

KARAKTERISTIK PEREKAT DAN PEREKATAN TANIN RESORSINOL FORMALDEHIDA PADA SIREKAT AKASIA (*Acacia mangium*) dan PULAI (*Alstonia scholaris*)

Adhesion and Adhesive Characteristics of Tannins Resorcinol Formaldehyde on Adherent Acacia (Acacia mangium) and Pulai (Alstonia scholaris)

Safni Auliata✉, Evi Sribudiani, Sonia Somadona

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru
✉ corresponding author: auliarta77@gmail.com

ABSTRACT

The composition of the adhesive content of Tannin Resorcinol Formaldehyde (TRF) is considered more environmentally friendly to use when compared to the phenol resorcinol formaldehyde (RPF) adhesive. In this study to test the strength of the adhesive, acacia (*Acacia mangium*) and pulai (*Alstonia scholaris*) were used. This study aims to determine: 1. The characteristics and quality of the adhesive composition of eucalyptus bark tannins, resorcinol and formaldehyde based on SNI 6/4567/1998; and 2. The strength of the gluing composition of eucalyptus bark tannins, resorcinol and formaldehyde on acacia and pulai wood syrup based on SNI 6/6049/1999. The research was conducted using a non-factorial Completely Randomized Design (CRD) consisting of 6 treatments of adhesive composition with 5 repetitions, in order to obtain 30 test samples. The data obtained from the research results were analyzed by means of variance using SPSS 20. Furthermore, if the variance results have a significant effect, further analysis will be carried out using Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) at the 5% level. The results of the research that has been carried out, the six different adhesive compositions produce different values in each treatment, except for treatment P1. P1 has the shape and appearance of a jelly-shaped adhesive so that it cannot be tested and applied to acacia and pulai wood glue. Treatments P2 to P6 can be applied and used for testing and bonding. The pH test and gelatinization test of all treatments were included in SNI 6/4567/1998, the P2 viscosity test did not pass SNI 6/4567/1998. The shear bond strength test was carried out to determine the strength of the adhesive referring to SNI 6/6049/1999, the average value of the best wet shear adhesion test in treatment P6 was 7.89 N/mm² and the highest average value of shear bonding strength dry on P5 treatment of 26,09 N/mm².

Keywords: Adhesive, Adhesion, Tannin, resorcinol, Formaldehyde

A. PENDAHULUAN

Eukaliptus (*Eucalytus pellita*) adalah salah satu jenis tanaman yang mendominasi hutan tanaman industri (HTI) khususnya di perusahaan pengolah *pulp and paper* Provinsi Riau. Batang eukaliptus digunakan sebagai bahan pembuatan *pulp*. Bagian yang belum termanfaatkan secara maksimal dari tanaman eukaliptus adalah bagian kulit dan daunnya, untuk memaksimalkan pemanfaatan dari sisa setelah pemanenan HTI, maka limbah kulit eukaliptus kemungkinan dapat digunakan sebagai salah satu campuran bahan perekat alami karena mengandung tanin. Berdasarkan penelitian Awaliyan *et al.* (2017), bahwa kandungan tanin pada kulit batang eukaliptus tidak sebesar kandungan tanin pada kulit batang akasia (*Acacia mangium*).

Tanin adalah senyawa yang cukup banyak terkandung dalam tumbuhan dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan perekat. Hal ini karena tanin merupakan turunan dari senyawa fenolik yang biasa digunakan sebagai perekat. Berdasarkan Santoso *et al.* (2015), di

antara alternatif pengganti senyawa fenolik dari turunan minyak bumi adalah tanin terkondensasi yang diperoleh dari kulit pohon jenis tertentu. Perekat yang dihasilkan tidak hanya membutuhkan ekstrak dari tumbuhan, tetapi juga direaksikan dengan beberapa bahan kimia seperti formaldehida 37%, tepung tapioka sebagai ekstender dan senyawa aktivator yang dapat meningkatkan daya rekat, sehingga perekat yang dihasilkan berkualitas.

Perekat dengan campuran ekstrak kulit batang eukaliptus adalah suatu hal baru dan cukup ramah lingkungan dibandingkan dengan perekat fenol-formaldehida (PF), resorsinol-formaldehida (RF), fenol-resorsinol-formaldehida (RPF), karena perekat-perekat tersebut terbentuk dari minyak bumi dan fosil yang bahan dasarnya butuh waktu sangat lama untuk dapat terbentuk kembali. Perekat dipengaruhi oleh material yang akan direkatkan atau dapat dikatakan sirekat. Sirekat yang digunakan pada penelitian adalah kayu akasia dan pulai (*Alstonia scholaris*). Pemilihan kayu akasia dan pulai sebagai sirekat didasarkan pada jenis kayu pulai yang memiliki kelas kuat rendah dan kelas awet rendah,

berdasarkan pernyataan Arinana dan Farah (2009), kayu pulai kurang diminati oleh industri pertukangan, karena tingkat kekuatan dan keawetannya yang rendah (kelas kuat IV-V dan kelas awet V). Sementara itu, pemilihan kayu akasia dikarenakan kayu akasia termasuk kayu yang cukup diminati di industri pertukangan, memiliki kelas awet III. Berdasarkan hasil penelitian Jasni (2015), kayu dengan kelas awet III (agak awet) termasuk di sana adalah akasia mangium dengan *durability class* oey adalah III. Oleh sebab itu, perekatan dua jenis kayu yang berbeda tersebut diharapkan dapat memperpanjang masa penggunaan dan semakin kuat jika digunakan untuk konstruksi.

Perekat untuk dapat dikatakan berkualitas harus mengalami proses pengujian terlebih dahulu. Hal ini sebagai bukti secara ilmiah bahwa perekat dengan ekstrak tanin kulit batang eukaliptus memang memenuhi standar mutu perekat. Berdasarkan Sucipto dan Surdiding (2012), pengujian yang dilakukan pada umumnya adalah uji kualitas perekat seperti uji keteguhan rekat geser, uji keteguhan tarik dan lain sebagainya, sehingga perekat ini dapat dikatakan sebagai perekat yang berkualitas dan layak diaplikasikan pada sirekat. Berdasarkan pernyataan Prayitno (1996), kualitas dari perekatan ditentukan oleh kualitas perekat, kualitas sirekat, proses perekatan dan kondisi penggunaan produk hasil perekatan. Berdasarkan hal yang telah dideskripsikan di atas, maka dilakukan penelitian tentang "Karakteristik Perekat dan Perekatan Tanin Resorsinol Formaldehida pada Sirekat Akasia dan Pulai". Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi karakteristik dan kualitas dari komposisi perekat tanin kulit eukaliptus, resorsinol dan formaldehida berdasarkan SNI 06-4567-1998; serta kekuatan komposisi perekatan tanin kulit eukaliptus, resorsinol dan formaldehida pada sirekat kayu akasia dan pulai berdasarkan SNI 06-6049-1999.

B. METODE

Tempat dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Riau meliputi pembuatan perekat, pembuatan contoh uji, pengempaan dan uji kualitas perekat. Uji keteguhan geser dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara. Penelitian dilaksanakan dari bulan Mei sampai dengan September 2020.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah balok dari jenis kayu akasia dan pulai, serta limbah kulit eukaliptus. Penelitian ini menggunakan bahan kimia dalam bentuk formulasi perekat, antara lain resorsinol teknis, NaOH 50% untuk katalis dan pengatur pH serta formaldehida 37% sebagai *crosslinker*, dan aquades

sebagai pelarut. Kemudian digunakan bahan tambahan yaitu tepung tapioka sebagai ekstender.

Alat yang digunakan adalah timbangan digital, kantong plastik, pengaduk, gergaji, gelas ukur, kertas ampelas, alat pemanas, viskometer *ostwald*, pH meter, alat kempa atau klem, UTM (*Universal Testing Machine*), kaliper digital atau penggaris, alat hitung (kalkulator), alat tulis, kertas saring/kain blacu, kertas label, piknometer, penangas air, pipet tetes, *stopwatch*, saringan 60 mesh, *beaker glass*, cawan petri, labu destilasi dan kamera.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan acak lengkap (RAL), dimana hanya terdapat satu faktor yang dikenai, yaitu jumlah komposisi campuran perekat ekstrak kulit batang eukaliptus, formaldehida 37%, resorsinol teknis dan tepung tapioka. Perlakuan komposisi perekat mengacu pada penelitian Santoso (2005), komposisi Tanin Resorsinol Formaldehida 1:0,5:2 mol dengan memodifikasi komposisi perekat dengan berbagai variasi dan penambahan tepung tapioka, perlakuan komposisi perekat terdiri dari enam taraf dengan lima kali ulangan di setiap tarafnya, jumlah ulangan sesuai dengan ketentuan SNI 03-3400-1994, dan menghasilkan 30 contoh uji. Enam taraf perlakuan yang dilakukan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perlakuan penelitian

Perlakuan	Tanin Cair Eukaliptus	Formaldehida 37%	Resorsinol	Tapioka
P1	100 gr	25 gr	50 gr	5 gr
P2	100 gr	30 gr	45 gr	5 gr
P3	100 gr	35 gr	40 gr	5 gr
P4	100 gr	40 gr	35 gr	5 gr
P5	100 gr	45 gr	30 gr	5 gr
P6	100 gr	50 gr	25 gr	5 gr

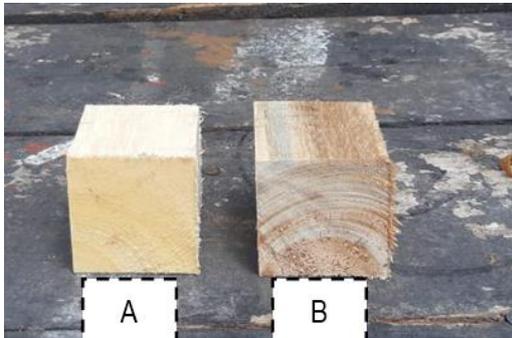
Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan Pengambilan Bahan dan Pembuatan Contoh Uji

Bahan penelitian berupa kayu akasia dan pulai yang berasal dari panglong dan kulit batang eukaliptus berasal dari limbah pemanenan pohon eukaliptus yang tidak terpakai dari perusahaan hutan tanaman industri (HTI) PT. Riau *Andalan Pulp and Paper* (RAPP). Bahan penelitian berupa kayu akasia dan pulai memiliki ukuran 5cm x 5cm x 5cm. Kayu - kayu tersebut kemudian dikeringanginkan di suhu ruangan selama ± 7 hari sampai mencapai kadar air $\pm 12\%$. Proses pengeringan sesuai dengan metode penelitian Susanto (2013), dikeringkan selama 7 hari untuk memperoleh nilai kadar air (KA) yang sesuai yaitu sebesar 12-16%.

Bahan penelitian berupa kulit eukaliptus yang dicacah menjadi potongan-potongan kecil. Kemudian diekstrak dengan pelarut aquades, berdasarkan Santoso

(2005), kulit batang yang telah dicacah selanjutnya direndam di dalam labu destilasi yang berisi aquades panas (70-80 °C) yang dipanaskan dengan penangas air pada nisbah bahan:pelarut = 1:3 (b/b). Ekstraksi dilakukan selama 3 jam, menghasilkan tanin cair dari kulit eukaliptus, setelah itu ekstrak tanin cair kulit eukaliptus didinginkan dan disaring menggunakan kain blacu, yang nantinya akan dijadikan sebagai salah satu campuran bahan perekat.



Gambar 1 Balok Pulai (A), dan Balok Akasia (B)



Gambar 2 Kulit Eukaliptus yang dicacah

2. Pembuatan Perekat dan Proses Perekatan

Pembuatan kopolimer tanin resorsinol formaldehida (TRF) dilakukan dengan mengacu kepada Iskandar *et al.* (2017), yaitu mereaksikan ekstrak tanin cair dalam larutan NaOH 50% dalam gelas piala, diaduk pada suhu ruangan sampai homogen. Larutan tersebut dibubuhi dengan resorsinol sesuai dosis setiap perlakuan, sedikit demi sedikit dan diaduk sampai homogen lalu dikondisikan dengan NaOH 50% sampai pH mencapai 11, selanjutnya ditambahkan larutan formaldehida 37% sesuai dengan dosis setiap perlakuan dan tepung tapioka sambil diaduk, ditambahkan kembali larutan NaOH 50%, dan campuran diaduk lagi sampai pH larutan mencapai pH 11. Setelah itu larutan didiamkan selama 1-2 jam sebelum diaplikasikan pada sirekat akasia dan pulai. Sampel dikempa dingin atau klem pada suhu ruangan selama 24 jam, ini sesuai dengan metode penelitian Lestari (2018), balok glulam dikempa dingin selama 24 jam, kemudian dibiarkan selama 7 hari tanpa diberikan perlakuan apapun.

3. Uji Kualitas Perekat

Determinasi kualitas perekat mengacu pada SNI 06-4567-1998 dan didapatkan standarisasi perekat dan dilakukan beberapa pengujian untuk menentukan kualitas dari perekat tersebut yang hasilnya dicantumkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Standardisasi perekat berdasarkan SNI 06-4567-1998

Parameter	Satuan	Standar SNI 06-4567-1998
Bentuk	-	Cair
Kenampakan	-	Merah Kehitaman dan Bebas dari Kotoran
pH (25°C)	-	10 – 13
Kekentalan (25°C)	Cps	130 – 300
Waktu Gelatinasi (100°C)	Menit	≥ 30

Pengamatan

1. Uji Kenampakan (SNI 06-4567-1998)

Prinsip uji kenampakan adalah pengamatan secara visual mengamati warna dan adanya benda asing dalam perekat. Cara determinasi kenampakan perekat adalah, pertama contoh perekat dituangkan di atas permukaan gelas datar atau cawan petri, lalu dialirkan sampai membentuk lapisan film tipis, kemudian dilakukan pengamatan visual tentang warna, dan keberadaan benda asing berupa butiran padat, debu dan benda lain.

2. Uji Keasaman (pH) (SNI 06-4567-1998)

Pengukuran pH adalah pengukuran banyaknya konsentrasi ion H⁺ pada suatu larutan. Cara determinasi pH pada perekat menggunakan pH-meter yaitu, contoh perekat dituangkan secukupnya ke dalam gelas piala berukuran 200 ml dan diukur keasamannya pada suhu 25°C menggunakan pH-meter, sebelum dilakukan pengujian pH pada perekat, terlebih dahulu dilakukan standarisasi pH-meter dengan larutan buffer pH 7 dan pH 10 pada suhu 25°C. pH diukur setelah perekat didiamkan selama ± 2 jam atau sebelum perekat digunakan.

3. Uji Kekentalan (Viscositas) (SNI 06-4567-1998)

Pada penelitian ini digunakan alat viskometer *Ostwald*. Cara determinasi kekentalan perekat menggunakan viskometer *ostwald* adalah, pertama contoh perekat dituangkan secukupnya ke dalam viskometer *ostwald* melalui ujung tabung yang diameternya besar, sebelumnya viskometer *ostwald* diletakkan pada statif dan bagian bawah tabung direndam dalam air agar suhunya stabil (25°C), selanjutnya perekat dihisap dengan ball-pipet melalui ujung tabung yang diameternya kecil sampai melewati batas tera atas, kemudian diukur waktu yang dibutuhkan oleh perekat untuk mengalir turun dari batas

tera atas ke batas tera bawah. Kekentalan perekat ditentukan dengan rumus:

$$\eta_p = \{(dp \times tp) / (da \times ta)\} \times \eta_a \quad (1)$$

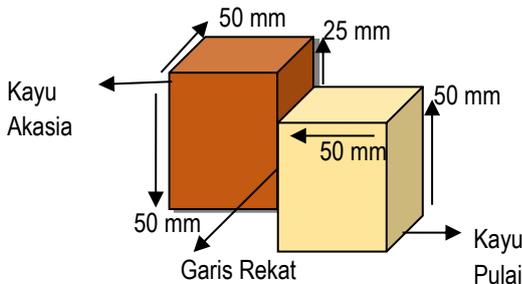
Dimana, η_p adalah viscositas perekat, η_a adalah viscositas air (0,890 cps), dp adalah densitas/kerapatan perekat, da adalah densitas/kerapatan air = 1, dan tp adalah waktu turunnya perekat dari batas tera atas ke batas terbawah (detik).

4. Uji Gelatinasi (Gelttime) (SNI 06-4567-1998)

Waktu gelatinasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh contoh perekat untuk membentuk gelatin pada suhu tertentu. Cara determinasi waktu gelatinasi perekat adalah, pertama contoh perekat sebanyak ± 5 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi, selanjutnya dipanaskan di atas penangas air pada suhu 100°C dengan posisi permukaan perekat berada 2 cm di bawah permukaan air. Amati waktu yang dibutuhkan perekat tersebut untuk berubah wujud menjadi gel (gelatinasi) dengan cara memiringkan tabung reaksi. Perekat yang sudah tergelatinasi ditandai dengan tidak mengalirnya perekat ketika tabung reaksi dimiringkan.

5. Uji Kualitas Perekatan

Pengujian kualitas perekatan menggunakan sampel berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm, pemilihan ukuran sampel mengikuti penelitian (Anshari, 2006). Luas permukaan bidang rekat 50 mm x 50 mm = 2.500 mm² atau 0,0025 m² dan berat labur 200 g/m².



Gambar 3 Contoh sampel uji

6. Nilai Keteguhan Rekat Geser Tekan Diketahui Dengan Menggunakan Rumus (SNI 06-6049-1999)

$$F_s // = \frac{P}{b \times h} \quad (2)$$

Dimana, $F_s //$ adalah kuat geser (N/mm²), P adalah beban maksimum (N), b adalah lebar (mm), dan h adalah tinggi (mm).

Standar yang ada pada Tabel 3 menunjukkan batas minimal dari kekuatan keteguhan rekat geser pada sampel uji basah dan sampel uji kering, apabila hasil dari uji keteguhan dengan alat UTM ini menghasilkan data lebih

atau sama dengan SNI 06-6049-1999 maka dapat dikatakan perekat kuat dan dapat digunakan.

Tabel 3 Standardisasi balok laminasi SNI 06-6049-1999

Uji Kerekatan	SNI 06-6049-1999
Uji Basah	≥ 3 N/ mm ²
Uji Kering	≥ 10 N/ mm ²

Sumber: SNI 06-6049-1999

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan Analisis Of Variance (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan nyata dari hasil yang didapat, maka dianalisis lebih lanjut menggunakan uji Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) pada taraf 5%.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk dan Kenampakan

Hasil yang diperoleh dari pengujian bentuk perekat pada 6 perlakuan yang diuji memiliki bentuk cair. Hasil yang diperoleh sesuai dengan persyaratan SNI 06-4567-1998. Uji kenampakan pada perekat memiliki hasil sesuai dengan persyaratan SNI 06-4567-1998. Hasil uji bentuk dan kenampakan pada perekat dengan 6 perlakuan dapat dilihat pada Tabel. 4.

Tabel 4 Hasil Uji Bentuk dan Kenampakan Perekat

Perlakuan	Bentuk	Kenampakan
P1	Padat	Merah kehitaman, padat seperti jelly.
P2	Cair	Merah terang agak kehitaman, sangat cair dan bebas dari kotoran.
P3	Cair	Merah kehitaman, cairan kental dan bebas dari kotoran.
P4	Cair	Merah kehitaman, cairan kental dan bebas dari kotoran.
P5	Cair	Merah kehitaman, cairan kental dan bebas dari kotoran.
P6	Cair	Merah pekat kehitaman, cairan kental dan bebas dari kotoran.

Uji kenampakan pada P1 dengan komposisi tanin cair 100 g, resorsinol 50 g dan formaldehida 37% 25 g dan tepung tapioka 5 g, menghasilkan perekat berwarna merah kehitaman yang padat seperti jelly, warna merah pekat yang dihasilkan dikarenakan reaksi formaldehida 37% dengan resorsinol, semakin banyak formaldehida yang bereaksi dengan resorsinol, maka warna perekat akan berwarna semakin merah pekat. Kenampakan bentuk perekat P1 yang seperti jelly diduga karena reaksi tanin dengan resorsinol, ini sesuai dengan penelitian Rachmawati et.al (2018) menyatakan penambahan resorsinol akan menyebabkan semakin tinggi kadar padatan. Dengan demikian, resorsinol memberikan

pengaruh terhadap kadar padatan yang mengindikasikan terbentuknya komponen dengan molekul yang lebih besar. Hal ini yang diduga mengakibatkan P1 mengalami pematatan seperti *jelly*.

Uji kenampakan pada P2 dengan perbandingan tanin cair 100 g, resorsinol 45 g dan perbandingan formaldehida 37% sebesar 30 g dan tepung tapioka 5 g menghasilkan perekat yang cair dengan warna perekat berwarna merah terang. Warna merah terang diduga terjadi karena kandungan formaldehida lebih sedikit dibandingkan resorsinol. Pemberian resorsinol terlalu banyak menghasilkan warna yang gelap yang tidak pekat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Santoso *et al.* (2004), dimana resin Lignin Resorsinol Formaldehida (LRF) yang diperoleh memiliki sifat fisis berupa cairan berwarna coklat kehitaman dan berbau khas fenol. Warna yang dihasilkan diduga berasal dari perpaduan lignin isolat dengan resorsinol. Perpaduan bahan resorsinol dengan tanin cair menghasilkan warna coklat gelap kehijauan, sehingga diduga reaksi perekat pada P2 menghasilkan warna yang lebih terang dengan keadaan perekat yang sangat cair dibandingkan perekat lainnya. Pendugaan ini diperkuat dengan pernyataan dari Santoso (2005) menyatakan bahwa lignin yang berasal dari lindi hitam maupun tanin kondensat dari kulit kayu mangium sama-sama memiliki gugus hidroksifenolik (polifenol), sehingga dugaan hasil warna perekat adalah reaksi dari senyawa polifenol dengan resorsinol.



Gambar 4 Bentuk dan kenampakan perekat

Uji kenampakan pada P3 dengan komposisi perbandingan tanin 100 g, resorsinol 40 g, juga formaldehida 37% 35 g dan tepung tapioka 5 g, warna perekat yang dihasilkan berwarna merah kehitaman dengan bentuk perekat cair. Cairnya perekat diduga dikarenakan kandungan formaldehida 37% yang tidak cukup kuat bereaksi dengan resorsinol, yang diduga mendominasi adalah reaksi tanin cair dan resorsinol, sehingga reaksi polimer tidak sempurna. Ini sesuai dengan pernyataan Garcia, Glasser, Pizzi, Lacoste, & Laborie (2014) dalam Rachmawati *et al.* (2018), peningkatan jumlah aldehida terhadap tanin akan menyebabkan efisiensi reaksi tanin terhadap formaldehida menurun dan mengindikasikan adanya sejumlah aldehida yang tidak ikut bereaksi membentuk produk polimer.

Uji kenampakan pada P4, P5 dan P6 dengan komposisi perbandingan perekat, memiliki kandungan formaldehida 37% yang cukup banyak menghasilkan perekat yang memiliki warna merah kehitaman dengan bentuk perekat yang kental dan bebas dari kotoran baik debu dan pasir. Perekat pada perlakuan P4, P5 dan P6 menghasilkan sedikit gumpalan. Gumpalan yang dihasilkan merupakan tepung tapioka yang memiliki kandungan pati yang tidak dapat tercampur dengan sempurna dengan cairan perekat yang dibuat. Gumpalan perekat yang dihasilkan diduga diakibatkan oleh cairan perekat yang bersuhu rendah atau suhu kamar 25°C, suhu rendah pada perekat ini menyebabkan kandungan pati yang terdapat pada tepung tapioka tidak dapat larut, karena pati dapat terurai dengan larutan pada suhu yang cukup tinggi atau adanya pemanasan. Menurut Jannah (2018), pati merupakan polisakarida yang merupakan molekul berat. Polisakarida ini dibagi menjadi amilopektin dan amilosa. Amilosa memiliki sifat tidak larut pada cairan yang dingin, tetapi dapat menyerap cairan hingga mengembang. Amilopektin mempunyai sifat daya rekat yang baik, sehingga zat ini yang dimanfaatkan untuk ekstender pada perekat.

Keasaman (pH)

Keasaman atau pH adalah suatu hal untuk mengukur seberapa nilai asam atau basa suatu larutan. Nilai asam atau basa pada perekat sangat perlu untuk diketahui karena berpengaruh terhadap masa pakai pada perekat (*work pot life*). Hasil penelitian menunjukkan pH perekat yang dihasilkan bernilai basa. Nilai basa dipengaruhi oleh penambahan NaOH 50% dan formaldehida 37%. pH yang dihasil sesuai dengan SNI 06-4567-1998. pH hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian pH pada Perekat Tanin Resorsinol Formaldehida

Perlakuan	Hasil pH (25°C)	Standar SNI 06-4567-1998
P1	12,3	10,00 – 13,00
P2	10,7	10,00 - 13,00
P3	11,0	10,00 - 13,00
P4	11,1	10,00 - 13,00
P5	11,3	10,00 - 13,00
P6	11,4	10,00 - 13,00

Hasil P1 *jelly* padat setelah dilakukan perendaman dengan air panas selama 3 jam mengalami pematatan seperti kristal dengan cairan rendaman yang dihasilkan berwarna merah hitam kecokelatan, cairan hasil perendaman perekat P1 di ukur pHnya menggunakan pH meter didapatkan nilai pH 12,3, nilai pH perekat P1 masuk ke dalam standar SNI 06-4567-1998. Nilai pH yang didapatkan masuk dalam SNI tetapi perekat yang

dihasilkan mengalami pembekuan, hal ini diduga karena proses pembuatan perekat dan reaksi kimia tanin, resorsinol, formaldehida dan tapioka mengalami reaktan yang sempurna, sehingga perekat yang dihasilkan langsung mengalami pembekuan, perekat yang bagus adalah perekat yang berada dalam keadaan setengah matang, karena memiliki masa pakai yang lebih lama ini sesuai dengan pernyataan dari Santoso (2001) dalam Iskandar *et al.* (2017), Pembentukan polimer yang lambat juga dimaksudkan agar perekat yang dibuat menjadi "setengah matang". Umumnya proses polimerisasi berlangsung terus dalam kondisi "setengah matang" sampai seluruh reaktan bereaksi sempurna. Proses pematangan disertai dengan perubahan pH dan diikuti dengan terjadinya proses pengerasan perekat. Perekat yang dibuat "setengah matang" mempunyai masa simpan yang relatif lama.

Nilai P2 meskipun nilai pH berada di atas nilai SNI, tetapi memiliki nilai rendah yang berada di bawah nilai pH perlakuan lainnya. Perekat tetap dapat digunakan untuk merekatkan sampel akasia dan pulai. Nilai pH yang bernilai cukup rendah dikarenakan pengaruh kandungan resorsinol yang lebih mendominasi dibandingkan komposisi lainnya. Penggunaan resorsinol yang berlebih memang mengurangi nilai pH, karena sifat resorsinol yang asam. Ini sesuai dengan penelitian Istiqomah dan Herlina (2014), semakin besar kadar penambahan resorsinol, pH Liquida Sabut Kelapa (LSK) semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh penggunaan resorsinol, dimana resorsinol ($C_6H_6O_2$) tersebut bersifat asam, sehingga semakin besar penggunaannya, maka akan menurunkan pH LSK.

Nilai pH yang rendah berpengaruh terhadap kualitas perekat dan keadaan kayu, perekat yang baik adalah perekat yang bernilai pH 11-13, pada standar pH ini perekat bersifat baik dalam penggunaannya, karena umur pakai perekat yang bertahan cukup lama (*curing*) dan memperpanjang masa pakai atau simpan kayu (*lifetime*). Lama pakai perekat tanin resorsinol formaldehida pada pH ≥ 11 lebih lama, dibandingkan pH ≤ 11 . Pada penelitian ini P3, P4, P5 dan P6 dapat bertahan selama ± 24 jam sebelum mengalami beku atau pengerasan, sedangkan P2 hanya dapat bertahan ± 19 jam sebelum mengalami beku dan pengerasan.

Tanin eukaliptus cair dengan pelarut aquades juga bernilai asam yaitu nilai pH 4,8. Pencampuran ekstrak tanin cair eukaliptus dan resorsinol menghasilkan nilai pH yang sangat asam pada cairan pembuatan perekat, sehingga pada pembuatan perekat ditambahkan NaOH 50% untuk meningkatkan nilai pH. Apabila peningkatan pH tidak dilakukan dengan penambahan NaOH 50% untuk mencapai pH basa, maka perekat akan mengalami pengerasan seperti *jelly* pada waktu hitungan detik, bentuk perekat yang gagal dapat dilihat pada gambar 5 perekat P1 yang nilai pH basanya tidak mampu dipertahankan dalam keadaan lama.

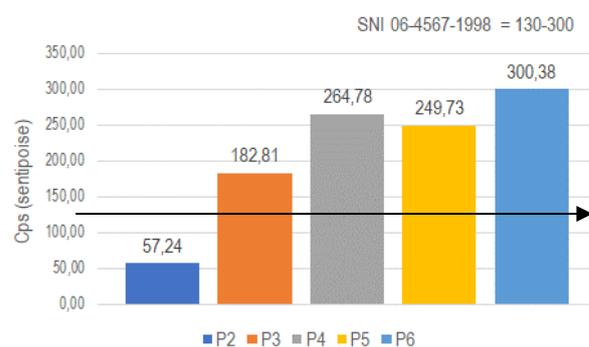


Gambar 5 Perekat P1 yang nilai pH-nya terlalu rendah

Nilai pH yang berpengaruh pada hasil perekat, menyebabkan pada saat pembuatan perekat sangat penting mempertahankan pH dalam keadaan basa. Jika nilai pH tidak dipertahankan dalam keadaan basa maka perekat akan mengalami pembekuan dengan cepat. P1 adalah perekat dengan keasaman sangat tinggi, awal pembuatan perekat pH telah dipertahankan dalam keadaan basa dengan menambahkan NaOH 50%, hasil pencampuran keseluruhan komposisi pada awalnya berbentuk sangat cair namun dalam hitungan menit langsung berubah menjadi bentuk padat seperti *jelly*.

Viskositas (Kekentalan)

Kekentalan (viskositas) dari hasil penelitian, memiliki nilai yang sesuai dengan SNI 06-4567-1998 kecuali pada P2. Perlakuan P2 memiliki keadaan perekat yang sangat cair, tidak ada bentuk kental meskipun pada komposisi perekat telah ditambahkan tepung tapioka sebagai ekstender supaya perekat yang dihasilkan lebih membentuk pasta kental. Hasil keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil Kekentalan (viskositas) Perekat Tanin Resorsinol Formaldehida.

Perekat yang memiliki nilai viskositas paling tinggi adalah P6 dengan nilai kekentalan perekat 300,38 Cps, pada perlakuan ini komposisi formaldehida yang banyak mempengaruhi perekat yang dihasilkan menjadi lebih kental seperti pasta. Pada P4 dan P5 dihasilkan nilai adalah perekat dengan perbandingan formaldehida dan

resorsinol yang tidak terlalu jauh, menghasilkan nilai kekentalan perekat 249,73 Cps dan 264,78 Cps, waktu turunnya perekat pada saat pengujian tidak berbeda jauh, hanya berbeda 0,2 detik, perbedaan ini menjelaskan bahwa perekat P4 lebih kental dibandingkan perekat P5. Kekentalan pada P3 berada dibawah nilai kekentalan P6, P5 dan P4.

Kekentalan bukan hanya dipengaruhi oleh waktu turunnya perekat dari viskometer *ostwald*, tetapi juga dipengaruhi oleh densitas perekat yang diukur menggunakan piknometer. Tingginya densitas perekat berpengaruh terhadap nilai kekentalan dan kemampuan penetrasi perekat. Pada penelitian ini perekat yang paling sulit untuk membasahi sirekat adalah P2, pada pengaplikasian perekat P2 pada akasia dan pulai perekat yang dihasilkan tidak mengalir dengan sempurna pada permukaan kayu, perekat terlihat membentuk suatu perlawanan saat diaplikasikan pada kayu. Pada P2 untuk pengaplikasiannya cukup sulit karena pengaruh kekentalan perekat yang rendah, juga karena reaksi kandungan bahan kimia resorsinol dan formaldehida yang kurang polimer, meskipun telah ditambahkan ekstender tepung tapioka.

Viskositas menunjukkan kemampuan perekat untuk mengalir dari suatu permukaan ke permukaan yang lain pada kayu yang direkat untuk membentuk suatu lapisan yang kontinu, menyebar merata pada seluruh permukaan. Selain itu viskositas perekat juga mempengaruhi kemampuan penetrasi perekat dan pembasahan oleh perekat (Dave *et al.*, 2019).

Perekat P3, P4, P5 dan P6 pada saat pengaplikasiannya, dapat menyebar merata pada permukaan kayu, kemampuan penetrasi perekat tinggi, karena nilai viskositas yang tinggi dan sesuai dengan standar SNI 06-4567-1998. Pada saat pembasahan perekat terjadi cukup cepat dan mudah diratakan pada saat pengaplikasian pada akasia dan pulai. Nilai viskositas yang tinggi tidak menjamin bahwa perekat akan memiliki keteguhan rekat yang tinggi, karena perekat yang baik digunakan adalah perekat yang tidak terlalu kental dan juga tidak terlalu cair. Perekat yang terlalu kental akan sulit diaplikasikan pada sirekat dan perekat yang terlalu cair menghasilkan garis rekat tipis yang memiliki nilai keteguhan yang rendah.

Sesuai dengan pernyataan Risnasari dan Ruhendi (2006), Kualitas perekat akan meningkat pada batas keenceran tertentu pada perekat, karena perekat yang terlalu encer menurunkan nilai keteguhan rekat dan apabila perekat terlalu kental menyulitkan pada saat digunakan. Kualitas dapat meningkat apabila nilai viskositas yang dihasilkan tinggi tetapi tidak berlebihan, maka nilai penetrasi atau keteguhan rekatnya juga akan meningkat.

Gelatinasi (Gelttime)

Gelttime adalah waktu yang dibutuhkan perekat untuk mengeras dan tidak dapat ditambahkan bahan perekat

lainnya. *Gelttime* pada tiap perekat bervariasi, perekat fenol formaldehida cair memiliki waktu mengalami pengentalan adalah sama dengan 30 menit ke atas. Tanin cair resorsinol formaldehida adalah perekat yang dinilai memiliki kesesuaian dengan perekat fenol formaldehida cair, karena karakter yang dihasilkan menyerupai perekat fenol formaldehida cair ini sesuai dengan Standar SNI 06-4567-1998. Gelatinasi yang didapatkan pada penelitian ini adalah semua perlakuan memenuhi nilai SNI 06-4567-1998, karena waktu yang dihasilkan melebihi dari batas minimal waktu gelatinasi. Waktu gelatinasi paling lama terjadi pada perekat P2 dan P3. Hasil gelatinasi dapat dilihat pada Tabel.6.

Tabel 6 Hasil uji gelatinisasi perekat tanin resorsinol formaldehida

Perlakuan	Waktu Gelatinasi (menit)	Standar SNI 06-4567-1998
P1	-	min. 30 menit
P2	>88	min. 30 menit
P3	>88	min. 30 menit
P4	31,40	min. 30 menit
P5	34	min. 30 menit
P6	39	min. 30 menit



Gambar 7 Gelatinasi Perekat Tanin Resorsinol Formaldehida

Perekat P2 adalah perekat dengan kadar resorsinol cukup tinggi, kandungan resorsinol yang cukup tinggi menghasilkan perekat yang sangat cair, tetapi nilai resorsinol yang sangat tinggi akan menghasilkan perekat yang padat seperti *jelly* sehingga tidak dapat digunakan, ini sesuai dengan penelitian pada perlakuan P1. P2 dan P3 ini saat proses gelatinasi membutuhkan waktu lebih dari 5 jam untuk dapat mengalami gelatinasi, saat setelah dilakukan pemanasan selama 5 jam, perekat P2 dan P3 tetap tidak mengalami gelatinasi, hingga pada waktu 14 jam setelah dipanaskan akhirnya perekat mengalami gelatinasi. Penambahan NaOH berlebih diduga juga sebagai salah satu faktor yang menyebabkan perekat bersifat lebih cair, karena NaOH merupakan salah satu bahan yang ditambahkan dalam pembuatan perekat, ini diperkuat dengan pernyataan Herlina dan Nurhasmawati (2014), yang menyatakan penggunaan NaOH

mempengaruhi keadaan perekat dan menyebabkan perekat menjadi cair. Keadaan perekat yang cair berpengaruh kondisi perekat. NaOH juga digunakan sebagai pengatur pH.

Perekat P4, P5 dan P6 memiliki waktu gelatinasi yang tidak jauh berbeda yaitu P4 31,4 menit, P5 34 menit dan P6 39 menit, waktu yang dihasilkan lebih cepat dibandingkan dengan P2 dan P3, hal ini diduga karena pengaruh kandungan molekul kopolimer tanin dan formaldehida yang bereaksi secara keseluruhan sehingga perekat yang dihasilkan lebih cepat mengalami pembekuan, sesuai dengan pernyataan Rachmawati *et al.* (2018), reaksi tanin dan formaldehida dengan adanya asam hidroklorida untuk menghasilkan produk kondensasi dengan berat molekul tinggi yang tidak larut.

Keteguhan Rekat Geser

1. Keteguhan Rekat Geser Basah

Keteguhan rekat geser adalah kemampuan kayu menahan tekanan atau beban yang dapat mengakibatkan terjadinya pergeseran pada permukaan kayu yang direkatkan. Pengujian rekat geser basah adalah pengujian pada sampel yang telah diberikan perlakuan perendaman menggunakan air. Perlakuan perendaman dilakukan untuk melihat apakah perekat yang dihasilkan memiliki kemampuan bertahan pada keadaan yang lembab. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian geser dengan perekatan kayu akasia dan pulai pada bidang tangensial. Hasil uji keteguhan rekat geser basah setelah dilakukan analisis sidik ragam menunjukkan bahwa semua perlakuan memberikan hasil berpengaruh nyata terhadap komposisi perekat tanin dari ekstrak cair kulit eukaliptus, resorsinol, formaldehida dan tepung tapioka. selengkapnya hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 7.

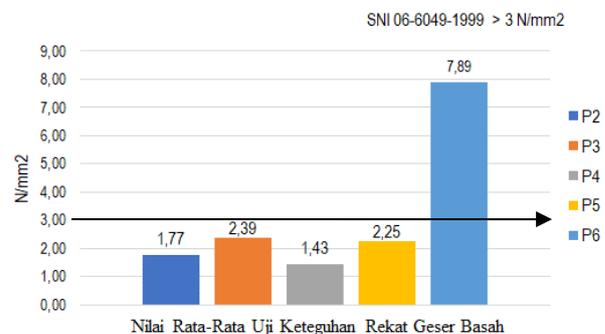
Tabel 7 Hasil uji rata-rata uji keteguhan rekat basah

Perlakuan	Rata-rata nilai uji rekat geser basah
P6	7,89 ^a
P3	2,39 ^b
P5	2,25 ^b
P2	1,77 ^b
P4	1,43 ^b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMR pada taraf 5%.

Pengaruh uji keteguhan rekat basah pada berbagai komposisi perekat menunjukkan bahwa perlakuan P6 (komposisi tanin 100 g, formaldehida 37% 50 g, resorsinol 25 g dan tepung tapioka 5 g) memberikan hasil berbeda nyata dengan empat perlakuan lainnya. Perlakuan P3, P5, P2 dan P4 memberikan hasil yang berbeda tidak nyata dan menunjukkan pengaruh yang sama pada nilai uji keteguhan rekat geser basah pada kayu akasia dan pulai. Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka perekat yang

baik digunakan sebagai bahan perekat adalah perekat pada perlakuan P6 ini sesuai dengan data hasil uji duncan pada Tabel 7 dan Gambar 8, yang menunjukkan bahwa rata-rata perlakuan pada P6 sebesar 7,894 N/mm² memiliki nilai yang melewati SNI 06-6049-1999 sehingga bisa digunakan sebagai perekat dalam pembuatan interior dan eksterior.



Gambar 8 Grafik keteguhan rekat geser basah

Perbedaan nilai keteguhan rekat geser yang terbaik tidak hanya dipengaruhi oleh nilai kekentalan (viskositas) saja, tetapi kekuatan perekat yang dihasilkan berbeda tiap komposisinya adalah diduga pengaruh dari saat proses pengempaan dan reaksi kimia dari tanin, resorsinol dan formaldehida. Tidak bisa dinyatakan suatu perekat yang nilai viskositas tingginya memiliki nilai keteguhan rekat geser yang tinggi. Ini bisa dilihat pada pernyataan Budiyanto *et al.* (2016), bahwa faktor yang mempengaruhi keteguhan rekat pada suatu sampel faktor pertama adalah bahan direkat (*adherent*) kayu, seperti struktur anatomi kayu, sifat fisika kayu dan sifat kimia kayu. Bahan perekat (*adhesive*) merupakan kelompok faktor yang kedua, di mana sifat bahan perekat beserta bahan-bahan tambahan, yaitu pengisi (*filler*), pengembang (*extender*), pengeras (*hardener*) atau bahan tambahan lain dengan tujuan khusus, seperti bahan penangkap, bahan pengawet dan bahan tahan api, akan mempengaruhi kualitas perekatan yang dihasilkan. Kelompok terakhir adalah teknologi dan proses perekatan yang digunakan, seperti cara pelaburan perekat dan sistem pengempaan.

2. Keteguhan Rekat Geser Kering

Uji keteguhan rekat kering adalah uji yang dilakukan tanpa ada perlakuan perendaman sebelum diuji. Pemberian perekat dilakukan hanya pada satu bidang rekat saja. Hasil pengamatan terhadap nilai keteguhan rekat kering setelah dilakukan analisis sidik ragam menunjukkan bahwa semua perlakuan berpengaruh nyata terhadap uji keteguhan rekat geser kering. Hasil disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 menunjukkan semua perlakuan pada perekat yang digunakan sebagai bahan untuk merekatkan kayu akasia dan pulai memberikan hasil yang berbeda untuk setiap perlakuannya. Perlakuan P5 merupakan perlakuan

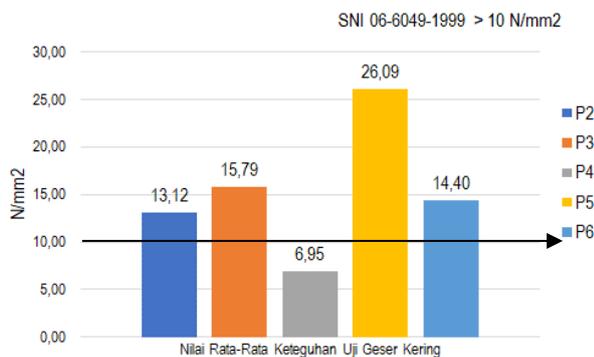
yang menghasilkan keteguhan rekat geser paling baik dan memiliki pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan P2 dan P4. Perlakuan P3 memberikan hasil yang berbeda tidak nyata dan menunjukkan pengaruh yang sama pada nilai uji keteguhan rekat geser kering pada kayu akasia dan pulai pada perlakuan P6, P2 dan P4.

Tabel 8 Hasil Uji Rata-Rata Uji Keteguhan Rekat Kering

Perlakuan	Rata-Rata Uji rekat Geser Kering
P5	26,10 ^a
P3	15,79 ^{ab}
P6	14,40 ^{ab}
P2	13,12 ^b
P4	6,95 ^b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMR pada taraf 5%.

Hasil uji keteguhan rekat kering menghasilkan nilai yang rata-rata berada di atas batas minimal nilai SNI 06-6049-1999 adalah 10 N/mm². Nilai yang dihasilkan beragam dan tidak menunjukkan pertambahan yang terstruktur, tetapi pada setiap perlakuan menghasilkan nilai yang tidak konstan di setiap ulangnya. Nilai yang tidak seragam juga dipengaruhi oleh keadaan kayu dan proses saat pengempaan, karena berhubungan dengan tekanan pada saat melakukan perekatan. Penetrasi perekat yang tidak sempurna masuk ke dalam permukaan kayu diduga berpengaruh terhadap kekuatan perekatan yang dihasilkan. Hasil keteguhan rekat geser kering dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik keteguhan rekat geser kering

Hasil grafik uji keteguhan rekat kering menunjukkan gambaran nilai yang didapatkan pada setiap perlakuan. Keteguhan rekat geser kering yang sesuai dengan SNI 06-6049-1999 adalah memiliki nilai keteguhan rekat geser 10 N/mm². Hasil grafik adalah hasil keseluruhan dari rata-rata tiap perlakuan. Perlakuan terbaik terdapat pada P5. Hasil yang ditunjukkan dalam penelitian menunjukkan bahwa tanin cair dari limbah kulit eukaliptus dapat digunakan sebagai bahan pembuatan perekat yang ramah lingkungan dan pemanfaatan ini dapat menjadi salah satu cara pemanfaatan limbah kulit eukaliptus dan

meningkatkan nilai dari kulit eukaliptus. Perekat dari campuran bahan alami seperti kulit eukaliptus lebih ramah lingkungan dan tidak terlalu mencemari lingkungan. Kekurangan dari perekat tanin cair kulit eukaliptus ini adalah warna perekat yang dihasilkan memiliki garis rekat gelap. Garis rekat yang gelap mempengaruhi tampilan dari kayu lamina yang dibuat. Meskipun bergaris rekat gelap, perekat ini tetap dapat mengalami perekatan dengan cukup baik hal ini didasari dari data uji keteguhan rekat geser yang dilakukan sehingga untuk pengembangannya ke depan sangat baik.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik perekat tanin resorsinol formaldehida yang dihasilkan berdasarkan SNI 06-6049-1999 dan SNI 06-4567-1998 yaitu, uji kenampakan dan karakteristik lima perlakuan sesuai, pada P1 perekat tidak memenuhi standar dan tidak dapat digunakan. Pada pengujian pH, nilai P2 hingga P6 termasuk ke dalam SNI 06-4567-1998. Uji viskositas P2 tidak termasuk ke dalam SNI 06-4567-1999, pada uji gelatinasi P2 sampai P6 sesuai dengan standar SNI 06-4567-1999.
2. Nilai kekuatan perekat pada uji keteguhan rekat basah hanya perlakuan P6 (tanin 100 g, resorsinol 25 g, formaldehida 37% 50 g, tepung tapioka 5 g) yang melewati nilai minimal keteguhan rekat geser basah berdasarkan SNI 06-6049-1999, sedangkan pada uji keteguhan rekat geser kering perlakuan terbaik terdapat pada P5 (tanin 100 g, resorsinol 30 g, formaldehida 37% 45 g, tepung tapioka 5 g) sebesar 26,09 N/mm² melewati nilai batas minimal keteguhan rekat geser kering 10 N/mm².

DAFTAR PUSTAKA

- Anshari, B. 2006. Pengaruh variasi tekanan kempa terhadap kuat lentur kayu laminasi dari kayu meranti dan keruing. *Civil Engineering*. 8 (1): 26-27.
- Arinana., Farah, D. 2009. Kualitas kayu pulai (*Alstonia scholaris*) terdensifikasi (sifat fisis, mekanis dan keawetan). Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan*. 2 (2): 81-83
- Awaliyan, H.M Rahkmat., E. Rosamah dan E. Sukanto. 2017. Karakteristik tanin dari ekstrak kulit kayu leda (*Eucalyptus deglupta* Blume.). *Jurnal Hutan Tropica*. ISSN 2599 1205, eISSN 2599 1183. 1 (1): 17-20.
- Budiyanto, E., Asroni, & Pranowo. A. 2016. Pengaruh temperatur cetakan dan lama pengempaan terhadap keteguhan rekat pada kayu lapis sebagai bahan baku pembuatan drum shell. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro TURBO p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2477-250X*. 5 (2): 122-137.
- Dave, N.A., Winaya, I.N.S., & Widiyarta, I.M. 2019. Studi pengaruh variasi penambahan polivinil asetat pada limbah tinta sebagai bahan baku pembuatan perekat. *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIK*. 8 (4): 759.

- Herlina, N., & Nurhasmawati, P. 2014. Studi Pengaruh Penambahan Resorsinol Pada Pembuatan Perakat Likuida Sabut Kelapa. Laporan Akhir Pelaksanaan Penelitian PNBPU USU. Universitas Sumatera Utara.
- Iskandar, M.I., Pratiwi, D.A., & Wiyantina, N.. 2017. Pengaruh hardener dan ekstender dalam perakat tanin resorsinol formaldehida terhadap emisi formaldehida kayu lapis. *Jurnal ITEKIMA ISSN: 2548-947x*. 2 (1): 16-19.
- Istiqomah, M., & Herlina, N. 2014. Pengaruh penambahan resorsinol pada pembuatan perakat likuida sabut kelapa. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4 (2): 39.
- Jannah, R. 2018. Pengaruh Jenis Perakat terhadap Nilai Kalor Briket Arang Tempurung Kawista (*Limonia acidissima*) Teraktivasi NaOH Skripsi (dipublikasi). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Jasni. 2015. Keawetan alami 57 jenis kayu Indonesia dengan pengujian di bawah naungan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan ISSN:0216 4329*. 34 (3). 185.
- Lestari, A.S.R.D. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Perakat Tanin Mahoni untuk Balok Glulam dari Kayu Cepat Tumbuh, Tesis Magister, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Prayitno, T.A. 1996. Perakatan Kayu. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rachmawati, O., Sugita, P., & Santoso, A. 2018. Sintesis perakat tanin resorsinol dari ekstrak kulit pohon mangium untuk peningkatan kualitas batang sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan. ISSN: 0216-4329 Terakreditasi*.33-46.
- Risnasari, I., & Ruhendi, S. 2006. Sifat Dasar Perakat Likuida kayu dari beberapa jenis kayu. Universitas Sumatera Utara. Medan. *Peronema Forestry Science Journal*. 2 (2).
- Santoso, A. 2005. Pemanfaatan lignin dan tanin sebagai alternatif substitusi bahan perakat kayu komposit. *in simposium nasional polimer V. ISSN 1410-8720*: 155-157.
- Santoso, A., Surdiding. R., Yusuf. S.H., & Suminar. S.A. 2004. Sintesis dan karakterisasi resin lignin resorsinol formaldehida sebagai perakat kayu lamina. *Majalah IPTEK*. 15 (3).
- Santoso, A., Sulatiningsih, I.M., Gustan, P., & Jasni. 2015. Pemanfaatan ekstrak kayu merbau untuk perakat produk laminasi bambu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan. ISSN: 0216-4329 Terakreditasi*. 34 (2): 89-92.
- Standar Nasional Indonesia 1994, Kuat geser kayu (SNI 03 – 3400 – 1994), Standar Nasional Indonesia, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia 1998, *Fenol formaldehida cair untuk perakat kayu lapis* (SNI 06-4567-1998), Standar Nasional Indonesia, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia 1999, *Kualitas perakatan untuk perakatan kayu lapis* (SNI 06-6049-1999), Standar Nasional Indonesia, Jakarta.
- Sucipto, T., & Surdiding, R. 2012. Analisis kualitas kayu laminasi akasia (*Akasia mangium*) dengan perakat polistirena. *Jurnal of Forestry ISSN 2089-9890*. 1 (1): 19-24.
- Susanto, H. 2013. Karakteristik Balok Laminasi (Glulam) Kayu Eukaliptus (*Eucalyptus urophylla* St. Blake). Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.