

PEMANFAATAN LIMBAH ECENG GONDOK, JERAMI PADI DAN BATOK KELAPA SEBAGAI *FILLER* PHENOL FORMALDEHID RESIN PRODUKSI PT PAMOLITE ADHESIVE INDUSTRI

Irsandra Diviandhira Salsabilla Wicaksana¹, Faradina Suhariyadi¹, Abdul Chalim¹, Any Sulistio²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

²PT Pamolite Adhesive Industry, Jl. Brantas Km. 1, Probolinggo, Indonesia

diviandhira@gmail.com, [chalim.polinema@gmail.com]

ABSTRAK

Plywood merupakan salah satu produk yang diperoleh dengan menyusun bersilangan tegak lurus minimal tiga lembar kayu lapis (*veneer*). Salah satu produk dari PT Pamolite Adhesive Industri adalah *Phenol Formaldehyde Adhesive* yang digunakan untuk merekatkan lapisan *veneer* tipe WBP (*Weather Boil Proof*) yang dapat memberikan kekuatan tinggi dan sangat tahan terhadap kelembapan, mencegah delaminasi dan memberikan stabilitas suhu yang sangat baik. Untuk meningkatkan kualitas perekat phenol, maka perlu ditambahkan pengaplikasian bahan pengisi (*filler*) dari limbah eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa. Dengan penambahan kadar yang bervariasi mulai dari 5% hingga 22% (w/w) masing-masing dari bobot perekat cair. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis dan komposisi tepung eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa pada *phenol* terhadap viskositas, *bonding strength* dan delaminasi. Metode awal yang dilakukan adalah penentuan kadar *filler* terbaik untuk menentukan kadar *filler*, kemudian dilakukan percobaan mulai dari pembuatan *glue line* hingga pengaplikasian pada plywood dilanjutkan dengan pengujian viskositas, *bonding strength* dan delaminasi. Hasil pengujian menunjukkan jenis *filler* berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat *plywood*. Semakin besar kadar *filler* yang digunakan maka terjadi kenaikan viskositas. Sementara itu untuk uji delaminasi dari semua sampel tidak terjadi delaminasi terbuka atau biasa disebut dengan *passed*. Dari ketiga jenis *filler* tersebut hasil yang didapatkan cukup baik, namun hasil terbaik dari keseluruhan yaitu pada tepung batok kelapa dengan kadar 19%.

Kata kunci: batok kelapa, eceng gondok, jerami padi, phenol formaldehyde adhesive, viskositas

ABSTRACT

Plywood is a product that is obtained by arranging at least three pieces of *veneer* perpendicular to it. One of the products from PT Pamolite Adhesive Industri is *Phenol Formaldehyde Adhesive* which is used to bond WBP (*Weather Boil Proof*) type *veneer* layers which can provide high strength and are highly resistant to moisture, prevent delamination and provide excellent temperature stability. To improve the quality of phenol adhesive, it is necessary to add the application of filler from water hyacinth waste, rice straw and coconut shells. With the addition of varying levels from 5% to 22% (w/w) each of the weight of the liquid adhesive. The purpose of this study was to determine the effect of the type and composition of water hyacinth flour, rice straw and coconut shell on phenol on viscosity, *bonding strength* and delamination. The initial method used was to determine the best filler content to determine the filler content, then experiments were carried out starting from the manufacture of a *glue line* to application to plywood followed by testing of viscosity, *bonding strength* and delamination. The test results show that the type of filler has a significant effect on the adhesive strength of plywood. The higher the filler content used, the higher the viscosity. Meanwhile, for the delamination test of all

samples there is no open delamination or commonly referred to as passed. Of the three types of filler, the results obtained are quite good, but the best results overall are coconut shell flour with a concentration of 19%.

Keywords: coconut shells, water hyacinth, rice straw, phenol formaldehyde resin, viscosity

1. PENDAHULUAN

Rendahnya nilai limbah eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa yang memiliki kandungan *lignin*, selulosa dan karbohidrat sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif *filler*. Eceng gondok merupakan salah satu jenis tumbuhan air yang memiliki laju pertumbuhan sangat cepat, sehingga dianggap sebagai tumbuhan yang dapat mengganggu ekosistem perairan. Eceng gondok diketahui mengandung 60% selulosa, 8% hemiselulosa dan 17% *lignin* [1]. Jerami padi merupakan tumbuhan yang kaya akan komponen, hingga sekarang belum bisa dimanfaatkan secara maksimal dan terbuang percuma. Jerami padi diketahui mengandung protein kasar sebanyak 8,26%, sedangkan serat kasar sebanyak 31,99%, serta kandungan lainnya seperti NDF 77,00%, ADF 57,91%, selulosa 23,05%, hemiselulosa 19,09% dan *lignin* sebanyak 22,93% [2]. Batok kelapa adalah 15-20% dari kelapa yang mencakup 36-43% selulosa dan zat terkait yang mengandung 41-45% hemiselulosa, *lignin* 0,15-0,25% dan pektin 3-4% serta dapat menahan kekuatan tarik 131-175 Mpa, perpanjangan putus 15-40% dan modulus tarik 4-6 Gpa [3]. Dengan demikian diharapkan limbah eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa pada awalnya hanya bernilai murah atau gratis bisa dimanfaatkan sebagai alternatif bahan pengisi perekat (*filler*).

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa telah dilakukan beberapa ahli misalnya sebagai bahan baku papan partikel [4], serbuk jerami sebagai *filler* komposit [5] dan batok kelapa sebagai *filler* pada sifat mekanik komposit [3]. Penelitian serupa namun sebagai ekstender telah dilakukan oleh Afilia pada tahun 2015. Pencampuran *filler* diharapkan tidak akan mengurangi kemampuan dan kekuatan daya rekat dari perekat yang digunakan. Dalam penelitian ini, veneer yang digunakan dari kayu keruing yang menggunakan perekat fenol-formaldehida dicampur dengan 3 jenis *filler* yang berlainan sifatnya. Daya rekat veneer pada *plywood* dinyatakan sebagai nilai uji *bonding strength* dan delaminasi, dimana untuk nilai uji *bonding strength* harus melebihi 0,7 N/mm² sedangkan untuk delaminasi, hasil rekatannya tidak boleh terbuka hingga lebih dari 25 mm.

Kebaruan dalam penelitian ini dengan peneliti terdahulu yaitu pemanfaatan limbah eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa sebagai *filler phenol formaldehyde resin*. Kadar sampel yang dibutuhkan sebagai *filler* bervariasi sesuai dengan katalog PT PAI yaitu dengan standart 30% hingga 40%. Namun, pada penelitian ini mulai dari 5% hingga 22% karena bahan yang digunakan sangat berbeda karakteristiknya sehingga untuk menentukan kadar *filler* nya dilakukan penentuan kadar *filler* terbaik terlebih dahulu. Dalam penelitian ini, veneer yang digunakan dari kayu keruing yang menggunakan perekat fenolformaldehida dicampur dengan 3 jenis filler yang berlainan sifatnya. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan bagaimana pengaruh jenis dan pengaruh komposisi filler limbah eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa sebagai *filler* yang ditambahkan pada perekat *phenol formaldehyde adhesive* dari PT Pamolite Adhesive Industri. Metode penelitian dilakukan dengan percobaan skala laboratorium dengan analisa nilai pH, *ash content*, *water content*, viskositas, *bonding strength* dan delaminasi pada *plywood* kayu keruing dengan mengkonidisikan *cold press* dan *hot press* pada kondisi tertentu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Teknik Pengambilan Data

Teknik Pengambilan Data dilakukan dengan cara melakukan pengujian viskositas, bonding strength dan delaminasi pada sampel secara langsung. Data yang diperoleh yaitu tabel kemudian dibuat grafik.

2.2. Tahap Pengolahan Data

Analisa dan pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan kajian studi pustaka dan literatur. Analisa dari hasil pengujian dilakukan di laboratorium PT Pamolite Adhesive Industry. Hasil Pengujian yang diperoleh berupa data dari *filler* yang meliputi *mesh*, pH, *water content*, *ash content*, viskositas, *bonding strength* dan delaminasi.

2.3. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah *compression moulding machine*, *waterbath*, gergaji, neraca analitik, oven, penggaris, *mixer*, *roll spreader*, spatula, gelas ukur, wadah plastik berukuran, pompa vakum, *beaker glass*, gelas arloji, *tensile strength tester*, *viscometer*, desikator, pH meter, batang pengaduk, penangas gas, cawan, aluminium foil dan *magnetic stirrer*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah perekat *phenol adhesive*, eceng gondok, jerami padi, batok kelapa, *veneer* kayu keruing dan *aquadest*.

2.4. Variabel Percobaan

Tabel 1. Variasi kadar filler

No	Jenis Filler	Kadar Filler (%)			
1	Eceng Gondok	5	6	7	8
2	Jerami Padi	5	7.5	10	11
3	Batok Kelapa	5	17	19	22

2.5. Prosedur Percobaan

2.5.1 Preparasi Bahan

a. Filler

Persiapan bahan *filler* eceng gondok dan jerami padi dilakukan dengan cara memotong kecil-kecil kemudian dikeringkan menggunakan oven lalu di tumbuk sampai halus. Sedangkan batok kelapa pada penelitian ini membeli jadi berupa tepung sehingga tidak perlu preparasi seperti eceng gondok dan jerami padi.

b. Veneer

Persiapan *veneer* dilakukan dengan cara mengukur *veneer* yang digunakan menggunakan mikrometersekrup dengan ukuran 30,5 cm x 30,5 cm (tebal *core* 3,08 mm dan *face/back* 1,23 mm) atau 1 ft x 1 ft. *Veneer* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *veneer* dari kayu keruing.

c. Adhesive

Adhesive yang digunakan pada penelitian ini adalah *phenol adhesive* yang merupakan produk dari PT Pamolite Adhesive Industry dengan kode PA-302.

2.5.2 Analisa Filler

Pengujian tepung dari eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa yang akan di gunakan sebagai *filler* meliputi uji mesh, pH, *water content* (kadar air) dan *ash content* (kadar abu)

a. Mesh

Pengukuran mesh dilakukan dengan menggunakan *testing sieve*. Hal ini dilakukan dengan cara menimbang sebanyak 100 gram *filler* kemudian dimasukkan dalam *screening* selama 30 menit setelah itu hasil *screening* ditimbang.

b. pH

Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter. Hal ini di lakukan dengan cara mencampurkan 5 gram *filler* dalam 50 gram aquades, kemudian di aduk sampai rata lalu di masukkan alat pH meter kedalam beaker glass yang berisi campuran *filler* dan aquades.

c. Water Content

Pengujian *water content* ini dilakukan dengan cara *filler* ditimbang pada alumunium foil sebanyak 1,5 gram lalu dimasukkan kedalam oven selama 2 jam dengan temperature 105°C kemudian dimasukkan kedalam desikator sampai dingin ±30 menit. Setelah dingin, sampel ditimbang lagi lalu dihitung dengan rumus :

$$WC (\%) = \frac{\text{massa sebelum di oven} - \text{massa sesudah di oven}}{\text{massa sebelum di oven}} \times 100 \quad (1)$$

d. Ash Content

Pengujian *ash content* ini dilakukan dengan cara *filler* ditimbang sebanyak 1,5 gram pada cawan lalu ditempatkan di atas penangan gas kemudian dibakar selama 2 jam sampai menjadi abu (*ash*). Setelah menjadi abu, sampel dimasukkan kedalam desikator sampai dingin. Setelah dingin sampel ditimbang lagi dan dihitung dengan rumus :

$$AC (\%) = \frac{\text{massa sampel sebelum di bakar}}{\text{massa sampel sesudah di bakar} \times \left(1 - \frac{WC}{100}\right)} \times 100 \quad (2)$$

2.5.3 Pembuatan Plywood

Tahapan pembuatan *plywood* dapat dilakukan dengan cara mencampurkan perekat *phenol* dengan jenis *filler* sesuai variasi kadar *filler* kemudian di *mixing* dan di laburkan pada kedua sisi *veneer*. Tempelkan *veneer* dengan posisi serat berlawanan, lalu kempa menggunakan *cold press* dilanjutkan pengempaan dengan *hot press*.

2.5.4 Analisa Plywood

Pengujian *plywood* meliputi uji viskositas *glue*, *bonding strength* dan delaminasi.

a. Viskositas Glue

Pengujian viskositas *glue* dilakukan dengan cara mengambil sampel *adhesive* sebanyak 150 ml kemudian di ukur viskositasnya menggunakan *viscometer* dengan cara *spindel* dan penyangga dipasang terlebih dahulu ke *viscometer* kemudian gelembung yang ada pada *viscometer* diatur hingga berada tepat di bagian tengah dan *viscometer* dinyalakan selamat 1 menit. Setelah 1 menit, hasil pengukuran dibaca pada skala

viscometer, apabila saat pengukuran melebihi skala (*error*) maka *spindle* perlu diganti dengan ukuran yang lebih kecil.

b. Bonding Strength

Pengujian *bonding strength* dilakukan dengan cara memotong sampel *plywood* sebanyak 8 potong dengan ukuran 25 mm x 75 mm dan lebar takik 0,3 cm. Kemudian sampel direbus kedalam *water bath* pada suhu 100°C selama 72 jam setelah itu didinginkan dalam air hingga mencapai suhu ruang. Selanjutnya, dilakukan pengujian dalam keadaan basah menggunakan alat *tensile strength test*. Kemudian dilakukan perhitungan, dengan menentukan nilai koefisien rho terlebih dahulu dengan cara tebal *plywood* yang dikorelasikan dengan koefisien sehingga mendapatkan nilai rho lalu menghitung *bonding strength* menggunakan rumus berikut :

$$BS = \frac{Ps}{b \times h} \times Rho \times \frac{1}{9,8} \quad (3)$$

Dimana BS adalah bonding strength (N/mm²), Ps adalah besar tarikan (kg), b adalah panjang area tes (cm), h adalah lebar area tes (cm) dan Rho adalah koefisien.

Tabel 2. Koefisien RHO

<i>Tebal core</i> <i>Tebal face</i>	Koefisien (Rho)
< 1,5	1,0
1,5 ≤ x < 2,0	1,1
2,0 ≤ x < 2,5	1,2
2,5 ≤ x < 3,0	1,3
3,0 ≤ x < 3,5	1,4
3,5 ≤ x < 4,0	1,5
4,0 ≤ x < 4,5	1,7
≥ 4,5	2,0

c. Delaminasi

Pengujian delaminasi dilakukan dengan cara memotong *plywood* sebanyak 4 potong dengan ukuran 75 mm x 75 mm. Kemudian di rebus selama 72 jam pada suhu 100°C lalu dioven selama 3 jam pada suhu 60°C setelah itu di dinginkan dan di amati setiap sisi lapisan paralel tidak boleh terjadi delaminasi terbuka lebih dari 25 mm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan uji mesh pada analisa *filler* eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa dengan berbagai ukuran mesh yang dimulai dari 60, 80, 100, 200, 400 dan tak hingga di dapatkan hasilnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat diketahui tekstur dan kehalusan bahan. Semakin banyak yang halus kecenderungan dibutuhkan banyak pemakaian atau konsumsi untuk mencapai viskositas yang diharapkan dan resiko endapan serta ketidak homogen campurannya semakin tinggi. Begitupun sebaliknya, semakin banyak yang kasar semakin mudah menyerap saat terkena resin sehingga dalam tempo waktu yang singkat *glue* sudah tidak lengket.

Tabel 3. Hasil uji mesh analisa *filler*

Jenis Filler	Ukuran Mesh					
	60	80	100	200	400	∞
Eceng Gondok	27.6	30.6	7.2	10	14	10.6
Jerami Padi	19.2	41	7.8	9.2	12.8	9.6
Batok Kelapa	0	18.6	11.4	23.4	100	13.2

Nilai pH merupakan faktor yang mempengaruhi viskositas, semakin tinggi nilai pH maka akan meningkatkan nilai viskositas, yang mana jika terlalu tinggi nilai viskositas akan membuat campuran perekat tidak bisa terlarut dalam permukaan *veneer* karena campuran menggumpal. Begitu sebaliknya apabila nilai pH terlalu rendah akan membuat nilai viskositas menjadi rendah yang mengakibatkan pengaliran perekat berlebihan masuk kedalam *veneer*, karena campuran sangat encer atau cair dan tidak terlarut dengan baik sehingga kurang dapat membentuk garis rekat yang sempurna pada kayu lapis. Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4, terlihat bahwa yang memiliki pH tinggi adalah batok kelapa dengan nilai pH 7.46.

Tabel 4. Hasil uji pH, *water content* dan *ash content* analisa *filler*

Jenis Filler	pH	Water Content (%)	Ash Content (%)
Eceng Gondok	6.1	4.25	18.03
Jerami Padi	5.47	4.95	26.25
Batok Kelapa	7.46	11.94	1.81

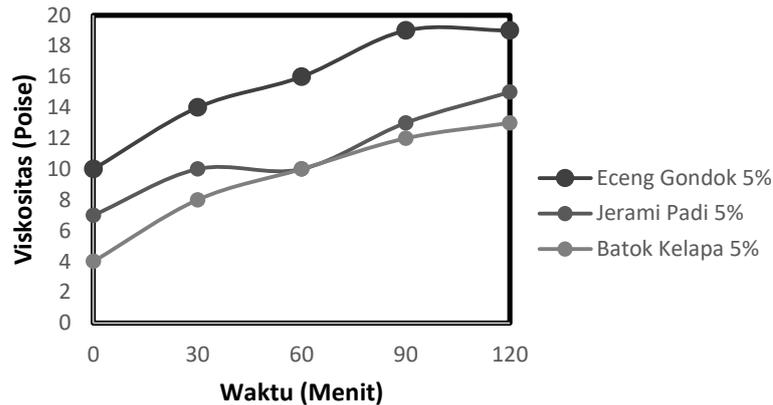
Analisa *water content* bertujuan untuk mengetahui kadar air dari *filler*. Jika nilai *water content* tinggi, maka bahan filler sulit larut dalam *glue* dan kandungan padatnya juga sedikit karena kandungan air yang banyak dapat mengurangi nilai *resin content* pada *glue* sehingga mempengaruhi kerekatan dari *glue* itu sendiri dan berpengaruh pada nilai *bonding strength* dan delaminasi. Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4, diperoleh nilai *water content* yang baik pada *filler* batok kelapa dengan hasil *water content*nya 11.94%.

Pada analisa *ash content* untuk mengetahui kadar abu dari *filler*. Jika nilai *ash content*nya terlalu tinggi akan mempengaruhi sirkulasi *glue* pada *plywood* sehingga nilai kerekatannya rendah dan berpengaruh pada nilai *bonding strength* dan delaminasi. Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 3, diperoleh nilai *ash content* dengan hasil tinggi pada *filler* jerami padi sebesar 26.25%.

Tabel 5. Hasil uji viskositas, *bonding strength* dan delaminasi analisa *plywood*

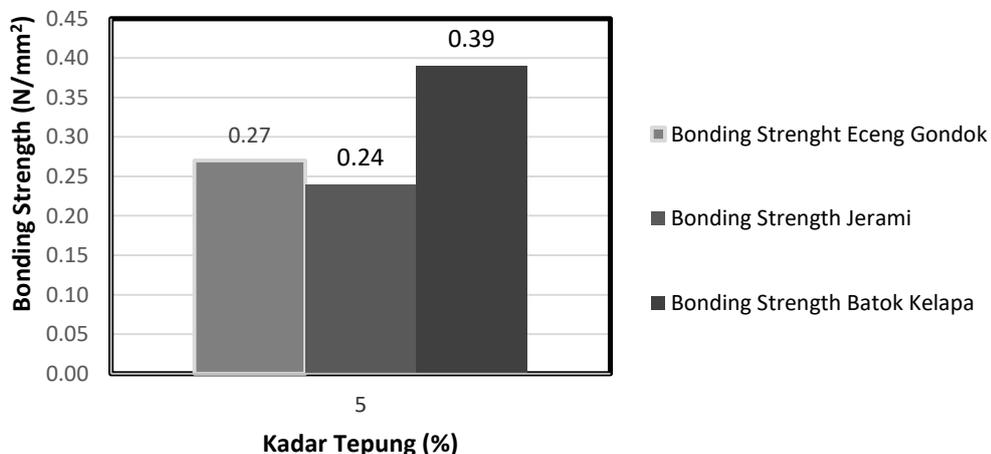
Jenis Filler	Kadar Filler (%)	Viskositas					Bonding Strength (N/mm ²)	Delaminasi (%)
		0	30	60	90	120		
Eceng Gondok		10	14	16	19	19	0.27	0
Jerami Padi	5	7	10	10	13	15	0.24	0
Batok Kelapa		4	8	10	12	13	0.39	75

Pengujian viskositas bertujuan untuk mengetahui mudah tidaknya suatu sediaan gel untuk diaplikasikan yang ditunjukkan dari kemampuan dalam mengalir [6]. Nilai viskositas berpengaruh terhadap keteguhan rekat kayu lapis dan masa simpan. Perekat yang baik adalah yang memiliki tekstur tidak terlalu kental dan tidak terlalu encer, karena viskositas yang sesuai akan mampu dengan mudah menembus pori-pori *veneer* secara optimum, sehingga menghasilkan daya rekat yang baik. Pengujian viskositas pada perekat dilakukan setelah proses *mixing* ketika semua campuran terhomogen sempurna.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Jenis *Filler* Terhadap Viskositas

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan pengaruh jenis *filler* dari tepung eceng gondok, jerami padi dan batok kelapa pada *phenol formaldehyde adhesive* yang menyebabkan viskositas perekat semakin meningkat. Dapat dilihat pada gambar 3 perbandingan setiap tepung sebagai *filler* pada viskositas dengan kadar 5% menunjukkan bahwa tepung eceng gondok memiliki kenaikan yang sangat tinggi sedangkan pada tepung jerami padi dan batok kelapa memiliki kenaikan yang cukup standart. Namun, pada kenaikan viskositas tersebut hasilnya belum memenuhi standart industri sehingga akan berpengaruh terhadap *bonding strength* dan delaminasi. Viskositas *phenol formaldehyde adhesive* yang baik menurut katalog industri yaitu 20-30 poise.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Jenis *Filler* Terhadap *Bonding Strength*

Analisis ini bertujuan untuk menentukan seberapa besar kekuatan rekat *adhesive* terhadap *plywood*. Pada penelitian ini, koefisien Rho yang digunakan untuk perhitungan *bonding strength* yaitu 1.3 karena tebal *core* dan *face* yang digunakan $2.5 \leq x < 3.0$. Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan hasil *bonding strength* terhadap ke tiga jenis *filler*. Hasil dari gambar tersebut menunjukkan bahwa batok kelapa memiliki hasil yang sangat bagus yaitu dengan nilai $0,39 \text{ N/mm}^2$ sedangkan hasil yang paling rendah adalah jerami padi yaitu $0,24 \text{ N/mm}^2$. Hal ini bisa disebabkan pada saat proses pelaburan yang terlalu lama dan *glue* yang tidak merata karena terlalu encer.

Tujuan pada analisa delaminasi yaitu untuk menentukan seberapa besar ketahanan perekat terhadap adanya kelembapan dan suhu yang ekstrem. *Plywood* dikatakan terjadi delaminasi jika terbuka 25 mm. *Judgement* delaminasi dibagi menjadi 3 yaitu *passed*, *re-test* dan *failed*. *Passed* (100%) artinya tidak terjadi delaminasi atau delaminasi = 0 mm pada ke 4 sampel dalam 1 jenis *filler* dengan komposisi yang sama. *Re-test* (75%) artinya terjadi delaminasi pada 1 sampel sedangkan ke 3 sampel tidak. *Failed* (<50%) artinya lebih dari 2 sampel terjadi delaminasi. Berdasarkan penelitian, hasil delaminasi pada masing-masing jenis *filler* dengan kadar 5% yaitu *failed* karena lebih dari 2 sampel terjadi delaminasi. Delaminasi tersebut dapat disebabkan karena *glue* yang sangat encer. *Glue* yang sangat encer tidak bisa menyerap dengan baik ke seluruh permukaan *veneer* sehingga terdapat banyak celah udara masuk yang menyebabkan mengelupas sehingga *plywood* terbuka hingga 25 mm.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan jenis *filler* eceng gondok mampu memberikan nilai viskositas yang stabil dan mendekati standar katalog industri dibandingkan dengan jerami padi dan batok kelapa yang nilainya sangat rendah. Sedangkan pada penggunaan komposisi *filler* sangat berpengaruh terhadap kenaikan viskositas dan *bonding strength*, semakin banyak komposisi *filler* yang digunakan maka nilai viskositas dan *bonding strength* semakin naik. Begitupula dengan penggunaan komposisi *filler* dengan kadar yang bervariasi berpengaruh terhadap delaminasi, semakin banyak komposisi *filler* yang digunakan semakin bagus hasil pada delaminasi *plywood* didapatkan hasilnya 100% tidak terjadi delaminasi. Saran untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan penelitian mengenai karakteristik *phenol formaldehyde adhesive* dan perlu dilakukan penelitian kembali mengenai *filler* jenis lain namun dengan ukuran mesh tertentu.

REFERENSI

- [1] A. Syafruddin Zohri, N. H. Sari, and S. Sujita, "Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Pada Komposit Al_2O_3 -Epoxy," *Din. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, hal. 101–105, 2013.
- [2] N. Suningsih, W. Ibrahim, O. Liandris, and R. Yulianti, "Kualitas Fisik dan Nutrisi Jerami Padi Fermentasi pada Berbagai Penambahan Starter," *J. Sain Peternak. Indones.*, vol. 14, no. 2, hal. 191–200, 2019.
- [3] M. T. Islam *et al.*, "Effect of Coconut Shell Powder as Filler on the Mechanical

- Properties of Coir-polyester Composites," *Chem. Mater. Eng.*, vol. 5, no. 4, hal. 75–82, 2017.
- [4] W. Nurramadhan, I. Ahmad, and N. Nasution, "Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Papan Partikel," *Menara J. Tek. Sipil*, vol. 7, no. 1, hal. 9, 2012.
- [5] W. W. Raharjo and D. Ariawan, "Pengaruh Pemakaian Serbuk Jerami IR 64 Sebagai Filler Komposit UPRs Terhadap Kekuatan Tarik Ditinjau Dari Variasi Fraksi Berat," *Mekanika*, vol. 7, no. 1, hal. 8–13, 2008.
- [6] S. G. Rahayu dan P. H. Suharti, "Pengaruh Suhu Daun Kelor (*Moringe Oleifera*) Terhadap Yield Dalam Pembuatan Hand Sanitizer Gel", *Teknologi Separasi*, vol . 7, no. 2, hal. 642-648, 2021.