

SIFAT FISIS-MEKANIS PAPAN PARTIKEL DARI LIMBAH PEMANENAN KAYU

Physical and Mechanical Properties of Particleboard Made of Logging Residue

Arif NURYAWAN¹, Iwan RISNASARI¹, Pamona Silvia SINAGA²
Corresponding Author : arifnury@yahoo.com

ABSTRACT

This research objective was to evaluate the physical and mechanical properties of particleboard made from logging residue from plantation forest, namely akasia (*Acacia mangium*) and ekaliptus (*Eucalyptus* sp). Type particle was sawdust and bonded with Urea Formaldehyde (UF)-Isocyanate mix resin with ratio 100:15. Control resin (UF) was also prepared for comparison with resin solid content 52.7%. The target thickness of particleboard was 1 cm, pressed at 25 kg/cm² for 15 minutes at 140 °C. Level of resin was 7% based on oven dry particle weight. The boards were evaluated based on JIS A 5908-2003. The results showed:1) Utilization of UF-isocyanate mix resin improved the moisture content, thickness swelling, and water absorption of particleboard 2) The best particleboard from physical and mechanical properties point of view was particleboard made of akasia bonded with UF-isocyanate mix resin

Keywords : Physical and mechanical properties, logging residue, particleboard

PENDAHULUAN

Kegiatan pemanenan kayu adalah kegiatan memindahkan biomassa dari dalam hutan keluar hutan untuk dimanfaatkan. Kegiatan pemanenan kayu merupakan kegiatan yang sulit dan berat. Pada kenyataannya volume kayu yang dimanfaatkan lebih kecil dibandingkan volume kayu yang ditebang, sehingga terdapat limbah kayu yang tidak terangkut di petak tebang dan Tempat Penimbunan (TPn). Limbah pemanenan merupakan batang atau bagian batang yang berasal dari kegiatan pemanenan yang tidak dimanfaatkan dan dibiarkan di hutan (Budiaman 2000). Hal ini terjadi akibat kegiatan penyaradan maupun penebangan. Hasil penelitian Muhdi dan Hanafiah (2007) mengungkapkan bahwa kerusakan tegakan tinggal tingkat tiang dan pohon mencapai 33% (pada pemanenan konvensional) dan 19,5% (pada sistem RIL).

Saat ini masalah limbah kayu mulai mendapat perhatian yang lebih besar dari para pengusaha kayu. Hal ini terjadi akibat munculnya kecenderungan bahwa bahan baku industri perkayuan semakin lama semakin berkurang. Oleh karena itu, volume limbah kayu perlu ditekan seminimal mungkin yaitu dengan melakukan kegiatan pemanenan yang tepat maupun melalui pemanfaatan limbah.

Salah satu upaya pemanfaatan limbah kayu adalah dengan menjadikannya sebagai bahan baku papan partikel (Walker 1993). Papan partikel adalah produk panel yang terbuat dari bahan berlignoselulosa termasuk kayu utamanya dalam bentuk partikel yang direkatkan dengan resin sintesis di bawah pengempaan panas (Maloney 1993). Resin sintesis yang selama ini sering digunakan pada umumnya urea formaldehida (UF) dan phenol formaldehida (PF). Pada penelitian ini selain digunakan resin UF, juga digunakan campuran antara UF dan isosianat. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan (Wieland *et al.* 2006) dan menurunkan pengembangan tebal (Wescott *et al.* 2005) karena pengembangan tebal masih merupakan masalah pada papan partikel (Bowyer *et al.* 2003).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sifat fisis-mekanis papan partikel dari limbah pemanenan kayu akasia (*Acacia mangium*) dan ekaliptus (*Eucalyptus* sp).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara untuk produksi dan pengujian sifat fisis. Pengujian sifat mekanis dilakukan di Laboratorium Keteknikan Kayu, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB (contoh uji dikirim).

Bahan yang digunakan adalah limbah pemanenan kayu akasia (*Acacia mangium*) yang diperoleh dari Hutan Tanaman Industri (HTI) PT. Riau Andalan Pulp and Paper (RAPP) sektor Mandau dan limbah pemanenan kayu ekaliptus (*Eucalyptus* sp) yang diperoleh dari HTI PT. Toba Pulp Lestari (TPL) sektor Tele. Limbah tersebut diambil dalam bentuk cabang, dibersihkan dari kulit dan kotoran tanah atau debu yang melekat dengan cara dicuci dengan air, kemudian dijemur hingga kering. Setelah kering, dibuat serpihan dengan

¹ Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, USU, Medan

² Alumnus Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, USU, Medan

menggunakan *circular saw*, sehingga menghasilkan partikel serbuk gergaji, kemudian dikeringkan hingga kadar air $\pm 7\%$.

Perekat yang digunakan adalah resin UF yang dicampur dengan isosianat dengan perbandingan 100:15 mengikuti prosedur pemakaian WBPI (*water base poli isocyanate*) dari produsen (PT. Polyoshika Company). Sebagai pembanding tetap digunakan resin UF dengan *resin solid content* 52,7%. Bahan aditif yang ditambahkan adalah paraffin cair sebanyak 2%.

Papan partikel dibuat dengan sasaran ketebalan 1 cm dan kerapatan 0,70 g/cm³. Prosedur kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Bahan baku yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam *rotary blender*. Perekat sebanyak 7% berdasarkan bagian berat kering partikel dan paraffin dicampur di dalam *spray gun* dan disemprotkan ke dalamnya. Adonan yang terjadi (*furnish*) selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan untuk dikempa dingin secara manual.
2. *Furnish* kemudian dikempa panas pada suhu 140 °C dan tekanan 25 kg/cm² selama 15 menit agar terbentuk papan partikel
3. Papan partikel yang telah jadi kemudian dikondisikan selama seminggu agar distribusi kadar airnya seragam dan dapat melepaskan tegangan sisa dalam papan akibat pengempaan.
4. Kemudian dilakukan pemotongan untuk membuat contoh uji untuk pengujian yang mengacu pada *Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908-2003, Based Particleboard and Decorative Particleboard Type 8*. Sifat-sifat yang diuji meliputi sifat fisis (kerapatan, kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal) serta sifat mekanis (*modulus of rupture/ MOR, modulus of elasticity/ MOE, internal bond, dan kuat pegang sekrup*).

Penelitian ini menggunakan analisis faktorial dengan 2 faktor perlakuan yaitu jenis bahan baku (akasia dan ekaliptus) dan variasi jenis perekat (UF dan UF+isosianat) masing-masing dengan 3 ulangan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Untuk mengetahui taraf perlakuan mana yang berpengaruh di antara faktor perlakuan, maka pengujian dilanjutkan dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

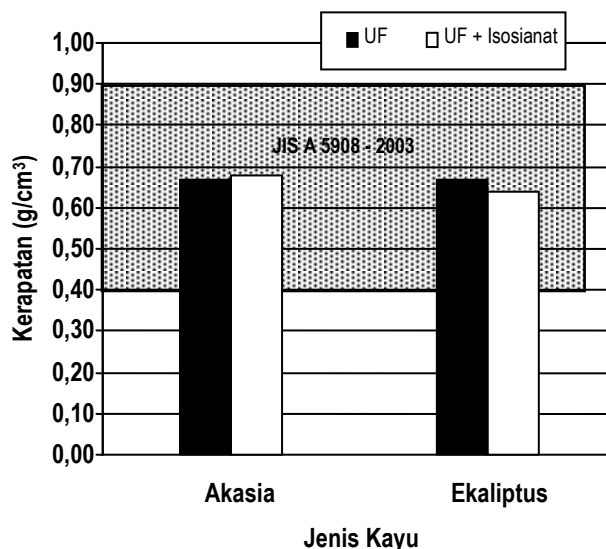
Sifat Fisis Papan Partikel

Kerapatan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan cukup seragam berkisar antara 0,64 g/cm³ sampai dengan 0,68 gr/cm³. Kerapatan yang dihasilkan masih di bawah kerapatan sasaran (0,70 g/cm³). Hasil kerapatan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa nilai rerata kerapatan papan partikel yang dihasilkan memenuhi standar *Japanese Industrial Standard (JIS) A 5908-2003, Based Particleboard*

dan *Decorative Particleboard, Type 8*, yang mensyaratkan 0,40-0,90 g/cm³. Pada penelitian ini nilai kerapatan masih di bawah kerapatan sasaran (0,70 g/cm³). Hal ini karena adanya *spring back* atau usaha pembebasan dari tekanan yang dialami pada waktu pengempaan. Selain itu penyesuaian kadar air papan terjadi pada saat pengondisian sehingga terjadi kenaikan tebal papan yang pada akhirnya menyebabkan menurunnya kerapatan papan partikel.

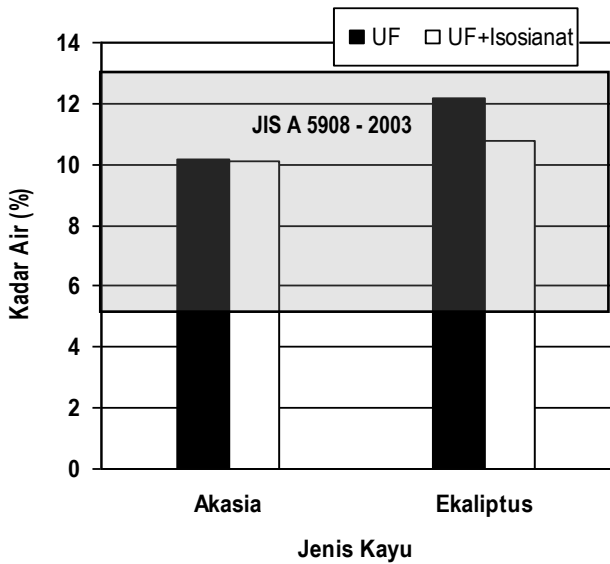


Gambar 1. Grafik nilai rerata kerapatan papan partikel

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kedua faktor yaitu jenis bahan baku dan variasi jenis perekat serta interaksinya tidak menunjukkan adanya perbedaan hasil rata-rata, sehingga disimpulkan kedua faktor dan interaksinya tidak memberikan pengaruh terhadap kerapatan papan partikel yang dihasilkan.

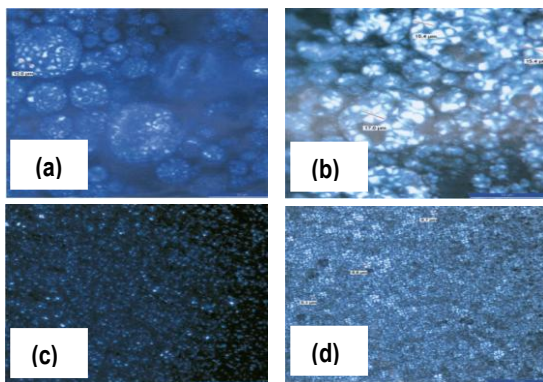
Kadar Air

Pada umumnya kadar air papan partikel lebih rendah daripada kadar air bahan baku/kayunya. Hal ini terjadi sebagai akibat dari perlakuan panas yang diterima papan pada saat pengempaan panas (Massijaya et al. 1999). Namun demikian pada penelitian ini kadar air papan partikel yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan kadar air bahan baku partikel kayu penyusunnya (7% menjadi $\pm 10\%$, bahkan ada yang 12%) (Gambar 2). Hal ini dapat terjadi karena ada penambahan air yang terkandung dalam perekat UF (RSC-nya 52,7%). Demikian juga pada saat pengondisian, papan partikel yang tersusun atas partikel-partikel kayu serbuk gergajian masih memiliki sifat higroskopis, artinya dapat menyerap atau melepaskan air dari lingkungannya. Diduga saat pengondisian, kelembaban udara di ruang pengondisian cukup tinggi sehingga papan partikel menyerap uap air dari lingkungannya.



Gambar 2. Grafik nilai rerata kadar air papan partikel

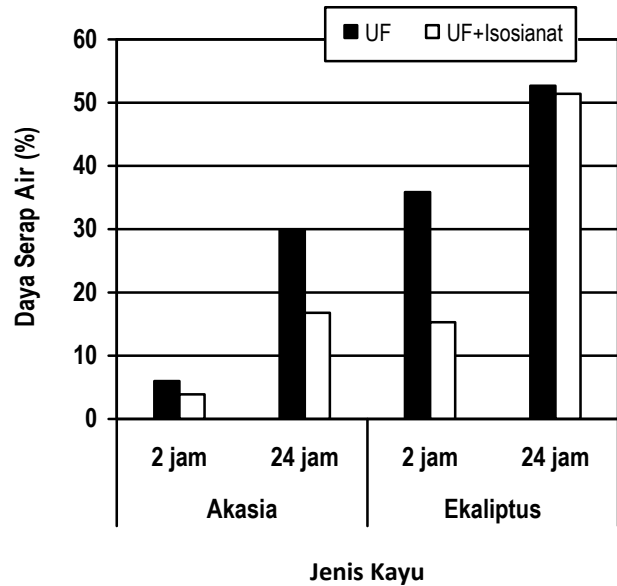
Nilai rerata kadar air papan partikel hasil penelitian masih memenuhi standar JIS A 5908-2003, yang mensyaratkan kadar air papan partikel 5-13 %. Secara umum, papan partikel dari kayu akasia memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan papan partikel dari kayu ekaliptus. Demikian juga papan partikel yang menggunakan campuran resin UF dan isosianat, kadar air papannya lebih rendah jika dibandingkan dengan yang menggunakan resin UF saja. Hal ini dikarenakan penambahan isosianat akan menambah kristalinitas perekat (Wieland *et al.* 2006) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, sehingga dapat mengisi kekosongan rongga antar partikel. Rongga kosong akan semakin lebih sempit sehingga meminimalkan penetrasi air yang masuk ke dalam papan. Demikian juga menurut Marra (1992) dan Nuryawan *et al.* (2008) bahwa isosianat memiliki gugus yang sangat reaktif berasal dari radikal isosianat R-N=C=O



Gambar 3. Hasil penelitian Wieland *et al.* (2006) mengenai kristalinitas perekat pada berbagai perbandingan UF: pMDI (*polymeric diphenil methane diisocyanate*), (a) 70:30 (b) 50:50 (c) 100:0 (d) :100

Daya Serap Air

Grafik nilai rata-rata daya serap air papan partikel setelah direndam selama 2 dan 24 jam dengan beberapa faktor perlakuan disajikan pada Gambar 4.



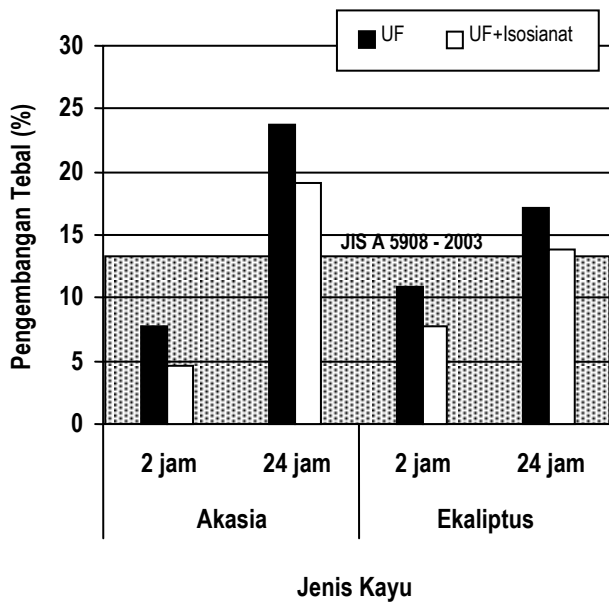
Gambar 4. Grafik nilai rerata daya serap air papan partikel setelah direndam 2 dan 24 jam

Pada Gambar 4 dapat dilihat papan partikel yang menggunakan campuran perekat UF dan isosianat (perbandingan 100:15) dapat menurunkan daya serap air baik setelah direndam 2 jam maupun 24 jam. Pada perendaman 2 jam, penambahan isosianat mampu menurunkan daya serap air papan partikel sebesar 34,78% (pada papan partikel dari akasia) dan 57,36% (pada papan partikel dari ekaliptus). Namun demikian untuk daya serap air 24 jam hanya pada papan partikel akasia saja yang mampu menurunkan daya serap air hingga 43,95%, sementara pada papan partikel kayu ekaliptus hanya 2,39%.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa faktor jenis bahan baku (akasia dan ekaliptus) dan variasi jenis perekat (UF dan campuran) mempengaruhi daya serap air papan partikel yang dihasilkan. Hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa jenis bahan baku kayu ekaliptus berpengaruh sangat nyata dan penggunaan campuran perekat UF dan isosianat juga berpengaruh sangat nyata terhadap daya serap air 24 jam. Standar JIS A 5908-2003, tidak mensyaratkan nilai daya serap air.

Pengembangan Tebal

Grafik nilai pengembangan tebal papan partikel pada perendaman 2 dan 24 jam disajikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik nilai rerata pengembangan tebal papan partikel setelah direndam 2 dan 24 Jam

Pada Gambar 5 menunjukkan nilai rerata pengembangan tebal papan partikel yang menggunakan perekat campuran UF dan isosianat lebih rendah dibandingkan yang menggunakan UF saja. Pada penelitian ini, penambahan isosianat sebanyak 15 bagian mampu mengurangi pengembangan tebal 24 jam papan partikel dari akasia sebesar 19,82% dan 18,90% pada papan partikel dari kayu ekaliptus. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nuryawan *et al* (2008) dalam penggunaan isosianat pada bagian *core/inti* OSB dapat menurunkan pengembangan tebal OSB hingga 7~12%.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kedua faktor (jenis bahan baku dan variasi jenis perekat) mempengaruhi pengembangan tebal papan partikel yang dihasilkan tetapi interaksi keduanya tidak berpengaruh. Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan nilai maksimal pengembangan tebal sebesar 12%. Dengan demikian pada penelitian ini, nilai pengembangan tebal papan partikel yang dihasilkan tidak memenuhi standar.

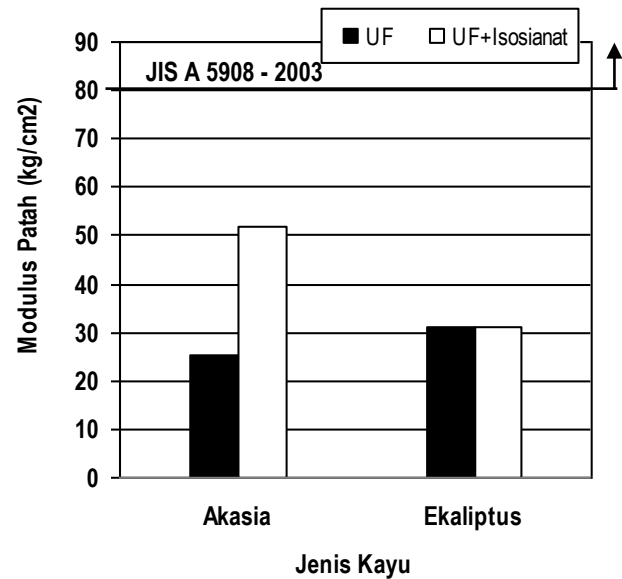
Sifat Mekanis Papan Partikel

Modulus of Rupture (MOR)

MOR atau modulus patah menunjukkan beban maksimum yang dapat ditahan per satuan luas sampai patah. Hasil penelitian menunjukkan nilai MOR papan partikel sangat rendah. Nilai rerata MOR disajikan pada Gambar 6.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa nilai MOR papan partikel dengan menggunakan campuran UF dan isosianat nilainya lebih tinggi daripada papan partikel dengan perekat UF saja.

Namun demikian nilai-nilai itu pun masih sangat rendah, jauh dari standar minimal JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan nilai paling sedikit 80 kg/cm².



Gambar 6. Grafik nilai rerata MOR papan partikel

Rendahnya nilai MOR diduga karena penyusunan papan partikel pada penelitian ini terbuat dari serbuk gergaji yang berasal dari percabangan kayu cepat tumbuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Marra (1992) bahwa kekuatan produk kayu rekonstitusi, termasuk papan partikel, cenderung berkurang seiring mengecilnya elemen penyusun kayunya jika dibandingkan pada kerapatan yang sama

Serbuk gergaji memiliki permukaan bidang rekat yang luas sehingga distribusi perekat menjadi kurang merata sempurna. Akibatnya saat dilakukan pengujian MOR, papan partikel tidak sanggup menahan beban uji. Demikian pula halnya dengan asal bahan baku, kayu dari percabangan memiliki sifat-sifat yang lebih rendah dari kayu batang utama (Okai *et al.* 2004; Bowyer *et al.* 2003).

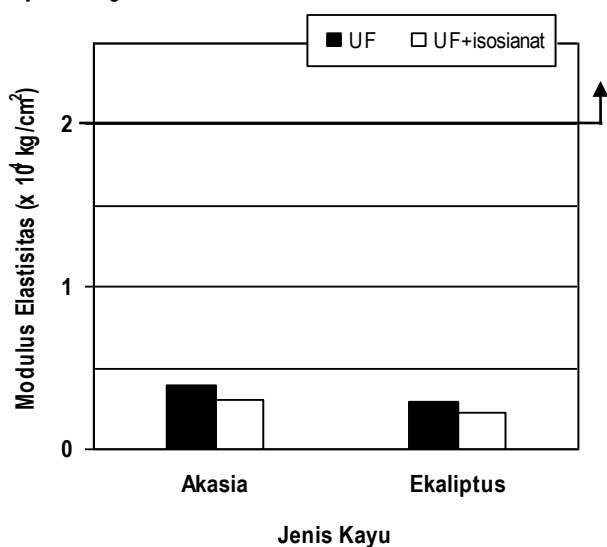
Dugaan ini diperkuat dengan hasil analisis sidik ragam yang menunjukkan kedua faktor (jenis bahan baku dan variasi jenis perekat) dan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh terhadap nilai MOR papan partikel.

Modulus of Elasticity (MOE)

Modulus elastisitas merupakan ukuran ketahanan dalam menahan beban sebelum patah (sampai batas proporsi). Semakin tinggi nilai modulus elastisitas, maka akan semakin elastis. Nilai MOE papan partikel yang dihasilkan memiliki kecenderungan yang sama dengan MOR, yaitu sangat rendah. Selengkapnya disajikan pada Gambar 7.

Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan nilai MOE minimal $2,0 \times 10^4$ kg/cm². Dengan demikian nilai MOE papan partikel yang diperoleh seluruhnya tidak memenuhi standar.

Hal ini diduga karena faktor bahan baku. Bahan baku yang digunakan adalah limbah pemanenan yang merupakan bagian cabang dari pohon. Bowyer *et al.* (2003) menyatakan bahwa papan partikel yang dibuat dari kayu cabang memiliki kekakuan dan keteguhan patah dalam lengkungan yang lebih rendah dari papan yang dibuat dari kayu batang utama karena kayu cabang memiliki serat yang lebih pendek dibandingkan kayu batang.



Gambar 7. Grafik nilai rerata MOE papan partikel

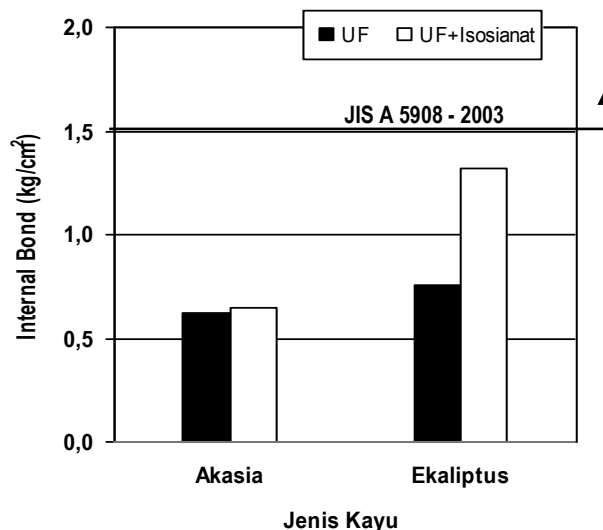
Hasil analisis sidik ragam menunjukkan faktor jenis bahan baku partikel berpengaruh terhadap nilai MOE sedangkan variasi jenis perekat dan interaksinya tidak berpengaruh. Penggunaan perekat campuran pada penelitian ini ternyata menurunkan nilai MOE papan partikel yang dihasilkan.

Internal Bond

Internal bond (IB) atau keteguhan rekat adalah salah satu sifat mekanis papan partikel yang menunjukkan kekuatan perekat untuk mengikat partikel penyusun papan partikel. Gambar 8 menunjukkan bahwa keteguhan rekat papan partikel meningkat pada saat menggunakan perekat campuran UF dan isosianat. Hal ini dikarenakan gugus kimia pada isosianat yang sangat reaktif, yaitu $R-N=C=O$. Polimer isosianat yang disebut pMDI (*polymer Diphenylmethanediisocyanate*) memang sering digunakan sebagai agen perekat (*bonding agent*) pada material kayu, demikian juga seperti yang disimpulkan Wieland *et al.* (2006) dalam penelitiannya bahwa pencampuran pMDI dengan UF cocok untuk aplikasi produk panel-panel kayu termasuk di dalamnya papan partikel, papan serat, maupun *hardboard*.

Pada Gambar 8 nilai *internal bond* papan partikel yang diperoleh di bawah standar JIS A 5908-2003 yang mensyaratkan minimal 1,5 kg/cm². Dengan demikian nilai *internal bond* papan partikel seluruhnya tidak memenuhi standar.

Rendahnya nilai IB dapat terjadi akibat rendahnya ikatan rekat antara perekat dengan sirekat. Hal ini diduga pada saat pencampuran perekat distribusinya kurang merata. Bowyer *et al.* (2003) menyatakan bahwa IB dipengaruhi *blending* (pencampuran partikel dengan perekat), pembentukan lembaran dan pengempaan.



Gambar 8. Grafik nilai rerata *internal bond* papan partikel yang dihasilkan

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kedua faktor (variasi jenis bahan baku dan jenis perekat) maupun interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh terhadap besarnya nilai IB.

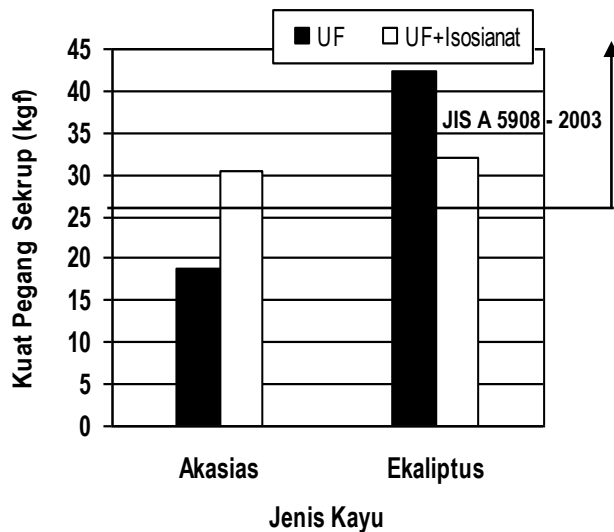
Kuat Pegang Sekrup

Kuat pegang sekrup adalah salah satu sifat mekanika papan partikel yang menunjukkan kekuatan papan menahan sekrup terhadap gaya tarik dari luar. Nilai kuat pegang sekrup papan partikel yang dihasilkan bervariasi antara 18,7-42,35 kg. Nilai kuat pegang sekrup yang terendah yaitu pada papan partikel dengan bahan akasia menggunakan perekat UF dan yang tertinggi pada papan partikel dengan menggunakan perekat UF. Grafik nilai kuat pegang sekrup dapat dilihat pada Gambar 9.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan hanya faktor jenis bahan baku yang berpengaruh terhadap kuat pegang sekrup papan partikel, sedangkan variasi jenis perekat maupun interaksinya tidak berpengaruh. Dihubungkan dengan berat jenis (BJ) kayu asalnya, akasia memiliki BJ 0,41 sedangkan ekaliptus 0,54. Menurut Bowyer *et al.* (2003) kekuatan menahan sekrup terutama ditentukan oleh kerapatan papannya, semakin tinggi kerapatan papan maka kuat pegang sekrupnya pun tinggi.

Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan nilai kuat pegang sekrup minimal 30 kg/cm². Nilai kuat pegang sekrup hasil penelitian semuanya memenuhi standar kecuali papan

partikel dari kayu akasia yang direkat menggunakan perekat UF saja.



Gambar 9. Grafik nilai rerata kuat pegang sekrup papan partikel

Papan Partikel Terbaik

Hasil pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel penelitian ini diberikan peringkat dengan nilai terkecil adalah nilai terbaik. Hasilnya dijumlahkan sehingga total nilai terkecil menunjukkan kualitas papan partikel terbaik. Pada Tabel 1 berikut disajikan rekapitulasi peringkat pengujian sifat fisis dan mekanis papan partikel.

Tabel 1. Hasil rekapitulasi peringkat pengujian sifat fisis dan mekanis

	Akasia UF	Akasia UF+Isosianat	Ekaliptus UF	Ekaliptus UF+Isosianat
SIFAT FISIS				
Kerapatan	2	3	2	1
Kadar Air	2	1	4	3
Daya Serap Air 2 jam	2	1	4	3
Daya Serap Air 24 jam	2	1	4	3
Pengembangan Tebal 2 jam	2	1	4	3
Pengembangan Tebal 24 jam	4	3	2	1
SIFAT MEKANIS				
Modulus of Rupture	4	1	3	2
Modulus Elastisitas	1	2	3	4
Internal Bond	4	3	2	1
Kuat Pegang Sekrup	4	3	1	2
TOTAL	27	19	29	23

Berdasarkan data pada Tabel 1, diperoleh papan partikel terbaik adalah papan partikel yang dibuat dari partikel kayu akasia dan direkat dengan campuran perekat UF dan

isosianat. Penggunaan campuran perekat UF dan isosianat lebih baik daripada UF saja karena dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis papan partikel.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah Penambahan isosianat 15 bagian pada UF dapat mengurangi kadar air papan partikel, pengembangan tebal dan daya serap air, serta meningkatkan nilai *internal bond* papan partikel.

Papan partikel terbaik sifat fisis dan mekanisnya adalah papan partikel yang direkat dengan campuran perekat UF dan isosianat menggunakan partikel kayu akasia.

Papan partikel yang direkat dengan campuran perekat UF dan isosianat lebih baik sifat fisis dan mekanisnya daripada papan partikel yang direkat dengan perekat UF saja.

Saran yang diberikan dalam penelitian ini adalah : agar dilakukan penelitian dengan menguji kadar emisi *formaldehyde* dari perekat yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2003. Forest Products and Wood Science An Introduction 4th Edition. Iowa State Press A Blackwell Publ, USA
- Budiaman A. 2000. Kuantifikasi Kayu Bulat Kecil Limbah Pemanenan pada Pengusahaan Hutan Alam. Jurnal Teknologi Hasil Hutan Vol.XIII No. 2 : 34-43
- JIS. 2003. Japanese Industrial Standar JIS A 5908 for Particleboard. Japanese Standard Association. Japan.
- Maloney TM. 1993. Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Inc. San Francisco.
- Marra AA. 1992. Technology of Wood Bonding Principles in Practices. Van Nostrand Reinhold, New York
- Massijaya MY, Hadi YS, Tambunan B, Sunarni I. 1999. Studi Pembuatan Papan Partikel dari Limbah Kayu dan Plastik Polistirena. Jurnal Teknologi Hasil Hutan vol 12 (2).
- Muhamad, Hanafiah DS. 2007. Dampak Pemanenan Kayu Berdampak Rendah terhadap Kerusakan Tegakan Tinggal di Hutan Alam (Studi kasus di areal HPH PT. Suka Jaya Makmur, Kalimantan Barat). Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI). Vol 9 No. 1: 32-39
- Nuryawan A, Massijaya MY, Hadi YS. 2008. Sifat Fisis dan Mekanis *Oriented Strands Board* (OSB) dari Akasia, Ekaliptus dan Gmelina Berdiameter Kecil: Pengaruh Jenis Kayu dan Macam Aplikasi Perekat. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan 1(2): 60-66

- Okai R, Frimpong-Mensah K, Yeboah D. 2004. Characterization of Strength Properties of Branchwood and Stemwood of Some Tropical Hardwood Species. *Wood Scie and Tech.* Vol 38 (2).
- Walker JFC. 1993. Wood panels : Particleboards and Fiberboards *dalam* Primary Wood Processing Principle and Practices. Chapman & Hall.London. Hal 419-478.
- Wescott JM, Traska AE, Frihart CR, Lorenz L. 2005. Durable Soy-Based Adhesive Dispersions. <http://www.forestprod.org/adhesives05wescott.pdf> (diakses tanggal 8 Oktober 2009)
- Wieland S, Pizzi A, Grigsby W, Warnes J, Pichelin F. 2006. Microcrystallinity and colloidal peculiarities of UF/Isocyanate hybrid resin. *J.Appl Polym Sci.* Vol. 104, 2633–2636.