

Pengaruh Komposisi Tempurung Kelapa, Ampas Tebu, dan Perekat Resin Epoksi terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel

Desi Permata Sari*, Mora

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 6 Januari 2020
Direvisi: 9 Januari 2020
Diterima: 17 Januari 2020

Kata kunci:

ampas tebu
komposit
MOE
MOR
papan partikel
tempurung kelapa

Keywords:

bagasse
composite
MOE
MOR
particle board
coconut shell

Penulis Korespondensi:

Desi Permata Sari
Email: dpermatasari860@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi tempurung kelapa, ampas tebu, dan perekat resin epoksi terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel. Partikel tempurung kelapa adalah yang lolos ayakan 100 mesh dan ampas tebu yang lolos ayakan 50 mesh. Hasil ayakan dibagi menjadi lima komposisi dengan rasio persentase dari tempurung kelapa dan ampas tebu sebesar 30:60, 40:45, 50:30, 60:15, dan 70:0. Kadar perekat resin epoksi yang digunakan adalah 10, 15, 20, 25, dan 30. Densitas terendah sebesar $0,90 \text{ g/cm}^3$ diperoleh pada komposisi 30:60 sedangkan densitas tertinggi $1,01 \text{ g/cm}^3$ pada komposisi 70:0. Kadar air terendah 0,89% pada komposisi 70:0 sedangkan kadar air tertinggi 1,99% pada komposisi 30:60. Daya serap air terendah 15,51% pada komposisi 70:0 sedangkan daya serap air tertinggi 37,61% pada komposisi 30:60. Hasil uji sifat mekanis seperti MOE terendah $526,16 \text{ kg/cm}^2$ pada komposisi 30:60 sedangkan MOE tertinggi $817,33 \text{ kg/cm}^2$ pada komposisi 70:0 dan MOR terendah 28,35 kg/cm^2 pada komposisi 30:60 sedangkan MOR tertinggi $101,43 \text{ kg/cm}^2$ pada komposisi 70:0. Sifat fisis dan mekanis papan partikel yang didapatkan pada pengujian telah memenuhi standar mutu SNI 03-2105-2006 kecuali untuk beberapa pengujian densitas, MOR dan MOE.

The purpose of this research is to analyze the effect of variations of coconut shell, bagasse, and epoxy resin adhesives on the physical and mechanical properties of particle boards. The particle size used is coconut shell that pass 100 mesh and bagasse that pass 50 mesh. The filler microparticles which procured subsequently separated to five compositions within specified volumetric percentage ratio (coconut shell:bagasse) namely 30:60, 40:45, 50:30, 60:15, and 70:0. The epoxy resin content is 10%, 15%, 20%, 25%, and 30%. The result of physical characteristics show that the lowest density is 0.90 g/cm^3 on ratio 30:60 while the highest density is 1.01 g/cm^3 on ratio 70:0. The water content has showed that the lowest is 0.89% on ratio 70:0 while the highest water content is 1.99% on ratio 30:60. The lowest water absorption is 15.51% on ratio 70:0 while the highest water absorption is 37.61% on ratio 30:60. The result of mechanical characteristics that shown the lowest MOE value is 526.16 kg/cm^2 on ratio 30:60 while the highest value is 817.33 kg/cm^2 on ratio 70:0. The lowest MOR value is 28.35 kg/cm^2 on ratio 30:60 while the highest MOR value is 101.43 kg/cm^2 on ratio 70:0. The physical and mechanical properties of the particle board obtained in the test have met the SNI 03-2105-2006 quality standards except density, MOR and MOE.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Penggunaan kayu sebagai bahan baku industri mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk. Industri kayu saat ini mengalami kekurangan bahan baku, karena produksi kayu hutan alam, hutan produksi maupun hutan tanaman rakyat semakin menurun (Iskandar dan Supriadi, 2012). Mengingat kemampuan produksi hutan Indonesia yang menurun, diperkirakan kekurangan akan semakin parah dengan berjalannya waktu, sehingga perlu dilakukan berbagai cara yaitu efisiensi pemanfaatan kayu, diversifikasi produk dan pemanfaatan limbah-limbah kayu serta mencari alternatif pemanfaatan bahan baku kayu (Armaya dkk., 2012). Salah satu sumber alternatif tersebut yaitu memanfaatkan limbah-limbah tumbuhan yang tidak dimanfaatkan melalui pengembangan teknologi pengolahan kayu dan pemanfaatan bahan berlignoselulosa bukan kayu.

Teknologi pengolahan kayu yang saat ini terus berkembang yaitu pembuatan papan partikel. Papan partikel merupakan papan komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya yang diikat dengan perekat sintetis atau perekat lainnya serta dikempa dengan kempa panas. Papan partikel memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan kayu asalnya seperti tidak mudah pecah, bebas mata kayu, dan tidak mudah retak (Maloney, 1997).

Papan partikel dapat diproduksi dari serbuk kayu, limbah pertanian atau bahan berlignoselulosa lainnya seperti ampas tebu dan tempurung kelapa. Ampas tebu merupakan produk samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Sekitar 35-40% ampas tebu yang digiling hanya dimanfaatkan sebagai bahan industri bahkan dibuang menjadi limbah (Malau dkk., 2015). Salah satu cara mengoptimalkannya yaitu digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel.

Pembuatan papan partikel yang berbahan ampas tebu telah dilakukan oleh Iskandar dan Supriadi (2012). Papan partikel dibuat dengan memvariasikan perekat Urea Formaldehida yaitu 6%, 8%, dan 10%. Pada pengujian sifat mekanis, Modulus of Rupture (MOR) berkisar antara 39,07 - 11,26 kg/cm² dengan rata-rata 73,19 kg/cm². Nilai MOR pada penelitian ini sebagian telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006 dan JIS A 5908-2003. Sedangkan Modulus of Elasticity (MOE) berkisar antara 4429,32-10341,31 kg/cm² dengan rata-rata 7442,86 kg/cm². Nilai MOE hasil penelitian ini belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 dan JIS A 5908-2003 (minimal 20400 kg/cm²).

Nasution dan Mora (2018) telah meneliti pengaruh komposisi partikel ampas tebu dan partikel tempurung kelapa terhadap sifat fisis dan mekanis komposit papan partikel perekat resin epoksi. Pada pengujian sifat fisis, densitas yang didapatkan yaitu berkisar antara 0,94-1,06 g/cm³, densitas tersebut belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 (minimal 0,9 g/cm³). Pada pengujian sifat mekanis, MOE yang didapatkan pada penelitian berkisar antara 833,17-1960,75 kg/cm² dengan nilai MOE yang terendah pada komposisi filler 70%-0% dan nilai MOE tertinggi pada komposisi filler 35%-35%. Nilai MOE yang dihasilkan belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yang mensyaratkan nilai minimum MOE papan partikel sebesar 20.400 kg/cm². Pembuatan papan partikel dengan memvariasikan tempurung kelapa, ampas tebu dan perekat resin epoksi diharapkan akan memperbaiki sifat fisis dan mekanis papan partikel yang dihasilkan.

II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Universal Testing Machine, ball milling, hot press, timbangan digital, cetakan, ayakan 100 mesh, ayakan 50 mesh, oven, mixer, dan jangka sorong. Sedangkan bahan yang digunakan adalah tempurung kelapa, ampas tebu, resin epoksi, hardener dan aluminium foil.

2.2 Pembuatan Sampel

Ampas tebu terlebih dahulu direndam dengan air panas selama 2 jam, untuk menghilangkan zat ekstraktif yang dapat menghalangi reaksi dengan komponen selulosa. Kemudian ampas tebu dan tempurung kelapa yang sudah disiapkan dijemur sampai kering. Ampas tebu dan tempurung kelapa yang sudah dijemur kemudian dipotong dengan potongan yang kecil-kecil dan dihaluskan menggunakan ball milling selama 3 jam. Penyaringan partikel ampas tebu dilakukan dengan menggunakan ayakan 50 mesh dan penyaringan tempurung kelapa dilakukan dengan menggunakan ayakan 100 mesh.

Partikel ampas tebu dan tempurung kelapa dicampur dengan perekat resin epoksi dan ditambah dengan hardener untuk mempercepat reaksi perekatan dengan menggunakan mixer. Target massa dari masing-masing papan partikel yang akan dibuat sebesar 90 gram dengan perbandingan komposisi partikel tempurung kelapa, ampas tebu, dan perekat resin epoksi yang digunakan adalah 30%:60%:10%, 40%:45%:15%, 50%:30%:20%, 60%:15%:25% dan 70%:0%:30%. Partikel ampas tebu dan tempurung kelapa yang telah dicampur dengan perekat kemudian dimasukkan ke dalam pencetakan lembaran dengan ukuran 12 cm x 8 cm x 2 cm. Sampel yang telah dimasukkan ke dalam cetakan kemudian dikempa panas dengan tekanan kempa 2000 kg dan suhu 150 °C selama 10 menit. Sampel yang telah dikempa panas kemudian dilakukan pengkondisian pada suhu kamar selama 24 jam dan dilakukan uji sifat fisis dan uji sifat mekanis.

Pengujian densitas papan partikel dilakukan dengan cara menimbang massa sampel menggunakan timbangan digital serta mengukur panjang, lebar dan tebal sampel. Pengujian kadar dilakukan dengan mengukur massa sampel dan dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 10 menit. Pengujian daya serap air dengan cara mengukur massa awal sampel sebelum dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air selama 24 jam. Pengujian MOE dan MOR dengan memberikan beban tegak lurus terhadap sampel dengan jarak sangga 8 cm. Ukuran sampel yang digunakan untuk densitas, kadar air, MOE, dan MOR adalah 10 x 5 cm, sedangkan ukuran yang digunakan untuk daya serap air adalah 5 x 5 cm.

Pengujian sifat fisis dan mekanik papan partikel dilakukan berdasarkan standar SNI 03- 2105-2006. Sifat fisis yang diuji adalah densitas, kadar air, dan daya serap air. Sedangkan untuk uji sifat mekanis yang diuji adalah MOE dan MOR.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Uji Sifat Fisis

3.1.1 Densitas

Densitas merupakan salah satu sifat fisis yang menunjukkan perbandingan antara massa benda terhadap volumenya. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan hasil pengujian densitas seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji Densitas Papan Partikel

Kode Sampel	Komposisi Partikel Tempurung Kelapa (%)	Komposisi partikel Ampas Tebu (%)	Komposisi Perekat Resin Epoksi (%)	Densitas (g/cm ³)
A	30	60	10	0,9
B	40	45	15	0,94
C	50	30	20	0,96
D	60	15	25	1
E	70	0	30	1,01

Pada Tabel 1 memperlihatkan hasil uji densitas papan partikel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan komposisi partikel tempurung kelapa meningkatkan densitas papan partikel yang dihasilkan. Densitas papan partikel menurun menghampiri nilai yang ditetapkan SNI 03-2105-2006 (0,5-0,9 g/cm³) seiring dengan bertambahnya komposisi partikel ampas tebu. Hal ini disebabkan karena berat jenis bahan baku yang digunakan, berat jenis partikel tempurung kelapa (0,75 g/cm³) lebih tinggi dibandingkan partikel ampas tebu (0,12 g/cm³) dan berat jenis resin epoksi (1,17 g/cm³) memberikan peningkatan pada setiap penambahan partikel tempurung kelapa pada papan partikel. Faktor penting yang mempengaruhi nilai densitas papan partikel adalah berat jenis bahan baku (Kelly, 1977).

Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 densitas papan partikel yaitu 0,5-0,9 g/cm³, maka densitas papan partikel yang didapat dalam penelitian ini ada yang memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Komposisi papan partikel yang terbaik adalah papan partikel dengan perbandingan komposisi 30% (tempurung kelapa) berbanding 60% (ampas tebu) dengan perekat resin epoksi 10% yaitu dengan densitas 0,9 g/cm³. Berdasarkan densitas yang didapat semua variasi massa papan partikel menunjukkan nilai densitas papan diatas 0,9 g/cm³ yang dapat dikategorikan ke dalam papan

partikel berkerapatan tinggi (high density board) dimana nilai densitas papan partikel lebih dari 0,8 g/cm³ (Maloney, 1997).

3.1.2 Kadar air

Kadar air merupakan selisih dari berat papan partikel sebelum proses pengovenan dan sesudah proses pengovenan. Kadar air dinyatakan dalam satuan persen. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Kadar Air Papan Partikel

Kode Sampel	Komposisi Partikel Tempurung Kelapa (%)	Komposisi partikel Ampas Tebu (%)	Komposisi Perekat Resin Epoksi (%)	Kadar Air (%)
A	30	60	10	1,99
B	40	45	15	1,43
C	50	30	20	1,36
D	60	15	25	1,13
E	70	0	30	0,89

Tabel 2 memperlihatkan hasil uji kadar air papan partikel. Nilai kadar air papan partikel yang didapatkan berkisar antara 0,89%-1,99%, dengan nilai kadar air tertinggi didapatkan pada komposisi 30% tempurung kelapa, 60% ampas tebu dan 10% perekat resin epoksi yaitu 1,99%, sedangkan nilai kadar air papan partikel terendah pada komposisi 70% tempurung kelapa, 0% ampas tebu dan 30% perekat resin epoksi yaitu 0,89%. Penambahan partikel ampas tebu menyebabkan meningkatnya nilai kadar air papan partikel. Hal ini dikarenakan oleh sifat higroskopis pada ampas tebu yang mudah menyerap air. Tingginya kadar air disebabkan karena sifat papan partikel yang bersifat higroskopis sehingga sangat mudah menyerap air (Haygreen dan Bowyer, 1996).

Berdasarkan data nilai kadar air yang didapatkan, komposisi papan partikel yang terbaik adalah papan partikel dengan perbandingan komposisi 70% (tempurung kelapa) berbanding 0% (ampas tebu) dengan perekat resin epoksi 30% yaitu 0,89%. Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 kadar air papan partikel ditetapkan tidak melebihi 14%. Dengan demikian kadar air semua komposisi papan partikel yang didapatkan pada penelitian ini memenuhi standar papan partikel.

3.1.3 Daya serap air

Daya serap air merupakan kemampuan papan partikel untuk menyerap air dalam jangka waktu tertentu. Pengujian daya serap air dilakukan setelah contoh uji direndam selama 24 jam. Berdasarkan hasil pengukuran maka didapatkan nilai daya serap air seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Uji Daya Serap Air Papan Partikel

Kode Sampel	Komposisi Partikel Tempurung Kelapa (%)	Komposisi partikel Ampas Tebu (%)	Komposisi Perekat Resin Epoksi (%)	Daya Serap Air (%)
A	30	60	10	37,61
B	40	45	15	33,53
C	50	30	20	31,02
D	60	15	25	18,95
E	70	0	30	15,51

Pada Tabel 3 memperlihatkan hasil uji daya serap air papan partikel. Nilai daya serap air papan partikel yang dihasilkan yaitu 15,51%-37,61%. Komposisi partikel tempurung kelapa yang lebih besar dibandingkan komposisi ampas tebu menyebabkan nilai daya serap air menurun. Hal ini disebabkan karena sedikitnya ampas tebu yang menyebabkan sifat higroskopis papan partikel semakin rendah (Haygreen dan Bowyer, 1996). Hal inilah yang membuat ikatan-ikatan yang telah terbentuk dalam papan menjadi tidak mudah dirusak oleh air, sehingga daya serap airnya rendah.

Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 tidak menetapkan nilai daya serap air, akan tetapi pengujian daya serap air perlu dilakukan karena pengujian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk penggunaan papan partikel ini, apakah termasuk layak untuk interior atau eksterior. Berdasarkan

hasil pengujian didapatkan nilai daya serap air berkisar antara 15,51%-37,61%, maka papan partikel pada penelitian ini digolongkan pada keperluan eksterior (Sutigno, 1994). Berdasarkan data daya serap air papan partikel yang didapatkan di atas, komposisi papan partikel yang terbaik adalah papan partikel dengan perbandingan 70% (tempurung kelapa) berbanding 0% (ampas tebu) dengan kadar perekat resin epoksi 30%, daya serap airnya yaitu 15,51%.

3.2 Uji Sifat Mekanis

3.2.1 *Modulus of Elasticity* (MOE)

MOE adalah ukuran kemampuan material dalam menahan perubahan bentuk sampai batas proporsi yang menunjukkan sifat elastisitas bahan (Maloney, 1997). Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM). Pengujian papan partikel menggunakan jarak sangga 8 cm dengan memberikan beban yang tegak lurus terhadap permukaan sampel. Semakin tinggi nilai keteguhan lentur, maka semakin elastis papan partikel tersebut. Berdasarkan hasil pengukuran maka didapatkan MOE papan partikel. Pengaruh variasi komposisi papan partikel lebih jelas terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Uji MOE papan partikel

Kode Sampel	Komposisi Partikel Tempurung Kelapa (%)	Komposisi partikel Ampas Tebu (%)	Komposisi Perekat Resin Epoksi (%)	MOE (kg/cm ²)
A	30	60	10	526,16
B	40	45	15	545,40
C	50	30	20	733,33
D	60	15	25	745,69
E	70	0	30	817,33

Pada Tabel 4 memperlihatkan hasil uji MOE papan partikel. Nilai MOE papan partikel meningkat seiring dengan penambahan persentase partikel tempurung kelapa. Nilai Modulus of Elasticity (MOE) berkisar antara 526,16 kg/cm² -817,33 kg/cm². Nilai MOE terendah papan partikel terdapat pada komposisi filler 30%:60% yaitu 526,16 kg/cm², sedangkan nilai MOE tertinggi terdapat pada papan partikel dengan komposisi filler 70%:0% yaitu 817,33 kg/cm².

Berdasarkan hasil pengujian yang didapat untuk semua variasi komposisi filler belum memenuhi standar SNI 03-2105-2006 yang mensyaratkan nilai MOE papan partikel yaitu minimum 20.400 kg/cm². Hal ini diduga karena masih banyaknya rongga udara pada papan partikel yang menyebabkan matriks tidak sepenuhnya mengisi ruang kosong pada filler sehingga daya ikat papan partikel semakin rendah. Berdasarkan data MOE papan partikel di atas, komposisi papan partikel yang terbaik adalah dengan perbandingan komposisi 70% (tempurung kelapa) berbanding 0% (ampas tebu) dan kadar perekat yang digunakan 30% dengan nilai MOEnya yaitu 817,33 kg/cm².

3.2.2 *Uji Modulus of Rupture* (MOR)

MOR merupakan sifat mekanis yang menunjukkan kekuatan material dalam menahan beban yang bekerja terhdapnya sampai patah. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai MOR papan partikel. Pengaruh variasi komposisi partikel dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji MOR papan partikel

Kode Sampel	Komposisi Partikel Tempurung Kelapa (%)	Komposisi partikel Ampas Tebu (%)	Komposisi Perekat Resin Epoksi (%)	MOR (kg/cm ²)
A	30	60	10	28,35
B	40	45	15	29,41
C	50	30	20	58,60
D	60	15	25	87,51
E	70	0	30	101,43

Pada Tabel 5 memperlihatkan hasil Uji MOR papan partikel. Nilai MOR papan partikel yang didapatkan berkisar antara 28,35 kg/cm² - 101,43 kg/cm². Nilai MOR papan partikel terendah pada

komposisi 30%:60% yaitu 28,35 kg/cm², sedangkan nilai MOR tertinggi didapatkan pada komposisi 70%:0% yaitu 101,43 kg/cm². MOR papan partikel menurun dengan pertambahan massa dari partikel ampas tebu.

Berdasarkan standar SNI 03-2105-2006 nilai MOR papan partikel yang ditetapkan minimal 82 kg/cm². Nilai MOR yang didapatkan untuk seluruh variasi komposisi papan partikel yang didapatkan pada penelitian ini sebagian telah memenuhi standar papan partikel kecuali pada variasi A, B, dan C. Berdasarkan data nilai MOR papan partikel di atas, komposisi papan partikel yang terbaik adalah papan partikel dengan perbandingan komposisi 70% (tempurung kelapa) berbanding 0% (ampas tebu) dengan nilai MOR 101,43 kg/cm².

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa nilai kadar air dan daya serap air memenuhi standar SNI 03-2105-2006, namun nilai densitasnya sebagian besar tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Sementara berdasarkan uji sifat mekanis komposit papan partikel nilai MOR sebagian telah memenuhi standar SNI 03-2105-2006, namun memiliki nilai MOE yang tidak memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Papan partikel terbaik dalam pembuatan papan partikel yaitu pada komposisi 70% (tempurung kelapa) dan 0% (ampas tebu). Pada komposisi ini densitas yang tinggi memiliki ikatan antar partikel sangat kuat sehingga molekul air sulit mengisi rongga yang terdapat dalam papan partikel. Papan yang didapatkan dapat diaplikasikan berdasarkan dari hasil uji sifat fisis dan uji sifat mekanis digunakan untuk bahan pembuatan meja, lemari, pintu, dan pelindung komponen elektronik.

DAFTAR PUSTAKA

- Armaya R, Herawati E., dan Sucipto T., Karakteristik Fisis dan Mekanis Papan Semen Bambu Hitam (*Gigantochloa Atroviolacea* Widjaja) dengan Dua Ukuran Partikel, *Jurnal Kehutanan USU*, 4(2), hal 9-15, (2012).
- Haygreen, J.G., dan Bowyer, J.L., Pengantar Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Edisi ketiga (Gadjah Mada University, Yogyakarta, 1996) hal. 528-529.
- Iskandar, M.I., dan Supriadi, A., Pengaruh Kadar Perekat Terhadap Sifat Papan Partikel Ampas Tebu, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(1), hal 19-26, (2012).
- Kelly, M.W, Critical Literature Review of Relationships Between Processing Parameters and Physical Properties of Particleboard, Forest Products Laboratory, Forest Service, US Department of Agriculture, Madison, (1977).
- Malau JC, Sucipto T., dan Iswanto, AH., Kualitas Papan Partikel Batang Pisang Barangan Berdasarkan Variasi Kadar Perekat Phenol Formaldehida. *Peronema Forestry Science Journal*, 5(1), hal 32-38, (2015).
- Maloney, T.M., *Modern Particle board and Dry Process Fiberboard Manufacturing*, Miiller Freman Inc : San Fransisco (1997).
- Mikael, I., Hartono, R., dan Sucipto, T., Kualitas Papan Partikel Dari Campuran Ampas Tebu dan Partikel Mahoni Dengan Berbagai Variasi Kadar Perekat Phenol Formaldehida, *Jurnal Kehutanan USU*, 5(2), hal 1-8, (2014).
- Nasution, W. M dan Mora, Analisis Pengaruh Komposisi Partikel Ampas Tebu dan Partikel Tempurung Kelapa Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Papan Partikel Perekat Resin Epoksi, *Jurnal Fisika UNAND*, 7(2), (2018).
- Standar Nasional Indonesia, Mutu Papan Partikel, SNI 03-2105-2006 (Badan Standar Nasional, Jakarta, 2006).
- Sutigno, M., *Teknologi Papan Partikel Datar*. (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, Bogor, 1994).