

Andromeda Dwi Laksono

Dosen
Institut Teknologi Kalimantan
Program Studi Teknik Material dan
Metalurgi
Email: andromeda@lecturer.itk.ac.id

**Muhammad Nurhidayat
Rozikin**

Mahasiswa
Institut Teknologi Kalimantan
Program Studi Teknik Material dan
Metalurgi

Nur Aini Safitri Pattara

Mahasiswa
Institut Teknologi Kalimantan
Program Studi Teknik Kimia

Ifdil Cahyadi

Mahasiswa
Institut Teknologi Kalimantan
Program Studi Matematika

POTENSI SERBUK KAYU ULIN DAN SERBUK BAMBU SEBAGAI APLIKASI PAPAR PARTIKEL RAMAH LINGKUNGAN – A REVIEW

The wood and bamboo waste from the exploitation and industry are still not fully utilized where they are now being used as raw material for particleboard. The purpose of this narrative review is to find out the concept of particleboard, the mechanism of particleboard, and the potential for wood and bamboo powder in particleboard applications. The method of creating particleboard was using dehydrated sawdust and bamboo then pouring the powder with adhesive. In this narrative review, there are several types of adhesives which are Polyurethane Resin, Phenol-Formaldehyde (PF), Epoxy, Polystyrene Based Resin (PBR), and Unsaturated Polyester (UP). After molding powder and adhesive mixture, it was hot-pressed to make a particleboard product. Finally, the mixture was tested for the physical and mechanical properties of particleboard products based on Indonesian National Standard. The physical and mechanical properties are increases by particleboard with a proportion of 75%-100% teak wood (T. Grandis) and 25%-50% bamboo. It's known that ironwood has characteristics close to that of the teak species. Therefore, the ironwood and bamboo sawdust has the potential to be used as raw material for particleboard. And the recommended method based on the type of adhesive used is UP.

Keywords : Adhesives; Bamboo; Particelboards; Composites; Ironwood; Wood.

1. PENDAHULUAN

Kayu merupakan salah satu bahan utama dalam konstruksi bangunan dan pembuatan furniture. Penggunaan kayu terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan pertambahan jumlah penduduk di dunia. Namun ketersediaan kayu alam sangat terbatas. Tingginya laju kerusakan hutan yang diikuti dengan meningkatnya permintaan masyarakat akan kayu menjadikan material kayu dalam kondisi langka sehingga harga kayu alam meningkat tajam. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengganti kayu untuk mengatasi masalah tersebut [1].

Kegiatan eksploitasi hutan meningkat diiringi peningkatan jumlah volume limbah kayu. Limbah kayu dari hasil eksploitasi maupun dari industri masih belum dimanfaatkan secara maksimal [2]. Ada banyak jenis dan jumlah limbah padat kayu yang dihasilkan oleh berbagai sektor dalam rantai pasokan kayu. Misalnya, pabrik penggergajian bertanggung jawab atas 40%-60% limbah padat. Di sisi lain, industri pulp and paper menghasilkan limbah padat sekitar 30% [3]. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan dampak negatif lingkungan dan mewujudkan keberlanjutan lingkungan dalam pembangunan adalah dengan memanfaatkan limbah tersebut dalam produk berbasis panel [4]. Limbah padat kayu dapat diterapkan untuk memproduksi dan mengumpulkan nilai produk seperti komposit (panel) [3]. Pengembangan produk komposit memberi beberapa keuntungan antara lain memanfaatkan kayu berdiameter kecil, memanfaatkan limbah dari industri pengolahan kayu, mendapatkan komponen yang lebih seragam, menghasilkan produk yang lebih kuat dibandingkan dengan kayu aslinya dan produk yang lebih beragam [5].

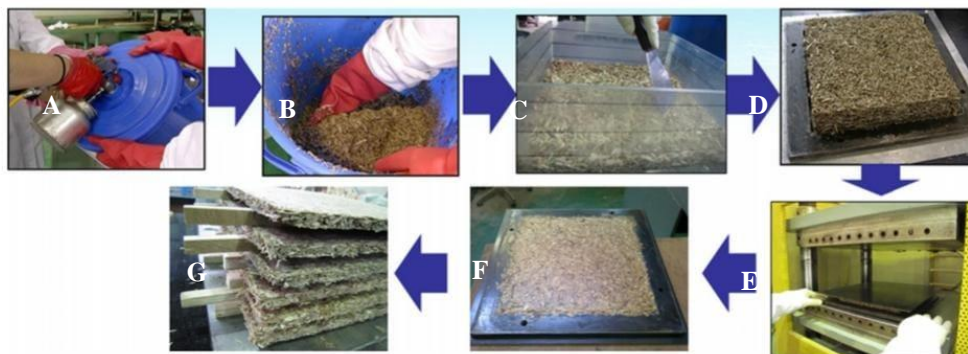
Komposit merupakan sebuah material yang terdiri atas dua komponen atau lebih yang berbeda baik secara fisik, sifat, serta strukturnya jika dicampurkan menjadi satu akan membentuk sebuah ikatan mekanik [6]. Elemen penyusun produk komposit bervariasi dalam ukuran bentuk, meliputi serat, partikel, selumbar, venir, lamina atau papan. Papan partikel adalah salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lain kemudian kempa dengan panas [7].

Saat ini bahan baku untuk memproduksi papan partikel tidak sebatas dari kayu ataupun limbah kayu, seiring dengan semakin terbatas dan tingginya harga kayu. Pemanfaatan bahan berlignoselulosa lainnya seperti bambu telah banyak dikembangkan [8]. Bambu memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi karena kerapatannya yang rendah dan kekuatan mekanik yang tinggi [9]. Papan partikel dari bambu adalah alternatif yang ekonomis, ramah lingkungan, dan berkelanjutan untuk penggunaan limbah dari pengolahan bambu [10].

Selain bambu, juga ada kayu ulin yang merupakan salah satu kayu konstruksi terpenting di Indonesia. *Eusideroxylon zwageri* dikenal sebagai Ulin di Indonesia, dan Borneo Ironwood dalam bahasa Inggris, termasuk dalam famili Lauraceae [11]. Kayu ulin umumnya digunakan untuk pembuatan furnitur, kusen jendela dan pintu, konstruksi berat, atap, jembatan, dan konstruksi kapal [12]. Pemanfaatan limbah kayu ulin sebagai bahan baku papan partikel belum pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Sehingga untuk memahami potensi kayu dalam aplikasi papan partikel, jurnal ini mereview aplikasi papan partikel dari berbagai jenis kayu yang memiliki karakter serupa dengan kayu ulin yang diharapkan nantinya dapat diterapkan papan partikel. Karakteristik kayu ulin mendekati spesies kayu keras tropis lainnya, seperti *Acacia meransii*, *Eucalyptus sp.*, dan *T. grandis* [11].

2. METODE DAN BAHAN

Pembuatan papan partikel merupakan sebuah proses kering. Dimana langkah-langkah yang terlibat dalam pembuatan papan partikel adalah persiapan partikel, klasifikasi dan pengeringan partikel, aplikasi perekat, pembentukan mat, pengepresan, dan *finishing* [3]. Pada Gambar 1, proses aplikasi perekat ditunjukkan oleh Gambar 1A dimana perekat disemprotkan ke serbuk kayu dan Gambar 1B saat dilakukan pencampuran serbuk kayu dengan perekat yang telah ditambahkan. Gambar 1C dan 1D menunjukkan proses pembentukan serbuk yang dicetak menggunakan sebuah wadah. Selanjutnya proses pengepresan ditunjukkan oleh Gambar 1E. Gambar 1F dan 1G adalah tahap *finishing*.



Produk komposit menggabungkan serat dan resin untuk membuat matriks dengan sifat fisik atau kimia yang sangat berbeda [14]. Komposit terdiri dari dua unsur utama yang biasa disebut dengan matriks dan penguat (*reinforcement*) [15]. Matriks merupakan bagian dari komposit yang berfungsi sebagai pengikat serat, terdiri dari bahan termoplastik dan termoseting [16]. *Reinforcement* merupakan serat atau partikel yang pada umumnya ditambahkan ke dalam matriks untuk memperkuat komposit. *Reinforcement* membentuk fase terputus-putus yang tersebar secara seragam dalam matriks. Matriks penguat dapat diolah secara kimiawi atau dilapisi dengan lapisan tipis untuk meningkatkan pembasahan partikel oleh matriks serta untuk mengontrol dan meningkatkan ikatan permukaan antara partikel dan matriks [17]. Dari berbagai metode pembuatan papan partikel kemudian dianalisa sifat fisik dan mekanik masing-masing untuk menentukan kondisi optimal yang berpotensi untuk dikembangkan menyerupai serbuk kayu ulin dan bambu. Berikut metode pembuatan papan partikel dari beberapa peneliti terdahulu dengan penggunaan perekat yang berbeda yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Perbandingan Metode Pembuatan Papan Partikel

Jenis Perekat	Reinforced	Prosedur	Ref
Resin <i>Polyuretane</i>	Kayu Eucalyptus Grandis & Bambu Dendrocalamus asper	Campuran kayu dan bambu digiling, disaring, lalu ukuran yang diambil kurang dari 18 mesh. Campuran kayu dan bambu direkatkan dengan menggunakan resin <i>polyurethane</i> berbasis minyak jarak. Proporsi yang digunakan adalah 90% partikel dan 10% resin. Variasi partikel adalah 100% kayu, 75% kayu dan 25% bambu, 50% kayu dan 50% bambu. Partikel dan resin dicampur dengan mesin selama 10 menit. Setelah itu dipanaskan ($\pm 160^{\circ}\text{C}$) dan diberi tekanan hidrolik selama 180 detik. Proses ini dilakukan sebanyak dua kali dan diakhiri dengan mengkondisikan papan dalam ruangan bersuhu 22°C selama 72 jam.	[10]
Phenol Formaldehida (PF)	Kayu Jabon & Bambu Andong	Partikel dikeringkan didalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam hingga mencapai kadar air $\pm 4\%$. Papan partikel dibuat dengan kerapatan $0,7 \text{ g/cm}^3$ dan komposisi campuran kayu jabon dan bambu, yaitu: 100:0, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, dan 30:70. PF sebesar 10% dari berat kering partikel kayu jabon dan bambu lalu ditambahkan <i>para-formaldehida</i> sebesar 0,5% dari berat perekat yang digunakan dan emulsi paraffin sebesar 0,5% dari berat kering partikel. Partikel kayu yang telah dicampur dengan perekat PF cair kemudian dicetak dan dikempa panas pada suhu 150°C dengan tekanan spesifik sebesar 25 kg/cm^2 selama 10 menit. Papan partikel yang telah jadi dikondisikan dalam suhu ruangan selama 10 hari sebelum diuji.	[5]
Epoxy	Kayu <i>Pinus sp.</i> dan Jati (<i>T.grandis</i>)	Komposisi perekat berupa serbuk halus yang dicampur resin <i>urea-formaldehida</i> dengan proporsi 5% berdasarkan massa kering partikel kayu. Limbah kayu dihancurkan dengan <i>hammer-mill</i> kemudian diayak dan disaring lolos ayakan 2,8 mm. Partikel dicampur dengan perekat <i>epoxy</i> dalam matriks. Proporsi perekat <i>epoksi</i> dari limbah tinta ditambahkan sesuai dengan massa kering partikel kayu, yaitu: 20%, 30%, dan 40%. Untuk setiap tingkat perekat epoksi terdapat lima proporsi limbah kayu Jati yang berbeda dalam substitusi <i>Pinus sp.</i> : 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Sebelum dikompaksi, campuran ditekan menggunakan baja setebal 12 mm pada tekanan 0,01 MPa. Setelah itu dipadatkan dalam alat press selama 10 menit pada suhu 190°C dan tekanan 4 MPa. Papan partikel yang telah jadi dikondisikan selama 72 jam untuk stabilisasi dengan lingkungan luar.	[18]
<i>Polystyrene</i> Based Resin (PBR)	Bambu dari Limbah Konstruksi	Bambu digiling menjadi partikel kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 40°C . Bambu kering kemudian disaring dengan ukuran ayakan 40 mesh. PBR hasil sintesis dari limbah polistiren digunakan sebagai bahan pengikat. Proporsi PBR bervariasi dari 20% sampai 40% volume dari partikel bambu. Dalam pembuatan papan partikel, partikel dicampur dengan PBR secara manual. Ukuran target papan partikel adalah 160mm x 150mm dengan ketebalan 20mm. Setelah pencampuran, lapisan partikel dibentuk dengan menempatkan campuran dalam cetakan dan ditekan ringan selama 10 menit pada suhu kamar. Pengawetan dilakukan dengan dua cara, yaitu: <i>normal curing</i> (NC) dan <i>oven curing</i> (OV) pada suhu 50°C .	[19]
<i>Unsaturated</i> <i>Polyester</i> (UP)	Kayu	Sebanyak 17,6 gr <i>phenolic formaldehyde</i> (PF) disemprotkan ke dalam mesin menggunakan pistol semprot bertekanan tinggi. Kemudian 88 gr UP dan 2,6 gr <i>methyl-ethyl ketone peroxide</i> (MEKP) dicampur secara homogen dan disemprotkan ke dalam mesin. Selanjutnya 8 gr lilin dipotong kecil-kecil dan ditambahkan. Partikel kayu yang diolah dirangkai menggunakan cetakan tuang (luas cetakan 350 mm x 350 mm) untuk membentuk plat, kemudian dipress panas menggunakan termos-kompresor (suhu: 200°C , tekanan: 5 MPa) selama 4 menit. Ukuran papan partikel yang diperoleh sekitar 30 cm x 30 cm x 1 cm.	[20]

3. HASIL DAN DISKUSI

Papan partikel harus memenuhi standar untuk dapat digunakan sebagai pengganti kayu dalam dunia industri. Tabel 2 menunjukkan Standar Nasional Indonesia untuk papan partikel. Kadar air, pengembangan tebal, dan

kerapatan adalah *physical properties* dari papan partikel. Umumnya kadar air papan partikel lebih rendah dari kadar air bahan baku yang digunakan [8], penurunan tersebut disebabkan oleh fragmentasi partikel kayu dan penggabungan lanjutan dari perekat, aditif dan penerapan suhu dan tekanan tinggi dalam proses pengepresan [18]. Pengembangan tebal papan partikel dipengaruhi oleh kerapatan dan kapasitas penyerapan air. Papan partikel dengan kerapatan yang lebih tinggi menyerap lebih sedikit air daripada papan partikel dengan kerapatan rendah [19].

Tabel 2: Standar Nasional Indonesia (SNI) Papan Partikel [29]

No	Sifat Papan Partikel	Parameter
1	Kadar Air	< 14%
2	Pengembangan Tebal	< 20%
3	Kerapatan	0,4-0,9 g/cm ³
4	Modulus Elastisitas (MOE)	> 2,04 x 10 ⁴ kg/cm ²
5	Modulus Patah (MOR)	> 82 kg/cm ²
6	Keteguhan Tarik	> 1,5 kg/cm ²

Modulus of elasticity (MOE), *Modulus of Rupture* (MOR), dan keteguhan tarik merupakan *mechanical properties* dari papan partikel. MOE atau kekuatan lentur papan partikel dipengaruhi oleh kandungan dan jenis bahan perekat yang digunakan, selain daya ikat rekat dan panjang serat [7]. Papan partikel akan semakin elastis jika nilai kekuatan lenturnya semakin tinggi [8]. MOR merupakan sifat mekanis yang menunjukkan kekuatan material dalam menahan beban yang bekerja terhadapnya sampai patah [21]. Secara umum, nilai MOE dan MOR yang diperoleh lebih baik untuk papan partikel dengan kerapatan yang lebih tinggi [18]. Sementara keteguhan tarik tegak lurus permukaan lembaran papan partikel juga biasa disebut dengan keteguhan internal atau *internal bound* (IB). Nilai IB papan partikel menggambarkan kekuatan ikatan antar partikel, sehingga IB dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan kualitas lembaran dimana hal tersebut berkaitan dengan sistem pembuatan papan partikel yang diterapkan [8].

Berdasarkan metode pembuatan papan partikel dari beberapa jurnal terdahulu, hasil uji dari papan partikel yang diperoleh disajikan di Tabel 3. Dari nilai kerapatan, kadar air, pengembangan tebal, keteguhan tarik, MOR dan MOE, papan partikel dari semua jurnal memenuhi SNI kecuali untuk nilai MOE yang diperoleh Trisatya dan Sulastiningsih [5], serta Abdulkareem dan Adeniyi [19]. SNI untuk nilai MOE harus lebih besar dari 2,04 x 10⁴ Kg/cm², sementara nilai MOE yang diperoleh kedua peneliti tersebut kurang dari nilai minimum SNI. Valarelli *et al.* [5] menyatakan sifat kelenturan papan partikel dipengaruhi oleh ukuran partikel penyusunnya, dimana papan partikel yang dari partikel kasar memiliki nilai kelenturan yang lebih tinggi daripada partikel halus. Karena partikel kasar memiliki luas kontak antar partikel yang terlaburi perekat lebih tinggi dibanding partikel halus. Rendahnya nilai MOE juga dapat terjadi jika masih banyak rongga udara pada papan partikel yang menyebabkan matriks tidak sepenuhnya mengisi ruang kosong pada serat sehingga daya ikat papan partikel semakin rendah [21].

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas papan partikel adalah perbandingan komposisi yang tepat antara perekat dan serbuk kayu [22]. Jenis serbuk yang digunakan juga mempengaruhi kualitas papan partikel. Semakin bagus dan kuat serbuk kayu yang digunakan sebagai bahan penguat papan partikel akan semakin bagus produk papan partikel tersebut [22]. Souza *et al.* [18] mendapatkan hasil fisik dan mekanik yang lebih baik dari papan partikel yang diproduksi dengan menggunakan partikel kayu Jati antara 75-100%. Sementara De Almeida *et al.* [10] menunjukkan bahwa, untuk resin dan bahan lignoselulosa dengan proporsi bambu 25% dan 50% meningkatkan nilai yang lebih tinggi daripada papan partikel dengan proporsi 100% kayu.

Beberapa proporsi bahan kayu dalam komposit ditembus oleh sistem resin yang membuat bagian sistem tersebut lebih hidrofobik daripada bahan kayu biasa. Ada banyak sistem resin yang masing masing memiliki sifat kimia yang unik, aplikasi proses, nilai ekonomi, dan kinerja produk akhir. Secara umum, semakin tahan air sistem resin terikat dan semakin dalam dan efektif sistem resin menembus atau membungkus dinding sel kayu, semakin tahan lama produk komposit kayu tersebut [23].

Selain itu, jenis perekat termoplastik atau termoseting yang digunakan akan memiliki pengaruh yang besar terhadap kinerja produk papan partikel. Termoplastik adalah polimer rantai panjang yang meleleh saat dipanaskan dan mengeras lagi saat didinginkan, umumnya memiliki lebih sedikit ketahanan terhadap panas, kelembaban, dan pemuatan statis jangka panjang daripada polimer termoseting. Contohnya adalah

polipropilen, polistiren, vinil, dan polietilena. Sementara termoseting membuat perekat struktural yang sangat baik karena bahan kimia tersebut mengalami perubahan kimiawi yang tidak dapat diubah saat diawetkan, dan saat dipanaskan kembali, bahan ini tidak melunak dan mengalir lagi. Mereka membentuk polimer ikatan silang yang dapat memiliki kekuatan tinggi, memiliki ketahanan terhadap kelembaban dan bahan kimia lainnya, dan cukup kaku untuk mendukung beban statis jangka panjang yang tinggi tanpa mengalami deformasi. *Fenol-formaldehida*, *resorsinol-formaldehida*, *melamin-formaldehida*, *urea-formaldehida*, isosianat, dan perekat epoksi adalah contoh dari polimer termoseting [3].

Tabel 3: Perbandingan hasil data

	Kerapatan (g/cm ³)	Kadar air (%)	Pengembangan Tebal (%)	Keteguhan Tarik (Kg/cm ²)	Modulus Patah (MOR) (Kg/cm ²)	Modulus Elastisitas (MOE) (Kg/cm ²)	Bahan
De almeida <i>et al.</i> [10]	0,6-0,79	12	-	-	188,95	29.798,35	Kayu <i>Eucalyptus grandis</i> dan bambu <i>Dendrocalamus asper</i>
Trisatya & Sulastiningsih [5]	0,67- 0,71	9,34–10,57	6,85–11,44	3,47-5,40	1.159,9	18.905	Kayu <i>Neolamarckia cadamba</i> dan bambu <i>Gigantochloa pseudoarundinaceae</i>
Souza <i>et al.</i> [18]	0,7- 0,8	± 7,9	1,56 – 10,18%	2,549-22,026	298,57	51.118	Kayu <i>Pinus sp.</i> dan Kayu <i>T.grandis</i>
Abdulkareem & Adeniyi [19]	0,543-0,637	-	0 – 9,09%	-	96,057	15.682,6	Limbah bambu
Li <i>et al.</i> [20]	0,65-0,75	-	1 – 5,6	6,73	149,898	22.454,15	Limbah kayu

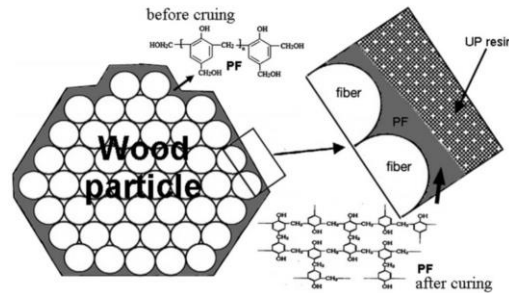
Frihart [24] menyatakan bahwa perekat termoseting secara bertahap mengambil alih abad ke-20, karena biasanya dianggap lebih efektif, lebih hemat biaya, dan lebih stabil dalam kondisi lembab. Dalam industri kayu seperti papan partikel, penggunaan resin berbasis formaldehid paling banyak digunakan [20]. Akan tetapi penggunaan senyawa formaldehid dapat menyebabkan dampak buruk terhadap pencemaran lingkungan dan dapat menyebabkan iritasi mata serta iritasi saluran pernapasan bagi para pekerja karena merupakan senyawa iritan yang parah [3,20,25,26]. Sehingga perlu adanya alternatif lain untuk mengurangi penggunaan perekat berbasis formaldehid.

De Almeida *et al.* [10] dalam penelitiannya menggunakan perekat *polyurethane* berbasis minyak jarak. Namun, pada dasarnya semua studi lanjutan yang menguji perekat berbahan dasar minyak membutuhkan durasi pengeringan semalaman (hingga 24 jam) pada suhu kamar untuk membuat semacam perekat *polyurethane* [24]. Selain itu, penggunaan perekat *Polyurethane* sintesis juga kurang mendukung karena senyawa *Polyurethane* dibentuk dari reaksi isosianat dengan campuran polioliol [3,24]. Gugus isosianat pada *Polyurethane* dapat menyebabkan asma akibat kerja dan merupakan bahan kimia yang sangat reaktif yang berpolimerisasi dengan cepat jika kontak dengan alkali kuat, asam mineral, dan air [3].

Souza *et al.* [18] dalam penelitiannya menggunakan perekat *epoxy* yang diperoleh dari limbah tinta berbasis *epoxy* sebagai alternatif lain untuk mengurangi penggunaan perekat berbasis formaldehid. Resin ini biasa digunakan dalam proses pengecatan bagian logam dengan teknik elektrostatis dan dalam bentuk serbuk yang sangat halus. Namun, limbah tinta berbasis *epoxy* tidak umum ditemukan di daerah Kalimantan. Sementara resin *epoxy* sintesis memiliki harga yang tinggi dan keawetan yang terbatas pada pengikat kayu, sehingga resin *epoxy* tidak memainkan peran penting dalam produksi produk kayu [24]. Selain itu, pengeras

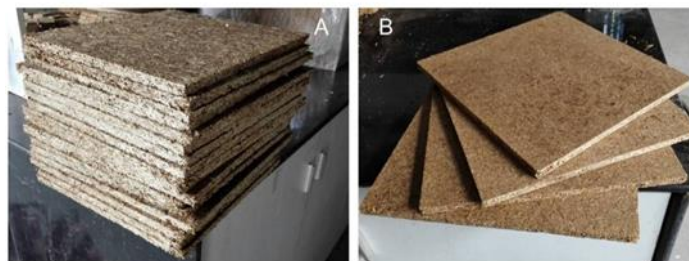
amina yang terdapat pada beberapa perekat *epoxy* memiliki sifat sensitive yang kuat terhadap kulit [3].

Li *et al.* [20] dalam penelitiannya menggunakan perekat *Unsaturated polyester* (UP) sebagai alternatif lain untuk mengurangi penggunaan perekat berbasis formaldehid. *Unsaturated polyester* dipolimerisasi dari *unsaturated acid*, *saturated acid*, dan polioliol [20]. Resin UP banyak digunakan untuk aplikasi komposit di dunia industri karena harga relatif murah, waktu *curing* cepat, mudah diwarnai, kestabilan dimensional baik dan mudah dalam penanganannya [27]. Prasetyanigrum *et al.* [28] menyatakan bahwa resin UP memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap panas, bahan kimia, asam maupun basa, memiliki gaya adhesi yang baik, dan membentuk komposit yang baik dengan kayu, serat alam, dan plastik.



Gambar 2. Skema struktur antarmuka antara partikel kayu dan UP [20]

Dalam metodenya, Li *et al.* [20] menggunakan katalis *methyl-ethyl ketone peroxide* (MEKP) dan memberikan perlakuan awal menggunakan *phenolic formaldehyde* (PF) terhadap serbuk kayu sebelum mengaplikasikan perekat untuk meningkatkan kerapatan papan. Singkatnya, PF meningkatkan sifat antarmuka UP dan partikel kayu secara signifikan dan keduanya meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan air [20]. PF yang digunakan dalam penelitian Li *et al.* [20] berbiaya rendah dan diubah dari hidrofilik menjadi hidrofobik melalui pemadatan. Dan setelah dilakukan pengujian emisi formaldehida dari PF tidak ditemukan adanya emisi karena setelah pengawetan formaldehid dan fenol terikat sepenuhnya untuk membentuk struktur tiga dimensi yang membuat reaksi tidak dapat diubah.



Gambar 3. Papan partikel FF (*formaldehyde-free*), (A). Tanpa *treatment phenolic formaldehyde*, (B). Dengan *treatment phenolic formaldehyde* [20]

Dari beberapa hasil penelitian yang diperoleh sebelumnya terkait penguat dari serat alam, diyakini bahwa potensi pemanfaatan limbah kayu ulin sebagai papan partikel dapat diterapkan. Sifat yang ramah lingkungan dan memiliki lignoselulose sangat memungkinkan limbah kayu ulin dikombinasikan dengan bambu dan berbagai *natural fiber composites* lainnya dan prediksi perkembangannya dapat digunakan di *industry furniture*. Perekat yang paling memungkinkan untuk dikombinasikan yaitu UP karena disamping *cost*, ramah lingkungan, dan mudah digunakan.

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat dikatakan jika kayu ulin dan bambu memiliki potensi untuk diterapkan dalam aplikasi papan partikel. Sebagaimana disebutkan sebelumnya bahwa kayu ulin memiliki karakteristik yang mendekati spesies kayu keras tropis lainnya, yaitu kayu jati (*T. grandis*). Melihat perbandingan hasil dari beberapa jurnal terdahulu yang telah dirangkum, nilai *physical* dan *mechanical properties* yang paling sesuai dengan SNI diperoleh dari papan partikel dengan proporsi kayu jati 75%-100%. Dan papan partikel dengan proporsi bambu 25%-50% dapat meningkatkan nilai *mechanical properties* produk papan partikel. Sehingga, disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah kayu ulin sebagai papan partikel dapat dilakukan. Dan pemanfaatan limbah bambu memiliki potensi besar untuk digunakan dalam

industri *furniture* karena dapat menjadi alternatif pengganti kayu. Selain itu, metode yang disarankan berdasarkan dari jenis perekat yang digunakan adalah metode yang menggunakan perekat *Unsaturated polyester*, hal ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan seperti harga perekat, kemudahan penggunaan perekat, dan dampak perekat terhadap lingkungan.

5. PERNYATAAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah membantu dalam hal pendanaan kegiatan ini. Serta berbagai pihak yang telah membantu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ISMAIL, I., AINI, Q., ZULFAINA Q., JALIL, Z., and FADZULLAH, S. H. S. Md, “Mechanical and physical properties of the rice straw particleboard with various compositions of the epoxy resin matrix,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1120, no. 1, p. 12014, doi: 10.1088/1742-6596/1120/1/012014.
- [2] TAMPUBOLON, B. S., “PEMANFAATAN LIMBAH KAYU GELAM (*Melaleuca cajuputi*) Dan SERBUK ULIN (*Eusideroxylon zwageri*) Serta Serbuk Campuran Untuk Pembuatan Papan Semen Partikel,” *J. Sylva Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 432–442, 2020.
- [3] ROSS, R. J., “Wood handbook: wood as an engineering material,” *USDA For. Serv. For. Prod. Lab. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-190, 2010 509 p. 1 v.*, vol. 190, 2010.
- [4] ATOYEBI, O. D., AWOLUSI, T. F., DAVIEW, I. E. E., “Artificial neural network evaluation of cement-bonded particle board produced from red iron wood (*Lophira alata*) sawdust and palm kernel shell residues,” *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 9, p. e00185, 2018.
- [5] TRISATYA, D. R. and SULISTINIGSIH, I. M., “Sifat papan partikel dari campuran kayu jabon dan bambu andong,” *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 37, no. 2, pp. 123–136, 2019.
- [6] LAKSONO, A. D., ERNAWATI, L., MARYANTI, D., “Pengaruh Fraksi Volume Komposit Polyester Berpenguat Limbah Serbuk Kayu Bangkirai terhadap Sifat Material Akustik,” *Rekayasa Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 277–285, 2020.
- [7] MALONEY, T. M., *Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing*. Miller Freeman Publication, 1993.
- [8] KARTIKA I. A. and PRATIWI, D. F., “Karakteristik papan partikel dari bambu dengan perekat getah damar,” *J. Agroindustrial Technol.*, vol. 28, no. 1, 2018.
- [9] FAZITA, M. R. N. *et al.*, “Green composites made of bamboo fabric and poly (lactic) acid for packaging applications—A review,” *Materials (Basel)*, vol. 9, no. 6, p. 435, 2016.
- [10] DE ALMEIDA, A. C. *et al.*, “Wood-bamboo particleboard: Mechanical properties,” *BioResources*, vol. 12, no. 4, pp. 7784–7792, 2017.
- [11] AISO-SANADA, H. *et al.*, “Basic wood properties of Borneo ironwood (*Eusideroxylon zwageri*) planted in Sarawak, Malaysia,” *Tropics*, vol. 28, no. 4, pp. 99–103, 2020.
- [12] IRAWAN, B., “Physical and Mechanical Properties of Four Varieties of Ironwood,” *J. Ilmu dan Teknol. Kayu Trop.*, vol. 14, no. 2, pp. 175–182, 2016.
- [13] AYRILMIS, N., KWON, J. H., HAN, T. H., “Effect of resin type and content on properties of composite particleboard made of a mixture of wood and rice husk,” *Int. J. Adhes. Adhes.*, vol. 38, pp. 79–83, 2012.
- [14] CHEN, Y.-C. and TAI, W., “Castor oil-based polyurethane resin for low-density composites with bamboo charcoal,” *Polymers (Basel)*, vol. 10, no. 10, p. 1100, 2018.
- [15] LAKSONO, A. D. and ADLINA, N., “Pengaruh Perlakuan Alkalinisasi Serat Alam Kayu Bangkirai (*Shorea laevifolia* Endert) pada Sifat Mekanik Komposit dengan Matriks Poliester,” *JST (Jurnal Sains Ter.)*, vol. 5, no. 2, pp. 60–66, 2019.
- [16] SAPUAN, S. M., *Composite materials: Concurrent engineering approach*. Butterworth-Heinemann, 2017.
- [17] DEVENDRAPPA, K. C., GURUCHETHAN, A. M., MIRASHI, D. N., SURESUH, K. S., “Mechanical And Chemical Characterisation Of Wood Powder Polymer CompositeS,” 2017.
- [18] SOUZA, A. M. *et al.*, “Wood-based composite made of wood waste and epoxy based ink-waste as adhesive: A cleaner production alternative,” *J. Clean. Prod.*, vol. 193, pp. 549–562, 2018.

- [19] ABDULKAREEM, S. A., and ADENIYI, A. G., “Production of particle boards using polystyrene and bamboo wastes,” *Niger. J. Technol.*, vol. 36, no. 3, pp. 788–793, 2017.
- [20] LI, R. *et al.*, “A novel particleboard using unsaturated polyester resin as a formaldehyde-free adhesive,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 148, pp. 781–788, 2017.
- [21] SARI, D. P. and MORA, M., “Pengaruh Komposisi Tempurung Kelapa, Ampas Tebu, dan Perekat Resin Epoksi terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel,” *J. Fis. Unand*, vol. 9, no. 2, pp. 264–269, 2020.
- [22] NUGROHO, E. and ASRONI, A., “Pengaruh Komposisi Resin Terhadap Kekuatan Mekanik Papan Partikel Yang Diperkuat Serbuk Kayu Akasia,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [23] WINANDY, J. E. and MORELL, J. J., “Improving the utility, performance, and durability of wood-and bio-based composites,” *Ann. For. Sci.*, vol. 74, no. 1, p. 25, 2017.
- [24] SOLT, P. *et al.*, “Technological performance of formaldehyde-free adhesive alternatives for particleboard industry,” *Int. J. Adhes. Adhes.*, vol. 94, pp. 99–131, 2019.
- [25] LIANG, W., LY M., YANG, X., “The effect of humidity on formaldehyde emission parameters of a medium-density fiberboard: Experimental observations and correlations,” *Build. Environ.*, vol. 101, pp. 110–115, 2016.
- [26] AYU, R. A. R. M., “Kadar Formaldehid Udara Dan Iritasi Mata Pada Pekerja,” *J. Kesehat. Lingkungan*, vol. 9, no. 2, pp. 191–199, 2017.
- [27] BERTHELOT, J. M., “Composite materials. Mechanical behaviour and structures analysis.),” *MASSON, PARIS(FRANCE), 1992, 620*, 1999.
- [28] HESTIAWAN, H. and JAMASRI, K., “Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap Sifat Mekanis Resin Poliester Tak Jenuh,” *Teknosia*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [29] B. S. Nasional, “Papan partikel,” *Standar Nas. Indones.*, pp. 3–2105, 2006.