

**CHARACTERIZATION OF CACAO-POD HUSK (*Theobroma cacao L.*)
PARTICLEBOARD BASED ON VARIETY AND CONCENTRATIONS OF ADHESIVES**

KARAKTERISASI PAPAN PARTIKEL DARI KULIT BUAH KAKAO (*Theobroma cacao L.*) DALAM VARIASI JENIS DAN KONSENTRASI PEREKAT

Harbert Hugo, Bambang Admadi Harsojuwono*, Ni Putu Suwariani

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana
Jimbaran, Badung, Indonesia

Diterima 12 September 2024 / Disetujui 5 Januari 2025

ABSTRACT

Particle board is an artificial board created by combining lignocellulosic chips/particles using pressed synthetic adhesive to obtain characteristics similar to solid wood. This research aims to determine the effect of the types and concentrations of adhesive that produces the best particle board characteristics. This research used a Randomized Block Design (RBD) with treatment variations between types of adhesive, namely PVAc, epoxy, and urea formaldehyde, as well as adhesive concentration levels consisting of 50%, 55%, 60%, and 65%, with a total of 12 combinations. Each treatment was grouped into 2 based on the time the particle board was made to obtain 24 experimental units. The variables observed were physical properties which included: density, water content, water absorption capacity, and thickness expansion, then mechanical properties which included: modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bonding, and screw holding strength. The data obtained was analyzed for diversity and continued with the Honestly Significant Difference Test (HSD). The research results showed that the types and concentrations of adhesive had a very significant effect on water absorption capacity, thickness expansion, MOR, MOE, internal bonding, screw holding strength, had a significant effect on water content, and had no significant effect on density. Applying a 65% concentration of PVAc adhesive results in properties that fulfill most of the test criteria outlined in SNI 03-2105-2006 regarding particle boards, with a density value of 0.83 g/cm³, water content 12.81%, water absorption capacity 10.97%, thickness expansion 1.25%, MOR 33.38 kg/cm², MOE 1490.83 kg/cm², internal bonding 4.68 kg/cm², and screw holding strength 4.85 kgf.

Keywords : Particleboard, types and concentrations of adhesive

ABSTRAK

Papan partikel merupakan papan buatan yang tercipta melalui penggabungan serpihan/ partikel lignoselulosa menggunakan perekat sintesis yang dipres sehingga memperoleh karakteristik yang mirip dengan kayu padat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi perekat yang menghasilkan karakteristik papan partikel terbaik. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan variasi antara jenis perekat yaitu PVAc, epoksi, dan urea formaldehida, serta tingkat konsentrasi perekat yang terdiri dari 50%, 55%, 60%, dan 65%, dengan jumlah kombinasi sebanyak 12, masing-masing perlakuan dikelompokkan menjadi 2 berdasarkan waktu pembuatan papan partikel sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Variabel yang diamati yaitu sifat fisis yang meliputi: kerapatan, kadar air, [†]daya serap air, serta pengembangan tebal, kemudian sifat mekanik yang meliputi: *modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bonding*, serta kuat pegang sekrup.

* Korespondensi Penulis :

Email : bambang.admadi@unud.ac.id

Data yang diperoleh dianalisis keragamannya dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat berpengaruh sangat nyata terhadap daya serap air, pengembangan tebal, MOR, MOE, internal bonding, kuat pegang sekrup, berpengaruh nyata terhadap kadar air, dan tidak berpengaruh nyata terhadap kerapatan. Perlakuan jenis perekat PVAc dengan konsentrasi 65% menghasilkan karakteristik yang telah memenuhi mayoritas indikator uji berdasarkan SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel, dengan nilai kerapatan $0,83 \text{ g/cm}^3$, kadar air 12,81%, daya serap air 10,97%, pengembangan tebal 1,25%, MOR $33,38 \text{ kg/cm}^2$, MOE $1490,83 \text{ kg/cm}^2$, *internal bonding* $4,68 \text{ kg/cm}^2$, dan kuat pegang sekrup 4,85 kgf.

Kata kunci : Papan partikel, jenis dan konsentrasi perekat

PENDAHULUAN

Kakao merupakan salah satu komoditas yang peranannya penting bagi perekonomian nasional dengan sebaran sentra penanaman yang cukup banyak dan tumbuh dengan baik di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2022). Pada tahun 2021, luas lahan perkebunan kakao di Indonesia mencapai 1.460.396 hektar yang terdiri dari perkebunan rakyat seluas 1,45 juta hektar (99,39%), perkebunan besar swasta seluas 8,21 ribu hektar (0,56%), sementara perkebunan besar negara hanya mengusahakan 0,67 ribu hektar (0,05%). Menurut Badan Pusat Statistik (2021), produksi Indonesia kakao mencapai 688.210 ton dan dinyatakan sebagai penghasil kakao terbesar ke-6 di dunia.

Bali merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki sektor pertanian yang sangat luas, salah satunya adalah perkebunan kakao di Kabupaten Jembrana (Ardana and Yuliarmi, 2020). Pada tahun 2022, Kabupaten Jembrana memproduksi 2.943 ton dari total 4.736 ton kakao di seluruh Provinsi Bali (Badan Pusat Statistik, 2022). Sebagian besar kakao dimanfaatkan bijinya sebagai produk utama sementara kulit buahnya dianggap sebagai sisa hasil samping. Jika di Bali menghasilkan 4.736 ton buah kakao, maka total sisa hasil samping kulit kakao dapat mencapai 3.552 ton. Jumlah sisa hasil samping kulit buah kakao apabila tidak ditangani secara serius maka akan mencemari lingkungan seperti menimbulkan bau yang tidak sedap (Purnamawati and Utami, 2014). Umumnya sisa hasil samping kulit kakao dibiarkan membusuk begitu saja di sekitar area perkebunan.

Guna mengatasi hal tersebut di atas diperlukan pemanfaatan sisa hasil samping kulit buah kakao, salah satunya adalah pembuatan papan partikel. Menurut Sobamiwa and Longe (1994) dalam penelitian Lu et al. (2018), kulit buah kakao mengandung 19,7-26,1% selulosa, 8,7-12,8% hemiselulosa, 14-28% lignin, serta 6,0-12,6% pektin. Sari and Mora (2020) mengemukakan bahwa kulit kakao mengandung lignoselulosa sama seperti serbuk kayu, dan oleh karena terdapat lignin yang mampu mengikat serat selulosa dan hemiselulosa, sisa hasil samping berupa kulit buah kakao sangat cocok untuk dimanfaatkan dalam pembuatan papan partikel.

Menurut Dumanauw (1984) dalam Sudiryanto (2015), papan partikel merupakan papan buatan yang tercipta melalui penggabungan serpihan kayu menggunakan perekat sintetis yang dipres sehingga memperoleh karakteristik yang mirip dengan kayu padat. Sementara itu menurut Maloney (1993) dalam Purwanto (2016), menjelaskan bahwa papan partikel merupakan 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 dikempa panas.

Keberhasilan pembuatan papan partikel dan karakteristiknya dipengaruhi banyak faktor diantaranya jenis dan konsentrasi perekat yang digunakan. Pradana et al. (2018) yang membuat papan partikel dari kulit buah kakao dengan menggunakan perekat *polivinyl acetate* (PVAc) 47,5%, namun karakteristik papan partikel yang diperoleh belum memenuhi SNI 03-2105-2006, terutama pada nilai daya serap air dan pengembangan tebal yang terlalu tinggi, serta nilai MOR dan MOE yang masih rendah. Sementara itu, Mustafa et al. (2020) menunjukkan bahwa papan partikel dari limbah

gergajian kayu jabon dan kayu sengon menggunakan perekat resin *polyester* (epoksi) pada konsentrasi 30 dan 40% menghasilkan kadar air dan kerapatan yang telah memenuhi SNI 03-2105-2006. Rangkuti (2011) yang membuat papan partikel dari serat kulit jagung menggunakan perekat *polyester* (epoksi) 40% menghasilkan papan partikel dengan sifat fisis dan mekanis terbaik yang telah memenuhi SNI 03-2105-2006, kecuali pada modulus elastisitas. Adapun penelitian Setyo et al. (2008) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi perekat urea formaldehida hingga 20%, semakin meningkatkan karakteristik fisis dan mekanis papan partikel dari limbah kayu aren dan serbuk gergaji. Sementara itu Sulastiningsih et al. (2006) menjelaskan bahwa peningkatan perekat sampai konsentrasi optimal dalam pembuatan papan partikel bambu, menyebabkan peningkatan nilai keteguhan rekat internal, modulus patah serta modulus elastisitas, namun menurunkan nilai pemuai ketebalan dan daya serap air. Hal ini berarti jenis dan konsentrasi perekat tertentu hanya bisa digunakan pada bahan tertentu pula untuk menghasilkan papan partikel terbaik dan memenuhi SNI 03-2105-2006.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi perekat terhadap karakteristik papan partikel dari kulit buah kakao serta menentukan jenis dan konsentrasi perekat yang tepat sehingga dihasilkan karakteristik terbaik dari papan partikel kulit buah kakao.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L) jenis *Forastero* yang diperoleh dari Desa Blimbingsari, Kabupaten Jembrana, Bali, serta perekat *polivinyl acetate* (FOX), resin epoksi (Avian), dan urea formaldehida (PT. Dover Chemical). Adapun bahan pendukung yang digunakan dalam penelitian ini seperti *baking paper*, *tissue*, dan kertas label.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari seperangkat alat uji kuat tarik serta alat uji kuat tekan yang akan digunakan dalam proses pengujian variabel papan partikel sesuai dengan SNI 03-2105-2006. Adapun alat bantu lainnya berupa oven *dryer*, bor listrik (Tosita), ember, *grinder* elektrik (Keletool), ayakan 50 *mesh* dan 60 *mesh*, timbangan digital, desikator, wadah cetakan berukuran 20 cm x 20 cm x 2 cm, mesin *press*, mistar, jangka sorong, *cutter*, dan gunting dalam proses persiapan bahan serta pembuatan papan partikel.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan variasi antara jenis perekat yaitu PVAc, epoksi, dan urea formaldehida, serta tingkat konsentrasi perekat yang terdiri dari 50%, 55%, 60%, dan 65%, dengan jumlah kombinasi sebanyak 12, masing-masing perlakuan dikelompokkan menjadi 2 berdasarkan waktu pembuatan papan partikel sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ).

Pelaksanaan Penelitian (Pradana et al., 2018, Rangkuti, 2011, and Sulastiningsih et al., 2006)

Persiapan bahan baku berupa kulit buah kakao mengikuti Pradana et al. (2018). Kulit buah kakao yang telah dikeluarkan bijinya serta kulit arinya dilakukan pengecilan ukuran ± 5 cm pada setiap potongan. Selanjutnya, potongan kulit kakao dijemur di bawah sinar matahari hingga kering dan memiliki kadar air $\pm 15\%$, kemudian dihaluskan dengan menggunakan mesin *grinder* elektrik. Kulit buah kakao yang telah dihaluskan diayak menggunakan ayakan berukuran 50 *mesh* dan 60 *mesh* dengan kriteria lolos ayakan 50 *mesh* tetapi tidak lolos ayakan 60 *mesh*.

Perlakuan pada perekat PVAc mengikuti Pradana et al., (2018), dimana perekat ditimbang terlebih

dahulu menggunakan timbangan digital sesuai perlakuan, kemudian ditambahkan lagi 2 mL air lalu diaduk hingga merata. Untuk resin epoksi mengacu pada Rangkuti (2011) dimana cairan resin epoksi ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan digital sesuai perlakuan, kemudian dicampur dengan *hardener* sebanyak 5% dari jumlah resin untuk setiap komposisi. Kedua komponen diaduk agar memperoleh larutan yang merata. Sulastiningsih et al. (2006) memberlakukan perekat urea formaldehida dengan menimbanginya sesuai dengan perlakuan, kemudian ditambahkan jenis *hardener* NH_4Cl sebanyak 1% dari jumlah perekat untuk setiap komposisi..

Pembuatan papan partikel kulit buah kakao mengikuti Pradana et al. (2018). Setiap sampel percobaan dibuat dengan mencampurkan perekat sesuai perlakuan, kemudian ditambahkan dengan hancuran kulit buah kakao bermassa 200 g, lalu diaduk dengan mata pengaduk yang disambungkan pada bor listrik agar merata. Selanjutnya, adonan papan partikel kulit buah kakao diletakkan pada wadah cetakan berukuran 20 cm x 20 cm x 2 cm yang memiliki alas *baking paper* agar tidak lengket. Adonan kemudian dikempa menggunakan mesin *press*. Papan partikel yang telah dikempa didiamkan dalam suhu ruangan selama 4 jam kemudian diangkat, dimasukkan ke dalam oven *dryer* untuk dipanaskan selama 12 jam dengan suhu 50°C. Papan partikel yang sudah mengeras dipotong ujungnya dengan rapi agar terlihat homogen.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati untuk menentukan karakteristik papan partikel digolongkan menjadi dua, yaitu sifat fisis yang meliputi: kerapatan, kadar air, daya serap air, serta pengembangan tebal, kemudian sifat mekanik yang meliputi: *modulus of elasticity*, *modulus of rupture*, *internal bonding*, dan kuat pegang sekrup (Badan Standardisasi Nasional, 2006). Karakteristik terbaik papan partikel dalam penelitian ini ditentukan oleh perlakuan yang memenuhi mayoritas indikator uji dari standar yang digunakan yakni SNI 03-2105-2006 tentang mutu papan partikel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat serta interaksi keduanya berpengaruh tidak nyata ($p < 0,01$) terhadap kerapatan dari papan partikel kulit buah kakao. Kerapatan papan partikel dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat mempunyai nilai berkisar 0,71 - 0,83 g/cm^3 , seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kerapatan (g/cm^3) papan partikel kulit buah kakao dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat

Konsentrasi (%)	Jenis Perekat		
	PVAc	Epoksi	Urea formaldehida
50	0,72 ^a	0,71 ^a	0,71 ^a
55	0,74 ^a	0,72 ^a	0,72 ^a
60	0,79 ^a	0,76 ^a	0,75 ^a
65	0,83 ^a	0,76 ^a	0,77 ^a

Keterangan : Huruf yang sama di belakang rata pada baris dan kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf kesalahan 5%

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kerapatan dari papan partikel kulit buah kakao telah memenuhi SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel. Nurdin et al. (2019) menyatakan semakin banyak perekat yang digunakan, semakin tinggi pula kerapatan/densitas papan partikel tersebut. Selain itu, dengan penambahan jumlah perekat akan meningkatkan kekompakan ikatan antar partikel,

dikarenakan rongga yang terdapat di dalam papan tersebut akan semakin kecil ketika diisi perekat, sehingga nilai kerapatan semakin meningkat (Indrayanti et al., 2023). Sugiarta et al. (2022) menunjukkan hasil yang sama, semakin tinggi kadar perekat limbah plastik *polyethylene terephthalate* (PET) dibandingkan dengan *filler* serbuk bambu, maka nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Kadar Air

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai kadar air dari papan partikel kulit buah kakao. Kadar air papan partikel dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat mempunyai nilai berkisar 10,44 - 14,74 g/cm², seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai kadar air (%) pada papan partikel kulit buah kakao dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat

Konsentrasi (%)	Jenis Perekat		
	PVAc	Epoksi	Urea formaldehida
50	14,74 ^a	11,31 ^f	13,77 ^b
55	13,67 ^{bc}	10,85 ^f	13,74 ^b
60	12,93 ^{bcd}	10,59 ^f	13,27 ^{bcd}
65	12,81 ^{cd}	10,44 ^f	12,6 ^{de}

Keterangan : Huruf yang sama di belakang rata pada baris dan kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf kesalahan 5%

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa papan partikel yang menggunakan jenis perekat PVAc dengan konsentrasi 50% serta menghasilkan nilai kadar air tertinggi yang berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya. Jenis perekat epoksi dengan konsentrasi 50-65% menghasilkan nilai kadar air rendah yang tidak berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya.

Nilai kadar air dari papan partikel kulit buah kakao telah memenuhi SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel yaitu dibawah 14%. Umumnya kadar air papan partikel cenderung lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakunya (Massijaya et al., 2005 *dalam* Pradana et al., 2018). Hal ini disebabkan terjadinya penguapan air pada perlakuan pengempaan panas dalam suhu tinggi. Didukung oleh Mawardi (2009) bahwa semakin tinggi jumlah perekat dalam batas tertentu dengan pengempaan suhu tinggi, menyebabkan rongga partikel tertutup lebih sempurna sehingga tidak mudah terjadi penyerapan air.

Daya Serap Air

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai daya serap air dari papan partikel kulit buah kakao. Daya serap air papan partikel dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat mempunyai nilai berkisar 10,97 – 38,33%, seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa papan partikel yang menggunakan jenis perekat PVAc dengan konsentrasi 50% menghasilkan nilai daya serap air tertinggi yaitu 38,33% yang berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya. Jenis perekat PVAc dan urea formaldehida dengan konsentrasi 60-65%, serta perekat epoksi dengan konsentrasi 65% menghasilkan nilai daya serap air rendah yang tidak berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya.

Tabel 3. Nilai daya serap air (%) pada papan partikel kulit buah kakao dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat

Konsentrasi (%)	Jenis Perekat		
	PVAc	Epoksi	Urea formaldehida
50	38,33 ^a	23,41 ^{bc}	28,8 ^b
55	28,34 ^b	23,18 ^{bc}	23,78 ^{bc}
60	16,37 ^{de}	21,8 ^{cd}	16,76 ^{de}
65	10,97 ^e	14,37 ^e	12,3 ^e

Keterangan : Huruf yang sama di belakang rata pada baris dan kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf kesalahan 5%

Nilai daya serap air dari papan partikel yang dihasilkan berkorelasi kuat dengan tingkat kerapatannya. dimana nilai daya serap air berbanding terbalik dengan nilai kerapatan (Sedayu et al., 2008). Semakin tinggi nilai kerapatan, semakin rendah pula nilai daya serap air. Hal ini disebabkan rongga antar partikel telah diisi oleh perekat sehingga semakin sedikit rongga yang dapat diisi oleh air (Pradana et al., 2018). Meskipun tidak ditetapkan dalam SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel, pengujian ini tetap perlu dilakukan guna sebagai pertimbangan untuk menentukan apakah papan partikel layak digunakan pada eksterior atau hanya untuk interior (Siregar et al., 2014).

Pengembangan Tebal

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai pengembangan tebal dari papan partikel kulit buah kakao. Pengembangan tebal papan partikel dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat mempunyai nilai berkisar 1,14 – 8,20%, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai pengembangan tebal (%) pada papan partikel kulit buah kakao dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat

Konsentrasi (%)	Jenis Perekat		
	PVAc	Epoksi	Urea formaldehida
50	8,20 ^a	1,75 ^c	2,17 ^{bc}
55	7,25 ^a	1,59 ^c	1,98 ^{bc}
60	5,36 ^{ab}	1,56 ^c	1,47 ^c
65	1,25 ^e	1,14 ^c	1,35 ^c

Keterangan : Huruf yang sama di belakang rata pada baris dan kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf kesalahan 5%

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa papan partikel yang menggunakan jenis perekat PVAc dengan konsentrasi 50% menghasilkan nilai pengembangan tebal tertinggi yaitu 8,2% yang tidak berbeda nyata dengan jenis perekat PVAc dengan konsentrasi 55-60%, tapi berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya. Jenis perekat PVAc dengan konsentrasi 65%, epoksi dengan konsentrasi 50-65%, serta urea formaldehida dengan konsentrasi 60-65% menghasilkan nilai pengembangan tebal rendah yang tidak berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya.

Nilai pengembangan tebal dari papan partikel kulit buah kakao telah memenuhi SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel yaitu dibawah 12%. Adapun hubungan berbanding lurus antara nilai daya serap air dan nilai pengembangan tebal. Hal ini diperkuat oleh Sudiryanto (2015) bahwa pengembangan tebal ditentukan oleh daya serap air yang dipengaruhi oleh volume rongga penyerap air antar partikel, permukaan partikel yang dilapisi perekat, dan kedalaman penetrasi perekat antar partikel. Pernyataan

ini sejalan dalam penelitian Septiani et al. (2022) tentang sifat fisik dan mekanik papan partikel dari campuran serbuk gergaji dan ampas tebu pada berbagai konsentrasi perekat urea formaldehida, yang menunjukkan bahwa konsentrasi perekat urea formaldehida sebesar 14% menghasilkan nilai pengembangan tebal tertinggi yakni 34,87% dibandingkan dengan konsentrasi perekat urea formaldehida 10% dan 12% yang hanya menghasilkan masing-masing 19,87% dan 19,4%.

Modulus of Rupture (MOR)

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai *modulus of rupture* dari papan partikel kulit buah kakao. *Modulus of rupture* papan partikel dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat mempunyai nilai berkisar 12,46 – 45,74 kg/cm², seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai *modulus of rupture* / MOR (kg/cm²) pada papan partikel kulit buah kakao dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat

Konsentrasi (%)	Jenis Perekat		
	PVAc	Epoksi	Urea formaldehida
50	20,86 ^{ef}	12,46 ^g	27,01 ^{cd}
55	24,45 ^{de}	16,43 ^{fg}	31,21 ^{bc}
60	27,41 ^{cd}	21,84 ^{def}	43,25 ^a
65	33,38 ^b	23,14 ^{de}	45,74 ^a

Keterangan : Huruf yang sama di belakang rata pada baris dan kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf kesalahan 5%

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa papan partikel yang menggunakan jenis perekat urea formaldehida dengan konsentrasi 65% menghasilkan nilai MOR tertinggi yaitu 45,74 kg/cm² yang tidak berbeda nyata dengan jenis perekat urea formaldehida dengan konsentrasi 60%. Jenis perekat epoksi dengan konsentrasi 50-55% menghasilkan nilai MOR terendah yang tidak berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya.

Semakin tinggi konsentrasi perekat yang dicampurkan, semakin meningkat pula nilai MOR. Penelitian Malau et al. (2016) tentang kualitas papan partikel batang pisang barangan berdasarkan variasi kadar perekat phenol formaldehida memperoleh hasil yang serupa yaitu pemakaian konsentrasi perekat yang meningkat sebesar 12%, 14%, serta 16% menghasilkan papan partikel dengan nilai MOR yang meningkat secara signifikan. Hal ini juga selaras pada penelitian terdahulu tentang papan partikel ampas tebu (Iskandar and Supriadi, 2013) dan papan partikel bambu (Sulastiningsih et al., 2006). Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai MOR dari papan partikel kulit buah kakao belum memenuhi SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel.

Modulus of Elasticity (MOE)

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai *Modulus of Elasticity* dari papan partikel kulit buah kakao. *Modulus of Elasticity* partikel dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat mempunyai nilai berkisar 794,37– 2567,65 kg/cm², seperti terlihat pada Tabel 6.

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa papan partikel yang menggunakan jenis perekat urea formaldehida dengan konsentrasi 65% menghasilkan nilai MOE tertinggi yaitu 2567,65 kg/cm² yang berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya. Sedangkan papan partikel yang menggunakan jenis perekat epoksi dan urea formaldehida dengan konsentrasi 50% menghasilkan nilai MOE yang rendah yang tidak berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya.

Tabel 6. Nilai *modulus of elasticity* / MOE (kg/cm²) pada papan partikel kulit buah kakao dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat

Konsentrasi (%)	Jenis Perekat		
	PVAc	Epoksi	Urea formaldehida
50	871,8 ^j	794,37 ^k	787,78 ^k
55	945,29 ^h	931,14 ^{hi}	1082,61 ^f
60	1076,84 ^{fg}	1114,98 ^e	1272,41 ^d
65	1490,83 ^c	2469,99 ^b	2567,65 ^a

Keterangan : Huruf yang sama di belakang rata pada baris dan kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf kesalahan 5%

Semakin tinggi konsentrasi perekat, nilai MOE juga akan meningkat. Maloney (1993) menyatakan bahwa nilai MOE dipengaruhi oleh kandungan dan jenis bahan perekat yang digunakan, serta daya ikat perekat. Sulastiningsih et al. (2006) dalam penelitiannya tentang pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bambu memperoleh hasil yang sejalan, papan partikel yang menggunakan perekat jenis urea formaldehida (UF) cair dengan konsentrasi 8%, 9%, 10%, 11%, serta 12% menghasilkan nilai MOE yang meningkat secara signifikan yang berkisar 7,485-25,315 kg/cm². Fenomena MOE sejalan dengan apa yang terjadi pada MOR. Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai MOE dari papan partikel kulit buah kakao belum memenuhi SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel.

Internal Bonding (IB)

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai *Internal Bonding* dari papan partikel kulit buah kakao. *Internal Bonding* partikel dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat mempunyai nilai berkisar 794,37– 2567,65 kg/cm², seperti terlihat pada Tabel 7.

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa papan partikel yang menggunakan jenis perekat urea formaldehida dengan konsentrasi 60% menghasilkan nilai *internal bonding* tertinggi yaitu 6,2 kg/cm² yang tidak berbeda nyata dengan jenis perekat urea formaldehida dengan konsentrasi 50-55%. Jenis perekat epoksi dengan konsentrasi 50-65% menghasilkan nilai *internal bonding* rendah yang berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya. Nilai *internal bonding* dari papan partikel kulit buah kakao telah memenuhi SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel, kecuali pada jenis perekat PVAc dengan konsentrasi 50% dan 55%. Semakin tinggi konsentrasi perekat, umumnya nilai *internal bonding* juga meningkat. Sitanggang et al. (2015) mengemukakan bahwa semakin banyak perekat yang digunakan, ikatan antar partikel dalam papan akan meningkat, begitu pula dengan kemampuan papan untuk menahan beban.

Tabel 7. Nilai *internal bonding* (kg/cm²) pada papan partikel kulit buah kakao dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat

Konsentrasi (%)	Jenis Perekat		
	PVAc	Epoksi	Urea formaldehida
50	3,67 ^{cd}	0,81 ^e	5,58 ^{ab}
55	3,88 ^c	1,29 ^e	5,83 ^{ab}
60	4,42 ^{bc}	1,88 ^e	6,2 ^a
65	4,68 ^{bc}	1,96 ^e	4,38 ^{bc}

Keterangan : Huruf yang sama di belakang rata pada baris dan kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf kesalahan 5%

Semakin tinggi konsentrasi perekat, umumnya nilai *internal bonding* juga meningkat. Sitanggang et al. (2015) mengemukakan bahwa semakin banyak perekat yang digunakan, ikatan antar partikel dalam papan akan meningkat, begitu pula dengan kemampuan papan untuk menahan beban.

Kuat Pegang Sekrup

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa jenis dan konsentrasi perekat serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap nilai kuat pegang sekrup dari papan partikel kulit buah kakao. Kuat pegang sekrup partikel dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat mempunyai nilai berkisar 1,95 – 6,55 kgf, seperti terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai kuat pegang sekrup (kgf) pada papan partikel kulit buah kakao dalam variasi jenis dan konsentrasi perekat

Konsentrasi (%)	Jenis Perekat		
	PVAc	Epoksi	Urea formaldehida
50	3,45 ^{ef}	1,95 ^g	6,1 ^{bc}
55	3,85 ^{def}	2,3 ^g	6,55 ^b
60	4,15 ^{de}	2,95 ^{fg}	7,8 ^a
65	4,85 ^{cd}	2,15 ^g	5,95 ^{bc}

Keterangan : Huruf yang sama di belakang rata pada baris dan kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada taraf kesalahan 5%

Pada Tabel 10 menunjukkan bahwa papan partikel yang menggunakan jenis perekat urea formaldehida dengan konsentrasi 60% menghasilkan nilai kuat pegang sekrup tertinggi yaitu 7,8 kgf yang berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya. Papan partikel yang menggunakan jenis perekat epoksi dengan konsentrasi 50-65% menghasilkan nilai kuat pegang sekrup rendah yang tidak berbeda nyata dengan jenis dan konsentrasi perekat lainnya.

Semakin tinggi konsentrasi perekat, nilai kuat pegang sekrup juga akan meningkat. Hasil penelitian Gultom et al. (2013) tentang sifat fisik mekanik papan partikel jerami padi menunjukkan bahwa nilai kuat pegang sekrup pada papan partikel yang menggunakan perekat urea formaldehida (UF) dengan konsentrasi masing-masing 12%, 14%, serta 16% mengalami kenaikan, baik dari komposisi bahan 450g, 540g, maupun 630g. Diperkuat oleh Siska et al. (2018) dengan penelitian kualitas papan partikel dari limbah gergajian kayu bangkirai (*Shorea laevis* Ridl) yang memperoleh data selaras dimana nilai kuat pegang sekrup pada papan partikel dengan perekat jenis urea formaldehida (UF) konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, serta 25% meningkat secara bertahap dengan kisaran antara 5,33-71,33 kgf. Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai kuat pegang sekrup dari papan partikel kulit buah kakao belum memenuhi SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: Jenis dan konsentrasi perekat berpengaruh terhadap kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, MOR, MOE, *internal bonding*, kuat pegang sekrup, dan tidak berpengaruh terhadap kerapatan. Perlakuan jenis perekat PVAc dengan konsentrasi 65% menghasilkan karakteristik yang telah memenuhi mayoritas indikator uji berdasarkan SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel, dengan nilai kerapatan 0,83 g/cm³, kadar air 12,81%, daya serap air 10,97%, pengembangan tebal 1,25%,

MOR 33,38 kg/cm², MOE 1490,83 kg/cm², *internal bonding* 4,68 kg/cm², dan kuat pegang sekrup 4,85 kgf.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jenis bahan baku yang digunakan untuk memperbaiki kualitas, sifat fisis serta sifat mekanik, terutama pada nilai MOR, MOE, serta kuat pegang sekrup pada papan partikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardana, I. G. A. P., dan Yuliarmi, N. N. 2020. Pengaruh luas lahan dan pelatihan terhadap produksi dan pendapatan petani kakao di desa yehembang kauh kecamatan mendoyo kabupaten jembrana. *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana*. 9(7). 1459–1485.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Produksi kakao menurut kabupaten/kota di provinsi bali (ton) 2020-2022. Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. <https://www.bps.go.id>.
- Badan Pusat Statistik. 2022. Statistik Kakao Indonesia. Badan Pusat Statistik. <https://bali.bps.go.id/indicator/54/352/1/produksi-kakao-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-bali.html>.
- Badan Standardisasi Nasional. 2006. SNI-03-2105-2006 Papan Partikel. Badan Standardisasi Nasional.
- Dumanauw, J. F. 1984. *Mengenal Kayu*. PT. Gramedia.
- Gultom, L. A., Dirhamsyah, dan Setyawati, D. 2013. Sifat fisik mekanik papan partikel jerami padi. *Jurnal Hutan Lestari*, 1(3), 458–465.
- Indrayanti, L., Siska, G., dan Sijabat, F. 2023. Uji pendahuluan sifat fisika mekanika papan partikel kayu kawui (*vernonia arborea*) dengan tiga persentase perekat pvac (polyvinyl acetate). *Agrienvi*, 17(1), 27–36. <https://doi.org/10.36873/aev.v17i1>
- Iskandar, M. I., dan Supriadi, A. 2013. Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel ampas tebu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(1), 19–26.
- Lu, F., Rodriguez-Garcia, J., Van Damme, I., Westwood, N. J., Shaw, L., Robinson, J. S., Warren, G., Chatzifragkou, A., McQueen Mason, S., Gomez, L., Faas, L., Balcombe, K., Srinivasan, C., Picchioni, F., Hadley, P., and Charalampopoulos, D. 2018. Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>
- Malau, J. C., Sucipto, T., dan Iswanto, A. H. 2016. Kualitas papan partikel batang pisang barangan berdasarkan variasi kadar perekat phenol formaldehida. *Peronema Forestry Science Journal*, 5(1), 1–9.
- Maloney, T. M. 1993. *Modern Particle Board and Dry Process Fibre Board Manufacturing*. Miller Freeman Inc.
- Massijaya, M. Y., Hadi, Y. S., dan Marsiah, H. 2005. Pemanfaatan limbah kayu dan karton sebagai bahan baku papan komposit. In *Laporan Penelitian Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat*.
- Mawardi, I. 2009. Mutu papan partikel dari kayu kelapa sawit (kks) berbasis perekat polystyrene. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(2), 91–96.
- Mustofa, K., Kurdiansyah, K., dan Thamrin, G. A. R. 2020. Efek variasi perbandingan komposisi perekat resin limbah gergajian kayu jabon (*anthocephalus cadamba*) dan kayu sengon (*paraserianthes falcataria*) terhadap sifat fisika dan mekanika papan partikel. *Jurnal Sylva Scientiae*, 3(1), 127–139.

- Nurdin, H., Hasanuddin, Waskito, dan Saddikin, M. 2019. Characteristics of particleboard from waste nypa fruticans wurmb. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012103>
- Pradana, I. G. M. T., Harsojuwono, B. A., dan Hartiati, A. 2018. Karakteristik papan partikel kulit buah kakao (*theobroma cacao* l.) Pada variasi konsentrasi perekat polyvinyl acetate. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 6(1), 82–91.
- Purnamawati, H., dan Utami, B. 2014. Pemanfaatan limbah kulit buah kakao (*theobroma cacao* l.) Sebagai adsorben zat warna rhodamin b. *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika*, 5(1), 12–18.
- Purwanto, D. 2016. Sifat fisis dan mekanis papan partikel dari limbah campuran serutan rotan dan sebuk kayu. *Jurnal Riset Industri*, 10(3), 125–133.
- Rangkuti, Z. 2011. Pembuatan dan karakteristik papan partikel dari campuran resin polyester dan serat kulit jagung. Universitas Sumatera Utara.
- Sari, H. P., dan Mora, M. 2020. Analisis sifat fisis dan mekanis papan partikel dari serbuk kayu bayur (*pterosperrum javanicum*) dan serbuk kulit kakao (*theobroma cacao* l) bertulang anyaman bambu. *Jurnal Fisika Unand*, 9(3), 368–374.
- Sedayu, B. B., Widiyanto, T. N., Basmal, J., dan Utomo, B. S. B. 2008. Pemanfaatan limbah padat pengolahan rumput laut *gracilaria sp.* untuk pembuatan papan partikel. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 3(1), 1–10.
- Septiani, E., Indrayani, Y., dan Setyawati, D. 2022. Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari campuran serbuk gergaji dan ampas tebu (baggase) pada berbagai konsentrasi perekat urea formaldehida. *Jurnal Lingkungan Hutan Tropis*, 1(4), 1053–1063.
- Setyo, H., Intang, N., dan Sudibyoy, G. H. 2008. Variasi komposisi kerapatan partikel dan jumlah perekat terhadap karakteristik papan komposit limbah kayu aren–serbuk gergaji. *Dinamika Rekayasa*, 4(2), 99–114.
- Siregar, S. H., Hartono, R., Sucipto, T., dan Iswanto, A. H. 2014. Variasi suhu dan waktu pengempaan terhadap kualitas papan partikel dari limbah batang kelapa sawit dengan perekat phenol formaldehida. *Peronema Forestry Science Journal*, 3(1), 10–17.
- Siska, G., Sarinah, dan Bangun, D. L. 2018. Kualitas papan partikel dari limbah gergajian kayu bangkirai (*shorea laevis* ridl). *Jurnal Hutan Tropika*, 13(1), 25–30.
- Sitanggang, J. P., Sucipto, T., dan Azhar, I. 2015. Pengaruh kadar perekat urea formaldehida terhadap kualitas papan partikel dari kayu gamal (*gliricidia sepium*). *Peronema Forestry Science Journal*, 4(2), 166–174.
- Sobamiwa, O., and Longe, O. G. 1994. Utilization of cocoa-pod pericarp fractions in broiler chick diets. *Animal Feed Science and Technology*, 47, 237–244.
- Sudiryanto, G. 2015. Pengaruh suhu dan waktu pengempaan terhadap sifat fisik dan mekanik papan partikel kayu sengon (*paraserianthes falcataria* (l.) nielsen). *Jurnal Disprotek*, 6(1), 67–74.
- Sugiarta, I. W., Rofaida, A., Rawiana, S., Pathurahman, P., dan Suparjo, S. 2022. Pemanfaatan limbah plastik polyethylene terephthalate (pet) dan serbuk bambu sebagai bahan pengisi papan partikel. *Spektrum Sipil*, 9(2), 160–166. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v9i2.248>
- Sulastiningsih, I. M., Novitasari, N., dan Turoso, A. 2006. Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bambu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 24(1), 1–8.