



Pengaruh dan Interaksi antara Konsentrasi Perekat dengan Suhu Kempa Terhadap Keteguhan Patah (*Modulus of Rupture*) Papan Partikel Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Perekat Asam Sitrat

Ferry Indra Sakti H. Sinaga¹, Lisa Melvi Ginting²,

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Univeritas Negeri Medan, Indonesia

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Univeritas Negeri Medan, Indonesia

E-mail: ferryindrasakti@unimed.ac.id, lisamelviginting@unimed.ac.id ,

Abstrak

Papan partikel merupakan salah satu material yang sudah banyak diaplikasikan ke berbagai sector bidang, termasuk dalam bidang otomotif. Dalam bidang otomotif, papan partikel dipergunakan sebagai material pembuatan panel-panel dalam kendaraan bermotor. Papan partikel umumnya dibuat dengan menggunakan serbuk kayu sebagai bahan pengisinya, namun para peneliti telah mencoba untuk membuat papan partikel menggunakan material lainnya, diantaranya menggunakan tandan kosong kelapa sawit yang merupakan limbah dari proses produksi minyak kelapa sawit di pabrik kelapa sawit.

Keteguhan patah merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi berdasarkan standar nasional sebagaimana terdapat pada SNI 03-2015-2006 tentang papan partikel. Semakin tinggi keteguhan patah papan partikel, maka papan partikel yang diproduksi akan semakin baik pula kualitasnya.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh konsentrasi perekat dan suhu kempa terhadap keteguhan patah papan partikel yang terbuat dari tandan kosong kelapa sawit. Proses pengujian dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-2015-2006 tentang papan partikel. Hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan ANOVA *two ways* menggunakan $\alpha = 0,05$ untuk melihat pengaruh antara konsentrasi perekat dengan suhu kempa serta interaksi antara konsentrasi perekat dengan suhu kempa terhadap MOR papan partikel, Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa konsentrasi perekat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan patah dengan nilai F_{hitung} 3,640. Suhu kempa mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan patah papan partikel dengan nilai nilai F_{hitung} 36,879. Interaksi antara konsentrasi perekat dengan suhu kempa memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan patah dengan nilai nilai F_{hitung} 4,764.

Kata Kunci: papan partikel 1; konsentrasi perekat 2; suhu kempa 3; keteguhan patah 4.

Abstract

Particleboard is one of the materials that has been widely applied to various fields, including in the automotive sector. In the automotive sector, particle board commonly used as a material in the manufacture of the vehicle panels. Particleboard usually made using sawdust residue as the filler for the particleboard, but nowadays, researchers tried to make particleboard using another material, such as using empty palm oil bunches (EFB) which are waste product from the palm oil production process in palm oil mills.

Modulus of rupture (MOR) of the particleboard is requirements that must be fulfilled based on Indonesia standards as contained in SNI 03-2015-2006 regarding particleboard. The greater the value of MOR, means better particleboard quality produced. This study aims to determine the effect of adhesive concentration and compression temperature on the MOR particleboard made from EFB.

Testing process carried out based on SNI 03-2015-2006 standard regarding particle board. The test results were then analyzed using a two-way ANOVA using $\alpha = 0,05$ to find out the effect between the adhesive concentration and the compression temperature and the interaction between the adhesive concentration and the compression temperature on the MOR of the particle board. The result shown that the adhesive concentration had a significant effect on MOR with an $F = 3.640$. The temperature of the compression has a significant effect on the MOR with the value of $F = 36.879$. The interaction between adhesive concentration and compression temperature has a significant effect on MOR with the value of $F = 4.764$.

Keywords: particleboard 1; adhesive concentration 2; compression temperature 3; modulus of rupture (MOR).

PENDAHULUAN

Penggunaan papan partikel saat ini sudah semakin masif hingga mencapai ke berbagai bidang kehidupan manusia. Pada awalnya penggunaan papan partikel merupakan rekayasa untuk memanfaatkan serbuk kayu menjadi material baru pengganti kayu. Namun seiring dengan perkembangan jaman, penggunaan papan partikel menjadi lebih beragam dan menyentuh berbagai bidang kehidupan.

Di bidang otomotif, papan partikel sudah umumnya dipergunakan terutama dalam pembuatan panel-panel interior kendaraan dan dapat juga diaplikasikan dalam penggunaan panel rem kendaraan bermotor.

Papan partikel adalah panel yang dibuat dari material yang mengandung selulosa (biasanya kayu), yang telah dicacah menjadi potongan-potongan kecil atau partikel/fiber, yang direkatkan dengan resin sintesis atau perekat lainnya yang sesuai dan dikempa dalam kondisi yang diberi tekanan (*pressure*) dan diberikan panas (*hot press*) sehingga seluruh partikel dan perekat akan bergabung (Maloney, 1977). Pada awalnya bahan pengisi papan partikel adalah serbuk gergaji yang berasal dari sisa pengolahan kayu. Namun beberapa peneliti menemukan bahwa bahan pengisi papan bisa digantikan oleh bahan material lain yang juga dapat membentuk papan partikel.

Untuk dapat dipergunakan dan dipasarkan di Indonesia, papan partikel harus memenuhi persyaratan yakni harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Untuk papan partikel, Pemerintah melalui Badan Standardisasi Nasional (BSN) telah menerbitkan SNI 03-2015-2006 tentang papan partikel.

Keteguhan patah (*modulus of rupture / MOR*) merupakan salah satu syarat mekanis yang harus dipenuhi agar papan partikel dapat dikomersialkan di Indonesia.

KAJIAN LITERATUR

Kelapa sawit merupakan tanaman produksi yang umum ditemukan di Indonesia sampai dengan di Pelosok Indonesia. Dilansir dari Ensiklopedia Dunia, Kelapa Sawit didatangkan oleh Pemerintah Hindia Belanda pada tahun 1848 yang pada awalnya ditanam di Kebun Raya Bogor. Namun setelah terjadinya

revolusi industri di pada abad ke-19, permintaan akan minyak nabati meningkat pesat dan kelapa sawit merupakan tanaman yang memiliki kandungan minyak nabati yang tinggi. Dari sinilah muncul ide untuk membuat perkebunan kelapa sawit di Indonesia (Pahan, 2008).

Kelapa sawit diolah dalam pabrik kelapa sawit (PKS) untuk diambil minyak nabati berupa minyak yang berasal dari daging buah sawit (*crude palm oil / CPO*) dan minyak yang berasal dari inti sawit (*kernel palm oil / KPO*) yang nantinya akan diolah menjadi bahan-bahan konsumsi masyarakat seperti minyak goreng, margarin, mentega, dll. Namun pengolahan buah kelapa sawit tersebut menghasilkan limbah sampingan berupa limbah cair dan limbah padat. Singh, dkk (2012) menyatakan bahwa 20% dari total berat sawit yang diolah, akan menghasilkan limbah padat berupa TKKS.

Para peneliti sejak dahulu telah melakukan penelitian tentang bagaimana memanfaatkan limbah TKKS tersebut dengan melihat komposisi pembentuk TKKS. Pada tahun 1966, Berzins menyatakan bahwa TKKS mengandung serat fiber yang hampir sama dengan serat yang terdapat pada kayu pohon *trembling aspen*. *Trembling aspen* merupakan salah satu jenis kayu yang diklasifikasikan sebagai kayu lunak. Oleh karena itu, TKKS dapat dipergunakan sebagai material pengisi papan partikel.

Untuk membuat papan partikel, dibutuhkan perekat (*adhesive*) untuk memberikan ikatan material dalam serat papan partikel agar papan partikel memiliki kekuatan fisis dan mekanis. Perekat yang sering dipakai saat ini adalah (1) resin yang menggunakan bahan dasar formaldehid, (2) resin yang berbahan dasar isosianat dan (3) resin yang berbahan dasar *vinyl acetate* (Umemura et al. 2013). Saat ini perekat tersebut telah dikembangkan oleh industri petrokimia untuk dapat dipergunakan sebagai perekat dalam pembuatan papan partikel. Namun seluruh perekat tersebut mempunyai kelemahan yaitu perekat berasal dari minyak fosil yang tidak berkelanjutan serta resin yang digunakan tidak ramah lingkungan serta mengancam Kesehatan manusia.

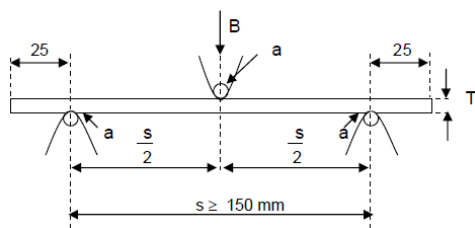
Peneliti kemudian mencari perekat yang ramah lingkungan yaitu asam sitrat. Peneliti dari *University of Amsterdam* yaitu

Rothenberg dan Albert (2011) menemukan bahwa bahwa polimer yang terbuat dari gliserol (*glycerol*) dan asam sitrat (*citric acid*) mampu membentuk resin yang mempunyai sifat termoset, larut dalam air, dan mampu terdegradasi dengan cepat di alam (Ciriminna et al, 2017). Oleh karena itu asam sitrat dapat dipergunakan sebagai perekat papan partikel pengganti resin yang tidak ramah lingkungan.

Sinaga, dkk (2018) telah melakukan penelitian terhadap papan partikel yang terbuat dari TKKS dengan menggunakan perekat asam sitrat dan mampu memenuhi syarat fisis dan mekanis papan partikel yang disyaratkan oleh SNI 03-2015-2006. Variabel yang dipergunakan dalam penelitian tersebut adalah konsentrasi perekat asam sitrat dan suhu kempa.

Salah satu syarat mekanis papan partikel adalah mampu memenuhi MOR sesuai standar SNI 03-2015-2016. Namun sampai dengan saat ini, Penulis belum menemukan penelitian yang relevan untuk mengetahui pengaruh variabel tersebut terhadap keteguhan patah papan partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel konsentrasi perekat dengan suhu kempa terhadap MOR papan partikel tersebut.

SNI mendefinisikan bahwa keteguhan patah adalah kemampuan papan partikel untuk menahan beban terpusat dalam keadaan kering. Pengujian MOR harus dilakukan dengan menggunakan mesin uji universal (*universal testing machine*) dilakukan dengan proses sebagaimana terlihat pada **Gambar 1** dibawah ini:



Keterangan gambar:
 B adalah beban (kgf).
 S adalah jarak sangga (mm).
 a adalah diameter ± 10 mm.
 T adalah tebal papan partikel

Gambar 1. Cara Pengujian MOR Papan Partikel (SNI 03-2015-2006)

Sampel uji selanjutnya ditekan menggunakan UTM hingga sampel uji mengalami patah pada

kondisi kering udara. Nilai MOR dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MOR = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots (Persamaan 1)$$

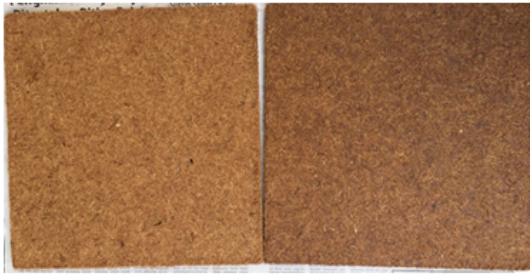
Keterangan:

- MOR = keteguhan patah (kgf/cm²)
- P = beban sebelum batas proporsi (kgf)
- L = jarak sangga (cm)
- Y = lenturan pada beban P (cm)
- b = lebar contoh uji (cm)
- h = tebal contoh uji (cm)

METODE

Dalam pembuatan papan partikel, terdiri dari 4 (empat) tahapan yaitu:

1. Persiapan material
 TKKS terlebih dahulu dicacah dan diptong menggunakan mesin pencacah dan mesin pemotong hingga menjadi serat fiber yang halus. Selanjutnya serat tersebut diayak untuk memisahkan fiber berdasarkan ukuran. Serat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah serat yang berukuran lebih besar dari 14 *mesh*. Serat dengan ukuran lebih kecil dari 14 *mesh*.
2. Pembuatan Larutan Perekat
 Terlebih dahulu dibuat larutan Asam sitrat dalam air dengan komposisi yang telah ditentukan menjadi larutan dengan konsentrasi asam sitrat 50%. Kemudian larutan disemprotkan ke TKKS menggunakan *blender drum* dan *sprayed gun*. Partikel yang telah disemprot, kemudian dikeringkan dalam oven menggunakan suhu 60°C selama 12 jam.
3. Proses pembuatan papan partikel
 Adonan kering disebar secara merata kedalam kotak kayu kemudian dimasukkan dalam mesin kempa menggunakan tekanan 2,5Gpa dengan temperatur yang telah ditentukan sebelumnya selama 15 menit untuk memproduksi papan partikel TKKS. Papan partikel kemudian dikondisikan selama 7 hari pada suhu kamar untuk meratakan kelembaban dan menghilangkan tekanan sisa. Dari proses ini akan dihasilkan papan partikel yang berukuran 30 cm x 30 cm dengan ketebalan yang diharapkan 0,9 cm seperti yang terdapat pada **Gambar 2** dibawah ini:



Gambar 2. Papan Partikel TKKS yang menggunakan perekat asam sitrat

4. Pengujian Produk

Pengujian *modulus of rupture* papan partikel mengacu pada persyaratan pengujian keteguhan lentur kering pada SNI 03-2015-2006. Papan partikel dipotong menjadi ukuran 5cm x 20cm x 0,9 cm dan dilakukan pengujian sebanyak 5 (lima) kali replikasi.

HASIL

Nilai MOR selengkapnya dapat dilihat dalam tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Nilai Keteguhan Patah (*MOR*)

Kode	Thickn ess (mm)	Width (mm)	Lower Support (mm)	Panjang g (mm)	Berat (g)	Max_Force	MOR(kg f/cm2)
Asam Sitrat 20% - Suhu 180°C							
P1	10,24	49,05	150	200	63,8	71,88	32,06
P2	10,26	48,49	150	200	53	42,19	18,96
P3	10,31	49,66	150	200	61,8	70,31	30,56
P4	10,73	49,5	150	200	68,6	103,13	41,52
P5	10,64	49,59	150	200	66	79,69	32,57
Avg						73,44	31,13
Asam Sitrat 25% - Suhu 180°C							
Q1	10,69	49,81	150	200	64,2	89,06	35,9
Q2	10,3	49,52	150	200	65,2	84,38	36,85
Q3	10,32	49,56	150	200	69	93,75	40,75
Q4	10,93	49,43	150	200	67,8	75	29,14
Q5	10,56	48,8	150	200	61	79,69	33,6
Avg						84,38	35,25
Asam Sitrat 30% - Suhu 180°C							
R1	11,07	49	150	200	62	81,25	31,05
R2	11	49,39	150	200	67	95,31	36,59
R3	11	48,14	150	200	59,2	73,44	28,93
R4	10,89	49,01	150	200	57,4	62,5	24,67
R5	10,91	49,45	150	200	65	96,88	37,76
Avg						81,88	31,8
Asam Sitrat 20% - Suhu 200°C							
S1	10,16	49,36	150	200	61,8	95,31	42,92
S2	10,06	49,65	150	200	64,2	100	45,66
S3	9,99	49,65	150	200	63	93,75	43,41
S4	10,04	48,8	150	200	58,2	75	34,98
S5	10,05	49,4	150	200	64,4	90,63	41,67
Avg						90,94	41,73

Kode	Thickn ess (mm)	Width (mm)	Lower Support (mm)	Panjang g (mm)	Berat (g)	Max_Force	MOR(kg f/cm2)
Asam Sitrat 25% - Suhu 200°C							
T1	10	49,18	150	200	58,8	79,69	37,18
T2	10,01	49,49	150	200	63,4	96,88	44,82
T3	9,86	49,73	150	200	63,6	110,94	52,65
T4	9,82	49,32	150	200	60,4	89,06	42,96
T5	9,98	49,33	150	200	61,2	84,38	39,4
Avg						92,19	43,4
Asam Sitrat 30% - Suhu 200°C							
U1	9,74	49,67	150	200	58	107,81	52,5
U2	9,67	49,72	150	200	64,4	129,69	64
U3	9,31	49,38	150	200	55	79,69	42,72
U4	9,35	49,4	150	200	56,6	107,81	57,28
U5	9,35	49,45	150	200	61,6	126,56	67,17
Avg						110,31	56,73

PEMBAHASAN

Hasil pengujian terhadap MOR kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan perhitungan *analysis of variance* (ANOVA) *two ways* untuk mengetahui pengaruh konsentrasi perekat dan suhu kempa serta interaksi antara konsentrasi perekat dengan suhu kempa terhadap kekuatan MOR. ANOVA pakai dengan menggunakan $\alpha = 0,05$. Hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut:

- Uji signifikansi konsentrasi asam sitrat
 - H_0 : Konsentrasi asam sitrat mempunyai pengaruh terhadap MOR yang tidak signifikan
 - H_1 : Konsentrasi asam sitrat mempunyai pengaruh terhadap MOR yang signifikan
- Dasar pengambilan keputusan:
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau probabilitasnya $>0,05$ maka H_0 diterima
 - Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau probabilitasnya $<0,05$ maka H_0 ditolak

- Uji signifikansi suhu kempa
 - H_0 : Suhu yang digunakan mempunyai pengaruh terhadap MOR yang tidak signifikan
 - H_1 : Suhu yang digunakan mempunyai pengaruh terhadap MOR yang signifikan
- Dasar pengambilan keputusan:
- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau probabilitasnya $>0,05$ maka H_0 diterima
 - Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau probabilitasnya $<0,05$ maka H_0 ditolak

(3) Uji signifikansi interaksi antara konsentrasi asam sitrat dan suhu kempa pada pembuatan papan partikel (Konsentrasi * Suhu)

- H_0 : Interaksi antara Konsentrasi* Suhu yang digunakan mempunyai pengaruh terhadap MOR yang tidak signifikan
- H_1 : Interaksi antara Konsentrasi* Suhu yang digunakan mempunyai pengaruh terhadap MOR yang signifikan

Dasar pengambilan keputusan:

- Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau probabilitasnya $>0,05$ maka H_0 diterima
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau probabilitasnya $<0,05$ maka H_0 ditolak

Hasil pengujian terhadap keteguhan patah kemudian dilakukan perhitungan *analysis of variance* (ANOVA) menggunakan *software* SPSS 13. Hasil perhitungan dapat dilihat dalam **Tabel 2** berikut ini:

Tabel 2. Hasil Perhitungan ANOVA *two ways* antara konsentrasi perekat dengan suhu kempa terhadap variabel dependen MOR

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Modulus of Rupture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2314.819 ^a	5	462.964	10.738	.000
Intercept	48.017.442	1	48.017.442	1.113.677	.000
Konsentrasi	313.870	2	156.935	3.640	.042
Suhu	1.590.098	1	1.590.098	36.879	.000
Konsentrasi * Suhu	410.852	2	205.426	4.764	.018
Error	1.034.787	24	43.116		
Total	51.367.048	30			
Corrected Total	3.349.607	29			

a. R Squared = .691 (Adjusted R Squared = .627)

Dari hasil perhitungan ANOVA tersebut, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Nilai F_{hitung} konsentrasi asam sitrat sebesar 3,640 dan probabilitasnya sebesar 0,042 ($<0,05$) sehingga H_0 ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam sitrat mempunyai

pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan patah papan partikel.

- b. Nilai F_{hitung} suhu kempa sebesar 36,879 dan probabilitasnya sebesar 0,000 ($<0,05$) sehingga H_0 ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa suhu kempa mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan patah papan partikel.
- c. Nilai F_{hitung} Konsentrasi * Suhu sebesar 4,764 dan probabilitas sebesar 0,018 ($<0,05$) sehingga H_0 ditolak. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa interaksi antara konsentrasi asam sitrat dengan suhu kempa mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan patah papan partikel.

SIMPULAN

Berdasarkan pengujian menggunakan Standar SNI 03-2015-2006 terhadap papan partikel yang terbuat dari tandan kosong kelapa sawit menggunakan perekat asam sitrat didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Konsentrasi perekat asam sitrat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan patah (*modulus of rupture*) papan partikel.
2. Suhu kempa mempunyai pengaruh signifikan terhadap keteguhan patah (*modulus of rupture*) papan partikel.
3. Interaksi antara konsentrasi perekat asam sitrat dengan suhu kempa memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keteguhan patah (*modulus of rupture*) papan partikel.

REFERENSI

Badan Standardisasi Nasional (2004, Dec 24). *Standar Nasional Indonesia 03-2105-2006 tentang Papan Partikel*.

Berzins, V. (1966). Chemical composition of woods. Research note no. 61 (p. 8). *Pulp and Paper Research*. Institute of Canada.

Ciriminna, R., Meneguzzo, F., Delisi, R., & Pagliaro, M., (2017). Citric acid: emerging applications of key biotechnology industrial product. *Chemistry Central Journal*, (2017) 11:22. DOI [10.1186/s13065-017-0251-y](https://doi.org/10.1186/s13065-017-0251-y)

- Maloney, T.M., (1977). Modern Particleboard and fibreboard. *Miller Freeman Publication Inc.*
- Pahan, I. 2008. Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. *Penebar Swadaya.*
- Sinaga, Ferry Indra Sakti H., Gabriell, D.S., Dachyar, M., Prasetyo, K.W. (2018). Leveraging the Waste Value of Empty Palm Fruit Bunches as Main Material on Particleboard Using Citric Acid Adhesive. *Academisera International Conference.* Page: 6-9.
- Singh, P., Sulaiman, O., Hashi, R., Leh Cheu Peng., & Singh, R.P. (2012). Using biomass residues from oil palm industry as a raw material for pulp and paper industry: potential benefits and threat to the environment. *Environ Dev Sustain*, (2013) 15:367–383 [DOI 10.1007/s10668-012-9390-4](https://doi.org/10.1007/s10668-012-9390-4)
- Umemura, K., Ueda, T., Munawar, S.F., Kawai, S. (2011), Application of citric acid as natural adhesive for wood. *Journal of Applied Polymer Science* pp.123:1991-1996