20,13% menjadi 0,44-0,45 g cm⁻³. Setelah pemulihan ketebalan, terjadi penambahan berat contoh uji kering oven antara 1,79-2,72% untuk konsentrasi asam sitrat 5%; dan 12,04-15,25% untuk konsentrasi asam sitrat 10%. Fiksasi permanen dicapai dengan pengepresan pada suhu 180 °C selama 50 menit dengan konsentrasi asam sitrat 10%.

Kata kunci: asam sitrat, fiksasi, kayu Samama, kerapatan, pre-kompresi

Pendahuluan

Indonesia memiliki banyak jenis kayu cepat tumbuh (*fast growing wood species*) yang potensial. Salah satu di antaranya adalah kayu Samama (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil.) atau Jabon Merah yang merupakan jenis kayu endemik dengan penyebarannya di Maluku Utara, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Tenggara. Warna kayunya kemerah-merahan menyerupai kayu Meranti (Sanyoto 2010). Di samping *A. macrophyllus*, terdapat *A. cadamba* yang sudah dikenal dan banyak dibudidayakan dengan nama perdagangan Jabon, dimana kayunya berwarna putih. Tinggi pohon Samama mencapai 40 meter dan lingkaran batang mencapai 150 cm (diameter 40-50 cm). Bentuk batangnya yang silindris dan bebas cabang yang tinggi menjadikannya sebagai salah satu *promoting species*, sehingga beberapa tahun terakhir ditanam intensif di beberapa wilayah Indonesia. Kayu Samama merupakan jenis *pioneer* yang toleran terhadap cahaya, sehingga dapat hidup di bawah naungan sekalipun. Jenis kayu ini dapat tumbuh di ketinggian 100-1000 mdpl dan siap panen pada umur 6 sampai 10 tahun. Selain itu jenis kayu ini memiliki riap diameter 5,05 cm per tahun dan pada umur 10 tahun rata-rata volume pohonnya mencapai 0,8-1,0 m³ (Sanyoto 2010). Data ini didukung oleh laporan dari Litbang PT. Mangole (2011) bahwa kayu Samama memiliki riap diameter yang cukup baik, yaitu 5-7 cm per tahun,

diameter setinggi dada 50 cm dan tinggi bebas cabang rata-rata 10-12 m.

Kayu Samama mulai dikembangkan secara luas sebagai di hutan tanaman industri (HTI). Melalui program hutan tanaman rakyat (HTR) pada tahun 2008-2009 telah ditanam kayu Samama seluas ±1200 hektar di Kabupaten Halmahera Selatan dan Kabupaten Halmahera Utara. Pendekatan penanaman dan pemeliharaan pohon Samama berbasis kearifan lokal pun telah dilakukan oleh masyarakat di Maluku (Ohorella 2009). Kayu Samama merupakan komoditas yang belum begitu populer di dunia perdagangan kayu. Meskipun jenis kayu ini tersebar di beberapa daerah, data mengenai produksinya jarang sekali didapat karena kayu ini lebih banyak dimanfaatkan di daerah setempat sedangkan data perdagangan kayu ini bercampur dengan data dari kayu-kayu lain yang berbobot ringan dan tidak dideskripsikan dengan baik. Tidak seperti kayu Jabon, kayu Samama merupakan komoditas yang tidak begitu dikenal di dunia perdagangan kayu. Namun setelah jenis ini berhasil disemaikan di luar habitatnya, kayu Samama akan bersaing dengan kayu-kayu lain karena memiliki pertumbuhan pohon dan kualitas kayu yang lebih baik dari Jabon (Ohorella 2009).

Berat jenis (BJ) kayu Samama berkisar antara 0,44-0,51 atau sedikit lebih tinggi di atas Jabon Putih (Sanyoto 2010), sedangkan Cahyono *et al.* (2012) melaporkan bahwa BJ kayu Samama

berkisar antara 0,30-0,59 dengan rata-rata sebesar 0,47. Nilai rata-rata MOE kayu Samama adalah 48750 kg cm⁻², sedangkan nilai rata-rata MOR nya 519 kg cm⁻². Dengan BJ dan nilai kekuatan tersebut, penggunaannya akan terbatas dan setara dengan kayu-kayu kelas kuat IV. Oleh karena itu untuk meningkatkan nilai tambah dan nilai gunanya maka penggunaan kayu Samama dalam bentuk produk laminasi lebih menjanjikan apalagi bila dikaitkan dengan kebutuhan akan kayu dan produk kayu saat ini (Cahyono 2015).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase bagian juvenil kayu Samama umur 8 tahun adalah 33,3-38,9% sedangkan pada umur 10 tahun adalah 30,4-34,8%. Selanjutnya kayu Samama umur 8 tahun dapat dibuat *veneer* 1,5 mm dan 3,0 mm dengan variasi ketebalan yang cukup baik. Selain itu dapat dipakai untuk perkakas rumah tangga, bahan bangunan dan pertukangan. Kualitas kayu Samama jauh lebih baik daripada Sengon dan Benuang (Sanyoto 2010).

Pada umumnya perekat yang digunakan dalam pembuatan produk kayu adalah perekat sintesis, antara lain Urea Formaldehida (UF), Phenol Formadehida (PF), dan Melamin Formaldehida (MF). Perekat-perekat sintesis ini memiliki kelemahan pada ketersediaan bahan bakunya yang semakin berkurang, karena berasal dari olahan minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui. Selain itu penggunaan perekat sintesis ini menimbulkan emisi yang dapat menyebabkan insomnia (Umemura *et al.* 2013). Penggunaan perekat alami yang terbuat dari polimer alam bersifat ramah lingkungan dan tidak menimbulkan efek negatif terhadap kesehatan. Beberapa penelitian yang telah dikembangkan adalah dengan menggunakan asam sitrat

(Umemura *et al.* 2012a). Asam sitrat (C₆H₈O₇ = 2-hydroxy-1,2,3 propanetricarboxylic acid) merupakan asam organik lemah yang terdapat pada daun dan buah tumbuhan genus *Citrus* (jeruk-jerukan) dan mengandung tiga gugus karboksil (Umemura *et al.* 2012a). Asam sitrat biasanya terdapat pada jeruk lemon dan limau. Senyawa ini merupakan bahan pengawet yang baik dan alami, selain digunakan sebagai penambah rasa masam pada makanan dan minuman ringan. Sifat asam sitrat yaitu: (1) Berat molekul: 192,13 g mol⁻¹, (2) *Specific Gravity*: 1,54 (20 °C), (3) Titik Lebur: 153 °C, (4) Titik Didih: 175 °C, (5) Kelarutan dalam air: 207,7 g 100 ml⁻¹ (25 °C), (6) Berbentuk kristal berwarna putih, tidak berbau dan memiliki rasa asam. Secara komersial, asam sitrat diproduksi melalui fermentasi dari bahan yang mengandung glukosa dan sukrosa. Asam sitrat dapat berikatan baik dengan gugus-gugus hidroksil pada kayu (Umemura *et al.* 2012a), sehingga dapat terdistribusi dan membentuk *cross-link* dengan baik. Asam sitrat berperan sebagai agen perekat melalui ikatan kimia, dan mempunyai potensi sebagai perekat kayu alami yang ramah lingkungan. Asam sitrat juga dapat berikatan dengan baik pada gugus hidroksil dari kayu (Umemura *et al.* 2012b).

Penelitian mengenai asam sitrat sebagai perekat alami masih banyak digunakan untuk pembuatan papan partikel dan diformulasikan dengan sukrosa. Nugraha (2014) melakukan penelitian perbandingan antara asam sitrat dan sukrosa dalam pembuatan papan partikel dengan bahan baku kayu Sengon pada konsentrasi perekat 7,5% dan 15% pada suhu 200 °C, tekanan spesifik 3,6 MPa selama 10 menit. Sifat papan partikel Sengon yang terbaik diperoleh pada

konsentrasi perekat 15% serta komposisi perekat asam sitrat: sukrosa 25:75 dan 50:50 dengan kerapatan 0,9-0,91 g cm⁻³, pengembangan tebal 4,3-5,24%, dan penyerapan air 21,32-26,15%. Penelitian yang sama telah dilakukan oleh Tanuwijaya (2015) dengan bahan baku pelepah Kelapa Sawit pada konsentrasi perekat 10% dan 15%, suhu kempa 200 °C dan tekanan spesifik 3,6 MPa. Sifat papan partikel pelepah Kelapa Sawit yang terbaik diperoleh pada konsentrasi perekat 15% dan komposisi asam sitrat: sukrosa 25:75, kerapatan 0,9 g cm⁻³, pengembangan tebal 2,19%, dan penyerapan air 33,29%. Selanjutnya Widyorini *et al.* (2012) dan Santoso (2016) melakukan penelitian dengan bahan baku pelepah Nipah (*Nypa fruticans* Wurmb.) pada konsentrasi perekat 20%, waktu kempa 10 menit, suhu kempa 180 °C dan tekanan spesifik 3,6 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan perekat asam sitrat: sukrosa 12,5: 87,5 menghasilkan kerapatan 0,89 g cm⁻³, pengembangan tebal 2,45%, dan penyerapan air 23,55%.

Penelitian penggunaan asam sitrat tanpa sukrosa dilakukan oleh Persada (2017) dengan bahan baku kulit Kayu Putih. Pembuatan papan partikel dilakukan pada suhu pengepresan 180 °C dengan tekanan kempa 1000 psi. Sifat papan partikel kulit kayu putih paling optimal diperoleh pada konsentrasi perekat asam sitrat 10%. Sedangkan penelitian kerekatan papan partikel batang Jagung dengan perekat asam sitrat oleh Octaviana (2017) menunjukkan bahwa sifat fisis dan mekanis papan partikel tersebut telah memenuhi standar JIS A 5908-2003 pada konsentrasi asam sitrat 20%. Evaluasi dari kerekatan lignoselulosa dan asam sitrat disebabkan telah terbentuk ikatan ester pada kisaran panjang gelombang 1706-1732 cm⁻¹,

sehingga meningkatkan kestabilan dimensi papan partikel tersebut. Semakin banyak jumlah asam sitrat yang ditambahkan, semakin kuat ketahanan terhadap air. Penambahan sampai 20% pada bambu memperlihatkan hasil yang optimal (Widyorini *et al.* 2016a).

Penelitian-penelitian mengenai impregnasi perekat ke dalam kayu telah banyak dilakukan (Furuno *et al.* 2004, Shams *et al.* 2006, Bakar *et al.* 2013, Hartono *et al.* 2016), namun masih terbatas pada menggunakan perekat sintesis seperti formaldehida, sedangkan penggunaan perekat alami seperti asam sitrat belum pernah dilakukan. Metode pre-kompresi telah dikembangkan dengan tujuan untuk meningkatkan daya serap larutan ke dalam kayu, terutama terhadap jenis-jenis kayu yang memiliki permeabilitas rendah. Metode ini cukup ekonomis karena tidak memerlukan alat impregnasi tetapi hanya memanfaatkan proses pemulihan deformasi. Yusuf *et al.* (1999, 2001), Suryanegara dan Dwianto (2004) menyatakan bahwa pre-kompresi dapat meningkatkan penyerapan air ke dalam kayu. Menurut Suryanegara dan Dwianto (2004) perbedaan suhu dapat mengakibatkan perbedaan kemampuan untuk mengembalikan dinding sel kayu yang terdeformasi akibat pengepresan ke bentuk semula.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kerapatan kayu Samama dengan mengimpregnasikan asam sitrat ke dalam kayu melalui metode pre-kompresi. Tujuan mengimpregnasi perekat ke dalam kayu tersebut yang dilanjutkan dengan proses kompresi adalah untuk mencapai fiksasi permanen.

Bahan dan Metode

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kayu Samama (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil.) sebanyak 30 contoh uji dengan ukuran (5x5x4) cm³ (L = longitudinal x T = tangensial x R = radial), asam sitrat dengan konsentrasi 5% dan 10%, serta alumunium foil. Peralatan yang digunakan adalah *caliper*, timbangan *digital*, *oven*, alat *Universal Testing Machine* (UTM), *microwave*, *autoclave*, kompresor dan alat pres panas konvensional.

Metode

Tahapan metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah: (1) Pengukuran dimensi dan berat contoh uji pada kondisi titik jenuh serat dan kering *oven* untuk mendapatkan nilai perubahan dimensi, kadar air dan kerapatannya, (2) Pengujian tekan pada arah radial untuk mendapatkan kurva *stress-strain* contoh uji pada kondisi kering, jenuh air dan pelunakan dengan *microwave* selama 1 menit untuk mengetahui target pengepresan, (3) Pre-kompresi pada suhu 100 °C selama 1 jam hingga mencapai *drying set*, (4) Impregnasi dengan larutan asam sitrat dengan variabel konsentrasi 5 dan 10%, (5) Pengempresan pada suhu 180 °C dengan variabel waktu pengepresan 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit, dan (6) Pengujian pemulihan ketebalan dengan merendam contoh uji ke dalam air selama 24 jam pada suhu ruang.

Dimensi dan berat contoh uji diukur dengan *caliper* dan timbangan *digital* pada kondisi titik jenuh serat dan kering *oven* untuk mendapatkan nilai perubahan dimensi, kadar air, dan kerapatannya, dengan rumus sebagai berikut:

- Perubahan Dimensi = [(dimensi pada kondisi titik jenuh serat – dimensi

kering *oven*)/dimensi pada kondisi titik jenuh serat] x 100%

- Kadar Air = [(berat pada kondisi titik jenuh serat – berat kering *oven*)/berat kering *oven*] x 100%
- Kerapatan = berat/volume (g cm⁻³)

Dimensi dan berat contoh uji pada kondisi kering *oven* diukur setelah contoh uji dikeringkan di dalam *oven* pada suhu 60 °C selama 3 hari.

Sebelum dilakukan pre-kompresi, pengujian tekan pada arah radial dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan kurva *stress-strain* (*force-stroke*) contoh uji pada kondisi kering, jenuh air dan pelunakan dengan *microwave* selama 1 menit. Hal ini ditujukan untuk mengetahui target pengepresan yang memungkinkan bagi kayu Samama dengan harapan tidak mengalami kerusakan ketika dipres.

Setelah direndam hingga jenuh air, contoh uji di pre-kompresi pada suhu 100 °C selama 1 jam hingga mencapai *drying set*. Pada kondisi ini contoh uji hanya mengalami fiksasi sementara, yaitu apabila direndam ke dalam air atau di impregnasi dengan larutan tertentu, maka akan terjadi pemulihan ketebalan (*recovery of set*), yaitu masih akan kembali ke ketebalan semula. Di setiap tahapan, dimensi dan berat contoh uji selalu diukur pada kondisi kering *oven* untuk mendapatkan tingkat kompresi sebenarnya dan peningkatan kerapatannya, dengan rumus sebagai berikut:

- Tingkat Pengepresan = [(tebal awal – tebal setelah dipres)/tebal awal] x 100%
- Peningkatan Kerapatan = [(kerapatan setelah dipres – kerapatan awal)/kerapatan awal] x 100%

Selanjutnya, contoh uji dimasukkan ke dalam *autoclave* dengan tekanan antara 5-7,5 kg cm⁻² (suhu ruang) selama 4 jam dalam keadaan terendam di larutan asam sitrat dengan variabel konsentrasi 5% dan 10%. Penentuan waktu impregnasi tersebut berdasarkan penelitian pendahuluan yang menunjukkan bahwa tingkat penyerapan larutan asam sitrat ke dalam kayu tersebut telah optimal, dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- Tingkat Penyerapan Larutan = [(berat setelah di *vacuum* – berat awal)/berat awal] x 100%.

Setelah proses impregnasi tersebut, contoh uji ditiriskan dan dibungkus alumunium foil sebelum dipres kembali pada suhu 180 °C dengan variabel waktu pengepresan 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Penambahan berat contoh uji dihitung berdasarkan berat kering *oven*-nya dengan rumus sebagai berikut:

- Penambahan Berat = [(berat setelah di impregnasi – berat awal)/berat awal] x 100%

Penentuan suhu dan waktu pengepresan, serta konsentrasi asam sitrat yang digunakan ini didasarkan pada hasil-hasil penelitian sebelumnya (Nugraha 2014, Tanuwijaya 2015, Santoso 2016, Persada 2017, Octaviana 2017, Kusumah 2017).

Pengujian pemulihan ketebalan dilakukan dengan merendam contoh uji ke dalam air selama 24 jam pada suhu ruang dan dihitung dengan rumus (Dwianto *et al.* 1997):

- Pemulihan Ketebalan = [(Tr – Tc)/(To – Tc)] x 100%

dengan To = tebal awal, Tc = tebal setelah dipres, Tr = tebal setelah uji perendaman dengan pengukuran ketebalan pada kondisi kering *oven*.

Hasil dan Pembahasan

Sifat fisik

Hasil pengukuran perubahan dimensi contoh uji dari kondisi titik jenuh serat ke kering *oven* pada arah L, T dan R masing-masing adalah antara 0,18-0,20%; 4,13-4,14%; dan 2,53-3,10%. Dengan demikian rasio perubahan dimensi pada arah T dan R (*T/R Ratio*) adalah antara 1,33-1,63. Hal ini menunjukkan bahwa kayu ini memiliki kestabilan dimensi yang cukup baik. Hasil pengukuran perubahan dimensi ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Cahyono *et al.* (2012), dimana nilai rata-rata penyusutan dari kondisi titik jenuh serat ke kering *oven* arah T dan R masing-masing adalah 3,40% dan 1,59%, sehingga *T/R Ratio*-nya adalah 2,14. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh pengambilan contoh uji pada bagian kayu yang berbeda atau umur pohon yang digunakan. Selain itu kadar lignin pada bagian tepi kayu Samama lebih tinggi, sehingga berpengaruh dalam memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan kadar air (Haygreen dan Bowyer 1989). Cahyono *et al.* (2012) melaporkan bahwa nilai rata-rata penyusutan R terkecil terdapat pada contoh uji kayu bagian tengah luar dan yang terbesar pada bagian pangkal dalam, sedangkan nilai rata-rata penyusutan T terkecil terdapat pada contoh uji kayu bagian pangkal luar dan yang terbesar terdapat pada bagian ujung dalam. Posisi vertikal memberikan pengaruh nyata terhadap nilai penyusutan R, sedangkan posisi horisontalnya tidak nyata. Sebaliknya untuk penyusutan T, posisi vertikal memberikan pengaruh nyata sedangkan posisi horisontalnya hanya berpengaruh nyata pada taraf uji 5%. Berdasarkan posisi batang arah vertikal, nilai

penyusutan semakin meningkat dari pangkal ke ujung.

Kadar air contoh uji kayu pada kondisi titik jenuh serat berkisar antara 33,15-33,94%, sehingga terdapat perbedaan kerapatan pada kondisi tersebut dan kering *oven*-nya, yaitu masing-masing adalah 0,46 dan 0,37 g cm⁻³. Hasil pengukuran BJ kayu Samama yang dilakukan oleh Cahyono *et al.* (2012) berkisar antara 0,30-0,59 dengan rata-rata sebesar 0,47. Posisi horisontal dan vertikal batang berpengaruh terhadap nilai BJ kayu Samama, dimana nilainya semakin kecil ke arah dalam batang maupun ke arah ujung. Nilai BJ tertinggi terdapat pada contoh uji kayu di bagian pangkal luar, sedangkan nilai terendah terdapat pada bagian ujung dalam. BJ dan kerapatan dipengaruhi oleh kadar air, struktur sel, ekstraktif dan komposisi kimia. BJ dan kerapatan dapat bervariasi di dalam satu pohon.

Tingkat pengepresan

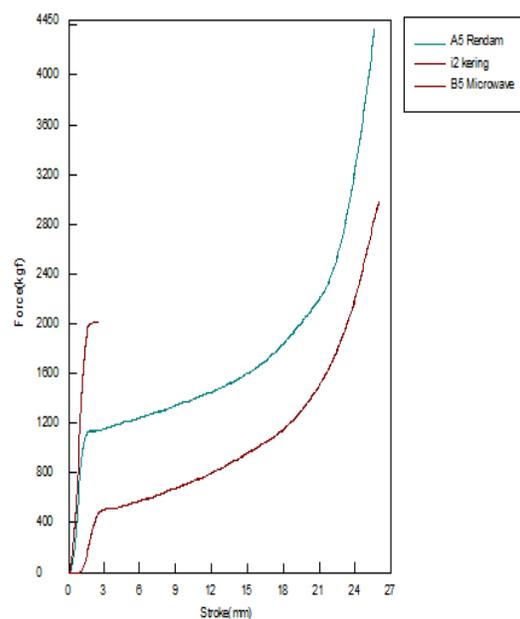
Gambar 1 berikut ini menunjukkan kurva *stress-strain* (*force-stroke*) contoh uji pada kondisi kering, jenuh air dan pelunakan dengan *microwave* selama 1 menit melalui pengujian tekan pada arah radial.

Pada kondisi kering, contoh uji tersebut hanya dapat dipres sampai dengan sekitar 2 mm. Pada kurva tersebut hanya terlihat zona elastis sampai dengan 2000 kgf sebelum mengalami kerusakan akibat dipres. Zona elastis contoh uji pada kondisi jenuh air lebih rendah daripada kondisi kering, yaitu sekitar 1000 kgf, dilanjutkan dengan zona in-elastis sampai maksimal 20 mm. Zona elastis contoh uji kondisi pelunakan dengan *microwave* lebih rendah lagi, yaitu sekitar 500 kgf, namun zona in-elastis maksimalnya juga berkisar pada 20 mm.

Dari hasil pengujian tekan ini, makaditentukan bahwa contoh uji pada kondisi jenuh air tersebut dapat dipres dengan target pengepresan 25% (10 mm) dari ketebalan semula, agar tidak mengalami kerusakan.

Peningkatan kerapatan

Dari pengukuran ketebalan contoh uji setelah dipres menunjukkan bahwa tingkat pengepresan berkisar antara 19,57-20,01% dari target pengepresan 25%. Tingkat pengepresan tersebut tidak mencapai target pengepresan karena contoh uji yang dipres pada suhu 100 °C selama 1 jam tersebut hanya mencapai *drying set* sehingga masih mengalami sedikit pengembangan tebal akibat menyerap kadar air udara di sekitarnya setelah dikeluarkan dari alat pres panas. Namun dengan tingkat pengepresan tersebut menyebabkan peningkatan kerapatan contoh uji pada kondisi kering *oven* menjadi 0,44-0,45 g cm⁻³, yaitu meningkat antara 17,11-20,13%.



Gambar 1 Kurva *stress-strain* (*force-stroke*) contoh uji pada kondisi kering, jenuh air dan pelunakan dengan *microwave*.

Penambahan berat

Penyerapan larutan setelah contoh uji dimasukkan ke dalam *autoclave* dengan tekanan kompresor antara 5-7,5 kg cm⁻² (suhu ruang) selama 4 jam dalam keadaan terendam di larutan asam sitrat adalah sebesar 126,85% untuk konsentrasi 5% dan 130,65% untuk konsentrasi 10%. Hal ini menunjukkan bahwa larutan asam sitrat dapat dengan mudah masuk ke dalam kayu karena menggunakan pelarut air. Namun hal ini belum menunjukkan bahwa asam sitrat tersebut telah mengalami proses *curing* atau membentuk ikatan ester di dalam kayu.

Pada Gambar 2 dapat dilihat penambahan berat contoh uji pada kondisi kering *oven* setelah proses *curing* dengan dipres pada suhu 180 °C selama 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Penambahan berat contoh uji yang di impregnasi asam sitrat dengan konsentrasi 10% lebih tinggi daripada dengan konsentrasi 5%, yaitu masing-masing dengan rata-rata 14,36% dan 3,46%.

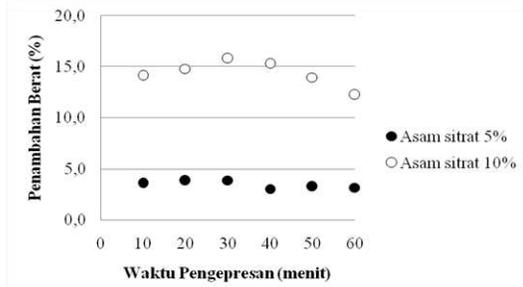
Namun setelah pengujian pemulihan ketebalan dengan merendam contoh uji ke dalam air selama 24 jam pada suhu ruang, penambahan berat tersebut mengalami sedikit penurunan, yaitu antara 12,04-15,25% (rata-rata 13,75%) untuk konsentrasi asam sitrat 10% dan antara 1,79-2,72% (rata-rata 2,30%) untuk konsentrasi asam sitrat 5% (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa asam sitrat masih mengalami pelarutan dalam jumlah tertentu.

Prosentase penambahan berat contoh uji pada kondisi kering *oven* setelah proses *curing* dan setelah pengujian *recovery* dapat dilihat pada Tabel 1. Dengan

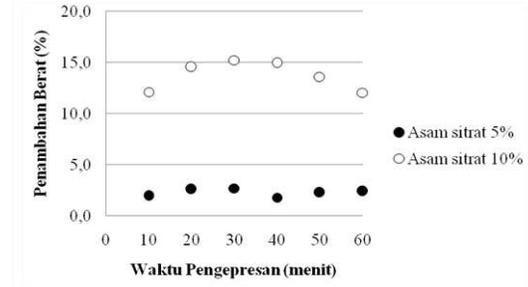
prosentase penambahan berat tersebut, diluar dugaan contoh uji tidak mengalami peningkatan kerapatan yang nyata, yaitu tetap berkisar antara 0,44-0,45 g cm⁻³. Tetapi hasil ini justru merupakan hal baru di dalam penelitian-penelitian mengenai impregnasi perekat, dimana pada umumnya perekat seperti PF mengisi rongga-rongga sel di dalam kayu, sehingga contoh uji kayu mengalami penambahan berat dan peningkatan kerapatan secara nyata. Impregnasi asam sitrat ke dalam kayu ini diduga masuk ke dalam dinding sel melalui membran stomata yang terbuka akibat pre-kompresi dan membentuk ikatan ester.

Fiksasi

Gambar 4 menunjukkan pemulihan ketebalan contoh uji kayu setelah dilakukan pengujian perendaman di dalam air selama 24 jam pada suhu ruang. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa contoh uji kayu pada kondisi jenuh air mengalami pemulihan ketebalan sampai sekitar 55%, walaupun telah dipres dengan suhu 180 °C selama 60 menit (persamaan garis lurus $y = -0,366x + 78,20$; $R^2 = 0,959$). Pemulihan ketebalan tersebut mengalami penurunan pada contoh uji kayu yang di impregnasi asam sitrat dengan konsentrasi 5%, walaupun belum terjadi fiksasi (persamaan garis lurus $y = -0,826x + 70,52$; $R^2 = 0,998$). Dengan penambahan konsentrasi asam sitrat menjadi 10%, maka pemulihan ketebalannya semakin menurun drastis (persamaan garis lurus $y = -1,110x + 58,17$; $R^2 = 0,986$). Fiksasi permanen, yaitu pemulihan ketebalan = 0% dapat dicapai pada waktu pengepresan 50 menit.



Gambar 2 Penambahan berat contoh uji pada kondisi kering oven setelah proses curing.



Gambar 3 Penambahan berat contoh uji pada kondisi kering oven setelah pengujian recovery.

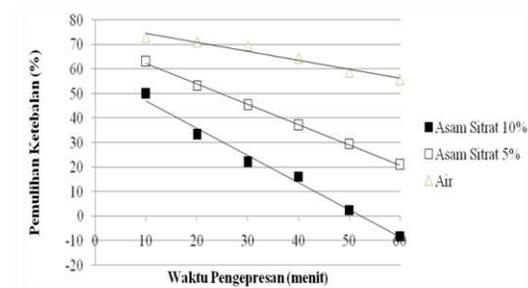
Tabel 1 Prosentase penambahan berat contoh uji pada kondisi kering oven setelah proses curing dan setelah pengujian recovery.

Waktu Pengepresan, menit	Penambahan Berat, %			
	Setelah proses curing		Setelah pengujian recovery	
	Asam sitrat 5%	Asam sitrat 10%	Asam sitrat 5%	Asam sitrat 10%
10	3,58	14,11	1,98	12,12
20	3,83	14,80	2,61	14,55
30	3,86	15,81	2,72	15,25
40	3,03	15,27	1,79	14,95
50	3,28	13,96	2,30	13,62
60	3,18	12,23	2,41	12,04

Pada penelitian sebelumnya, asam sitrat digunakan untuk mengeliminasi kelemahan sifat dasar sukrosa dimana nilai kelarutan dan gugus hidroksil cukup tinggi (Widyorini *et al.* 2016b). Mekanisme yang terjadi ialah terbentuknya ikatan silang antara gugus karboksil (COOH) asam sitrat dengan gugus hidroksil (OH) pada sukrosa dan bahan lignoselulosa yang direkat, dimulai dengan dehidrasi dua kelompok karboksi dan kemudian bereaksi dengan gugus hidroksil membentuk ikatan ester (Umemura *et al.* 2012b).

Penelitian tentang penambahan asam sitrat terhadap perekat sukrosa dilakukan dalam usaha meningkatkan kualitas papan partikel yang dihasilkan. Hasil penelitian Umemura *et al.* (2014) membuktikan bahwa penambahan asam sitrat terhadap sukrosa (rasio asam sitrat/sukrosa 25/75) dan kadar perekat 30% mampu meningkatkan sifat rekat

papan partikel limbah kayu. Hasil penelitian Widyorini *et al.* (2016b) menunjukkan bahwa penambahan asam sitrat 50% pada sukrosa (rasio sukrosa/asam sitrat 50/50), mampu meningkatkan sifat rekat papan partikel kayu keras, walaupun hasil tersebut masih lebih rendah jika dibandingkan dengan perekat asam sitrat 100% akan tetapi jauh lebih baik jika dibandingkan dengan sukrosa 100% pada penelitian yang sama.



Gambar 4 Pemulihan ketebalan contoh uji kayu yang di impregnasi dengan asam sitrat.

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kerapatan kayu Samama dengan mengimpregnasikan asam sitrat ke dalam kayu dengan konsentrasi 5% dan 10% melalui metode pre-kompresi. Pengempresan dilakukan pada suhu 180 °C dengan variabel waktu pengepresan 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu ini memiliki kestabilan dimensi yang cukup baik dengan T/R *Ratio* antara 1,33-1,63. Kadar air contoh uji kayu pada kondisi titik jenuh serat berkisar antara 33,15-33,94%, sehingga terdapat perbedaan kerapatan pada kondisi tersebut dan kering *oven*-nya, yaitu masing-masing adalah 0,46 dan 0,37 g cm⁻³. Dengan tingkat pengepresan antara 19,57-20,01% menyebabkan peningkatan kerapatan contoh uji pada kondisi kering *oven* menjadi 0,44-0,45 g cm⁻³, yaitu meningkat antara 17,11-20,13%. Penambahan berat contoh uji pada kondisi kering *oven* setelah proses *curing* dan pengujian pemulihan ketebalan, yaitu antara 12,04-15,25% (rata-rata 13,75%) untuk konsentrasi asam sitrat 10% dan antara 1,79-2,72% (rata-rata 2,30%) untuk konsentrasi asam sitrat 5%. Dengan prosentase penambahan berat tersebut, contoh uji tidak mengalami peningkatan kerapatan yang nyata, yaitu tetap berkisar antara 0,44-0,45 g cm⁻³. Hal ini menunjukkan bahwa impregnasi dengan perekat asam sitrat tidak mengisi rongga-rongga sel di dalam kayu yang mengakibatkan penambahan berat dan peningkatan kerapatan secara nyata, namun masuk ke dalam dinding sel melalui membran stomata yang terbuka akibat pre-kompresi dan membentuk ikatan ester. Fiksasi permanen, yaitu pemulihan

ketebalan = 0% dapat dicapai pada waktu pengepresan 50 menit.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah ditingkatkannya konsentrasi asam sitrat dan suhu pengepresan, karena kemungkinan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fiksasi permanen dari contoh uji yang dikompresi tersebut akan lebih cepat. Atau perlu dilakukan penggunaan komposisi sukrosa dan asam sitrat yang optimal dengan harapan suhu pengepresan lebih rendah dengan waktu yang lebih singkat.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Penelitian Biomaterial LIPI yang telah memberikan izin, menyediakan tempat dan peralatan yang diperlukan, serta bimbingan dari para staf peneliti dan teknisinya, sehingga terlaksananya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bakar ES, Tahir PM, Sahri MH, Mohd Noor MS, Zulkifli FF. 2013. Properties of resin impregnated oil palm wood (*Elaeis guineensis* Jack). *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 36:93-100.
- Cahyono TD, Ohorella S Febrianto F. 2012. Sifat fisis dan mekanis kayu Samama (*Antocephalus macrophyllus* Roxb.) dari Kepulauan Maluku. *JITKT.* 10(1):28-39.
- Cahyono TD. 2015. Kualitas kayu samama (*Anthocephalus macrophyllus*) dan peningkatan kemanfaatannya melalui teknik laminasi. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Dwianto W, Inoue M, Norimoto, M. 1997. Fixation of compressive deformation of wood by heat

- treatment. *J. Japan. Wood Res. Soc.* 43(4):303-309.
- Furuno T, Imamura Y, Kajita H. 2004. The modification of wood by treatment with low molecular weight phenol-formaldehyde resin: a properties enhancement with neutralized phenolic-resin and resin penetration into wood cell walls. *Wood Sci. Technol.* 37(5):349-361.
- Hartono R, Hidayat W, Wahyudi I, Febrianto F, Dwianto W, Jang JH, Kim NH. 2016. Effect of phenol formaldehyde impregnation on the physical and mechanical properties of soft inner part of oil palm trunk. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 44(6):842-851.
- Haygreen JG, Bowyer JL. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Kusumah SS, Umemura K, Gusvenrivo I, Yoshimura T, Kanayama K. 2017. Utilization of sweet sorgum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard II: Influence of pressing temperature and time on particleboard properties. *J. Wood Sci.* 63(2):161-172.
- Lembaga Penelitian dan Pengembangan PT. Mangole. 2011. *Riap tumbuh kayu Samama di Maluku*. Ternate: Litbang PT Mangole.
- Octaviana L. 2017. Kerekatan papan partikel batang Jagung dengan perekat asam sitrat. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ohorella S, Ladjumat J. 2009. *Kajian keberhasilan program penanaman kayu Samama berbasis kearifan lokal masyarakat (Studi kasus di Desa Tulehu Kabupaten Maluku Tengah)*. Ambon: Fakultas Pertanian Universitas Darussalam.
- Persada GP. 2017. Pengaruh konsentrasi perekat asam sitrat dengan pelarut asap cair terhadap sifat fisika papan partikel kulit Kayu Putih (*Melaleuca leucadendron*) [Tugas Akhir]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Nugraha PA. 2014. Pengaruh jumlah dan komposisi perekat alami asam sitrat – sukrosa terhadap sifat papan partikel limbah gergajian kayu Sengon [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sanyoto JT. 2010. Samama si Jabon Merah (*Anthocephalus macrophylus*). Dishut Halmahera Tengah. <http://www.jabonjawa.com/2010/11/samama-si-jabon-merah-anthocephalus.html>.
- Santoso M, Widyorini R, Prayitno TA, Sulistyono J. 2016. Kualitas papan partikel dari pelepah nipah dengan perekat asam sitrat dan sukrosa. *JIK.* 10(2):129-136.
- Shams MI, Yano H, Endou K. 2006. Compressive deformation of wood impregnated with low molecular weight phenol formaldehyde (PF) resin III: effects of sodium chlorite treatment. *J. Wood Sci.* 51:234-238.
- Suryanegara L, Dwianto W. 2004. Pengaruh dimensi dan pre-kompresi kayu terhadap sifat penyerapan air. *JITKT.* 2(2):79-82.
- Tanuwijaya KA. 2015. Pengaruh jumlah dan komposisi perekat asam sitrat dan sukrosa terhadap sifat papan partikel pelepah Kelapa Sawit dan ketahanannya dari serangan rayap kayu kering [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Umemura K, Ueda T, Munawar SS, Kawai S. (2012a). Application of citric acid as natural adhesive for

- wood. *J. Appl. Polym. Sci.* 123(4):1991-1996.
- Umemura K, Ueda T, Kawai S. 2012b. Characterization of wood-based molding bonded with citric acid. *J. Wood Sci.* 58:38-45.
- Umemura K, Sugihara O, Kawai S. 2013. Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard. *J. Wood Sci.* 59(3):203-208.
- Umemura K, Sugihara O, Kawai S. 2014. Investigation of a new natural adhesive composed of citric acid and sucrose for particleboard II: Effect of board density and pressing temperature. *J. Wood Sci.* 61(1):40-44.
- Widyorini R, Prayitno TA, Yudha AP, Setiawan BA, Wicaksono BH. 2012. Pengaruh konsentrasi asam sitrat dan suhu pengempaan terhadap kualitas papan partikel dari pelepah nipah. *JIK.* 6 (1):61-70.
- Widyorini R, Umemura K, Isnain R, Putra DR, Awaludin A, Prayitno TA. 2016a. Manufacture and properties of citric acid-bonded particleboard made from bamboo materials. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 74:57-65.
- Widyorini R, Pradana PA, Muhammad ZAR, Prayitno TA. 2016b. Bonding ability of a new adhesive composed of citric acid-sucrose for particleboard. *BioResources.* 11(2):4526-4535.
- Yusuf S, Sudijono, Eris, Rahmawati N. 1999. Meningkatkan daya serap larutan pada kayu dengan menggunakan metode pengepresan awal. *Prosiding Seminar Nasional II MAPEKI*; 1999 September 2-3; Yogyakarta, Indonesia. hlm 129-137.
- Yusuf S, Sudijono, Iida I. 2001. Penerapan metoda pre-kompresi pada kayu tropis untuk meningkatkan daya serap larutan. *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI*; 2001 Agustus 6-9; Samarinda, Indonesia. Hlm V48-V54.