



## REVIEW: PENGEMBANGAN PAPAN PARTIKEL DENGAN FILLER DARI BERBAGAI MACAM RESIDU PERTANIAN

**Miranti Maya Sylvani**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam / Jurusan Kimia, [mirantimayasylvani@mipa.upr.ac.id](mailto:mirantimayasylvani@mipa.upr.ac.id) Universitas Palangka Raya, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah.

\* Korespondensi

### ABSTRACT

*Wood is still an important forest commodity in Indonesia because wood is a resource that is widely used for various uses, although it is classified as a resource that can be simplified, its potential continues to decrease due to increasing needs. Agricultural residues and wood waste can potentially be used in a number of ways. Based on its designation, wood waste can be sorted, processed and provided as a raw material for making particle boards. Particleboard is made from particles of wood or other fibrous material, which are shaped and pressed together using an organic binder together with one or more materials, such as heat, pressure, catalyst, and so on. A good selection of agricultural residues including wheat straw, sugarcane, sunflower seed husks, bamboo and palm have been used successfully in the manufacture of particleboard. On particle board, the commonly used binders are urea formaldehyde, and phenol formaldehyde.*

**Keywords:** *Particle Board, Filler, Binder*

### Abstrak

Kayu masih merupakan komoditas hutan yang penting di Indonesia karena kayu merupakan sumber daya yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai kegunaan. Meskipun tergolong sumber daya yang dapat disederhanakan, namun potensinya terus berkurang karena kebutuhan yang semakin meningkat. Residu pertanian dan limbah kayu berpotensi dapat digunakan dalam beberapa cara. Berdasarkan peruntukannya, limbah kayu dapat dipilah, diolah dan disediakan sebagai bahan baku pembuatan papan partikel. Papan partikel terbuat dari partikel kayu atau bahan berserat lainnya, yang dibentuk dan ditekan bersama menggunakan pengikat organik bersama dengan satu atau lebih bahan, seperti panas, tekanan, katalis, dan sebagainya. Pilihan residu pertanian yang baik termasuk jerami gandum, tebu, sekam biji bunga matahari, bambu dan palem telah berhasil digunakan dalam pembuatan papan partikel. Pada papan partikel, bahan pengikat yang umum digunakan adalah urea formaldehida, dan fenol formaldehida.

**Kata Kunci:** *Papan partikel, Filler, Binder*

### 1. PENDAHULUAN

Papan partikel banyak digunakan karena memungkinkan partikel kayu dari ukuran kecil yang relatif tidak berguna dan/atau kayu kelas rendah diubah menjadi panel kayu besar yang berguna. Papan partikel dibuat dari partikel kayu atau bahan berserat lainnya, yang dibentuk dan ditekan bersama menggunakan pengikat organik bersama dengan satu atau lebih bahan, seperti panas, tekanan, katalis, dan sebagainya. Kayu merupakan bahan baku utama yang digunakan dalam industri papan partikel, namun penggunaan residu kayu adalah tujuan awalnya. Meskipun papan partikel tidak sekuat papan serat atau kayu lapis, papan ini lebih hemat biaya, ringan, dan mudah ditangani. (Solace et al., 2015)

Oleh karena itu, terus diproduksi dan digunakan dalam jumlah besar untuk konstruksi, furnitur, dan dekorasi interior. Menurut Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO, 2018), produksi papan partikel tumbuh

dari 186 juta m<sup>3</sup> pada tahun 2000 menjadi 420 juta m<sup>3</sup> pada tahun 2017. Permintaan papan partikel yang meningkat di seluruh dunia dalam beberapa dekade terakhir menyebabkan tekanan yang sangat besar pada lahan hutan. Mengingat kekurangan sumber daya hutan dan kenaikan harga kayu, minat penelitian yang signifikan telah tertarik untuk menggunakan limbah agroforestri sebagai alternatif kayu yang bermanfaat bagi lingkungan dan sosial ekonomi. (Mahieu et al.2019)

## 2. METODOLOGI

Ini adalah tinjauan cepat dari studi yang dilakukan pada Mei 2023. Penulis mengekstrak teks yang relevan dari artikel yang diterbitkan yang diindeks di Science Direct Elsevier digunakan untuk mengambil artikel terkait. Pada review kali ini, pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci seperti; "Papan Partikel", dan "Limbah Agro". Studi ini menggunakan operator Boolean, "dan" untuk menggabungkan kata kunci tersebut. Hanya studi yang diterbitkan dalam bahasa Inggris antara tahun 2000 dan 2021, dan memenuhi kriteria kelayakan yang dimasukkan dalam kajian cepat ini.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

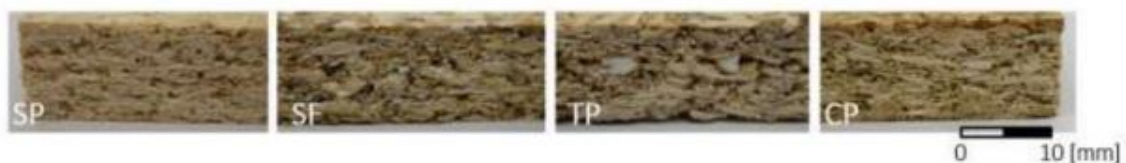
Hamidreza dkk. (2014) telah menghasilkan papan partikel yang dibuat dari campuran daun ara dan partikel kayu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sifat fisik dan mekanik papan partikel yang dibuat dari campuran daun ara dan partikel kayu. Lima jenis panel dibuat dari campuran partikel kayu/daun sycamore (masing-masing 100/0, 90/10, 80/20, 70/30 dan 60/40%). Beberapa mekanik (modulus pecah, modulus elastisitas dan kekuatan ikatan internal) dan sifat fisik (ketebalan pembengkakan dan penyerapan air) dari papan partikel ditentukan. sifat fisik (ketebalan pembengkakan dan penyerapan air) dari papan partikel ditentukan.



Gambar 1. Daun Sycamore (Hamidreza et al. 2014)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan daun ara hingga 20%, sifat mekanik dan fisik papan partikel yang dihasilkan meningkat. Namun demikian, sifat mekanik semua panel melebihi persyaratan minimum Standar EN untuk pembuatan furnitur. Penggunaan bahan bio terbarukan seperti daun sycamore untuk pembuatan papan partikel dapat memberikan solusi kekurangan bahan baku untuk industri papan partikel, mengurangi tekanan pada sumber daya hutan dan mengurangi masalah lingkungan terkait pembakarannya. (Hamidreza dkk. 2014)

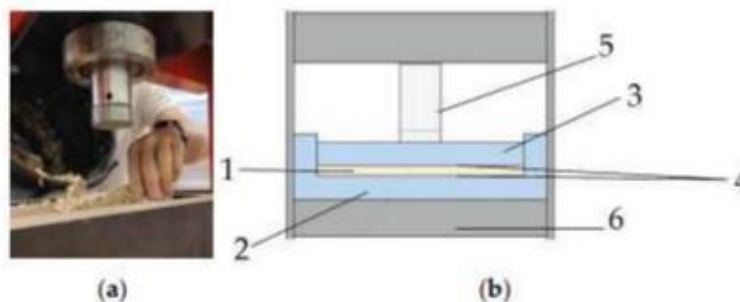
Petr dkk. 2016 telah menghasilkan papan partikel yang diproduksi dari tanaman pertanian diselidiki. Tumbuhan cangkir Jerman (*Silphium perfoliatum* L.), bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) dan topinambour (*Helianthus tuberosus* L.) digunakan sebagai bahan baku papan partikel yang diproduksi dengan kerapatan konvensional 600 kg/m<sup>3</sup>. Papan partikel direkatkan dengan dua perekat yang berbeda, dengan methylene diphenyl diisocyanate (MDI) juga dan urea resin formaldehida (UF). Sifat fisik dan mekanik panel yang disiapkan diukur sesuai dengan standar. Bahan baku dianalisis komposisi kimianya; geometri partikel dipantau dengan hati-hati.



Gambar 2. Gambar penampang papan partikel yang dihasilkan, menggunakan kayu cemara (SP), tangkai bunga matahari (SF), tangkai topinambour (TP), dan tangkai tanaman cangkir (CP). (Petr et al. 2016)

Terlihat bahwa papan partikel yang diperoleh memiliki kinerja yang dapat diterima, meskipun sifatsifatnya berada di bawah yang diperoleh dari papan partikel cemara konvensional. Modulus pecah dari papan partikel bahan alternatif ditemukan lebih rendah dari papan partikel cemara. Demikian juga, pengembangan ketebalan dan penyerapan air papan partikel sisa pertanian lebih tinggi dibandingkan dengan papan partikel buatan cemara. Temuan yang relevan untuk aplikasi industri adalah bahwa papan partikel yang diproduksi residu pertanian yang diikat dengan resin MDI sepenuhnya sesuai dengan standar Eropa EN 312 kelas P1 (digunakan dalam kondisi kering). Artinya, papan partikel bukan kayu cocok digunakan dalam produksi mebel. (Petr et al. 2016)

Kristaps et al. 2021 telah dilakukan penggunaan hemp shive sebagai bahan limbah pertanian yang tumbuh cepat dan menyimpan karbon dalam produksi papan partikel untuk industri konstruksi. Shive rami diperoleh dan disiapkan untuk produksi papan dengan menggunakan penggilingan dan pengayakan untuk mencapai dua kelompok target dengan rentang ukuran partikel 0,5 mm hingga 2 mm dan 2 mm hingga 5,6 mm. Metode pengepresan dingin digunakan untuk memproduksi papan rami dengan resin formaldehida urea Kleiberit sebagai pengikat. Papan dibuat sebagai bagian lapisan tunggal setebal 19 mm dengan rentang kepadatan  $300 \pm 30 \text{ kg/m}^3$ , yang memenuhi syarat sebagai papan dengan kepadatan rendah. Sampel eksplorasi dibuat menggunakan serat rami yang digiling dengan kepadatan lebih tinggi. Komponen tambahan seperti pigmen warna dan pelapis kayu ditambahkan untuk menguji fitur yang lebih baik dibandingkan sampel papan mentah.



Gambar 3. a) Pembentukan campuran ke dalam cetakan; b) membentuk setup tekan hidrolik dan mol. (Kristaps et al. 2021)

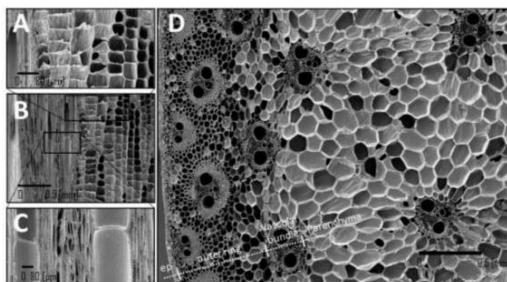
Pengujian dilakukan untuk menentukan kadar air, kisaran densitas, sifat struktural, dan jumlah penyerapan air. Kekuatan tekuk papan yang dihasilkan mencapai 2,4 MPa untuk kelompok partikel kasar dan konduktivitas termal  $0,057 \pm 0,002 \text{ W/(mK)}$ . Hasilnya dibandingkan dengan bahan yang ada yang digunakan di industri atau dalam pengembangan tahap untuk menunjukkan opsi aplikasi papan yang dikembangkan sebagai bahan insulasi dalam ruangan di industri konstruksi. (Kristaps et al. 2021)



Gambar 4. Tampilan permukaan sampel papan. (Kristaps et al. 2021)

Petr dkk. 2018 dipelajari batang *Miscanthus x giganteus* sebagai kemungkinan pengganti kayu di papan partikel. Partikel yang dihasilkan dari *Miscanthus* mengandung 38% selulosa, dan 17% lignin, sedangkan cemara memiliki 45% selulosa, dan 28% lignin. Jumlah hemiselulosa sama untuk keduanya, cemara dan miskantus (21%). Papan partikel buatan *miscanthus* diproduksi pada dua tingkat resinasi metilen difenil diiossianat, yaitu 4% dan 6%. Modulus pecah (MOR), modulus elastisitas (MOE), kekuatan ikatan internal (IB), pembengkakan ketebalan dan penyerapan air diukur. Sifat mekanik papan partikel buatan *Miscanthus*

secara keseluruhan berkurang: dibandingkan dengan pohon cemara, MOR dan MOE turun 30%, sedangkan IB turun 60%.



Gambar 5. Struktur mikroskopis batang *Miscanthus*. Penampang memanjang (A – C) dan melintang (D). ep-epidermis. (Petr et al. 2018) (Petr et al. 2018)

Analisis mikroskopis dari permukaan fraktur papan partikel buatan *Miscanthus* setelah pengujian IB menunjukkan daerah sel yang runtuh di parenkim lunak, tanpa kegagalan perekat yang jelas. Sebaliknya, papan partikel yang dibuat dari pohon cemara mengungkapkan permukaan retakan yang jauh lebih halus dengan kegagalan struktural yang menembus dinding sel dan mungkin juga melalui lem. Daerah sel parenkim yang runtuh menunjukkan hubungan langsung dengan sifat mekanik yang berkurang. Selanjutnya, dibandingkan dengan kayu cemara, papan partikel buatan *Miscanthus* telah menunjukkan pembengkakan ketebalan yang lebih tinggi, tetapi daya serap airnya lebih rendah. Untuk *Miscanthus*, tidak ada efek dosis perekat MDI yang lebih tinggi pada MOE, MOR dan IB yang diamati. Untuk lebih meningkatkan sifat papan partikel buatan *Miscanthus*, disarankan untuk memilah komponen jaringan parenkim setinggi mungkin, sebelum pengepresan panas. (Petr et al. 2018)

Banjo dkk. Tahun 2016 telah mengkaji kemungkinan pengembangan papan partikel komposit tongkol jagung (CC) dan serbuk gergaji (SD) menggunakan urea formaldehida sebagai bahan pengikat. Panel diproduksi menggunakan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% untuk kedua limbah pertanian dengan volume perekat konstan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekanik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 25% dan 50% penggantian SD dengan CC memiliki sifat fisik yang baik dan direkomendasikan untuk penggunaan di dalam gedung.

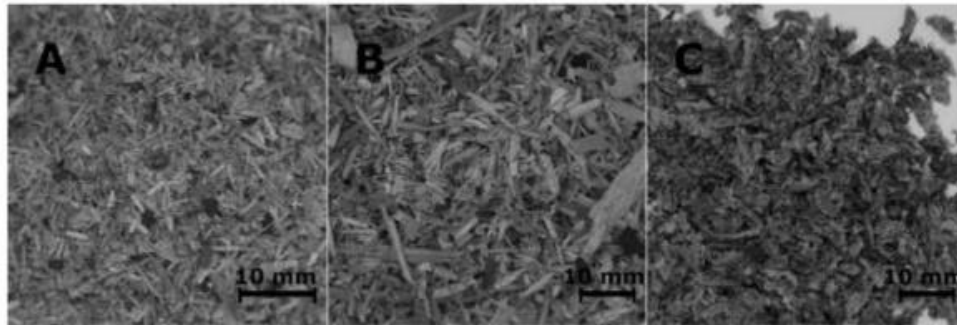


Gambar 6. Mortar hancur CC, Gambar 7. Papan partikel komposit SD dan CC (Banjo et al. 2016)

Sebaliknya, papan partikel tidak dapat direkomendasikan untuk tujuan bantalan beban berdasarkan sifat mekanik yang buruk yang meningkat karena komposisi CC meningkat dari 25% menjadi 75% dan juga karena gagal memenuhi persyaratan Standar Eropa. Penggantian CC 75% memiliki nilai MOR dan MOE tertinggi tetapi memiliki sifat fisik yang buruk. Dalam penyelidikan eksperimental dan keterbatasan yang mungkin, panel dengan penggantian 50% CC adalah yang paling disukai karena memiliki kinerja yang lebih baik untuk sifat fisik dan mekanik. (Banjo et al. 2016)

Borysiuk et al. Tahun 2019 telah diselidiki Meningkatnya permintaan untuk produksi papan partikel dan masalah lingkungan mendorong untuk mencari sumber baru bahan lignoselulosa selain kayu. Bubur bit gula (SBP) adalah salah satu residu agro yang paling umum, yang tersisa setelah produksi gula. Investigasi yang dilakukan adalah untuk mengetahui kesesuaian SBP sebagai bahan baku pembuatan papan partikel. Papan partikel tiga lapis dengan lapisan inti terbuat dari campuran SBP dan partikel kayu industri disiapkan. Papan partikel yang diuji bervariasi dalam proporsi SBP dan partikel kayu yang digunakan untuk

lapisan inti. Investigasi termasuk parameter fisik dan mekanik papan berikut: profil kerapatan dan kerapatan, pembengkakan tebal (TS), penyerapan air (WA), modulus pecah (MOR), modulus elastisitas (MOE), ikatan internal (IB) dan penahan sekrup (SH).



Gambar 8. Partikel yang digunakan untuk pembuatan papan partikel: A. Partikel kayu industri untuk lapisan muka, B. Partikel kayu industri untuk lapisan inti, C. SBP setelah pengeringan. (Borysiuk et al. 2019)

Hasilnya menunjukkan dampak negative dari SBP konten tinggi pada property papan. Papan partikel yang mengandung hingga 30% SBP melebihi persyaratan minimal untuk MOR dan MOE diatur dalam standar Eropa, untuk papan perlengkapan interior (termasuk furnitur) untuk digunakan dalam kondisi kering. Nilai WA dan TS untuk varian tersebut mirip dengan papan partikel kontrol. Semua papan partikel yang diproduksi dengan geseran partikel SBP di inti memiliki IB lebih tinggi dari yang dibutuhkan. (Borysiuk et al. 2019)

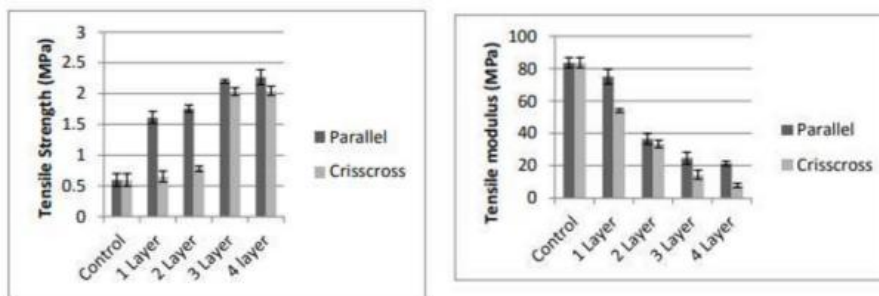
Dagne 2021 telah mempresentasikan karya eksperimental yang menyelidiki potensi tongkol jagung dalam produksi papan partikel menggunakan perekat pati termodifikasi dan lem kayu (ikatan atas) sebagai sumber perekat alternatif dan juga mempelajari pengaruh variabel kontrol dalam produk. Rancangan faktorial umum digunakan untuk mempersiapkan 27 percobaan dengan memvariasikan parameter kontrol. Partikel tongkol jagung, pati termodifikasi, lem kayu (ikatan atas) dan rasio campuran yang diadopsi masing-masing adalah 69,2%, 15,4, 17,9%, 20,3% dan 15,4%, dicampur secara manual dengan menggunakan mixer. Campuran tersebut kemudian dituangkan ke dalam cetakan dengan ukuran 100 mm × 100 mm × 15 mm. Papan partikel dipadatkan menggunakan mesin press hidrolik dalam dua compact.



Gambar 10 Test setup papan partikel MC uji IB, Gambar 9 Hasil percobaan papan partikel tongkol jagung. (Dagne 2021)

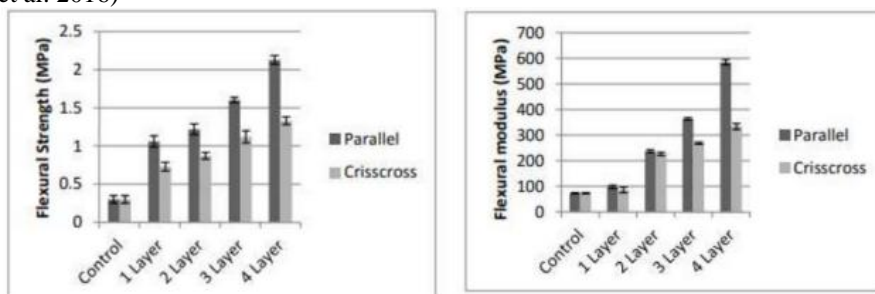
Kepadatan panel bervariasi antara 6840 kg/m<sup>3</sup> dan 9083,33 kg/m<sup>3</sup>. Persentase penyerapan air meningkat dengan bertambahnya waktu perendaman. Kadar air rata-rata dari semua papan ditemukan 11,43%. Ikatan internal rata-rata adalah 0,132 N/mm<sup>2</sup> ikatan internal yang relatif rendah dibandingkan dengan resin urea dan fenol formaldehida yang dibuat PB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi tongkol jagung, pati dan lem kayu (top bond) memiliki potensi tinggi untuk digunakan dalam ruangan untuk atap langit-langit atau dengan melaminasi Formika atau veneer; dapat digunakan untuk aplikasi bangunan dan furnitur. (Dagne 2021)

Nongman et al. Tahun 2016 telah dihasilkan Komposit laminasi yang dibuat dengan cara melaminasi papan partikel pelepah pisang tanpa pengikat dengan pita daun pisang menggunakan perekat berupa double tape. Pengaruh laminasi pada sifat tarik dan lentur panel papan partikel diselidiki. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan jumlah lapisan pita daun pisang mengubah sifat mekanik papan partikel.



Gambar 11 : Kekuatan tarik dan modulus panel papan laminasi.

Papan partikel dengan empat lapisan memberikan kekuatan lentur tertinggi. Modulus lentur juga meningkat dengan bertambahnya jumlah lapisan pita daun pisang. Peningkatan kekuatan tarik juga terjadi dengan jumlah lapisan pita daun pisang. Panel papan partikel yang dilaminasi dengan empat lapis pita daun pisang menunjukkan kekuatan tarik tertinggi. Modulus tarik, di sisi lain, menurun dengan bertambahnya lapisan pita daun pisang. Orientasi serat pada pita daun pisang juga mempengaruhi sifat mekanik papan partikel. Papan partikel dengan orientasi serat daun pisang sejajar dengan arah pengujian menunjukkan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Pengaruh orientasi serat pita daun pisang terhadap kekuatan lentur tidak signifikan. (Nongman et al. 2016)



Gambar 12: Kekuatan lentur dan modulus panel papan laminasi.

Kamran dkk. 2023 telah meneliti *Camellia* minyak teh (*Camellia oleifera* Abel.) adalah tanaman minyak unik milik genus *Camellia* dari keluarga Theaceae dengan lebih dari 4,4 juta hektar di Cina menghasilkan lebih dari 2,4 juta ton buah pada tahun 2019. Ada sekitar 1,8 juta ton produk sampingan dari kulit kamelia minyak teh (TCOS). Mengingat jumlah TCOS yang diproduksi sangat besar, sangat memprihatinkan untuk memanfaatkan TCOS dalam skala besar alih-alih membuangnya untuk menyebabkan berbagai bentuk pencemaran dan masalah lingkungan. Di sini, kami menyelidiki kelayakan penggunaan TCOS sebagai sumber lignoselulosa baru sebagai pengganti kayu produksi papan partikel. Variabel efektif, termasuk kandungan perekat, parameter pengepresan panas (suhu, waktu, dan tekanan), dan rasio partikel cangkang terhadap partikel kayu, diselidiki secara sistematis.

Hasil menunjukkan kesesuaian TOCS sebagai bahan baku industri papan partikel. Odeyemi et al. Tahun 2020 telah mengkaji pengurangan jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan menjadi penting. Pendekatan baru dalam melakukan ini adalah dengan mendaur ulangnya. Oleh karena itu, menggunakan 50 % partikel TOCS dan 50 % partikel kayu komersial dalam mat dengan perekat 8% pMDI menunjukkan nilai modulus pecah (MOR) sebesar 13,4 N/mm<sup>2</sup>, modulus elastisitas (MOE) sebesar 1840 N/mm<sup>2</sup>, dan internal kekuatan rekat (IB) 1,22 N/mm<sup>2</sup>, memenuhi standar EN untuk papan partikel tipe P2 (kondisi kering), dan pengembangan tebal (TS) 17 % memenuhi persyaratan minimum EN 312 untuk papan partikel tipe P3 level



Gambar 14. (a) Serbuk Gergaji dan (b) Kerang Periwinkle Tanah. (Odeyemi dkk. 2020), Gambar 13. minyak teh kamelia untuk partikel TOCS. (Kamran et al. 2023)

Odeyemi et al. Tahun 2020 telah mengkaji pengurangan jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan menjadi penting. Pendekatan baru dalam melakukan ini adalah dengan mendaur ulangnya. Makalah ini menyelidiki sifat fisik dan mekanik papan partikel berikat semen dari limbah pertanian. Papan partikel diuji sifat fisik (densitas, penyerapan air dan pengembangan tebal) dan mekanik (modulus elastisitas dan modulus pecah). Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM) dilakukan untuk menentukan struktur mikro internal papan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tapak dara dan semen berpengaruh besar terhadap kerapatan papan, semen dan serbuk gergaji berpengaruh besar terhadap penyerapan air dan pengembangan ketebalan, semen berpengaruh besar terhadap Modulus Pecahan & Modulus Pecahan & Modulus Elastisitas untuk semua kombinasi yang diuji. Foto SEM dari potongan permukaan papan menunjukkan adhesi matriks serat yang baik pada rasio campuran 1:1,5 (semen/limbah). Pada fraksi matriks semen yang lebih rendah terhadap rasio limbah, papan partikel yang berikat dengan semen kehilangan daya rekatnya. Disimpulkan bahwa serbuk gergaji dan cangkang tapak dara merupakan bahan yang cocok dalam produksi papan partikel. (Odeyemi dkk. 2020)

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Banjo Akinyemi A., J O Afolayan, E Ogunji Oluwatobi. 2016. Some properties of composite corn cob and sawdust particle boards. *Construction and Building Materials* 127 (2016) 436- 441.
- [2] Borysiuk P., I. Jencyk-Tolloczko, R. Auriga, M. Korsziikowski. 2019. Sugar beet pulp as raw material for particleboard production. *Industrial Crops & Products* 141 (2019) 111829.
- [3] Dagne Abetie. 2021. Particle Board Production from Maize Cob. *Advance in Applied Science Research* vol 12 no. 9:38 2021.
- [4] FAO Statistical Yearbook, 2018. World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- [5] Hamidreza Pirayesh, Paham Moradpour, Sima Sepahvand. 2014. Particleboard from Wood particles and sycamore leaves: Physico-mechanical properties. *Engineering in Agriculture, Environmental, and Food* xxx (2014) 1-6
- [6] Kamran Choupani Chaydarreh, Xiuyi Lin, Litao Guan, Hong Yun, Jin Gu, Chuanshuang Hu. 2021. Utilization of tea oil Camellia (*Camellia oleifera* Abel.) shells as alternative raw materials for manufacturing particle board. *Industrial Crops & Products* 161 (2021) 113221
- [7] Komi Kadja, Soviwadan Drovou, Komlan Assogba Kassegne, Antony Pizzi, Komla Sanda, and Andre DL Batako. 2019. Development and Investigation into Properties of composite particleboard of Iroko and African Locust Bean Pod. *Procedia Manufacturing* 30 (2019) 188-193.
- [8] Mahieu A., S. Alix, N. Leblanc. 2019. Properties of particleboards made of agricultural by-products with a classical binder or self-bound. *Industrial Crops & Products* 130 (2019) 371-379
- [9] Nongman A. F, A. Baharin, and A. Abu Bakar. 2016. The effect of banana leaves lamination on the mechanical properties of particle board panel. *Procedia Chemistry* 19 (2016) 943-948.
- [10] Odeyemi S.O., R. Abdul Wahab, A.G. Adeniyi, O.D. Atoyebi. 2020. Physical and mechanical properties of cement-bonded particle board produced from African balsam tree (*Populus Balsamifera*) and periwinkle shell residues. *Result in Engineering* 6 (2020) 100126.
- [11] Petr Klimek, Peter Meinschmidt, Rupert Wimmer, Burkhard Plinke, Arne Schirp. 2016. Using sunflower (*Helianthus annuus* L), topinambour (*Helianthus tuberosus* L.) and cup-plant (*Silphium perfoliatum* L.) stalks as alternative raw materials for particleboards. *Industrial Crops and Products* 92 (2016) 157-164.
- [12] Petr Klimek, Rupert Wimmer, Peter Meinschmidt, Jozef Kudela. 2018. Utilizing *Miscanthus* stalks as raw material for particleboards. *Industrial Crops \_ Products* 111 (2018) 270-276.
- [13] Solace Sam-brew, Gregory D.smith. 2015. Flax and Hemp fiber-reinforced particleboard. *Industrial Crops and Products* 77 (2015) 940-948.