

**Peningkatan Sifat Papan Partikel Sengon dengan Perlakuan  
Perendaman Air Dingin**  
***(Improvement the Properties of Particleboard Made from Sengon with  
Cold Water Immersion Treatment)***

Marwanto<sup>1</sup>, Sena Maulana<sup>1</sup>, Muhammad I Maulana<sup>1</sup>, Nyoman J Wistara<sup>1</sup>, Siti  
Nikmatin<sup>2</sup>, Fauzi Febrianto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

<sup>2</sup>Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut  
Pertanian Bogor

\*Penulis korespondensi: febrianto76@yahoo.com

**Abstract**

The objectives of this research is to evaluate the physical and mechanical properties of particle board made from sengon and mangium woods treated with cold water immersion. Particles of sengon and mangium immersed in cold water for 24 hours. The particles of sengon and mangium are combined with a ratio of 100: 0; 0: 100; 75:25; and 50:50. Particle boards are made in size (30x30x0,9) cm<sup>3</sup> with target densities of 0.7 g cm<sup>-3</sup>. The particle board was binded with methylene diphenyl diisocyanate (MDI) adhesive at 10% content and hot press at 140 °C with 25 kgf cm<sup>-2</sup> for 7 minutes. The physical and mechanical properties of particle board are evaluated according to JIS A 5908-2003 standard. The physical and mechanical properties of particle board were much affected by particle combination and cold water immersion treatment. The physical (*i.e* density, moisture content, water absorption (WA), and thickness swelling (TS)) and mechanical properties (*ie.* modulus of elasticity (MOE), modulus of rupture (MOR), and internal bonding (IB)) were evaluated. The results showed that cold water immersion improved dimensional stability (WA and TS) of particle board obtained. However, some mechanical properties decreased.

**Keyword:** cold water immersion, mangium, particleboard, sengon

**Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sifat fisis dan mekanis papan partikel yang dibuat dari kayu sengon dan mangium dengan perlakuan rendaman dingin. Partikel sengon dan mangium direndam di dalam air dingin selama 24 jam. Partikel sengon dan mangium dikombinasikan dengan nisbah 100:0, 0:100, 75:25, dan 50:50. Papan partikel yang dibuat berukuran (30x30x0,9) cm<sup>3</sup> dengan kerapatan target 0,7 g cm<sup>-3</sup>. Papan partikel direkat dengan perekat *methylene diphenyl diisocyanat* (MDI) pada kadar 10 % dan dikempa panas pada suhu 140°C dengan tekanan kempa 25 kgf cm<sup>-2</sup> selama 7 menit. Sifat fisis dan mekanis papan partikel dievaluasi berdasarkan standar JIS A 5908-2003. Sifat fisis dan mekanis papan partikel banyak dipengaruhi oleh kombinasi partikel dan perlakuan perendaman air dingin. Sifat fisis (kerapatan, kadar air (KA), daya serap air (DSA), dan pengembangan tebal (PT) dan sifat mekanis (*modulus of elasticity* (MOE), *modulus of rupture* (MOR), and *internal bonding* (IB)) dievaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan perendaman air dingin meningkatkan stabilitas dimensi (DSA dan PT), namun cenderung menurunkan sifat mekanis papan partikel.

**Kata kunci:** mangium, papan partikel, perendaman air dingin, sengon

## Latar Belakang

Pertumbuhan industri furnitur di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Menurut BPS (2016) permintaan bahan baku di Indonesia untuk chip & partikel mengalami peningkatan sebesar 183,31% dan untuk bahan baku kayu gergajian mengalami kenaikan sebesar 21,12%. Kenaikan permintaan bahan baku tersebut berdampak pada peningkatan permintaan kayu bulat di Indonesia. Akan tetapi, pasokan kayu bulat terutama yang berasal dari hutan alam mengalami terus penurunan (BPS 2016), sehingga diperlukan pasokan tambahan bahan baku untuk memenuhi permintaan. Pemanfaatan kayu berasal dari hutan tanaman menjadi salah satu solusi untuk mengatasinya.

Kayu yang berasal dari hutan tanaman memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan. Kayu bulat yang berasal dari hutan tanaman memiliki masa tebang yang relatif cepat. Oleh karena itu, industri sudah mulai menggunakan bahan baku dari hutan tanaman seperti pohon sengon karena mudah pengerjaannya dan ringan. Beralihnya industri menggunakan sengon juga dikhawatirkan akan menyebabkan peningkatan harga sengon dan kelangkaan bahan baku jenis sengon di masa mendatang sehingga pemanfaatan kayu cepat tumbuh selain sengon perlu dilakukan. Di samping kelebihan, kayu cepat tumbuh juga memiliki beberapa kelemahan. Kayu bulat yang berasal dari hutan tanaman memiliki diameter yang kecil, banyak cacat pada kayu dan kualitas kayu yang rendah, sulit untuk dimanfaatkan sebagai produk panel solid, dan menghasilkan banyak limbah sehingga cocok digunakan sebagai bahan baku partikel (Wahyudi 2013). Adopsi teknologi komposit

merupakan salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut.

Papan partikel merupakan salah satu produk komposit yang dapat dikembangkan menggunakan kayu cepat tumbuh. Penelitian papan partikel dari sengon dan mangium sebelumnya menunjukkan bahwa sifat mekanik (MOR dan IB) yang dihasilkan cukup tinggi (Lina *et al.* 2012). Penelitian papan partikel sengon dengan perekat sukrosa masih menunjukkan nilai stabilitas dimensi (pengembangan tebal dan penyerapan air) yang masih tinggi (Widyorini & Nugraha 2015). Untuk mengatasi hal tersebut, maka dapat dilakukan *pretreatment* pada partikel dengan perlakuan fisik. Perlakuan fisik yang dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitas dimensi adalah perendaman panas, perendaman dingin, dan steam (Iswanto *et al.* 2010, Maulana *et al.* 2017).

Perendaman partikel kayu dalam air dingin dapat melarutkan ekstraktif yang menjadi penghambat dalam proses perekatan sehingga menjadi lebih baik (Iswanto *et al.* 2008, Pizzi 2003). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisis dan mekanis papan partikel yang dihasilkan dari kombinasi sengon dan mangium dengan perendaman dingin pada partikel selama 24 jam.

## Metode Penelitian

### Persiapan bahan baku dan pembuatan papan partikel

Jenis kayu yang digunakan adalah kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) dan kayu mangium (*Acacia mangium* Willd.). Partikel kayu dihasilkan dengan menggiling kayu dengan alat *disk mill*. Kemudian partikel kayu disaring dan dioven pada suhu 70-

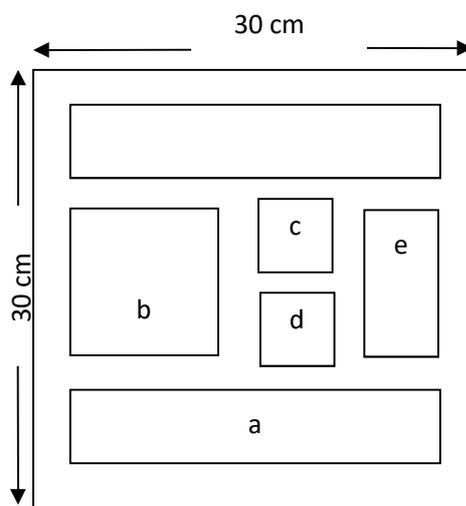
80 °C selama dua hari untuk mendapatkan kadar air partikel kurang dari 10%.

Sebagian partikel diberi perlakuan pendahuluan. Perlakuan pendahuluan dilakukan dengan cara perendaman dengan air dingin pada suhu kamar (2-29 °C) selama 24 jam, kemudian dikering udarakan dan dikeringkan dalam oven hingga kadar airnya kurang dari 10%. Sebelum pembuatan papan, bahan baku disiapkan berdasarkan kombinasi yang telah ditentukan dimana sengon (S) berbanding mangium (M), 100:0, 0:100, 75:25, dan 50:50 dengan perlakuan kontrol dan perendaman dingin.

Pencampuran partikel kayu dengan perekat menggunakan *rotary blender* dan *spray gun*. Perekat yang digunakan adalah perekat MDI sebanyak 10%. Bahan kemudian dimasukkan kedalam pencetak secara merata berukuran 30x30 cm<sup>2</sup> dimana bagian atas dan bawahnya dilapisi dengan kertas teflon. Bagian tepi pencetak dibatasi dengan batang besi dengan ketebalan 1 cm. Proses pengempaan dilakukan dengan menggunakan mesin kempa panas. Lama pengempaan kurang lebih tujuh menit dengan suhu kempa 140 °C dan tekanan kempa 25 kgf cm<sup>-2</sup>. Setelah pengempaan selesai, papan yang dihasilkan dibiarkan selama 30 menit agar lembaran mengeras dan dikondisikan selama 2 minggu untuk melepaskan tegangan sisa dan mencapai distribusi tegangan sisa.

### Pengambilan contoh uji

Papan-papan yang telah dilakukan pengkondisian dibuat pola-pola seperti pada gambar dibawah. Pola-pola tersebut lalu dipotong-potong untuk dilakukan pengujian sifat fisis-mekanis yang mengacu pada standar JIS 5908 2003 (JSA 2003) mengenai papan partikel.



Gambar 1 Pola pemotongan contoh uji.

Keterangan:

a = contoh uji MOE dan MOR, berukuran (5 x 20) cm<sup>2</sup>, b = contoh uji kerapatan dan kadar air, berukuran (10 x 10) cm<sup>2</sup>, c = contoh uji daya serap air dan pengembangan tebal, berukuran (5 x 5) cm<sup>2</sup>, d = contoh uji keteguhan rekat internal, berukuran (5 x 5) cm<sup>2</sup>, e = contoh uji kuat pegang sekrup, berukuran (5 x 10) cm<sup>2</sup>.

### Pengujian sifat fisis dan sifat mekanik

Pengujian sifat fisis dan mekanik mengacu pada prosedure JIS A 5908-2003 (JIS 2003) untuk papan partikel. Sifat fisik yang diuji antara lain: kerapatan, kadar air (KA), daya serap air (DSA), pengembangan tebal (PT), sedangkan untuk pengujian mekanik meliputi modulus patah (MOR), modulus lentur (MOE), dan *internal bond strength* (IB).

### Hasil dan Pembahasan

#### Kerapatan

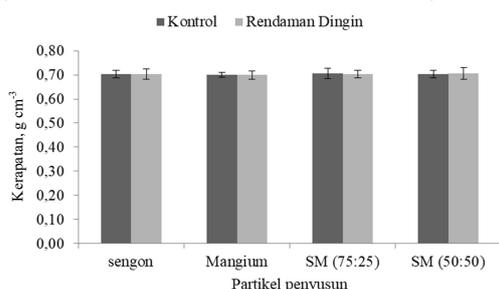
Gambar 2 menunjukkan kerapatan papan partikel yang dihasilkan. Kerapatan papan partikel yang dihasilkan berkisar 0,7 g cm<sup>-3</sup>. Kerapatan dari papan partikel yang diberikan perlakuan perendaman dingin dan kontrol tidak berpengaruh nyata setelah di analisis ragam. Nilai

kerapatan papan partikel dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jumlah partikel, jumlah perekat, aditif, jenis kayu, dan tekanan kempa (Kelley 1997).

Rerata kerapatan yang isyaratkan pada standar JIS A 5908-2003 adalah 0,40-0,90 g cm<sup>-3</sup> sehingga semua kerapatan papan yang dihasilkan memenuhi standar. Perbedaan kerapatan yang didapatkan karena adanya proses *spring back* atau usaha pembebasan dari tekanan yang dialami pada saat pengempaan. Selain itu, pada saat pengkondisian partikel terjadi penyesuaian kadar air papan sehingga menyebabkan penurunan kerapatan papan partikel dari akibat kenaikan tebal papan partikel (Nuryawan *et al.* 2008).

### Kadar air kayu

Kadar air papan berkisar antara 7,99-8,68% (Gambar 3). Menurut Massijaya (1997) kadar air papan yang dihasilkan bisa lebih rendah dari kadar air bahan baku kayu karena disebabkan oleh panas saat proses pengempaan panas. Proses itu membuat bagian core papan tidak bebas menyerap air akibat adanya ikatan rekat (selama ikatan tersebut tidak rusak).



Gambar 2 Kerapatan papan partikel dengan berbagai kombinasi partikel dan perlakuan awal. Huruf berbeda menunjukkan nilai yang berbeda nyata. 0: pengaruh perbedaan kombinasi partikel penyusun, 1: pengaruh perlakuan awal.

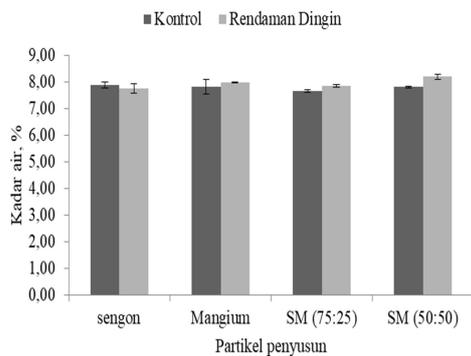
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kombinasi partikel kayu tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air kayu, dan untuk perlakuan dan interaksi dengan keduanya juga tidak berpengaruh nyata pada kadar air kayu. Ini dikarenakan kayu yang direndam dengan air dingin akan melarutkan sebagian zat ekstraktif dan akan mengurangi berat partikel. Pada perlakuan yang sama pembuatan papan dengan perendaman dingin akan membutuhkan volume yang lebih banyak jika dibandingkan dengan kontrol. Papan partikel yang terbuat dengan volume yang lebih banyak akan meningkatkan jumlah partikel mengandung air bebas dan terikat sehingga pada proses pengempaan panas tidak mampu menurunkan kadar air dibawah kontrol.

Kadar air semua papan partikel yang dihasilkan memenuhi standar JIS A 5908:2003 (JSA 2003) yang mengisyaratkan kadar air sebesar 5-13%.

### Daya serap air

Nilai DSA papan partikel yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 22,21-60,90%. Adanya nilai DSA dan PT disebabkan oleh sifat PT kayu jika menjadi bahan baku pembuatan papan akan terjadi *spring back* atau adanya tegangan dalam yang dilepaskan pada saat pengkondisian dan separasi *furnish* (Febrianto *et al.* 2010).

Hasil analisis ragam menunjukkan kombinasi partikel, perlakuan awal dan interaksi keduanya berpengaruh nyata. Gambar 4 menunjukkan perlakuan rendaman dingin pada partikel dapat menurunkan nilai DSA pada papan partikel yang dihasilkan dibandingkan dengan setiap perlakuan kontrol. Ini dikarenakan oleh terlarutnya sebagian zat ekstraktif (Iswanto *et al.* 2008).



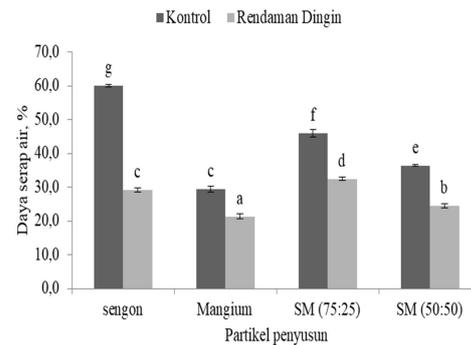
Gambar 3 KA papan partikel dengan berbagai kombinasi partikel dan perlakuan awal.

Perlakuan dengan pelarut polar dapat melarutkan jenis zat ekstraktif seperti tannin, flavonoid, lignan, stilbene, dan tropolone (Sjostrom 1991). Terlarutnya ekstraktif jenis ini pada perlakuan pelarut polar dapat membuat partikel yang dihasilkan menjadi hidrofobik (Barry *et al.* 2005). Pada penelitian yang dilakukan Nawawi *et al.* (2013) menunjukkan bahwa kandungan ekstraktif berjenis polar pada kayu akasia sebesar 18,96% dan kandungan ekstraktif jenis non polar sebesar 7,22%.

Terlarutnya zat ekstraktif jenis polar akan membuat partikel menjadi hidrofobik. Sifat ini akan membuat penurunan DSA perlakuan dibandingkan dengan DSA kontrol. Sedangkan perlakuan kombinasi menunjukkan bahwa perbedaan BJ kayu awal juga berpengaruh. Ini dapat dilihat pada sengon yang memiliki nilai BJ rendah jika dibandingkan dengan mangium. Penggunaan kombinasi dengan mangium efektif menurunkan nilai DSA jika dibandingkan dengan DSA sengon 100% (Gambar 4).

### Pengembangan tebal

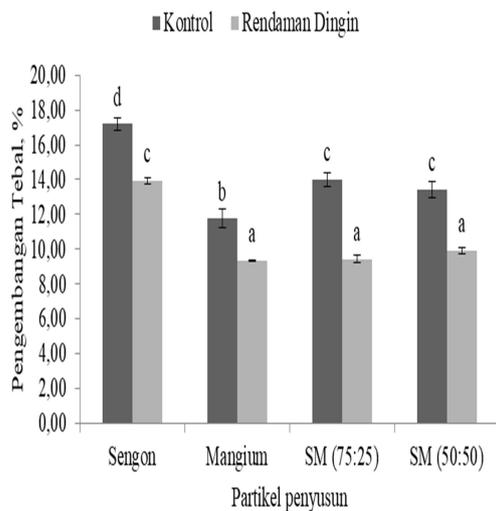
Nilai PT dan DSA merupakan indikator untuk menentukan stabilitas dimensi dari sebuah papan partikel yang dihasilkan.



Gambar 4 DSA papan partikel dengan berbagai kombinasi partikel dan perlakuan awal. Huruf berbeda menunjukkan nilai yang berbeda nyata.

Pengembangan tebal dapat terjadi dengan 2 cara yaitu masuknya air pada partikel penyusun papan dan atau masuknya air pada rongga-rongga kosong antar partikel pada papan partikel (Massijaya 1997). Nilai PT yang dihasilkan berkisar antara 10,36-18,32%. Hasil ini masih memenuhi standar JIS A 5908:2003 yang mengisyaratkan PT sebesar 25%.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi partikel, perlakuan, dan interaksi dari keduanya berpengaruh nyata. Kombinasi partikel yang memiliki nilai PT tertinggi terjadi pada papan partikel sengon 100% ini dikarenakan BJ awal papan partikel yang rendah dan struktur anatomi pori-pori lebih besar jika dibandingkan dengan dengan mangium. Selain itu perlakuan perendaman dingin dapat menurunkan PT papan partikel, karena adanya pengaruh dari zat ekstraktif. Perendaman dingin mampu mengurangi zat ekstraktif jenis polar dan menyisakan ekstraktif non polar, sehingga partikel yang diberikan perlakuan perendaman dingin akan bersifat hidrofobik. Hal ini akan membuat penurunan daya serap air jika dibandingkan dengan kontrol (Hadi & Febrianto 1992, Hadi *et al.* 1991).

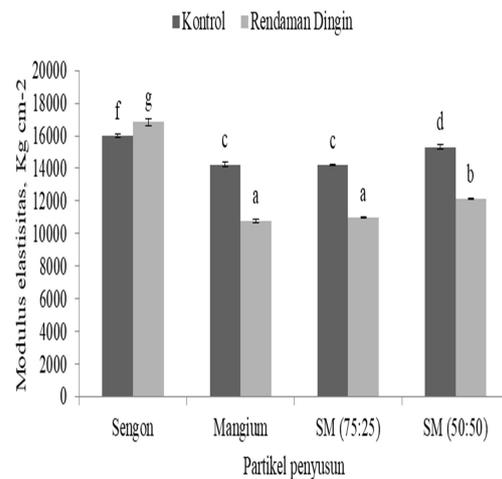


Gambar 5 PT papan partikel dengan berbagai kombinasi partikel dan perlakuan awal. Huruf berbeda menunjukkan nilai yang berbeda nyata. Perlakuan kombinasi partikel juga dapat menurunkan nilai PT karena partikel sengon yang di kombinasikan dengan partikel mangium membutuhkan volume yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan partikel sengon 100%. Hal ini menyebabkan perekatan dengan MDI akan banyak menyentuh permukaan partikel dibandingkan dengan kontrol.

### Sifat mekanis papan partikel

Gambar 4 menunjukkan sifat mekanis (MOR dan MOR) dari papan partikel. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan, kombinasi partikel dan interaksi keduanya berpengaruh nyata. Menurut Haygreen and Bowyer (1996) kerapatan yang dihasilkan papan partikel berpengaruh pada nilai MOE yang dihasilkan. Kerapatan akan mempengaruhi nilai *compression ratio* (CR) papan partikel.

Papan partikel dengan sifat mekanis tertinggi dihasilkan oleh papan partikel dengan komposisi 100% partikel sengon.

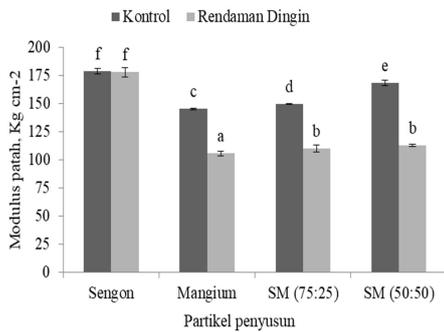


Gambar 6 MOE papan partikel dengan berbagai kombinasi partikel dan perlakuan awal. Huruf berbeda menunjukkan nilai yang berbeda nyata.

Hasil ini dipengaruhi oleh CR papan partikel, dimana nilai CR didapat dari perbandingan berat jenis papan partikel dengan berat jenis kayu. Papan partikel dengan nilai CR tinggi cenderung memiliki nilai sifat mekanis yang tinggi.

Penurunan sifat mekanis terjadi pada papan partikel yang diberi perlakuan perendaman ini. Ini disebabkan oleh berkurangnya zat ekstraktif polar dan membuat gugus hidroksil juga berkurang dan bersifat hidrofobik. Berkurangnya gugus hidroksil pada partikel akan membuat ikatan perekat MDI melemah. Perekat MDI akan membentuk ikatan yang kuat pada gugus hidroksil kayu (Pizzi 1993).

Persyaratan untuk nilai MOE dan MOR untuk standar JIS A 5908-2003 berturut-turut minimal masing-masing adalah 20400 kg cm<sup>-2</sup> dan 82 kg cm<sup>-2</sup>. Untuk nilai MOR semua papan yang dihasilkan belum memenuhi persyaratan sedangkan untuk nilai MOE semua papan yang dihasilkan sudah memenuhi persyaratan.

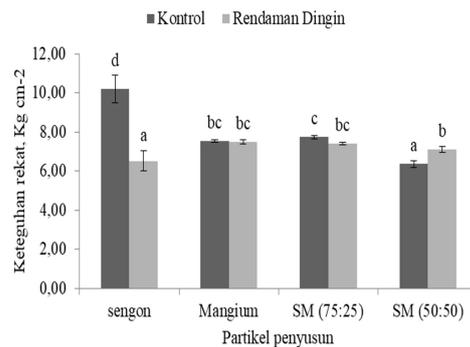


Gambar 7 MOR papan partikel dengan berbagai kombinasi partikel dan perlakuan awal. Huruf berbeda menunjukkan nilai yang berbeda nyata.

### Internal bond strength

Pengujian IB merupakan salah satu hal yang penting untuk pengendalian mutu kualitas papan yang dihasilkan karena menunjukkan kemampuan *blending*, pembentukan lembaran dan pengempaan (Bowyer *et al.* 2003). Menurut Maloney (1993) menyatakan semakin meningkatnya kerapatan, akan terjadi kehancuran pada partikel pada saat pengempaan sehingga perekat menyebar kearah luas dan akhirnya ikatan internal menjadi lemah. Ini dapat dilihat pada nilai IB pada papan partikel sengon 100% dengan perendaman dingin (Gambar 7).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa kombinasi partikel, perlakuan dan interaksi keduanya berpengaruh nyata. Perlakuan perendaman air dingin menurunkan nilai IB papan partikel kontrol jika dibandingkan dengan kontrol. Ini dikarenakan perendaman air dingin membuat partikel bersifat hidrofobik, sedangkan perekat MDI sangat reaktif terhadap keberadaan gugus hidroksil membuat rekatan yang terjadi antara perekat dan partikel tidak maksimal.



Gambar 8 IB papan partikel dengan berbagai kombinasi partikel dan perlakuan awal. Huruf berbeda menunjukkan nilai yang berbeda nyata.

Standar JIS A 5908-2003 mensyaratkan untuk nilai minimal IB papan partikel adalah 1,5 kg cm<sup>-2</sup>. Semua papan partikel yang dihasilkan semuanya memenuhi standar JIS A 5908-2003 untuk nilai IB.

### Kesimpulan

Perlakuan kombinasi bahan baku dan perlakuan perendaman air dingin mampu meningkatkan nilai stabilitas dari papan partikel yang dihasilkan. Ini disebabkan oleh perbedaan BJ awal bahan baku, kombinasi partikel dan terlarutnya zat ekstraktif jenis polar setelah dilakukan perendaman air dingin. Dari semua papan partikel yang dihasilkan memenuhi standar JIS A 5908:2003 seperti MOE dan IB sedangkan nilai MOR masih dibawah standar.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) 2017. Direktorat Pendidikan Tinggi (DIKTI), Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

### Daftar Pustaka

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistik Produksi Kehutanan 2015*. CV. Petratama Persada. Jakarta.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistik Produksi Kehutanan 2016*. CV. Petratama Persada. Jakarta.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. *Perkembangan Indeks Produksi Industri Manufaktur 2015-2017*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Bowyer JL, Shmulsky R, Haygreen JG. 2003. *Forest Products And Wood Science An Introduction 4<sup>th</sup> Edition*. Iowa State Press A Blackwell Publ, USA.
- Febrianto F, Hidayat W, Samosir TP, Lin HC, Soong HD. 2010. Effect of strand combination on dimensional stability and mechanical properties of oriented strand board made from tropical fast growing tree species. *J Biol Sci*. 10(3):262-272.
- Hadi YS, Febrianto F. 1991. Hot water immersion and acetylation treatments of particleboard resistance to dry wood termite *Cryptotermes cynocephalus* LIGHT) attacked. *Teknolog*. 4(1):23-29.
- Hadi YS, Yuriana Y, Febrianto F. 1992. Hot water immersion and acetylation flakeboard resistance to subterranean termite attack. *Rimba Indonesia* 28. 1(2):33-38.
- Iswanto AH, Coto Z, Effendi K. 2008. Pengaruh perendaman partikel terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel dari ampas tebu (*Saccharum officinarum*). *J Parennial*. 4(1): 6-9.
- Iswanto AH, Febrianto F, Wahyudi I, Hwang WJ, Lee SH, Kwon JH, Kwon SM, Kim NH, Kondo T. 2010. Effect of pre-treatment techniques on physical, mechanical and durability properties of oriented strand board made from sentang wood (*Melia excelsa* Jack). *J Faculty Agriculture Kyushu Univ*. 55(2): 371-377.
- [JSA] Japanese Standard Association. 2003. *Japanesse Industrial Standard Particle Board JIS A 5908*. Tokyo: Japanese Standard Association.
- Karlinasri L, Hermawan D, Maddu A, Martiandi B, Hadi YS. Development of particleboard from tropical fast-growing for acoutic panel. *J Tropi For Sci*. 24 (1) : 64-69.
- Kelly MW. 1977. *Critical Literature Review of Relationship Between Processing Parameter and Physical Properties of Particleboard*. General Technical Report FPL-10. Wisconsin: Department of Agriculture Forest.
- Massijaya MY. 1997. Development of boards made from waste newspaper [disertasi]. Tokyo: Tokyo University. Japan.
- Maulana S, Busyra I, Fatrawana A, Hidayat W, Sari RK, Sumardi I, Wistara INJ, Lee SH, Kim NH, Febrianto F. 2017. Effects of steam treatment on physical and mechanical properties of bamboo oriented strand board. *J Korean Wood Sci Technol*. 45(6): 872- 882.
- Nawawi DS, Wicaksono SH, Rahayu IS. 2013. Kadar zat ekstraktif dan susut kayu angka (*Antrocharpus heterophyllus*) dan mangium (*Acacia mangium*). *JITKT*. 11:46-54.
- 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. *JITKT*. 1 (2) : 60-66.

- Sjostrom E. 1991. *Wood Chemistry, Fundamentals and Applications*. New York: Academic Press.
- Wahyudi I. 2013. Hubungan struktur anatomi kayu dengan sifat kayu, kegunaan dan pengolahannya. *Proceeding Diskusi LitBang Anatomi Kayu Indonesia*, 3-4 Juni 2013, Bogor, Indonesia.
- Widyorini R, Nugaraha PA. 2015. Sifat fisis dan mekanis papan partikel sengon dengan perekat asam sitrat-sukrosa. *JITKT*. 13 (2):175-184.

Riwayat naskah:

Naskah masuk (*received*): 21 Januari 2018

Diterima (*accepted*): 18 Maret 2018