

PENGARUH WAKTU TEKAN DAN UKURAN PARTIKEL KULIT TUSAM (*Pinus merkusii* Jungh. et. de Vr.) TERHADAP KUALITAS PAPAN PARTIKEL TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
(*Effects of Pressing Time and Particle Size of Pine Bark (*Pinus merkusii* Jungh. et. de Vr.) on the Quality of Oil Palm Empty Fruit Bunches Particleboard*)

Asfarizal Saad¹, Anwar Kasim², Gunawarman³, & Santosa²

¹Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Limau Manis, 25163

¹Teknik Mesin-Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Padang, 25146

²Ilmu Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Limau Manis, 25163

³Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Limau Manis, 25163

E-mail: asfarizals@gmail.com

Diterima 26 Januari 2019, direvisi 22 Agustus 2019, disetujui 14 Oktober 2019

ABSTRACT

Nowadays binderless particleboards have chance to be developed to replace particleboard with synthetic adhesive. The objective of this research is to determine the quality of particleboards made from oil palm empty fruit bunches (OPEFB) and pine bark waste. The material composition of particleboard consist of 70% OPEFB and 30% pine bark powder with a moisture content of 5–6%. The fiber length of OPEFB is 0.1–2.0 cm and the pine bark particle sizes used to produce particleboard which passed through 30, 40, and 50 meshes. Four variations of pressing time are applied to produce particleboard i.e 10, 15, 20 and 25 minutes. Quality assesments were undergone using the Indonesian standard for particleboard product: SNI 03-2105-2006. Results showed that the best pressing time for making particleboards using OPEFB and pine bark is 20–25 minutes. The best MOR and IB are obtained from particleboard produced from oil palm fruit empty bunches with the particle size of 50 mesh. In this condition, except for MOE, the density, moisture content, MOR and IB meet the SNI requirements for particleboard.

Keywords: Particle size, pine bark, OPEFB, particleboard, mechanical properties

ABSTRAK

Papan partikel tanpa perekat sintetis memiliki peluang untuk dikembangkan menggantikan produk serupa dengan perekat sintetis. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan kulit tusam sebagai papan partikel merupakan hal yang menarik dan belum banyak diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh papan partikel yang memenuhi standar SNI 03-2105-2006. Komposisi papan partikel adalah 70% TKKS dan 30% kulit tusam, panjang serat TKKS 0,1–2,0 cm dan kadar air 5–6%. Variasi ukuran partikel kulit tusam adalah lolos saringan 30, 40, dan 50 mesh. Papan partikel dibuat dengan empat variasi waktu kempa panas yaitu 10, 15, 20 dan 25 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu kempa panas 20–25 menit merupakan waktu terbaik untuk pembuatan papan partikel dari tandan kosong kelapa sawit dan kulit tusam. Pada produk papan partikel yang dibuat dengan ukuran partikel kulit tusam 50 mesh diperoleh sifat fisik dan mekanik yang sebagian besar memenuhi SNI 03-2105-2006 untuk papan partikel kerapatan sedang tipe 8, kecuali sifat mekanik MOE belum memenuhi syarat.

Kata kunci : Ukuran partikel, kulit tusam, TKKS, papan partikel, sifat mekanik

I. PENDAHULUAN

Sejak tahun 1984 pemakaian perekat berbahan formaldehida mulai dikurangi untuk papan partikel dan produk papan lainnya (Rahman, Indrayani, & Setyawati, 2013). Pada tahun 2012, Badan Internasional untuk Penelitian Kanker (IARC) mengklasifikasikan formaldehida sebagai karsinogen manusia (Lyon, 2012). Berdasarkan alasan ini, pemakaian formaldehida diusulkan untuk dikurangi dan diharapkan laju penurunannya sebesar 2,5% per tahun (Ayrilmis & Ohlmeyer, 2018); (Ghani, Ashaari, Bawon dan Lee, 2018). Beberapa peneliti telah mencari alternatif bahan organik yang dapat digunakan sebagai perekat papan partikel. Kasim dan Fuadi (2007) menyebutkan bahwa papan partikel dengan bahan utama batang kelapa sawit dan gambir sebagai perekat menunjukkan interaksi temperatur tekan dan waktu tekan berpengaruh signifikan terhadap kerapatan, kadar air dan modulus patah. Hasil terbaik modulus patah diperoleh 147 kg/cm² (14,421 MPa) pada temperatur tekan 150°C dan waktu tekan 15 menit. Baskaran, Hasyim, Said, Raffi, Kunasundari dan Sudesh (2012) melaporkan bahwa kayu kelapa sawit dapat digunakan untuk papan partikel dengan hasil modulus patah terbaik 11,08 MPa. Selanjutnya, Kurokochi dan Sato, (2015) melaporkan bahwa limbah batang padi dan 20% silika sebagai penguat dapat digunakan untuk meningkatkan keteguhan rekat internal papan partikel, penggunaan 16% silika menghasilkan modulus patah terbaiknya 4,31 MPa. Hal yang sama juga diperoleh pada papan partikel dengan bahan batang padi dan serat sabut kelapa, dimana kedua bahan ini mampu meningkatkan keteguhan rekat internal dan menurunkan modulus patah (MOR) dan modulus elastisitas (MOE), (Zhang & Hu 2014).

Pembuatan papan partikel yang ramah lingkungan menggunakan bahan yang banyak tumbuh di Indonesia telah berkembang dan diaplikasikan dalam skala laboratorium. Bahan yang telah diteliti dan digunakan untuk papan partikel yaitu sekam padi dengan serat sabut kelapa dan perekat lem kopal. Perbandingan lem kopal dengan sabut kelapa yaitu 1:5, diperoleh MOR 24 MPa (Saad, 2016), komposit berbahan PVC-CaCO₃ dengan penambahan serbuk

serat batang pisang 10 phr, 20 phr, 30 phr (*per hundred resin*) dan 40 phr. Pada komposisi 10 phr serat batang pisang diperoleh MOE 16,19 MPa dengan kuat tarik maksimum pada komposisi 40 phr diperoleh 7,75 MPa (Supraptiningsih, 2012). Selanjutnya papan partikel dengan bahan batang sawit, pelepah daun sawit, lidi sawit dan daun sawit diperoleh hasilnya secara berturut-turut MOR 12,9 MPa, 8,4 MPa, 8,52 MPa dan 6,1 MPa (Saadaoui et al., 2013). Mengacu pada standar SNI 03-2105-2006, nilai MOR minimum yang diperbolehkan 8,04 MPa untuk tipe 8 yaitu papan partikel biasa dan papan partikel dekoratif.. Masih banyak serat lain yang belum diteliti sebagai bahan pelengkap atau bahan utama papan partikel tanpa perekat sintesis antara lain tandan kosong kelapa sawit dengan bahan tambahan kulit tusam, keduanya merupakan limbah. Kulit tusam berpotensi menggantikan perekat sintesis, hal ini didasarkan pada hasil penelitian terdahulu (Saad Asfarizal, 2016) yang memanfaatkan serat tumbuhan. Pengolahan satu ton buah kelapa sawit menghasilkan 230 kg limbah TKKS (23%). Secara nasional data dari Direktorat Jendral Perkebunan (2016) menunjukkan bahwa limbah TKKS setara dengan 7.118.254,2 ton/tahun. Jumlah tersebut telah digunakan untuk mulsa, bahan bakar (Ninduangdee & Kuprianov, 2015), bioetanol (Ishola, Isroi, & Taherzadeh, 2014; Sahari, Sapuan, Zainudin, & Maleque, 2013), etanol (Al-Oqla, Sapuan, Ishak, & Nuraini, 2015), senyawa aromatik (Lee, Lee, Ha, Kim, & Suh, 2015) dan papan partikel, namun persentase serapannya belum optimal. Kunjungan penulis ke beberapa industri pengolah kelapa sawit menunjukkan masih banyak ditemukan limbah TKKS di pabrik-pabrik minyak kelapa sawit yang siap dibuang begitu saja di lingkungan perkebunan. Pembuangan TKKS ini akan memunculkan masalah lain yaitu biaya transportasi yang mahal, oleh sebab itu perlu penanganan lain untuk menjadikan TKKS bernilai tambah.

Upaya menjadikan limbah kulit tusam sebagai perekat organik pada pembuatan papan partikel berbahan TKKS merupakan hal yang menarik untuk dipelajari karena mengurangi limbah kulit tusam, dan mengolahnya menjadi papan partikel yang ramah lingkungan. Ekstraksi tanin dari kulit pohon tusam telah dilakukan oleh Arel, Dira dan

Setiawati (2016) dan pemanfaatan ekstrak tanin dari kulit pohon tusam sebagai perekat briket sudah diteliti oleh Suseno dan Adiarto (2014). Ukuran partikel kulit tusam dan waktu kempa panas merupakan dua parameter yang berperan dalam pembuatan papan partikel (Yemele, Koubaa, Cloutier, Soulounganga, & Wolcott, 2010).

Bahan utama papan partikel adalah TKKS. Komponen kimia dari TKKS adalah selulosa 57,17%, lignin, 5,68%, hemiselulosa 31,89%, holoselulosa 62,87% (Fitriani & Kasim, 2013). Pada kulit tusam terdapat unsur tanin yang mengandung senyawa polifenol kompleks (Malangngia, Sangia, & Paendonga, 2018). (Bate dan Smith) mendefinisikan tanin sebagai “senyawa fenolik yang larut dalam air, memiliki berat molekul antara 500 dan 3000 Da” dan temperatur leleh 98,9–101,7°C (Hagerman, 2002). Tanin mempunyai struktur dengan formula empiris $C_{72}H_{52}O_{46}$. Salah satu pemanfaatan tanin yaitu sebagai bahan pembuatan adsorben yang baik. Kegunaan lainnya yaitu untuk perekat (sebagai pengganti fenol dalam formulasi). Tanin banyak terdapat dalam tanaman akasia (*Acacia* spp), kulit kayu tusam, kayu quebracho, batang gambir, dan daun gambir (Christina & Florentina, 2017). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam terhadap kualitas papan partikel.

II. BAHAN DAN METODE

A. Penyiapan Partikel TKKS

TKKS diperoleh dari PT. AMP Plantation di Kabupaten Agam, 210 km dari kota Padang dan kulit tusam diperoleh dari Batu Sangkar, 110 km dari kota Padang. TKKS dicuci dalam bejana dengan air yang mengalir selama 2 jam kemudian dikeringkan. Pengeringan TKKS dan kulit tusam dilakukan dibawah sinar matahari dari jam 09.00–15.30. Pada jam tersebut radiasi 400–770 Watt. m^{-2} diukur menggunakan solarimeter. Temperatur udara kota Padang berkisar antara 26–30°C, cuaca cerah, Berat serat sebelum dijemur 150 kg dan lama pengeringan 6–10 hari. Selanjutnya TKKS dipotong sampai ukuran 0,1–2 cm, panjang partikel mengacu pada penelitian awal pengaruh panjang serat terhadap papan partikel

(Saad & Kasim, 2018). Pengeringan selanjutnya menggunakan oven sampai kadar air 5–6% (Saari, Hashim, Sulaiman, & Sato, 2015). Setiap panel membutuhkan 0,7 kg partikel TKKS dengan kerapatan sedang, maksimum 0,9 gcm^{-3} (Standar Nasional Indonesia, SNI 03-2105-2006). Ekstraksi dilakukan untuk menganalisis komponen kimia TKKS yang terdiri atas lignin, holoselulosa, selulosa dan hemiselulosa mengacu pada buku prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian (Sudarmadji, Hariyono & Suhardi, 2007).

B. Penyiapan Serbuk Kulit Tusam

Kulit tusam dipotong dan dicacah dengan ukuran panjang 0,3–0,5 cm dilanjutkan dengan penggilingan (*ball milling*) dan blender, kedua metoda ini mempermudah perolehan serbuk kulit tusam. Selanjutnya serbuk kulit tusam disaring, dan yang digunakan adalah serbuk yang lolos saringan 30, 40 dan 50 mesh dikonversikan berurutan 595 μm , 400 μm dan 297 μm (Saari et al., 2015). Dibutuhkan 14,5 kg serbuk kulit tusam, kemudian dikeringkan dalam oven sampai kadar air 5–6%. Analisis komponen kimia kulit tusam yang terdiri atas holoselulosa, selulosa, hemiselulosa, lignin dan tanin mengacu pada Sudarmadji, Hariyono dan Suhardi (2007).

C. Pembuatan Papan Partikel

Ukuran panel 30 cm x 30 cm x 1,1 cm dengan target kerapatan 1 gcm^{-3} . Komposisi bahan terdiri atas partikel TKKS dan serbuk kulit tusam yaitu 70 : 30%_{wt} dan aquades (H_2O) 400 ml. Berat total panel 990 g, maka berat TKKS untuk satu panel 693 g dan berat kulit tusam 297 g. Mengacu pada percobaan awal bahwa diperlukan aquades agar partikel kulit tusam tidak mudah lepas dari permukaan partikel TKKS saat pencampuran karena kadar air kedua bahan persentasenya kecil. Komposisi ini dipilih berdasarkan kandungan tanin yang terdapat pada kulit tusam, kadar yang diperoleh dengan metode ekstraksi yaitu 4,57%. Pada komposisi tersebut, berat partikel kulit tusam setara 267,3 g dengan tanin 12,22 g.

Partikel TKKS, serbuk kulit tusam dan air 400 ml dimasukan ke alat pencampur, pencampuran dilakukan selama 10 menit dengan putaran 440 rpm. Selanjutnya, bahan papan partikel

dimasukkan ke dalam cetakan dan dikempa dingin selama 5 menit dengan tebal akhir 3 cm, kemudian bahan papan partikel dikeluarkan dari cetakan dan dilanjutkan dengan kempa panas, tebal panel 1,1 cm. Kapasitas maksimum alat kempa panas 20 ton dan temperatur maksimum 250°C dilengkapi dengan temperatur kontrol (termostat). Jumlah papan partikel yang dibuat 36 buah dengan rincian empat variabel waktu, tiga variabel ukuran partikel kulit tusam dan tiga ulangan.

D. Pengujian Papan Partikel

Papan partikel yang dihasilkan selanjutnya didinginkan selama tujuh hari dan ditempatkan dalam ruang tertutup dengan temperatur lingkungan 26°C. Selanjutnya dilakukan pemotongan untuk membuat contoh benda uji kemudian dilakukan uji kerapatan. Standar papan partikel mengacu pada SNI 03-2105(2006), mencakup uji kerapatan, kadar air, modulus patah (MOR), modulus elastisitas (MOE) dan keteguhan rekat internal (IB). Mesin yang digunakan untuk uji lentur dan uji tarik dalam menentukan MOE dan IB adalah Universal Testing Machine (UTM) tipe UH-100 kN.

E. Analisis Data

Waktu kempa panas yaitu 10; 12; 5; 15; dan 17,5 menit (Kasim & Fuadi, 2007) dengan temperatur kempa panas 180°C (Saari et al., 2015) merupakan dua parameter yang telah diteliti berbahan utama TKKS. Untuk mengetahui pengaruh waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam terhadap sifat fisis dan mekanis papan partikel maka dilakukan sidik ragam dengan rancangan percobaan faktorial acak lengkap 4 x 3. Faktor pertama adalah waktu kempa

panas (A) yang terdiri atas empat taraf yaitu 10 menit (A₁), 15 menit (A₂), 20 menit (A₃), dan 25 menit (A₄), dan faktor kedua yaitu ukuran partikel kulit tusam (B) yang terdiri atas tiga taraf yaitu ukuran 30 mesh (B₁), 40 mesh (B₂) dan 50 mesh (B₃). Banyaknya ulangan tiga buah papan, dengan model rancangan percobaan yang digunakan adalah :

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + A_i^2 + B_j^2 + \varepsilon_{ijk} \dots (1)$$

Keterangan:

Y_{ijkl} = Nilai pengamatan pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j

μ = Nilai rata-rata

A_i = Pengaruh faktor A taraf ke-i

B_j = Pengaruh faktor B taraf ke-j

$(AB)_{ij}$ = Pengaruh interaksi faktor A taraf ke-i

ε_{ijk} = Kesalahan percobaan

Bila pada hasil sidik ragam terdapat pengaruh yang nyata atau sangat nyata maka dilakukan uji lanjutan menurut Model Kuadrat pada taraf nyata 5%. Data hasil uji sifat fisis dan mekanis papan partikel dianalisis menggunakan ANOVA dengan *software Design expert* versi 10.3.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. TKKS, Kulit Tusam dan Papan Partikel

Komponen kimia dari serat TKKS dianalisis dengan metoda ekstraksi (Kasim & Fuadi, 2007) di laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian Unand, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1. Komponen kimia serat TKKS menunjukkan adanya perbedaan jumlah persentase holoselulosa, selulosa, hemiselulosa dan lignin dengan hasil penelitian Fitriani dan Kasim (2013). Hal tersebut disebabkan sumber TKKS yang digunakan untuk

Tabel 1. Kandungan kimia tandan kosong kelapa sawit (TKKS)
Table 1. Chemical content of oil palm empty fruit bunches (OPEFB)

Komponen kimia TKKS (Chemical component of OPEFB)	Kadar ¹⁾ (Content ¹⁾ , %)	Kadar ²⁾ (Content ²⁾ , %)
Holoselulosa	70,62	62,87
Selulosa	53,51	57,17
Hemiselulosa	17,11	31,89
Lignin	17,46	5,68

Keterangan (Remarks): ¹⁾Hasil uji, diperoleh dengan metoda ekstraksi (Test results, obtained through extraction method); ²⁾Hasil uji oleh Fitriani dan Kasim (2013) dengan metoda yang sama (Test results by Fitriani and Kasim (2013) using the same method)

papan partikel lokasi tumbuhnya tidak sama. Pada sisi lain perlakuan TKKS di industri dan perlakuan serat TKKS sebelum diolah jadi papan partikel juga tidak seragam. Hasil uji komponen kimia kulit tusam adalah tanin sebesar 4,57%, holoselulosa 38,54%, selulosa 23,31%, hemiselulosa 15,22% dan lignin 56,69% seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Gambar 1 menunjukkan material TKKS dan kulit tusam yang sudah dikeringkan serta papan partikel.

Tabel 2. Kandungan kimia kulit tusam
Table 2. Chemical content of pine bark

Kandungan kimia kulit tusam (<i>Chemical content of pine bark</i>)	Kadar ¹⁾ (%)
Holoselulosa	38,53
Selulosa	23,31
Hemiselulosa	15,22
Lignin	56,69
Tanin	4,57

Keterangan (*Remarks*): Hasil uji yang diperoleh dengan metoda ekstraksi (*Test results, obtained from extraction method*)

B. Kerapatan dan Kadar air

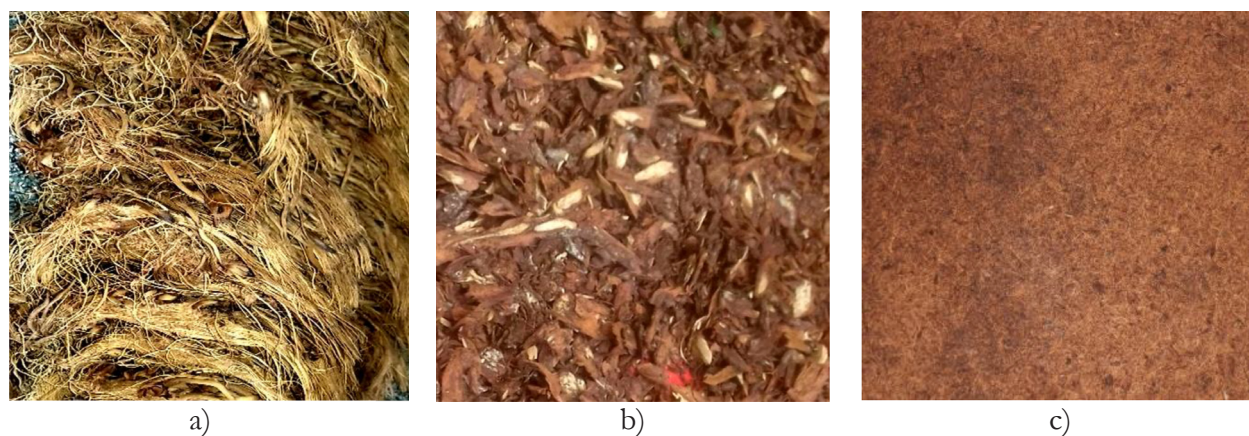
Hasil uji ditunjukkan pada Gambar 2, kerapatan yang diperoleh bervariasi dan berada pada rentang 0,77–0,83 gcm⁻³. Hasil pengujian ANOVA menunjukkan bahwa waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam berpengaruh nyata terhadap kerapatan, seperti ditunjukkan

pada Lampiran 1. Papan partikel yang diperoleh tergolong pada papan partikel kerapatan sedang dan memenuhi persyaratan SNI 03-2105-2006 yaitu kerapatan 0,4–0,9 g.cm⁻³. Kadar air papan partikel yang dibuat dalam penelitian ini semuanya memenuhi syarat SNI 03-2105-2006 karena nilainya kurang dari 14% (SNI 03-2105-2006).

Kempa panas memicu penguapan air (H₂O) di seluruh permukaan papan partikel, namun hal ini terhalang oleh plat pemanas di kedua sisi atas dan bawah. Jalur penguapan H₂O yang terbuka adalah ke samping kiri dan kanan. Permukaan paling tepi dekat ke udara bebas lebih cepat menguap dibandingkan permukaan di bagian tengah. Hal tersebut salah satu penyebab kadar air yang bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3, pada sisi lain waktu kempa panas yang meningkat akan memperkecil nilai kadar air (7,2–9,8%). Hasil ANOVA model respon permukaan kuadratik mengisyaratkan bahwa nilai Prob>F 0,0001 lebih kecil dari 0,05 dan nilai model F sebesar 27,15 mengisyaratkan bahwa model tersebut berbeda nyata. R-Squared 0,9607 yang mengindikasikan bahwa waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam berpengaruh nyata terhadap kadar air.

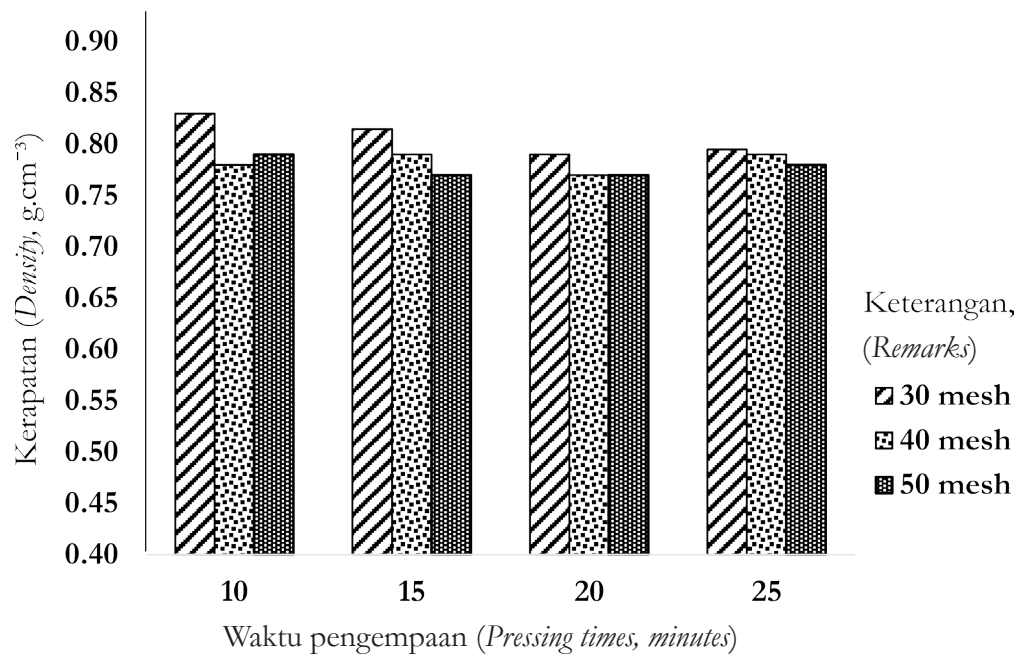
C. Modulus Elastisitas dan Modulus Patah

Grafik data modulus elastisitas (MOE) dengan dua variabel yaitu waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam ditunjukkan

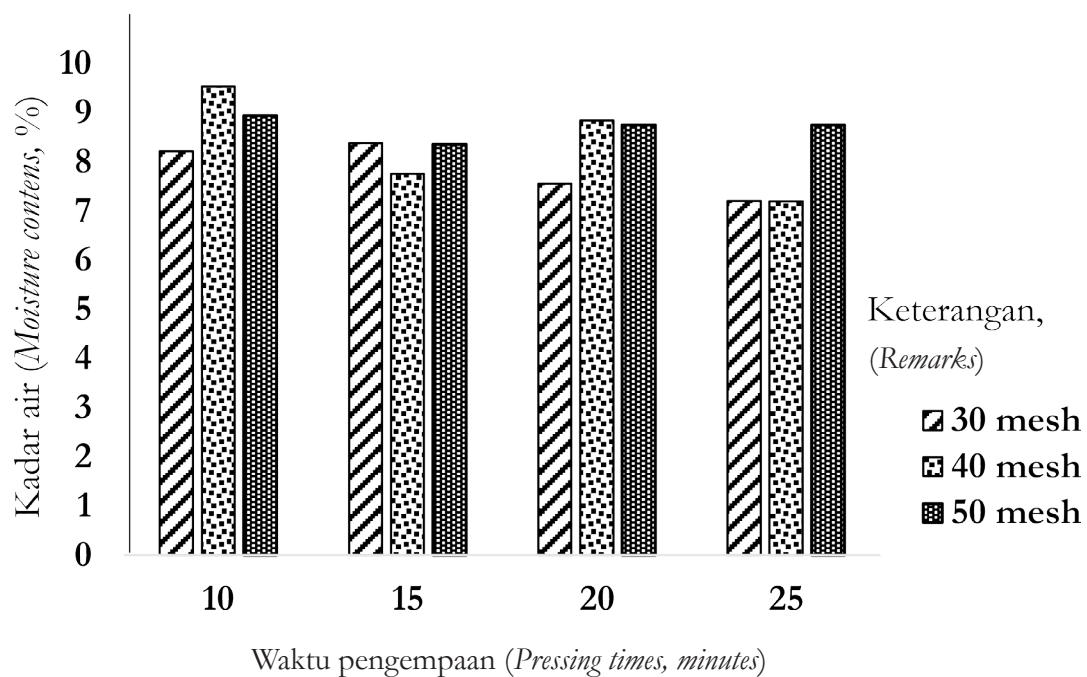


Gambar 1. Material yang dipelajari; a) tandan kosong kelapa sawit untuk papan partikel, b) kulit tusam, c) papan partikel dengan waktu kempa 20 menit dan ukuran partikel kulit tusam 40 mesh

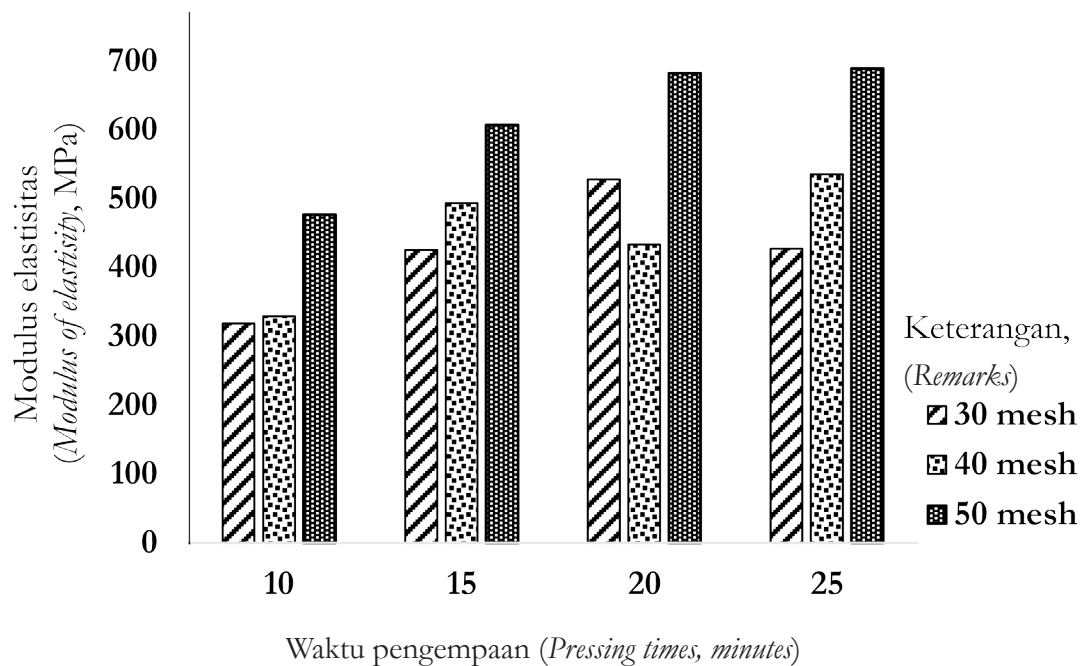
Figure 1. Materials studied; a) empty fruit bunches of oil palm for particleboard, b) pine bark, c) particleboard made of 40-mesh pine bark particles and 20 minutes pressing time



Gambar 2. Kerapatan papan partikel $g.cm^{-3}$
 Figure 2. Particleboard density $g.cm^{-3}$



Gambar 3. Kadar air papan partikel (%)
 Figure 3. Moisture contents of particleboard (%)



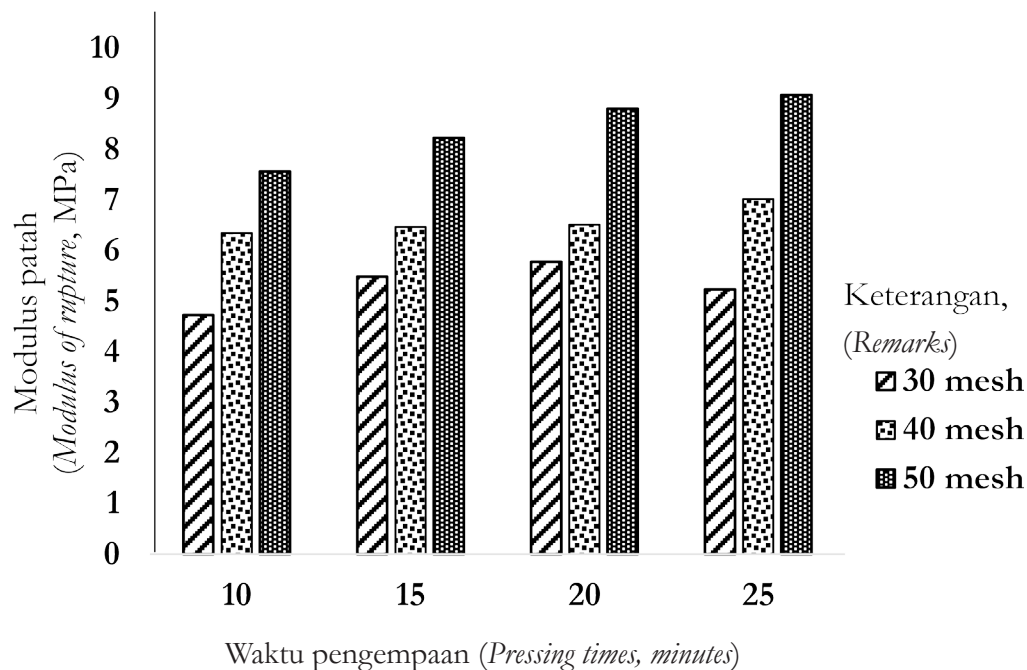
Gambar 4. Modulus elastisitas (MOE) menurut waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam

Figure 4. Modulus of Elasticity (MOE), according to hot pressing time and pine bark particle size

pada Gambar 4. Hasil ANOVA model respon permukaan kuadrat mengisyaratkan bahwa waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam berpengaruh nyata terhadap MOE (Lampiran 3). Terdapat peningkatan nilai MOE dengan semakin halusya ukuran partikel kulit tusam pada keempat variasi waktu. Demikian juga dengan meningkatnya waktu kempa panas, nilai MOE cenderung meningkat. Nilai MOE terbaik diperoleh pada ukuran partikel kulit tusam yang lolos saringan 50 mesh dan tertahan saringan 40 mesh dengan waktu kempa panas 20–25 menit yaitu 682,21–689,48 MPa. Standar Nasional Indonesia 03-2105–2006 mensyaratkan nilai MOE minimal 2001 MPa. Sehingga papan partikel yang diproduksi ini belum memenuhi standar. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa ukuran partikel yang kecil (lolos saringan 50 mesh) menghasilkan papan partikel dengan sifat mekanik yang baik selaras dengan penelitian Yemele, Koubaa, Cloutier, Soulounganga dan Wolcott, (2010). Nilai MOE papan partikel yang diperoleh dari penelitian ini 682,21–689,48 MPa lebih rendah dari nilai papan partikel yang terbuat dari serat kayu sawit yaitu 910 MPa (Saadaoui et

al., 2013), tetapi lebih tinggi dari papan partikel empat lapis berbahan limbah batang pisang dan daun pisang dengan nilai MOE 2,31 MPa (Nongman, Baharin, & Bakar, 2016)

MOR pada Gambar 5 menunjukkan interaksi waktu kempa panas dan ukuran partikel serbuk kulit tusam lolos saringan 50 mesh (595 μ m) memiliki nilai terbaik yaitu 8,23–9,08 MPa dengan waktu kempa panas 15–20 menit. Nilai ini lebih baik dari yang diperoleh Fauziah, Wahyuni dan Lapanporo, (2014). Nilai MOR yang disyaratkan SNI 03-2105-2006 untuk papan partikel tipe 8 (kerapatan sedang) adalah 8,02 MPa. Nilai MOR yang terbaik dari penelitian ini memenuhi persyaratan papan partikel kerapatan sedang untuk tipe 8. Hasil ANOVA model respon kuadrat yang ditunjukkan pada Lampiran 4 mengisyaratkan bahwa waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam berpengaruh nyata terhadap MOR. Gambar 5 menunjukkan partikel serbuk kulit tusam lolos saringan 50 mesh memiliki nilai MOR yang tinggi. Hal ini menunjukkan partikel yang kecil mampu berintegrasi dengan serat TKKS dan perekatannya lebih baik, sesuai dengan hasil studi Yemele et al. (2010). Sewaktu kempa panas pada temperatur 180°C unsur



Gambar 5. Modulus patah (MOR), menurut waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam

Figure 5. Modulus of Rupture (MOR), according to hot pressing time and pine bark particle size

tanin yang terdapat pada kulit tusam meleleh (titik leleh tanin 102°C) dan mengikat selulosa (titik leleh selulosa 260–270°C) yang terdapat pada serat TKKS, dimana hal tersebut memicu terbentuknya ikatan kovalen serat TKKS.

Nilai MOR terbaik yang diperoleh dari penelitian ini (8,23–9,08 MPa) lebih tinggi dari papan partikel berbahan limbah serbuk gergaji kayu mahoni dengan modulus patah terbaik yang diperoleh yaitu 61,89 kg/cm² (6,1 MPa), dimana waktu kempa panas 15 menit (Widyorini & Puspitasari, 2010). Papan partikel berbahan kayu akasia yang berdiameter kecil dari 18 cm menunjukkan MOR terbaiknya 26,25 MPa dan MOE 3811 MPa (Suffian, Ormondroyd, & Hale, 2010). Namun nilai MOR yang diperoleh lebih baik dari nilai MOR papan partikel berbahan biomassa tongkol jagung yakni 8 MPa (Wu, Wang, & Kito, 2015).

D. Keteguhan Rekat Internal

Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 6, parameter waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam berpengaruh terhadap nilai *internal bonding*, semakin kecil ukuran partikel kulit

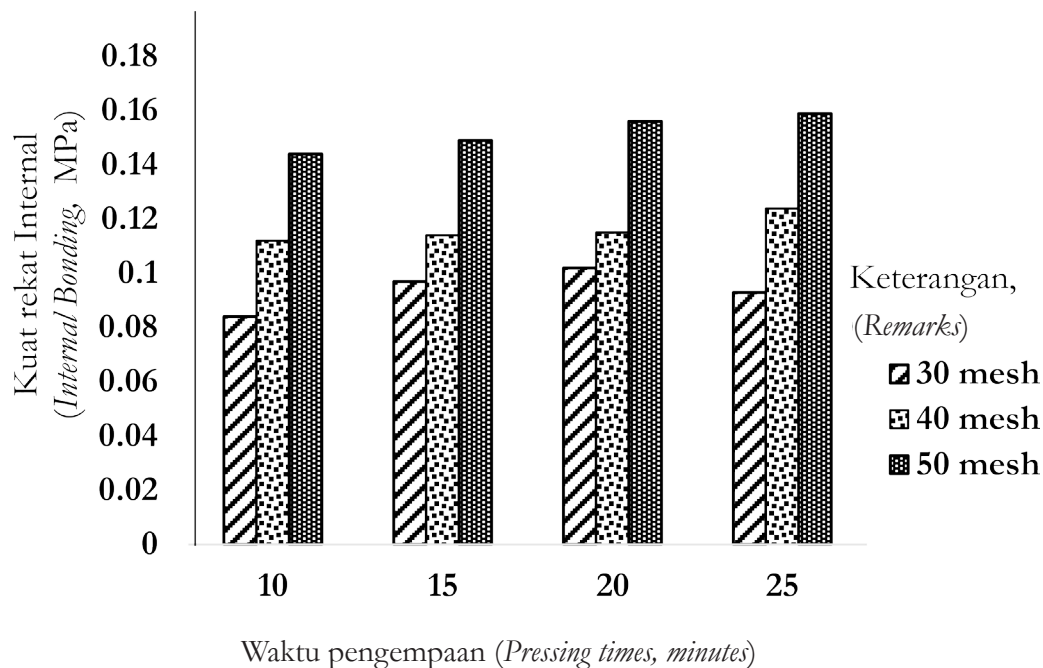
tusam dan meningkatnya waktu kempa panas juga meningkatkan nilai *internal bonding* papan partikel.

Nilai terbaik IB diperoleh 0,156–0,159 MPa pada ukuran partikel kulit tusam lolos saringan 50 mesh dan waktu kempa panas 20–25 menit. Nilai IB yang disyaratkan SNI 03-2105-2006 untuk papan partikel kerapatan sedang tipe 8 adalah 0,15 MPa. Meskipun nilai IB tersebut memenuhi SNI, nilainya lebih kecil dari hasil penelitian Hunt et al. (2017) terhadap papan partikel berbahan partikel kayu dengan selulosa nanofibrils dimana nilai IB yang diperoleh adalah 0,41 MPa dan 0,55 MPa (Hunt, Leng, & Tajvidi, 2017).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Tandan kosong kelapa sawit dan kulit tusam dapat diolah menjadi papan partikel dimana hal ini memfungsikan limbah menjadi bahan yang bermanfaat. Waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik papan partikel. Pada waktu kempa panas 20–25 menit dan ukuran partikel kulit tusam 50 mesh diperoleh kerapatan, kadar air, modulus



Gambar 6. Keteguhan rekat internal, menurut waktu kempa panas dan ukuran partikel kulit tusam

Figure 6. Internal Bonding (IB), according to hot pressing time and pine bark powder size

patah (MOR) dan keteguhan rekat internal (IB) yang memenuhi SNI 03-2105-2006 untuk papan partikel kerapatan sedang tipe 8, kecuali untuk modulus elastisitas belum memenuhi syarat. Limbah kulit tusam dapat direkomendasikan sebagai perekat papan partikel.

B. Saran

Limbah TKKS dan kulit tusam memiliki potensi untuk diolah menjadi papan partikel yang ramah lingkungan, namun tampilan papan partikel belum menarik untuk tujuan komersil. Untuk mengatasi hal ini permukaan papan partikel perlu diberi lapisan venir atau vinyl, lebih diutamakan lapisan berbahan organik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Anwar Kasim, Prof. Dr. Gunawarman dan Prof. Dr. Santosa di Universitas Andalas yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan. Terima kasih juga disampaikan kepada kepala workshop teknologi mekanik Politeknik Negeri Padang yang telah mengizinkan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM).

Saudara Ridwan, Odio, Irvansyah, Siddik yang telah membantu menyiapkan bahan TKKS dan kulit tusam serta kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain dan rancangan percobaan dilakukan oleh AS, AK. Pengambilan data dilakukan oleh AS, GW. Analisis data dilakukan oleh AS, AK, SS, dan penulisan manuskrip dilakukan oleh AS, SS, GW. Perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh AS, AK, GW, SS.

DAFTAR PUSTAKA

- AL-Oqla, F. M., Sapuan, S. M., Ishak, M. R., & Nuraini, A. A. (2015). Predicting the potential of agro waste fibers for sustainable automotive industry using a decision making model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113, 116–127. doi: 10.1016/j.compag.2015.01.011.
- Ann E. Hagerman. (2011). *Tannin handbook* - Ann E, Hagerman lab.

- Arel, A., Dira, & Setiawati, A. (2016). Isolasi senyawa utama kulit batang tumbuhan pinus dari ekstrak etil asetat. *Ilmiah Farmasi*, 12(2), 27–35.
- Ayrlmis, N., & Ohlmeyer, M. (2018). Reducing formaldehyde emission from wood-based panels by modification of UF and MUF resins with condensates obtained from kiln-drying of wood. *Holzforschung*, Vol 72, 753–757. doi: 10.1515/hf-2017-0194.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 2006, spesifikasi Papan Partikel. *Buku, SNI 03-210*, 15. Badan Standar Nasional.
- Baskaran, M., Hashim, R., Said, N., Raffi, S. M., Kunasundari, B., Sudesh, K., ... Sato, M. (2012). Properties of binderless particleboard from oil palm trunk with addition of polyhydroxyalkanoates. *Composites Part B: Engineering*, 43(3), 1109–1116. doi: 10.1016/j.compositesb.2011.10.008.
- Christina, E., & Florentina. (2017). Ekstraksi tanin dari kulit kayu pinus dengan bantuan microwave: pengaruh daya microwave, jenis pelarut dan waktu ekstraksi, 6(4), 155–161, Jurnal ntegrasi proses.
- Directorate General of Plantation. (2016), *Statistik perkebunan indonesia*, (December 2015), 79. doi: [http://ditjenbun.pertanian.go.id/tinymcpuk/gambar/file/statistik/2016/SAWIT 2014-2016.pdf](http://ditjenbun.pertanian.go.id/tinymcpuk/gambar/file/statistik/2016/SAWIT%202014-2016.pdf).
- Ghani, A., Ashaari, Z., Bawon, P., & Lee, S. H. (2018). Reducing formaldehyde emission of urea formaldehyde-bonded particleboard by addition of amines as formaldehyde scavenger. *Building and Environment*, 142(April), 188–194. doi: 10.1016/j.buildenv.2018.06.020.
- Hunt, J. F., Leng, W., & Tajvidi, M. (2017). Vertical density profile and internal bond strength of wet-formed particleboard bonded with cellulose nanofibrils. *Wood and Fiber Science*, 49(4), 1–11.
- Ishola, M. M., Isroi, & Taherzadeh, M. J. (2014). Effect of fungal and phosphoric acid pretreatment on ethanol production from oil palm empty fruit bunches (OPEFB). *Bioresource Technology*, 165(C), 912. doi: 10.1016 /j.biortech.2014.02.053.
- Kasim, A., & Fuadi, A. (2007). Influence of temperature and pressing time on particleboard processing from palm oil trunk (*Elaeis guineensis* Jacq.) and gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) Adhesive on particleboard properties. *Wood Science and Technology*, Vol 5 No 1, 17–21.
- Kasim, F., & Kasim, A. (2013). Hydrolysis of oil palm empty fruit bunch fibers to produce sugar hydrolyzate as raw material for bioethanol production. *International Journal on Advanced Science*, 3(3), 24–27. Diunduh dari ijaseit <http://www.insightsociety.org/ojaseit/index.php/ijaseit/article/view/322> pada tgl 25 juli 2018.
- Kurokochi, Y., & Sato, M. (2015). Effect of surface structure, wax and silica on the properties of binderless board made from rice straw. *Industrial Crops and Products*, Vol. 77, pp. 949–953. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.10.007
- Lee, H. shik, Lee, H., Ha, J. M., Kim, J., & Suh, D. J. (2015). Production of aromatic compounds from oil palm empty fruit bunches by hydro- and solvothermolysis. *Industrial Crops and Products*, 76, 104–111. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.05.083.
- Lyon. (2012). Agents classified by the IARC Monographs, *IARC Monographs*, 1(50), 1–17.
- Malangngia, L. P., Sangia, M. S., & Paendonga, J. J. E. (2018). Penentuan kandungan tanin dan uji aktivitas antioksidan ekstrak biji buah alpukat (*Persea americana* Mill.). *Jurnal MIPA Unsrat Online*, 1(1), 37–44.
- Ninduangdee, P., Kuprianov, V. I., Cha, E. Y., Kaew rath, R., Youngyuen, P., & Atthawethworawuth, W. (2015). Thermogravimetric studies of oil palm empty fruit bunch and palm kernel shell: tg/dtg analysis and modeling. In *Energy Procedia* (Vol. 79). doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.518.

- Nongman, A. F., Baharin, A., & Bakar, A. A. (2016). The effect of banana leaves lamination on the mechanical properties of particle board panel. *Procedia Chemistry*, 19, 943–948. doi: 10.1016/j.proche.2016.03.139.
- Rahman, R., Indrayani, Y., & Setyawati, D. (2013). Penambahan tanin pada perekat urea formaldehida untuk menurunkan emisi formaldehida papan partikel. *Jurnal Hutan Lestari*, 1(3), 343–347. Diunduh dari <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmfkh/article/view/3612> pada 24 juli 2018.
- Saad, A., & Kasim, A. (2018). Effect of fiber length of the oil palm empty fruit bunch on manufacture particle board with urea formaldehyde adhesive toward the characteristics. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 7(11), 108–114. Retrieved from <http://www.ijstr.org/research-paper-publishing.php?month=nov2018>.
- Asfarizal, S (2016). The characteristics of Coconut Fiber-Based Composites and Sugar Fiber-Based Composites. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), 24–33. doi: 10.21063/JTM.2016.V6.1.
- Saadaoui, N., Rouilly, A., Fares, K., Rigal, L., Jayavani, S., Deka, H., Nayak, S. K. (2013). Characterization of date palm lignocellulosic by-products and self-bonded composite materials obtained thereof. *Materials and Design*, 50, 302–308. doi: 10.1016/j.matdes.2013.03.011.
- Saari, N., Hashim, R., Sulaiman, O., & Sato, M. (2015). The Influenced of Compression on Properties of Binderless Compressed Veneer Made from Oil Palm Trunk. 5(5), 280–283. doi: 10.18517/ijaseit.5.5.580.
- Sahari, J., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., & Maleque, M. A. (2013). Mechanical and thermal properties of environmentally friendly composites derived from sugar palm tree. *Materials and Design*, Vol. 49, pp. 285–289. doi: 10.1016/j.matdes.2013.01.048.
- Sudarmadji, S., Hariyono, & Suhardi. (2007). *Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian*. Jurusan pertanian UGM, Yogyakarta, Pustaka.
- Suffian, M., Ormondroyd, G. A., & Hale, M. D. (2010). Comparisons of particleboard produced from acacia hybrid and a uk commercial particleboard furnish from recycled wood. *Journal of Tropical Forest Science*, 22(3), 227–236.
- Supraptiningsih. (2012). Effect of banana stems fiber powder as filler to the mechanical properties of pvc-caco3 composite. *Majalah Kulit*, 3, 79–87.
- Suseno, N., & Adiarto, T. (2017). Ekstraksi tanin dari kulit kayu pinus sebagai bahan perekat briket, *Jurnal teknik kimia*, Universitas Airlangga.
- Wahyuni, D., & Lapanporo, B. P. (2014). Analisis sifat fisik dan mekanik papan partikel berbahan dasar sekam padi. *Positron*, IV(2), 60–63.
- Widyorini, R., & Puspitasari, F. E. (2010). The influence of treatment extraction and time press on the particle board without adhesive from mahogany sawn powder. *Biokomposit*, 225–232.
- Wu, T., Wang, X., & Kito, K. (2015). Effects of pressures on the mechanical properties of corn straw bio-board. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 8(3), 123–129. doi: 10.1016/j.eaef.2015.07.003.
- Yemele, M. C. N., Koubaa, A., Cloutier, A., Soulounganga, P., & Wolcott, M. (2010). Effect of bark fiber content and size on the mechanical properties of bark/HDPE composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(1), 131–137. doi: 10.1016/j.compositesa.2009.06.005.
- Zhang, L., & Hu, Y. (2014). Novel lignocellulosic hybrid particleboard composites made from rice straws and coir fibers. *Materials and Design*, 55, 19–26. doi: 10.1016/j.matdes.2013.09.066.

Lampiran 1. ANOVA untuk model respon permukaan kuadratik untuk kerapatan
Appendix 1. ANOVA for response surface quadratic model for density

Response	1	kerapatan
Transform:	Square Root	Constant: 0

ANOVA for Response Surface Cubic model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	7,632E-004	9	8,480E-005	411,44	< 0,0001	significant
A-waktu	7,712E-005	1	7,712E-005	374,21	< 0,0001	
B-ukuran partikel	1,699E-004	1	1,699E-004	824,25	< 0,0001	
AB	1,356E-005	1	1,356E-005	65,78	0,0002	
A ²	8,612E-006	1	8,612E-006	41,78	0,0007	
B ²	5,557E-005	1	5,557E-005	269,63	< 0,0001	
A ² B	5,442E-007	1	5,442E-007	2,64	0,1553	
AB ²	1,973E-009	1	1,973E-009	9,574E-003	0,9252	
A ³	3,071E-005	1	3,071E-005	148,99	< 0,0001	
B ³	1,465E-004	1	1,465E-004	710,66	< 0,0001	
Residual	1,237E-006	6	2,061E-007			
Std. Dev.	4,540E-004	R-Squared	0,9984			
Mean	0,89	Adj R-Squared	0,9960			
C.V. %	0,051	Pred R-Squared	0,8125			
PRESS	1,433E-004	Adeq Precision	49,120			
-2 Log Likelihood	-216,61	BIC	-188,88			

Lampiran 2. ANOVA untuk model respon permukaan kuadratik untuk kadar air
Appendix 2. ANOVA for response surface quadratic model for moisture contents

Response	1	Kadar air
Transform:	Square Root	Constant: 0

ANOVA for Response Surface Quadratic model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Block	1,305E-003	1	1,305E-003			
Model	0,18	9	0,020	27,15	< 0,0001	significant
A-waktu	0,055	1	0,055	72,76	< 0,0001	
B-ukuran partikel	0,090	1	0,090	119,91	< 0,0001	
C-C	3,358E-004	1	3,358E-004	0,45	0,5192	
AB	0,012	1	0,012	15,34	0,0029	
AC	2,410E-007	1	2,410E-007	3,203E-004	0,9861	
BC	5,606E-004	1	5,606E-004	0,75	0,4083	
A ²	3,771E-003	1	3,771E-003	5,01	0,0491	
B ²	9,012E-003	1	9,012E-003	11,98	0,0061	
C ²	0,011	1	0,011	15,17	0,0030	
Residual	7,524E-003	10	7,524E-004			
Std. Dev.	0,027	R-Squared	0,9607			
Mean	2,86	Adj R-Squared	0,9253			
C.V. %	0,96	Pred R-Squared	0,6846			
PRESS	0,060	Adeq Precision	14,673			
-2 Log Likelihood	-107,02	BIC	-73,53			

Lampiran 3. ANOVA untuk model respon permukaan kuadratik untuk MOE *Appendix 3. ANOVA for response surface quadratic model for MOE*

Response	1	MOE	
Transform:	Square Root	Constant:	0

ANOVA for Response Surface Quadratic model *Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	55,69	9	6,19	19,16	< 0,0001	significant
A-ukuran partikel	26,30	1	26,30	81,46	< 0,0001	
B-waktu	11,53	1	11,53	35,70	0,0001	
C-C	0,000	1	0,000	0,000	1,0000	
AB	11,28	1	11,28	34,94	0,0001	
AC	0,000	1	0,000	0,000	1,0000	
BC	0,000	1	0,000	0,000	1,0000	
A ²	6,37	1	6,37	19,73	0,0013	
B ²	1,22	1	1,22	3,79	0,0801	
C ²	0,15	1	0,15	0,45	0,5155	
Std. Dev.	0,57	R-Squared	0,9452			
Mean	22,30	Adj R-Squared	0,8959			
C.V. %	2,55	Pred R-Squared	0,6640			
PRESS	19,80	Adeq Precision	12,819			
-2 Log Likelihood	20,29	BIC	50,24			

Lampiran 4. ANOVA untuk model respon permukaan kuadratik untuk MOR *Appendix 4. ANOVA for response surface quadratic model for MOR*

Response	1	MOR	
Transform:	Square Root	Constant:	0

ANOVA for Response Surface Quadratic model *Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]*

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1,39	5	0,28	75,66	< 0,0001	significant
A-ukuran partikel	1,21	1	1,21	329,09	< 0,0001	
B-waktu	0,17	1	0,17	45,82	< 0,0001	
AB	0,011	1	0,011	2,97	0,1053	
A ²	2,055E-004	1	2,055E-004	0,056	0,8161	
B ²	8,389E-004	1	8,389E-004	0,23	0,6395	
Residual	0,055	15	3,671E-003			
Lack of Fit	0,054	3	0,018	337,38	< 0,0001	significant
Pure Error	6,452E-004	12	5,377E-005			
Std. Dev.	0,061	R-Squared	0,9619			
Mean	2,58	Adj R-Squared	0,9491			
C.V. %	2,34	Pred R-Squared	0,9193			
PRESS	0,12	Adeq Precision	25,206			
-2 Log Likelihood	-65,22	BIC	-46,96			

Lampiran 5. Mesin kempa panas untuk membuat papan partikel dengan tekanan 200 KN(a)
dan mesin uji universal dengan tekanan 100 KN(b)

*Appendix 5. Heat pressing machine for making particleboard with pressure 200 KN (a) and
universal testing machine with pressure 100 KN (b)*



a)



b)