Pabrikasi Papan Komposit Berbahan Dasar Sabut Pinang (*Areca catechu* L.) dan Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.)

Mentarie Resthu Putri^a, Irfana Diah Faryuni^a, Asifa Asri^{a*}, Nurhasanah^a

^aProgram Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura
Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

*Email : asifa.asri@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini telah dibuat papan komposit dengan bahan utama serat sabut pinang (*Areca catechu* L.) dan partikel sabut kelapa (*Cocos nucifera* L.). Bahan tambahan yang digunakan adalah urea formaldehyde (UF) sebagai matriks, parafin untuk penghambat air serta NH₄Cl sebagai katalis. Papan komposit divariasikan sebanyak 3 sampel yaitu 100% serat sabut pinang, 100% partikel sabut kelapa dan 50% serat sabut pinang dicampur 50% partikel sabut kelapa. Papan komposit kemudian diuji sifat fisis dan mekanisnya dengan menggunakan standarisasi *Japanese Industrial Standards* (JIS) A 5908-2003. Hasil penelitian menunjukkan sampel yang terdiri dari 100% serat sabut pinang merupakan sampel yang paling baik yakni memiliki nilai kerapatan sebesar 616,82 kg/m³, kadar air sebesar 11,62%, daya serap air sebesar 182,87%, pengembangan tebal sebesar 59,65%, *modulus of elasticity* (MOE) sebesar 543,66 MPa, *modulus of rupture* (MOR) sebesar 9,24 MPa, dan *internal bonding* (IB) sebesar 0,05 MPa. Semua sampel dapat memenuhi standarisasi JIS A 5908-2003 untuk indikator uji kerapatan dan kadar air.

Kata Kunci : komposit, sabut pinang, sabut kelapa

1. Latar Belakang

Pembuatan papan komposit dari serat alam sangat penting mengingat ketersediaan kayu sebagai bahan baku bangunan dan furniture makin menurun. Selain itu, serat alam selain kayu dapat ditemukan dengan mudah dan limbahnya lebih mudah terurai dibandingkan bahan sintetis.

Penggunaan serat alam pada komposit dapat mencegah peningkatan penggunaan serat sintesis. Penggunaan serat sintetis untuk keperluan industri akan menimbulkan masalah baru yaitu limbah anorganik. Dampak lain yang ditimbulkan oleh penggunaan serat sintesis ini adalah mampu mendorong perubahan *trend* teknologi komposit yang ramah lingkungan [1]. Pengembangan dan penggunaan material komposit yang berpenguat serat alam dapat membuat produk dengan biaya murah karena harga bahan baku yang rendah. Selain itu material komposit dengan serat alam juga ramah lingkungan karena memiliki sifat *biodegradable* sehingga dapat diurai dengan mudah dan aman serta pemanfaatan yang berkelanjutan [2]. Serat alam dapat menjadi *filler* dalam komposit karena kandungan selulosa [3].

Papan komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih material penyusun. Setiap material penyusunnya memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda. Beberapa keunggulan komposit adalah mudah dibentuk, kuat, ringan, isolator listrik yang baik, anti karat dan mudah dikombinasikan dengan bahan lain [4].

Sentra tanaman pinang di Indonesia adalah di pulau Sumatera dan pulau Kalimantan. Penyebarannya meliputi Aceh, Riau, Sumatera Utara, dan Kalimantan Barat [5]. Serat pinang memiliki kandungan selulosa sebesar 70,2 %, abu 6,02%, dan air 10,92% [6]. Serat pinang memiliki potensi sebagai material komposit mengingat dari segi ketersediaan bahan baku yang cukup melimpah serta kandungan selulosa yang cukup tinggi.

Kelapa yang dihasilkan di Indonesia dapat mencapai jutaan ton pertahun. Dengan banyaknya jumlah kelapa yang dihasilkan maka sabut kelapa juga akan semakin meningkat [7]. Sabut kelapa terdiri dari beberapa kandungan kimia yang meliputi 21,07 % selulosa, 29,23 % lignin, 8,50 % hemiselulosa, 14,25 % pektin, dan 26 % air [8].

Penelitian mengenai komposit dengan bahan serat pinang oleh Fahmi dkk (2016) menghasilkan kesimpulan bahwa komposisi serat mempengaruhi kekuatan tarik dari komposit serat buah pinang, semakin tinggi persentase serat, semakin tinggi tegangan yang dihasilkan [9]. Astika dkk (2013) menyatakan bahwa semakin panjang dan semakin besar fraksi volume serat sabut kelapa dalam komposit maka kekuatan tarik, kekuatan *impact* dan kekuatan lentur semakin tinggi [10]. Pada penelitian Lumintang dkk (2011) mengenai komposit berpenguat serbuk batang kelapa dan serat sabut kelapa dapat diperoleh kesimpulan bahwa variasi fraksi volume kedua bahan tersebut berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik dan ketangguhan komposit [11].

Terdapat 3 papan komposit yang telah dibuat pada penelitian ini yaitu berbahan dasar 100% serat sabut pinang, 100% partikel sabut kelapa dan 50% serat sabut pinang dicampur 50% partikel sabut kelapa. Masing-masing papan komposit tersebut dibuat sebanyak tiga kali pengulangan kemudian diuji sifat fisis dan mekanisnya lalu dianalisis menggunakan JIS A 5908-2003. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan komposit yang memiliki performa baik dan menjadi solusi untuk mengurangi jumlah limbah sabut pinang dan kelapa.

2. Metodologi

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* (UTM), oven, *hot press*, *hammermi*, ayakan, desikator, timbangan digital, micrometer sekrup, penggaris, gunting, wadah, gergaji, dan cetakan kayu berukuran (30×30×1) cm. Bahan-bahan yang digunakan adalah sabut pinang, sabut kelapa, akuades, larutan NaOH 5%, *urea formaldehyde* (UF), parafin, dan katalis (NH₄Cl).

Persiapan Partikel Sabut Kelapa dan Serat Sabut Pinang

Limbah sabut pinang dan sabut kelapa masing-masing dibersihkan. Pembersihan limbah kulit pinang dilakukan dengan cara membuang kulit bagian luar dan kulit bagian dalam agar terpisah dengan sabutnya. Pembersihan limbah sabut kelapa dilakukan dengan cara memisahkan sabut dengan bagian ampasnya.

Sabut pinang dan sabut kelapa masing-masing direndam dengan larutan NaOH 5% selama 2 jam dan dibilas dengan akuades hingga bersih lalu dijemur selama 3-5 hari. Sabut kelapa kemudian digiling menggunakan *hammermill* agar menjadi partikel dan diayak dengan saringan lolos 8 mesh tertahan 20 mesh. Sabut pinang dipotong sepanjang 3 cm lalu diurai-urakan. Partikel dan serat yang sudah sesuai ukuran kemudian dioven pada suhu 60°C selama 24 jam untuk mencapai kadar air 4-6%.

Pembuatan Papan Komposit

Langkah awal dalam pembuatan sampel adalah menentukan fraksi massa serat sabut pinang dan partikel sabut kelapa. Variasi sampel yang dibuat terdiri dari 100% serat sabut pinang, 100% partikel sabut kelapa dan 50% serat sabut pinang dicampur 50% partikel sabut kelapa. Partikel dan serat tersebut kemudian dicampur dengan *urea formaldehyde* sebesar 14%, parafin 1% dan katalis 0,1% dari berat bahan baku yang digunakan.

Adonan serat dan partikel dicetak menggunakan cetakan berukuran (30×30×1) cm dengan target kerapatan sebesar 0,7 g/cm³. Bahan yang sudah dicetak kemudian dimasukkan ke dalam *hot press* dengan tekanan 30 Pa pada suhu 150°C selama 8 menit. Papan komposit yang telah dicetak kemudian didiamkan selama 8 hari sebelum pengujian. Pada penelitian ini akan ada 3 sampel papan komposit yang dibuat masing-masing sebanyak 3 kali pengulangan untuk kemudian diuji sifat fisis dan mekanisnya.

Pemotongan Sampel Uji

Papan partikel yang telah dilakukan pengkondisian kemudian dipotong menggunakan mesin gergaji sesuai pola yang telah dibuat dengan mengacu pada standar JIS A 5908-2003 sebagai berikut:

Gambar 1. Pola Pemotongan Tampak Atas

Keterangan:

- 1 = sampel uji untuk kerapatan dan kadar air (10×10×1) cm.
- 2 = sampel uji untuk daya serap air dan pengembangan tebal, (5×5×1) cm.
- 3 = sampel uji untuk MOE dan MOR, (5×20×1) cm.
- 4 = sampel uji untuk kekuatan rekat internal, (5×5×1) cm.
- 5 = sampel uji cadangan.

Pengujian Papan Komposit

a. Kerapatan Papan

Kerapatan merupakan perbandingan antara massa dan volume suatu benda. Kerapatan papan komposit dihitung menggunakan rumus [12]:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan:

ρ = Kerapatan papan (kg/m³)

m = Massa sampel uji (kg)

v = Volume sampel uji (m³)

b. Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah kandungan air yang terdapat dalam suatu benda yang dinyatakan dalam persen. Kadar air diperoleh dengan mengetahui masa awal dan masa akhir sampel. Nilai kadar air dihitung menggunakan rumus [12]:

$$\text{Kadar air \%} = \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100\%$$

Keterangan:

BA = Massa awal sampel uji (kg)

BKO = Massa sampel uji setelah di oven (kg)

c. Daya Serap Air

Daya serap air merupakan salah satu sifat fisis papan komposit yang menunjukkan kemampuan papan menyerap air setelah dilakukan perendaman selama 24 jam dan dinyatakan dalam persen. Nilai daya serap air dapat dihitung dengan rumus berikut [12]:

$$\text{Daya serap air \%} = \frac{B1 - B0}{B0} \times 100\%$$

Keterangan:

B0 = Massa awal sampel uji (kg)

B1 = Massa sampel uji setelah perendaman (kg)

d. Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal adalah besaran pertambahan tebal papan komposit terhadap dimensi awal papan partikel setelah direndam selama 24 jam dan dinyatakan dalam persen. Pengembangan tebal dapat dihitung dengan rumus [12]:

$$\text{Pengembangan tebal \%} = \frac{T1 - T0}{T0} \times 100\%$$

Keterangan:

T0 = Ketebalan awal sampel uji (m)

T1 = Ketebalan setelah perendaman (m)

e. Modulus of Elasticity (MOE)

MOE atau keteguhan lentur adalah ukuran ketahanan papan untuk mempertahankan bentuk yang berhubungan dengan kekakuan papan. Pengujian MOE dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Nilai MOE dapat dinyatakan dengan rumus [12]:

$$MOE = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta ybh^3}$$

Keterangan:

MOE = *Modulus of elasticity* (N/m²)

ΔP = Perubahan beban yang dicatat alat (N)

L = Jarak sangga (m)

Δy = Perubahan defleksi setiap perubahan beban yang dicatat alat (m)

b = Lebar sampel (m)

h = Tebal sampel (m)

f. Modulus of Rupture (MOR)

MOR merupakan suatu sifat mekanis papan yang menunjukkan kekuatan dalam menahan

suatu beban. Pengujian MOR menggunakan sampel dan alat uji yang sama dengan pengujian MOE. Nilai MOR dapat dihitung menggunakan rumus [12]:

$$MOR = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Keterangan:

MOR = *Modulus of Rupture* (N/m²)

P = Pembebanan yang dicatat alat (N)

L = Jarak sangga (m)

b = Lebar sampel (m)

h = Tebal sampel (m)

g. Internal Bonding (IB)

Keteguhan rekat internal merupakan suatu ukuran ikatan antar bahan dalam lembaran papan komposit yang juga merupakan kekuatan tarik tegak lurus bidang panel. Pengujian IB dilakukan dengan cara sampel direkatkan pada 2 blok besi kemudian ditarik tegak lurus permukaan sampel sampai beban maksimum (sampel rusak). Nilai IB dapat dinyatakan dalam rumus [12]:

$$IB = \frac{P_{\max}}{A}$$

Keterangan:

IB = Kekuatan rekat internal (N/m²)

P_{max} = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan sampel (m²)

3. Hasil dan Pembahasan**a. Kerapatan Papan Komposit**

Kerapatan tertinggi didapat pada sampel 2 berbahan 100% partikel sabut kelapa (675,07 kg/m³) dan nilai kerapatan terendah pada sampel 1 berbahan 100% serat sabut pinang (616,82 kg/m³). JIS A 5908-2003 menyatakan kerapatan papan komposit akan memenuhi standar jika bernilai 400-900 kg/m³. Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa semua variasi papan komposit memenuhi JIS A 5908-2003 untuk kategori kerapatan.

Gambar 2. Grafik Kerapatan Papan Komposit

Besar kecilnya kerapatan yang dihasilkan memiliki keterkaitan dengan distribusi partikel dalam papan [13]. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih kecil dapat menjalin ikatan rekat antar partikel yang lebih baik dibandingkan dengan partikel yang lebih kasar sewaktu proses pengempaan panas berlangsung. Pada penelitian ini digunakan partikel sabut kelapa yang ukurannya lebih kecil dari serat sabut pinang.

Faktor lain yang menjelaskan tentang nilai kerapatan adalah pengaruh bahan baku yang digunakan yakni semakin rendah kerapatan bahan baku yang digunakan maka kerapatan papan yang dihasilkan akan semakin tinggi [14]. Sabut kelapa memiliki densitas $1,15 \text{ kg/m}^3$ [15], sedangkan sabut pinang memiliki densitas sebesar $0,159 \text{ gr/cm}^3$ atau setara dengan 159 kg/m^3 [16].

b. Kadar Air Papan Komposit

Gambar 3. Grafik Nilai Kadar Air Papan Komposit

Kadar air tertinggi didapat pada sampel 1 berbahan 100% serat sabut pinang (11,62%) dan nilai kadar air terendah pada sampel 2 berbahan 100% partikel sabut kelapa (9,79%). Menurut standarisasi JIS A 5908-2003 nilai kadar air papan komposit akan memenuhi standar jika ada di rentang 5-13%. Gambar 3 menunjukkan bahwa semua variasi papan komposit memenuhi standarisasi JIS A 5908-2003 untuk kategori kadar air.

Kadar air papan komposit dipengaruhi oleh kerapatannya [17]. Papan dengan kerapatan tinggi memiliki ikatan antara partikel dengan molekul perekat dapat terbentuk dengan kuat. Hal tersebut menyebabkan molekul air sulit mengisi rongga yang terdapat dalam papan komposit karena telah terisi dengan molekul perekat.

Kadar air papan komposit juga dipengaruhi oleh keadaan pengkondisian karena pada saat itu papan komposit akan menyerap air dari lingkungannya. Kadar air papan komposit sangat tergantung pada kondisi udara di sekitarnya, karena bahan baku papan komposit adalah bahan-bahan yang mengandung lignoselulosa yang bersifat higroskopis [18]. Sabut pinang mengandung 70,2% selulosa [6] sedangkan sabut kelapa memiliki kandungan selulosa sebanyak 21,07% [8]. Hal ini menyebabkan sifat higroskopis sampel dengan *filler* serat sabut pinang lebih tinggi dibandingkan sampel dengan *filler* partikel sabut kelapa.

c. Daya Serap Air Papan Komposit

Gambar 4. Grafik Daya Serap Air Papan Komposit

Daya serap air tertinggi didapat pada sampel 1 berbahan 100% serat sabut pinang dan nilai daya serap air terendah pada sampel 3 berbahan 50% partikel sabut kelapa yang dicampur dengan 50% serat sabut pinang (gambar 4). Standar JIS A 5908-2003 tidak mensyaratkan nilai untuk daya serap air, namun pengujian ini tetap dilakukan guna mengetahui ketahanan papan komposit terhadap air.

Penyerapan air oleh papan partikel dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain volume rongga atau ruang kosong yang dapat menampung air diantara partikel, luas permukaan partikel yang tidak dapat ditutupi perekat, dan dalamnya penetrasi perekat dalam partikel [19]. Tingginya nilai daya serap air disebabkan oleh sebaran perekat yang tidak merata sehingga sifat perekat akan mudah terhidrolisis oleh air yang kemudian mengakibatkan daya ikat perekat mudah lepas ketika papan partikel direndam [20].

d. Pengembangan Tebal Papan Komposit

Pengembangan tebal tertinggi didapat pada sampel 1 berbahan 100% serat sabut pinang dan pengembangan tebal terendah pada sampel 2 berbahan 100% partikel sabut kelapa. Standarisasi JIS A 5908-2003 menyatakan pengembangan tebal papan komposit akan memenuhi standar apabila nilainya maksimal 12%. Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa semua variasi papan komposit tidak memenuhi standarisasi JIS A 5908-2003 untuk kategori pengembangan tebal. Pembahasan mengenai pengembangan tebal sama halnya dengan kadar air dan daya serap air karena nilai yang ditunjukkan pada grafik untuk ketiga indikator tersebut menghasilkan *trend* kurva linier.

Gambar 5. Grafik Nilai Pengembangan Tebal Papan Komposit

Pada umumnya semakin tinggi sifat daya serap air maka semakin tinggi sifat pengembangan tebal, begitu pula sebaliknya [21]. Pengembangan tebal dapat disebabkan oleh absorpsi air, semakin banyak air yang diabsorpsi dan memasuki struktur partikel maka semakin banyak pula perubahan dimensi yang dihasilkan [22].

e. MOE Papan Komposit

JIS A 5908-2003 menyatakan MOE papan komposit akan memenuhi standar apabila nilainya minimal $199,92 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ atau setara 1.999,2 MPa. Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa semua variasi papan komposit tidak memenuhi standarisasi JIS A 5908-2003 untuk kategori MOE. Nilai MOE tertinggi didapat pada sampel 3 (50% serat sabut pinang dicampur 50% partikel sabut kelapa) yaitu senilai 547,79 MPa.

Nilai MOE terendah didapat pada sampel 2 (100% partikel sabut kelapa) yaitu senilai 391,85 MPa.

Gambar 6. Grafik Nilai MOE Papan Komposit

Semakin besar ukuran partikel maka nilai MOE yang dihasilkan juga semakin tinggi [23]. Apabila ditinjau dari bentuknya, serat memiliki nilai MOE yang lebih besar dibandingkan dengan jenis partikel. *Filler* yang berbentuk serat akan mampu mendistribusikan tekanan ke sepanjang seratnya, jadi akan lebih sulit patah dibandingkan *filler* yang berupa partikel. Serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain [24]. Sampel 3 mengandung serat sabut pinang yang berfungsi sebagai penguat dan partikel sabut kelapa yang dapat meminimalisir rongga pada papan komposit. Hal ini menyebabkan sampel 3 dapat memiliki nilai MOE yang lebih baik dari sampel 1 dan sampel 2.

f. MOR Papan Komposit

Gambar 7. Grafik Nilai MOR Papan Komposit

MOR tertinggi didapat pada sampel 1 berbahan 100% serat sabut pinang dan MOR terendah pada sampel 2 berbahan 100% partikel sabut kelapa. Standarisasi JIS A 5908-2003 menyatakan MOR papan komposit akan memenuhi standar apabila nilainya minimal $804 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ atau setara 8,04 MPa. Berdasarkan gambar 7 dapat dilihat bahwa variasi papan komposit yang memenuhi standarisasi JIS A 5908-2003 untuk kategori MOR adalah sampel 1.

Sampel dengan penempatan serat sabut pinang dalam bentuk *layer* (sampel 1) memiliki nilai MOR yang lebih tinggi dari pada sampel dengan serat sabut pinang yang tersebar secara acak (sampel 3). Sampel 2 yang sama sekali tidak terdapat serat sabut pinang menjadi sampel dengan MOR terendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa serat sabut pinang yang memiliki ukuran lebih besar dari partikel sabut kelapa dapat berperan sebagai penguat pada papan komposit yang dihasilkan.

g. IB Papan Komposit

Nilai IB tertinggi didapat pada sampel 2 berbahan 100% partikel sabut kelapa dan IB terendah pada sampel 1 berbahan 100% serat sabut pinang. JIS A 5908-2003 mensyaratkan nilai IB papan komposit minimal $15 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ atau setara 0,15 MPa. Berdasarkan gambar 8 dapat dilihat bahwa variasi papan komposit yang memenuhi standarisasi JIS A 5908-2003 untuk kategori IB adalah sampel 2.

Gambar 8. Grafik Nilai IB Papan Komposit

Papan komposit dengan *filler* partikel sabut kelapa (sampel 2) memiliki nilai IB yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan papan komposit dengan *filler* serat sabut pinang (sampel 1). Salah satu faktor yang mempengaruhinya adalah besarnya kerapatan. Sampel 2 memiliki nilai

kerapatan yang jauh lebih tinggi dari sampel 1. Hal ini menyebabkan saat dilakukan penarikan pada bagian atas dan bawah, sampel dengan kerapatan tinggi akan cenderung memiliki nilai IB yang besar begitu pula sebaliknya, saat kerapatan rendah maka nilai IB akan cenderung kecil.

Filler yang berupa serat akan cenderung memiliki ikatan yang lemah antar material penyusun yang lainnya dibandingkan *filler* partikel. Hal ini karena luas permukaan serat lebih kecil dibandingkan *filler* yang berupa partikel sehingga nilai IB partikel menjadi lebih tinggi dibandingkan nilai IB pada serat.

Sampel 3 yang merupakan papan komposit dengan campuran *filler* 50% serat sabut pinang dan 50% partikel sabut kelapa, nilainya berada di tengah-tengah antara sampel 1 dan sampel 2 hal ini dikarenakan nilai IB sampel tersebut merupakan rata-rata dari kedua bahan pada sampel 1 dan sampel 2. Sampel 3 memiliki nilai IB yang tidak lebih rendah dari sampel 1 namun juga tidak lebih tinggi dari sampel 2.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan sampel yang terdiri dari 100% serat sabut pinang merupakan sampel yang paling baik yakni memiliki nilai kerapatan sebesar $616,82 \text{ kg/m}^3$, kadar air sebesar 11,62%, daya serap air sebesar 182,87%, pengembangan tebal sebesar 59,65%, *modulus of elasticity* (MOE) sebesar 543,66 MPa, *modulus of rupture* (MOR) sebesar 9,24 MPa, dan *internal bonding* (IB) 0,05 MPa.

Daftar Pustaka

- [1] Sisworo, S., Pengaruh Penggunaan Serat Kulit Rotan Sebagai Penguat pada Komposit Polimer dengan Matriks *Polyester Yuacalac* 157 terhadap Kekuatan Tarik dan Tekuk, *Jurnal Teknik*, 30(3), 191-196, 2009.
- [2] Biswas, S.; Srikanth, G. and Nangia, N., Development of Natural Fibre Composites in India, 2001 Convention and Trade Show, Florida USA: Composites Fabricators Association, 2001.
- [3] Erwin dan Aniju, L.D., Upaya Peningkatan Kualitas Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Serat Bundung (*Scirpus Grossus*), *POSITRON*, 6(2), 77-81, 2016.
- [4] Syamani, A.F.; Prasetyo, K.W.; Budiman, I.; Subyakto dan Subiyanto, B., Sifat Fisis Mekanis Papan Partikel dari Serat Sisal atau Serat Abaka Setelah Perlakuan Uap, *J. Tropical Wood Science and Technology*,

- 6(2), 56-62, 2008.
- [5] Maskromo, I. dan Miftahorrahman, Keragaman Genetik Plasma Nutfah Pinang (*Areca catechu* L.), Jurnal LTTRI, 13(4), 199-124, 2007.
- [6] Ruslinda, R., Kandungan Serat Buah Pinang, ITB, Bandung, 2008.
- [7] Irwan, Y. dan Syam, I.I., Pengujian *Transmission Loss* pada Papan Serat Sabut Kelapa dan Aluminium *Hollow Bar* dengan Matriks Gypsum, Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Teknik, ITENAS, Bandung, 2013.
- [8] Tyas, S.I.S., Studi Netralisasi Limbah Serbuk Sabut Kelapa (*Cocopeat*) Sebagai Media Tanam, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2000.
- [9] Fahmi, H.; Hadi, S. dan Kapur F.M., Analisis Kekuatan Komposit Resin diperkuat Serat Pinang, Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang, 6(2), 86-91, 2016.
- [10] Astika, I.M.; Lokantara, I.P. dan Karohika I.M.G., Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa, Jurnal Energi Manufaktur, 6(2), 95-202, 2013.
- [11] Lumintang, R.C.A.; Soenoko R. dan Wahyudi S., Komposit Hibrit *Polyester* Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa, Jurnal Rekayasa Mesin, 2(2), 145-153, 2011.
- [12] Anton, Pembuatan dan Uji Karakteristik Papan Partikel dari Serat Buah Bintaro (*Cerbera manghas*), Institut Pertanian Bogor, Fakultas Teknologi Pertanian, Bogor, 2012.
- [13] Haygreen, J.G. dan Bowyer, J.L., Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Sujipto, A.H, penerjemah; Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Terjemahan dari : *Forest Product and Wood Science*, 1996.
- [14] Bowyer, J.L.; Shmulsky, and Haygreen, J.G., *Forest Products and Wood Science - An Introduction*, Fourth edition, Iowa State University Press, 2003.
- [15] Darmanto, S.; Sediono, W.; Setyoko, B. dan Murni, Kajian Pelepah Kelapa Sebagai Serat Komposit (*Study Of Coconut Branch As Composite Fiber*), Jurnal TEKNIK, 28(1), 66-70, 2007.
- [16] Olanda, S. dan Mahyudin, A., Pengaruh Penambahan Serat Pinang (*Areca Catechu L.Fiber*) Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisik Bahan Campuran Semen Gypsum, Jurnal Fisika Unand, 2(2), 94-100, 2013.
- [17] Ruhendi, S.; Desy, N.K.; Firda, A.S.; Hikma, Y.; Nurhaida.; Sahriyanti, S. dan Tito, S., Analisis Perekatan Kayu, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2007.
- [18] Widarmana, S., Panil-panil Berasal dari Kayu sebagai Bahan Bangunan, *Prosiding Seminar Persaki*, Bogor, 1997.
- [19] Kahfi, F., Sifat Fisis Mekanik Papan Gypsum dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) dengan Perlakuan Perendaman dan Variasi Kadar Gypsum, Departemen Kehutanan, Universitas Sumatra Utara, Medan, 2007.
- [20] Riki, Dirhamsyah, M. dan Setyawati, D., Sifat Fisik-Mekanik Papan Partikel dari Limbah Finir Berdasarkan Jumlah Lapisan dan Kerapatan, Jurnal Hutan Lestari, 6(4), 720-732, 2018.
- [21] Subiyanto, B. R.; Saragih dan Husin, E., 2003, Pemanfaatan Serbuk Sabut Kelapa Sebagai Bahan Penyerap Air dan Oil Berupa Panen Papan Partikel, Jurnal Ilmu & Teknologin Kayu Tropis, 1(1), 26-34, 2003.
- [22] Setiawan, B., Kualitas Papan Partikel Sekam Padi, Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2008.
- [23] Maulana, D., Dirhamsyah dan Setyawati, D., Karakteristik Papan Partikel dari Batang Pandan Mengkuang (*Pandanus artocarpus Griff*) Berdasarkan Ukuran Partikel dan Konsentrasi Urea Formaldehida. Jurnal Hutan Lestari, 3(2), 247-258, 2005.
- [24] Dynanty, S.D.P. dan Mahyudin, A., Pengaruh Panjang Serat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Biodegradasi Material Komposit Matriks Epoksi dengan Penambahan Pati Talas, Jurnal Fisika Unand, 7(3), 233-239, 2018.