

SIFAT FISIK DAN MEKANIK PAPAN PARTIKEL DARI LIMBAH PLASTIK JENIS HDPE (*High Density Polyethylene*) DAN RANTING/CABANG KARET (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg)

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLE BOARD FROM WASTE PLASTIC TYPE HDPE (*High Density Polyethylene*) AND RUBBER TWIGS / BRANCH (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg)

Hj. Noor Mirad Sari^{*)}

^{*)} *Staf Pengajar Fakultas Kehutanan UNLAM Banjarbaru*

ABSTRAK

Kebutuhan kayu yang terus meningkat dan potensi hutan yang terus berkurang menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana, di pihak lain limbah plastik merupakan bahan yang tidak dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai, sehingga penumpukannya di alam dikuatirkan akan menimbulkan masalah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran partikel limbah plastik jenis HDPE dan ranting/cabang karet terhadap beberapa sifat fisik dan mekanik papan partikel. Adapun sifat fisik yang diuji adalah kadar air, kerapatan, pengembangan tebal, dan penyerapan air. Sedangkan sifat mekanik yang diuji adalah keteguhan Patah/*Modulus of Rupture* (MoR) dan keteguhan lengkung/*Modulus of Elasticity* (MoE).

Bahan baku yang digunakan adalah limbah plastik jenis HDPE dan ranting/cabang karet dengan menggunakan perekat urea formaldehida. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) 5 x 4, yang mana setiap perlakuan dibuat sebanyak 5 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu variasi komposisi partikel limbah plastik jenis HDPE dan ranting/cabang karet memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air, penyerapan air, kerapatan dan pengembangan tebal. Sementara untuk keteguhan lengkung dan keteguhan patah tidak memberikan pengaruh yang nyata.

Kata kunci : sifat fisik dan mekanik, papan partikel, limbah plastik HDPE, cabang/ranting karet

ABSTRACT

The need of log increase rapidly, mean while forest product decrease, so efficiency on wood process should be done wisely, in the other hand plastic waste is uncompossed material, become an environmental problems. This research aims to determine the impact of particles of type HDPE plastic wastes and twigs/branches of rubber on some physical and mechanical properties of wood. Physical properties have been tested for water content, density, thickness, and water absorption. Although mechanical properties tests were tough Broken/Module of Rupture (MOR) and the preservation of architecture/modulus of elasticity (MOE).

The raw materials used are polyethylene of high density of waste plastic and rubber adhesive urea formaldehyde branch branch. Experimental design used the randomized Completely Design (RCD) 5 x 4, in which each treatment became much like 5 times replicated). The treatment used is the diversity of the composition of the waste of plastic of different types of polyethylene of high density provides a significant effect on the content of water, water absorption, the density and the development of thickness. With regard to the persistence and the fracture of the arch determination not to give a significant effect.

Keywords: *physical and mechanical properties, particle board, HDPE plastic waste, branch/twig of rubber.*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, kebutuhan manusia pun semakin meningkat dan beraneka ragam, termasuk kebutuhan terhadap kayu dan plastik. Berbagai macam produk yang terbuat dari kayu dan plastik banyak terdapat di sekitar kita, baik berupa mainan anak-anak, maupun sebagai komponen bahan bangunan. Karena sifat dan karakteristiknya yang unik, kayu merupakan bahan yang paling banyak digunakan untuk keperluan konstruksi. Kebutuhan kayu yang terus meningkat dan potensi hutan yang terus berkurang menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana, antara lain dengan memanfaatkan cabang/ranting karet menjadi produk yang bermanfaat. Di pihak lain, seiring dengan perkembangan teknologi maka kebutuhan akan plastik pun tidak terelakan. Akan tetapi, limbah plastik merupakan bahan yang tidak dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai (*non biodegradable*), sehingga penumpukannya di alam dikhawatirkan akan menimbulkan masalah lingkungan.

Solusi untuk mengatasi hal tersebut perlu kiranya digiatkan usaha-usaha untuk dapat memanfaatkan limbah industri baik industri kayu dan non kayu untuk dipergunakan sebagai bahan baku industri papan komposit atau papan partikel.

Bahan baku untuk pembuatan papan partikel tidak harus memerlukan persyaratan-persyaratan yang tinggi dan khusus sehingga dapat memanfaatkan bagian pohon seperti ranting dan cabangnya yang selama ini kurang dimanfaatkan. Bahan baku papan partikel juga dapat menggunakan tanaman bukan kayu, misalnya bambu, batang rami, residu dari batang tebu atau kelapa sawit. Bahkan dapat juga memanfaatkan limbah dari berbagai industri seperti limbah plastik.

Penelitian ini mencoba mengefesiesikan keduanya agar dapat berdaya guna bagi kehidupan manusia dan lingkungan dalam bentuk sebuah produk yaitu papan partikel. Kombinasi keduanya diharapkan menghasilkan produk yang memiliki kualitas lebih baik

dibandingkan tanpa substitusi plastik. Seperti diketahui bersama, salah satu kelemahan papan partikel dalam hal stabilitas dimensi adalah besarnya pengembangan dimensi ke arah tebal. Diharapkan dengan penambahan plastik yang memiliki sifat kedap air, stabilitas dimensi papan partikel dapat ditingkatkan. Berdasarkan uraian diatas, maka pembuatan papan partikel dengan memanfaatkan limbah plastik dan bagian cabang/ranting karet merupakan salah satu upaya guna mengatasi permasalahan yang dihadapi.

II. BAHAN DAN METODA

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Limbah plastik jenis HDPE (*High density Polyethylene*), ranting/cabang tanaman Karet dan perekat Urea Formaldehida.

Partikel plastik dan partikel cabang/ranting karet serta perekat dicampur hingga homogen sesuai dengan variasi perlakuan yang telah ditentukan. Bahan yang mudah tercampur homogen dicetak ukuran 25 x 25 x1cm, kemudian dilakukan tekanan dingin selama 5 menit kemudian tekanan panas dengan suhu 110° selama 15 menit, selanjutnya papan partikel dikondisikan selama 1 minggu pada suhu ruangan untuk menyesuaikan dengan lingkungan.

Papan partikel yang telah mengalami pengkondisian selama 1 minggu, dibuat contoh uji sesuai dengan parameter yang akan diuji. Contoh uji kerapatan, kadar air, pengembangan tebal dan penyerapan air dengan ukuran 5 x 5 x 1 cm Contoh uji keteguhan lentur (MoE) dan keteguhan patah (MoR) dengan ukuran 10 x 20 x 1 cm.

Analisis Data Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan yaitu :

- A (Komposisi 0% limbah plastik + 100% ranting/cabang karet)
- B (Komposisi 5% limbah plastik + 95% ranting/cabang karet)
- C (Komposisi 10% limbah plastik + 90% ranting/cabang karet)

D (Komposisi 15% limbah plastik + 85% ranting/cabang karet)

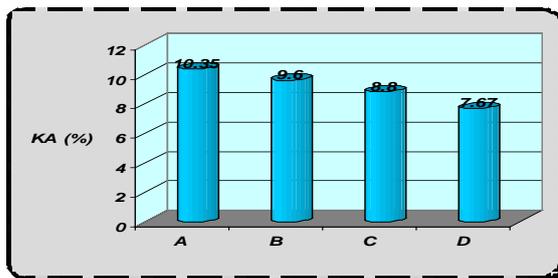
Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 kali.

Untuk membandingkan hasil penelitian ini digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1996, untuk papan partikel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kadar Air

Hasil pengujian kadar air dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar Air

Nilai rata-rata yang diperoleh dari perhitungan kadar air papan partikel untuk faktor komposisi campuran limbah plastik jenis HDPE dan ranting/cabang karet dapat kita lihat bahwa pada papan partikel yang komposisi partikelnya tidak diberi campuran partikel plastik mempunyai kadar air yang cukup tinggi. Namun seiring dengan peningkatan komposisi partikel plastik pada masing-masing perlakuan

yang diberikan ternyata mampu menekan nilai kadar air papan partikel tersebut. Dimana penurunan kadar air erat kaitannya dengan sifat dari partikel plastik itu sendiri yang kedap air, artinya partikel plastik tidak mempunyai kemampuan untuk menyerap air dari lingkungan sekitarnya. Hal berbeda dengan sifat partikel ranting/cabang karet yang mampu menyerap air. Ditunjang pernyataan Budiaji (2004), semakin banyak partikel plastik yang terkandung didalam papan partikel maka nilai kadar airnya pun akan semakin menurun.

Nilai kadar air papan partikel yang paling rendah pada perlakuan D adalah sebesar 7.3 % yaitu untuk komposisi campuran partikel plastik yang paling banyak. Kadar air tertinggi sebesar 10.35 % pada perlakuan tanpa campuran partikel plastik pada perlakuan A. Adapun beberapa kelebihan yang dimiliki limbah plastik jenis *High Density Polyethyelene* selain mempunyai sifat kedap air juga memiliki titik leleh yang paling rendah diantara beberapa jenis plastik lainnya. Menurut Ruhendi dkk, (2007), ikatan perekat yang baik terjadi pada tingkat kadar air 6 – 14%, kadar air papan partikel yang dihasilkan memenuhi standar berdasarkan SNI-03-2105-1996 tentang papan partikel, dipersyaratkan maksimum 14%.

Kadar air papan partikel juga erat kaitannya dengan proses pengempaan. Selanjutnya menurut Rofii dkk, (2008) faktor waktu pengempaan berpengaruh terhadap kadar air.

Tabel 1. Hasil Analisa Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar Air

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hit	Sig.
Perlakuan	3	19.851	6.617	11.303**	0.000
Error	16	9.367	0.585		
Total	19	29.218			

(**) = Significant at level 1%

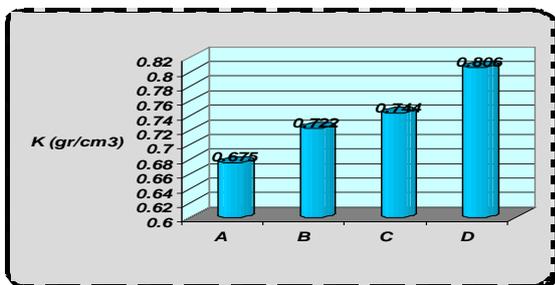
KOEF. KERAGAMAN = 8.40%

Proses pengempaan pada saat proses dingin penyerapan air papan partikel yang berasal dari udara maupun lingkungan sekitar akan berkurang. Hal ini disebabkan karena rongga dan permukaan dari papan partikel itu sendiri sebagian besar sudah terisi dan dilapisi oleh partikel plastik yang mengeras kembali setelah pres panas.

Besarnya pengaruh perlakuan terhadap kadar air dapat dilihat pada analisa sidik ragam seperti pada Tabel 1. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa faktor komposisi bahan baku papan partikel berupa partikel ranting/cabang karet dan campuran limbah plastik jenis HDPE berpengaruh sangat nyata.

3.2 Kerapatan

Hasil pengujian kerapatan dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Histogram Pengaruh Perlakuan Terhadap Kerapatan

Nilai rata-rata yang diperoleh menunjukkan kerapatan tertinggi pada nilai 0,806 gr/cm³ pada perlakuan D yaitu 15 % limbah plastik dan 85 % ranting/cabang karet. Sedangkan nilai kerapatan terendah pada perlakuan A papan partikel tanpa adanya campuran partikel plastik.

Nilai kerapatan papan partikel meningkat seiring dengan penambahan campuran komposisi partikel plastik. Kerapatan papan partikel sangat berkaitan dengan sifat fisik papan partikel yang lainnya seperti kadar air, penyerapan air dan pengembangan tebal. Dimana untuk kadar air dan penyerapan air yang rendah akan menghasilkan kerapatan yang tinggi dan pada pengembangan tebal semakin kecil (Santoso, 1997). Menurut Vick (1999), kekuatan ikatan perekat pada kayu akan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan kerapatan kayu pada kisaran 0,708 gr/cm³ diatas kekuatan rekat akan mengalami penurunan. Dapat dikemukakan kekuatan meningkat dengan meningkatnya kerapatan kayu, pada kerapatan 0,70 – 0,80 gr/cm³, papan akan melemah secara perlahan. Papan partikel yang dihasilkan memiliki kerapatan memenuhi standar, berdasarkan SNI-03-2105-1996 tentang papan partikel, dipersyaratkan 0,40 – 0,90.

Hasil analisa sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap kerapatan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa faktor perlakuan berupa komposisi campuran partikel plastik jenis HDPE dengan partikel ranting/cabang karet mampu memberikan pengaruh pada nilai kerapatan papan partikel.

Tabel 2. Hasil Analisa Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kerapatan

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hit	Sig.
Perlakuan	3	0.047	0.016	3.694*	0.034
Error	16	0.068	0.004		
Total	19	0.116			

(*) = Significant at level 5%
 KOEF. KERAGAMAN = 8.59%

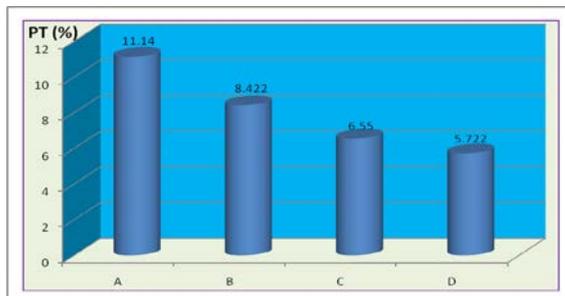
Tabel 3. Hasil Analisa Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Pengembangan Tebal

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hit	Sig.
Perlakuan	3	86.513	28.838	35.990**	0.000
Error	16	12.820	0.801		
Total	19	99.333			

(**) = Significant at level 1%
KOEf. KERAGAMAN = 11.25%

3.3 Pengembangan Tebal Setelah Direndam 24 Jam

Hasil pengujian pengembangan tebal dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Histogram Pengaruh Perlakuan Terhadap Pengembangan Tebal

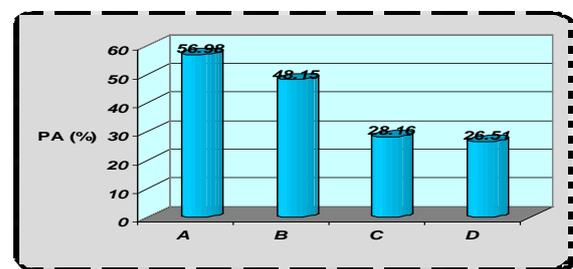
Nilai pengembangan tebal papan partikel semakin kecil dengan semakin tingginya campuran plastik pada komposisi partikel plastik dengan ranting/cabang kayu karet. Hal ini diperkirakan karena adanya rongga atau ruang kosong antar partikel karena perbedaan dari komposisi bahan penyusun papan partikel itu sendiri. Disamping itu sifat plastik adalah kedap air/tidak menyerap air, sehingga makin tinggi persentase plastik pada komposisi yang digunakan papan partikel yang dihasilkan akan lebih stabil. Menurut Hallingan (1970) yang dikutip Dirhansyah (1995), bahwa pengembangan tebal papan partikel merupakan gabungan dua komponen, yakni pengembangan dari partikel itu sendiri dan pengembangan akibat dari pembebasan tegangan tekan, ini terjadi pada saat kadar air tinggi dan pengembangan ini tidak dapat pulih kembali apabila papan partikel telah mengalami pengeringan. Menurut Samad (2005), pengembangan tebal mengikuti

penyerapan air dan menyesuaikan pada volume air yang terserap, hal ini juga berpengaruh terhadap pemakaian jenis perekat urea formaldehyd yang memiliki sifat mudah dimasuki air.

Hasil analisa sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap pengembangan tebal dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil perhitungan analisis sidik ragam pada Tabel 3 menunjukkan bahwa faktor perlakuan berupa campuran komposisi partikel limbah plastik jenis HDPE dan partikel ranting/cabang karet memberikan pengaruh yang sangat nyata atau signifikan terhadap pengembangan tebal papan partikel.

3.4 Penyerapan Air

Hasil pengujian penyerapan air dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Histogram Pengaruh Perlakuan Terhadap Penyerapan Air

Penyerapan air yang memenuhi standar adalah perlakuan yang paling banyak campuran komposisi partikel plastiknya. Rendahnya nilai daya serap air terhadap papan partikel yang kandungan partikel plastik lebih tinggi dibandingkan dengan papan partikel tanpa campuran partikel plastik berkaitan dengan salah satu sifat plastik itu sendiri yang kedap terhadap

Tabel 4. Hasil Analisa Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Penyerapan Air

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hit	Sig.
Perlakuan	3	2195.702	731.901	4.284**	0.021
Error	16	2733.392	170.837		
Total	19	4929.094			

(**) = Significant at level 5%
 KOEF. KERAGAMAN = 29.75%

air sehingga semakin banyak partikel plastik di dalam papan tersebut mampu meminimumkan penyerapan air oleh papan partikel yang dihasilkan.

Hasil analisa sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 4. Analisis sidik ragam diatas menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh terhadap sifat penyerapan air papan partikel.

3.5 Keteguhan Patah / Modulus of Rufture (MoR)

Hasil pengujian keteguhan patah / Modulus of Rufture (MoR) dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Histogram Pengaruh Perlakuan Terhadap Keteguhan Patah (MoR)

Nilai pengujian menunjukkan keteguhan patah yang paling rendah adalah sebesar 37.29 kg/m³ pada perlakuan komposisi 15% limbah plastik ditambah 85% ranting/cabang karet. Sedangkan nilai keteguhan patah yang tertinggi adalah 98.53 kg/m³ yaitu perlakuan komposisi 0% limbah plastik 100% ranting/cabang karet. Hal ini terjadi diduga karena pengaruh campuran partikel plastik yang diberikan. Nilai keteguhan patah rata-rata semakin berkurang seiring dengan banyaknya penambahan jumlah partikel plastik pada pembuatan papan partikel. Hal ini diduga karena keteguhan patah (MoR) plastik lebih kecil jika kita bandingkan dengan keteguhan patah (MoR) ranting/cabang karet atau bahan berlignoselulosa lainnya. Bahkan limbah plastik berbeda nilai keteguhan patahnya (MoR) dengan plastik yang belum menjadi limbah, terutama sifat kekuatan yang cenderung lebih rendah karena telah mengalami kerusakan yang sangat mungkin terjadi oleh beberapa faktor disekitarnya (Hartomo, 2007).

Pengaruh perlakuan terhadap keteguhan patah (MoR) dapat dilihat pada sidik ragam seperti pada tabel 5. Hasil analisis sidik ragam diatas menunjukkan bahwa komposisi partikel tidak memberikan pengaruh terhadap sifat keteguhan patah (MoR) papan partikel.

Tabel 5. Hasil Analisa Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Keteguhan Patah (MoR).

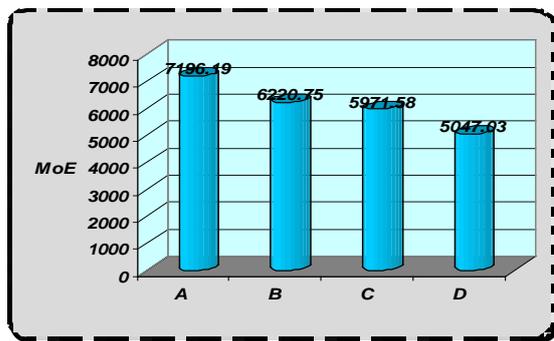
Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hit	Sig.
Perlakuan	3	2442.614	807.538	2.667ns	0.083
Error	16	4844.105	302.757		
Total	19	7266.720			

ns = Not Significant
 KOEF. KERAGAMAN = 26.42%

Hal ini disebabkan adanya rongga-rongga atau ruang kosong di dalam papan partikel. Ruang kosong terjadi karena partikel plastik yang tidak meleleh secara menyeluruh sehingga ikatan yang terjadi antar partikel yang terdapat di dalam papan partikel tidak kompak dan akibatnya kekuatan patah papan partikel akan menurun (Santoso, 1997).

3.6 Keteguhan Lengkung / Modulus of Elasticity (MoE)

Hasil pengujian Keteguhan Lengkung / Modulus of Elasticity (MoE) dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Histogram Pengaruh Perlakuan Terhadap Keteguhan Lengkung (MoE)

Nilai pengujian menunjukkan bahwa keteguhan lengkung yang paling rendah adalah sebesar 37.29 kg/m³ pada perlakuan komposisi 15 % limbah plastik ditambah 85 % ranting/cabang karet. Sedangkan nilai keteguhan lengkung yang tertinggi adalah 98.53 kg/ m³ pada perlakuan komposisi 0 % limbah plastik 100 % ranting/cabang karet. Nilai

keteguhan lengkung semakin berkurang seiring dengan banyaknya penambahan jumlah partikel plastik pada pembuatan papan partikel.

Seperti halnya keteguhan patah (MoR), keteguhan lengkung (MoE) plastik lebih kecil jika kita bandingkan dengan keteguhan lengkung (MoE) dari ranting/cabang karet atau bahan berliniselulosa lainnya. Bahkan limbah plastik pun berbeda nilai keteguhan lengkungnya (MoE) dengan plastik yang belum menjadi limbah, terutama sifat kekuatan yang cenderung lebih rendah karena telah mengalami kerusakan yang sangat mungkin terjadi oleh beberapa faktor disekitarnya (Hartomo, 2007). Disamping itu menurut Ruhendi dkk (2007), pemberian tekanan pada saat pengempaan, juga berpengaruh pada pembentukan ikatan yang berakibat pada kinerja ikatan.

Hasil analisa sidik ragam pengaruh perlakuan terhadap keteguhan lengkung (MoE) dapat dilihat pada Tabel 6.

Analisis sidik ragam diatas menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh terhadap sifat keteguhan lengkung (MoE) papan partikel. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan karena adanya rongga-rongga atau ruang kosong di dalam papan partikel. Sama halnya dengan nilai keteguhan patah (MoR) dimana ruang kosong terjadi karena partikel plastik yang tidak meleleh secara menyeluruh sehingga ikatan yang terjadi antar partikel tidak akibatnya ikatan tersebut rentan sehingga kekuatan lengkung (MoE) akan menurun.

Tabel 6. Hasil Analisa Sidik Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Keteguhan Lengkung (MoE)

Sumber Keragaman	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hit	Sig.
Perlakuan	3	11705673.459	3901891.153	1.208ns	0.339
Error	16	51681752.475	3230109.530		
Total	19	63387425.934			

ns = Not Significant

KOEF. KERAGAMAN = 29.42%

IV. KESIMPULAN

1. Perlakuan penambahan komposisi partikel plastik pada papan partikel akan meningkatkan kualitas sifat fisik papan partikel, terutama sifat kadar air, kerapatan, pengembangan tebal dan penyerapan air karena keunggulan sifat partikel limbah plastik yang tidak menyerap air.
2. Sifat mekanik papan partikel semakin menurun seiring dengan meningkatnya campuran komposisi partikel plastik di dalam papan partikel tersebut yang disebabkan kondisi partikel limbah plastik yang kekuatannya tidak maksimal merupakan limbah (bahan sisa).
3. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan apabila ingin meningkatkan stabilitas dimensi papan partikel hendaknya menggunakan campuran partikel limbah plastik terutama untuk perlakuan 15 % partikel plastik yang memiliki nilai optimum stabilitas dimensi.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Budiaji, Eko. 2004. *Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Serabut Buah Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis jack) Dengan Campuran Limbah Plastik Jenis PE (Polyethylene)*. Skripsi. Fakultas Kehutanan Unlam, Banjarbaru. Tidak Dipublikasikan.
2. Dirhamsyah, M. 1995. *Pengaruh Ekstraksi dan Cara Pengawetan Terhadap Sifat Papan Partikel Kayu Kelapa Sawit*. Tesis Program Pasca Sarjana Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
3. Hartomo, D.H. 2007. *Sistem Pengelolaan sampah plastik*. Yayasan Aksara Wana Jaya, Bandung.
4. Marra, A.A. 1992. *Technology of wood bonding*. Principles and practice. NewYork : Van Nostrand Reinhold.
5. Rofii, M.N. Dewi, IC, Prayitno, TA. *Prosiding Seminar Nasional. Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XI, Palangka Raya, 2008*.
6. Ruhendi (dkk), 2007. *Analisa Perekatan Kayu*, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
7. Samad, M.S, V. Burhanudin, L. Wardani. 2005. *Buku Ajar Perekat dan Perekatan Kayu*. Fakultas Kehutanan Unlam, Banjarbaru.
8. Samad, dkk. 2005. *Buku Ajar Perekat dan Perekatan Kayu*. Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
9. Santoso, I.B. 1997. *Pengaruh Bentuk Partikel Kayu Gmelina Arborea I dan Tingkat Konsentrasi Urea Formaldehida Terhadap Beberapa Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel*. Skripsi. Fakultas Kehutanan Unlam, Banjarbaru. Tidak Dipublikasikan.
10. Vick, C.B. 1999. *Adhesive Bonding of Wood Material*, In Wood Handbook, Wood as an Engineering Material Forest Product Technology. USDA Forest Service. Wisconsin.
11. Wawan. 2006. *Sifat Fisik Dan Mekanik Papan Partikel Pelepah Rumbia*. Skripsi. Fakultas Kehutanan Unlam, Banjarbaru. Tidak Dipublikasikan.