

**KARAKTERISTIK PEREKAT RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS
DAMAR MATA KUCING UNTUK PRODUK KAYU LAPIS**

(Tesis)

Oleh

MIA PUTRI UTAMI

NPM 2120011020



**PROGRAM STRATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF ENVIRONMENT FRIENDLY ADHESIVES BASED ON CAT'S EYE RESIN FOR PLYWOOD PRODUCTS

By

MIA PUTRI UTAMI

The development of environmentally friendly adhesives free of formaldehyde emissions is still limited, such as Cat's Eye Resin (CER), which is a resin with good and superior quality resin that can be used as an adhesive for plywood. This study aims to find out scientific information related to the CER adhesive formulation and the whitewash weight for plywood that meets commercial standards. The DMK quality of the ash used in the study has a low selling value, so the modification of CER with Benzene solvent to become an adhesive for plywood can increase the selling value of the CER. The CER adhesive formulation consists of a CER: Benzene ratio of 50%:50% and 70%:30% and 10% tapioca starch from the liquid adhesive used. The adhesive was made for 15 minutes at 45°C after which it was allowed to settle for ± 24 hours. Plywood measuring (30×30×0.51) cm³ with a melting weight of 180 g/m² and 200 g/m² is composed of 3 layers of veneer which are perpendicular to each other hot pressed at 2.45 MPa at 120°C for 4 minutes. CER adhesive for plywood from rubber wood has the following composition: 46.95-67.38% solids; viscosity 14.582-19.247 mPa.s; gelatination time 56.80-64.37 minutes; and a pH value of 5.58-5.61. Delamination, wood damage, and wet tensile tests do not meet SNI 01-5008.7-1999 and JAS 233-2003 standards. The physical-mechanical properties of plywood increased with the addition of CER in the adhesive, and the optimal improvement was obtained by using 70% CER adhesive. The results showed that CER ash quality has potential as an alternative adhesive to formaldehyde-based synthetic adhesives which is environmentally friendly and renewable.

Keywords: environment friendly wood adhesive, cat's eye resin, rubberwood, plywood.

ABSTRAK

KARAKTERISTIK PEREKAT RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS DAMAR MATA KUCING UNTUK PRODUK KAYU LAPIS

Oleh

MIA PUTRI UTAMI

Pengembangan perekat ramah lingkungan bebas emisi formaldehida hingga saat ini masih terbatas, seperti Damar Mata Kucing (DMK) yang merupakan damar dengan kualitas resin yang baik dan unggul dapat dimanfaatkan sebagai perekat untuk kayu lapis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui informasi ilmiah terkait formulasi perekat DMK dan berat labur untuk kayu lapis yang memenuhi standar komersial. DMK kualitas abu yang digunakan dalam penelitian memiliki nilai jual rendah, sehingga adanya modifikasi DMK dengan pelarut Benzena menjadi perekat untuk kayu lapis dapat menambah nilai jual dari DMK tersebut. Formulasi perekat DMK terdiri dari perbandingan DMK:Benzena yaitu 50%:50% dan 70%:30% dan tepung tapioka 10% dari cairan perekat yang digunakan. Pembuatan perekat dilakukan selama 15 menit pada suhu 45°C setelah itu dibiarkan mengendap selama \pm 24 jam. Kayu lapis berukuran (30×30×0,51) cm³ dengan berat labur 180 g/m² dan 200 g/m² tersusun dari 3 lapis vinir yang saling tegak lurus dikempa panas pada 2,45 MPa dengan suhu 120°C selama 4 menit. Perekat DMK untuk kayu lapis dari kayu karet memiliki komposisi: kadar padatan 46,95-67,38%; viskositas 14,582-19,247 mPa.s; waktu gelatinasi 56,80-64,37 menit; dan nilai pH 5,58-5,61. Delaminasi, kerusakan kayu, dan uji tarik basah belum memenuhi standar SNI 01-5008.7-1999 dan JAS 233-2003. Sifat fisis-mekanis kayu lapis meningkat dengan penambahan DMK dalam perekat, dan peningkatan optimal diperoleh dengan menggunakan perekat 70% DMK. Hasil penelitian menunjukkan bahwa DMK kualitas abu memiliki potensi sebagai perekat alternatif pengganti perekat sintetis berbahan dasar formaldehida yang ramah lingkungan dan bersifat *renewable*.

Kata kunci: perekat kayu ramah lingkungan, damar mata kucing, kayu karet, kayu lapis.

**KARAKTERISTIK PEREKAT RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS
DAMAR MATA KUCING UNTUK PRODUK KAYU LAPIS**

Oleh

MIA PUTRI UTAMI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER ILMU LINGKUNGAN**

Pada

**Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung**



**PROGRAM STRATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Tesis

: **KARAKTERISTIK PEREKAT RAMAH
LINGKUNGAN BERBASIS DAMAR MATA
KUCING UNTUK PRODUK KAYU LAPIS**

Nama Mahasiswa

: **Mia Putri Utami**

Nomor Pokok Mahasiswa

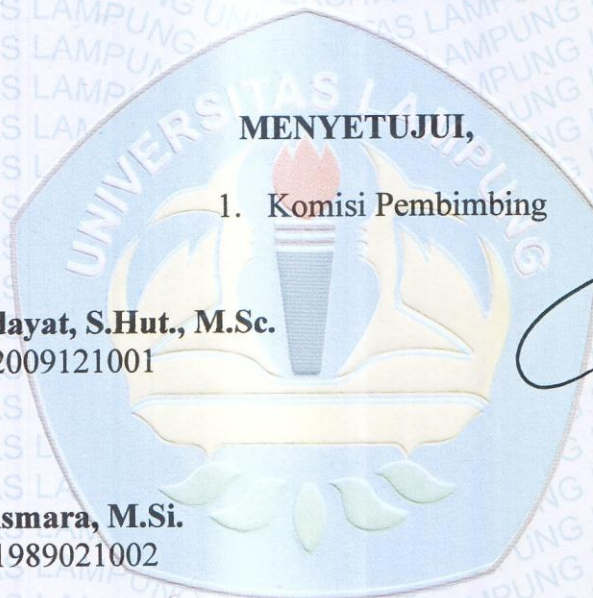
: **2120011020**

Jurusan

: **Magister Ilmu Lingkungan**

Fakultas

: **Pascasarjana Multidisiplin**



MENYETUJUI,

1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.
NIP. 197911142009121001

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 196210101989021002

Muhammad Adly Rahandi Lubis, P.hD.
NIP. 198906102014011001

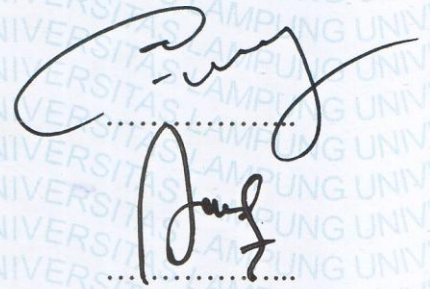
2. **Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Lampung**

Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.
NIP. 196105051987031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.**

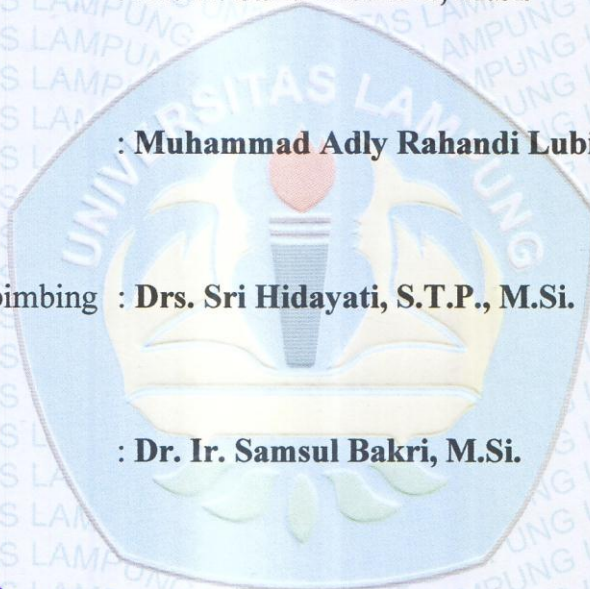


Sekretaris : **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**

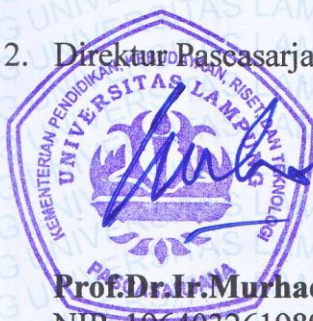
Anggota : **Muhammad Adly Rahandi Lubis, P.hD.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Drs. Sri Hidayati, S.T.P., M.Si.**

Anggota : **Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.**



2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **24 Juli 2023**

PERNYATAAN HASIL KARYA

Dengan Saya adalah Mia Putri Utami NPM 2120011020 menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“KARAKTERISTIK PEREKAT RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS DAMAR MATA KUCING UNTUK PRODUK KAYU LAPIS”** adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc. 2) Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si. dan 3) Muhammad Adly Rahandi Lubis, P.hD. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 15 Juli 2023

Yang membuat pernyataan



Mia Putri Utami

NPM. 2120011020

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada hari Selasa 19 Oktober 1999, sebagai anak ke-dua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Hamzah dan Ibu Apridawati. Penulis menempuh pendidikan di Taman Kanak-Kanak Al-Bustan pada tahun 2004-2005, Sekolah Dasar Negeri 3 Perumnas Way Kandis pada tahun 2005-2011, Sekolah Menengah Pertama Negeri 21 Bandar

Lampung pada tahun 2011-2014, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2014-2017. Tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti organisasi Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Bendahara Bidang Keprofesian pada periode 2018/2019. Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Mekanisasi Pertanian pada semester genap 2019/2020. Tahun 2020, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wira Agung Sari, Kecamatan Penawar Tama, Kabupaten Tulang Bawang dengan tema “Usaha Meningkatkan Sumber Daya Manusia Desa Wira Agung Sari Melalui Pemberdayaan Masyarakat Bersama KKN UNILA” dan penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian Lampung, Natar, Lampung Selatan dengan judul “ Mempelajari Proses Pembuatan Mocaf (*Modified Cassava Flour*) di Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Lampung”. Penulis menyelesaikan Pendidikan strata I dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada April 2021.

Tahun 2021 peneliti tercatat sebagai mahasiswa PS Magister Ilmu Lingkungan, dengan Beasiswa PNPB Universitas Lampung (Unila). Pernah menjadi presenter pada Conference IAPA 2022 annual international conference & IICIS dengan tema “Digital

Transformation and Agile Government, Business and Society in Contemporary Word”, menjadi presenter pada Seminar Nasional Ilmu Lingkungan (SnaIL) 2022 dengan tema “Kontribusi pendekatan multidisiplin dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim”. Pernah menjadi penulis paper IAPA prossiding terindeks WoS dengan judul Prediction Model of Eco-Tourism Visitor Interest To Pahawang Island, Lampung Province, Indonesia. Pernah menjadi sekertaris pelaksana kuliah umum Mata kuliah Analisis kebijakan dan kelembagaan dengan tema “Status dan perkembangan kebijakan lingkungan hidup dalam mendukung kelestarian perusahaan di Indonesia”. Asisten dosen Mata kuliah Manajemen hutan dan Pembangunan kehutanan. Menjadi salah satu penulis dalam buku yang berjudul “Pengembangan Jasa Ekowisata Berkelanjutan (Strategi Mengelak Kutukan Sumberdaya Alam)” yang diterbitkan oleh Penerbit Pustaka Media pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN



يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

“Allah akan menaikkan derajat orang-orang yang beriman diantaramu serta orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat di atasnya”
(Qs. Al Mujadalah:11)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Karakteristik Perekat Ramah Lingkungan Berbasis Damar Mata Kucing Untuk Produk Kayu Lapis” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung. Dalam menyelesaikan tesis ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof.Dr.Ir.Lusmeilia Afriani, D.E.A.,I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof.Dr.Ir.Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Dr.Candra Perbawati, S.H., M.H., selaku wakil Direktur Pascasarjana Bidang Akademik, Kemahasiswaan dan Alumni Universitas Lampung;
4. Dr. Fitra Dharma,S.E., M.Si., selaku Wakil Direktur Bidang Umum Universitas Lampung;
5. Bapak Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung dan penguji ke-dua, sekaligus pembimbing akademik penulis yang telah memberikan masukan, saran, waktu, dukungan, bimbingan dan kritik atas penyempurnaan penulisan tesis ini serta merekomendasikan penulis mendapatkan beasiswa program S2 Universitas Lampung;
6. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc., selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik penulis yang telah bersedia membimbing, mengarahkan, memberikan saran, dukungan, waktu, serta tenaganya dalam proses menyelesaikan tesis ini;
7. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah bersedia membimbing, memberikan arahan, nasihat, waktu, serta tenaganya dalam proses

menyelesaikan tesis ini;

8. Bapak Dr. Muhammad Adly Rahandi Lubis., selaku pembimbing ketiga yang telah bersedia membimbing, memberikan saran, bantuan, waktu, tenaga dan koneksi kepada penulis dalam penyusunan tesis ini serta memberikan kepercayaannya untuk penulis sebagai *research assistant* di *Integrated Laboratory of Bioproduct* (ILaB), Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Jawa Barat selama satu tahun;
9. Ibu Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.Si., selaku penguji pertama yang memberikan arahan, masukan, saran membangun dalam menyempurnakan tesis ini;
10. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah mendukung dan memfasilitasi tempat, alat dan bahan penelitian, pengetahuan serta pengalaman;
11. CV. Kota Agung Core Veneer and Plywood yang telah memfasilitasi bahan baku vinir kayu karet;
12. Universitas Lampung yang telah memberikan Beasiswa Bebas SPP Pascasarjana tahun akademik 2021/2022 kepada penulis;
13. Seluruh Dosen Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama ini;
14. Mas Heri dan tim admin Magister Ilmu Lingkungan, atas arahan, bantuan, dan segala macam keperluan penulis selama menjalani perkuliahan hingga wisuda penulis;
15. Papa, Mama, Uni dan adik tercinta yang tidak henti-hentinya memberikan doa, dukungan, semangat dan nasihat selama menjalani perkuliahan sampai dengan selesai;
16. Terima kasih kepada teman perjalananku, Iqbal Pasha yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, nasihat, dan bantuan dalam perkuliahan sampai menyelesaikan tesis ini;
17. Teman semester akhirku sejak skripsi hingga tesis, Nanda Wisna yang telah memberikan semangat, motivasi, saran, dukungan, nasihat dan bantuan terutama saat kita menjadi anak kos di Bogor hahaha.
18. Teman haha-hihi sejak di Magister Ilmu Lingkungan Siti Herawati Sitorus dan Adella Apriliani yang selalu memberikan doa, bantuan, nasihat, dukungan, semangat dan motivasi serta menemani suka maupun duka selama perkuliahan

hingga penyelesaian tesis ini.

19. Untuk sahabat-sahabatku Rini Angraeni, Annisa Cindra Rizkia, Nita Permatasari, Septa Aldina, dan Annisa Isna Khusnul Khotimah yang telah memberikan semangat, dukungan, nasihat dan doa selama menjalani perkuliahan sampai memperoleh gelar Magister Ilmu Lingkungan;
20. Untuk mba Intan Fajar Suri yang telah memberikan bantuan, saran, dukungan dan semangat dalam proses penyelesaian tesis ini;
21. Keluarga Magister Ilmu Lingkungan 2021 yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, dan semangat;
22. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penulisan tesis ini.

Penulis menyadari tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 11 Juli 2023

Penulis

Mia Putri Utami

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR TABEL | viii |
| I. PENDAHULUAN | 9 |
| 1.1 Latar Belakang | 9 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Kerangka Pemikiran | 5 |
| 1.6 Hipotesis | 6 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Vinir dan Kayu Lapis | 7 |
| 2.1.1 Vinir | 7 |
| 2.1.2 Kayu Lapis | 8 |
| 2.1.3 Proses Pembuatan Kayu Lapis | 9 |
| 2.1.4 Pengujian Karakteristik Kayu Lapis | 14 |
| 2.2 Kayu Karet | 16 |
| 2.3 Repong Damar | 16 |
| 2.4 Damar Mata Kucing (Shorea javanica) di Kabupaten Pesisir Barat | 18 |
| 2.4.1 Sejarah Damar Mata Kucing (Shorea javanica) | 18 |
| 2.4.2 Taksonomi dan Morfologi Damar Mata Kucing (Shorea javanica)..... | 19 |
| 2.4.3 Pemanenan Damar Mata Kucing..... | 20 |
| 2.5 Perekat Kayu Lapis | 21 |
| 2.5.1 Perekat Sintetis | 21 |
| 2.5.2 Perekat Alami | 23 |
| 2.5.3 Potensi Damar Mata Kucing | 23 |
| 2.5.4 Mutu Damar Mata Kucing | 24 |
| 2.5.5 Sifat Fisika dan Kimia DMK | 26 |

| | |
|--|-----------|
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 31 |
| 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian..... | 31 |
| 3.2 Alat dan Bahan..... | 31 |
| 3.3 Metode Penelitian..... | 32 |
| 3.3.1 Pengadaan dan Modifikasi Damar Mata Kucing (DMK) | 33 |
| 3.3.2 Preparasi Vinir Kayu | 34 |
| 3.3.3 Pengamatan Karakteristik DMK sebagai Perekat | 35 |
| 3.3.4 Aplikasi Perekat Kayu..... | 38 |
| 3.3.5 Pembuatan Contoh Uji | 39 |
| 3.3.6 Pengujian Karakteristik Kayu Lapis | 40 |
| 3.3.7 Analisis Data | 43 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 45 |
| 4.1 Hasil Karakterisasi Perekat Berbasis Damar Mata Kucing (DMK) | 45 |
| 4.1.1 Sifat Rheology Perekat DMK | 47 |
| 4.1.2 Analisis DMA (Dynamic Mechanical Analyzer) Perekat DMK | 49 |
| 4.1.3 Analisis Gugus Fungsi Perekat DMK | 50 |
| 4.1.4 Analisis XRD (X-ray diffraction) | 52 |
| 4.1.5 Analisis Py-GCMS (Pyrolysis Gas Chromatography Mass Spectrometry) Perekat DMK..... | 53 |
| 4.1.6 Analisis TGA (Thermogravimetric Analysis) Perekat DMK | 54 |
| 4.2 Karakteristik Kayu Lapis dengan Perekat DMK..... | 55 |
| 4.2.1 Kadar Air Kayu Lapis | 56 |
| 4.2.2 Kerapatan Kayu Lapis | 57 |
| 4.2.3 Delaminasi..... | 59 |
| 4.2.4 Keteguhan Lentur (Modulus of Elasticity/MOE) Kayu Lapis | 59 |
| 4.2.5 Keteguhan Patah (Modulus of Rupture/MOR) Kayu Lapis..... | 60 |
| 4.2.6 Keteguhan Rekat Kayu Lapis..... | 61 |
| 4.2.7 Kerusakan Kayu | 64 |
| V. KESIMPULAN..... | 65 |
| 5.1 Kesimpulan | 65 |
| 5.2 Saran..... | 65 |
| DAFTAR PUSTAKA | 66 |
| LAMPIRAN..... | 74 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Kerangka Pemikiran..... | 5 |
| 2. Vinir Kayu..... | 7 |
| 3. Kayu Lapis | 8 |
| 4. Perendaman Kayu di Log Pond. | 9 |
| 5. Pembersihan Ulang Log Kayu. | 10 |
| 6. Pengupasan Kulit Luar Kayu. | 10 |
| 7. Pengupasan dengan <i>Rotary Cutting</i> | 11 |
| 8. Pemotongan Vinir. | 11 |
| 9. Pengeringan Vinir | 12 |
| 10. Perekatan Kayu Lapis. | 12 |
| 11. Pegempaan kayu lapis. | 1 |
| 12. Mesin <i>Double Saw</i> Kayu Lapis. | 13 |
| 13. Tanaman Karet. | 15 |
| 14. Kayu Karet. | 15 |
| 15. Repong Damar | 16 |
| 16. Pohon Damar Mata Kucing. | 20 |
| 17. Lubang Sadapan Damar Mata Kucing. | 20 |
| 18. Reaksi kondensasi urea dan formaldehida. | 23 |
| 19. Bongkahan Resin Damar Mata Kucing. | 24 |
| 20. Struktur Molekul Brasikasterol, Stigmasterol, dan β -sitoserol. | 28 |
| 21. Diagram Alir Penelitian. | 32 |
| 22. Proses Pengadaan dan Modifikasi Perekat DMK. | 34 |
| 23. Pemotongan Vinir Kayu Karet. | 3 |
| 24. Pengujian Karakteristik Perekat DMK. | 38 |
| 25. Pengaplikasian Kayu Lapis. | 39 |
| 26. Pola pemotongan contoh uji..... | 39 |
| 27. Pengujian Karakteristik Kayu Lapis. | 42 |
| 28. Perekat 70% DMK dan 50% DMK. | 45 |
| 29. Grafik Viskositas Perekat DMK. | 47 |
| 30. Grafik Kekuatan Kohesi Perekat DMK. | 48 |
| 31. Grafik Modulus Geser Perekat DMK. | 48 |
| 32. Grafik Modulus Simpan Perekat DMK. | 49 |
| 33. Grafik Modulus Hilang Perekat DMK. | 50 |
| 34. Grafik Tan Delta Perekat DMK. | 50 |
| 35. Grafik Bilangan Gelombang Bahan Baku DMK dan Benzena. | 51 |
| 36. Grafik Bilangan Gelombang DMK Cair. | 52 |
| 37. Grafik XRD Perekat DMK. | 53 |
| 38. Grafik Py-GCMS Perekat DMK. | 54 |

| | |
|---|----|
| 39. Grafik TGA Perekat DMK. | 54 |
| 40. Kadar Air Kayu Lapis dengan Perekat DMK. | 56 |
| 41. Kerapatan Kayu Lapis dengan Perekat DMK. | 57 |
| 42. MOE Kayu Lapis dengan Perekat DMK. | 59 |
| 43. MOR Kayu Lapis dengan Perekat DMK. | 60 |
| 44. Pengaruh Berat Labur Terhadap Uji Tarik Kering. | 63 |
| 45. Kayu Lapis dari Kayu Karet dengan Perekat DMK. | 75 |
| 46. Contoh uji Kayu Lapis Setelah Pengujian MOE dan MOR. | 75 |
| 47. Contoh uji Kayu Lapis Setelah Pengujian Keteguhan Rekat. | 75 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Standar mutu kayu lapis berdasarkan SNI 01 5008.7 1999 dan JAS Plywood 03 | 14 |
| 2. Standar mutu perekat UF untuk kayu lapis (SNI 06-0060-1987). | 22 |
| 3. Syarat mutu DMK secara visual yang sesuai dengan SNI 2900-1-2012. | 26 |
| 4. Syarat mutu DMK didasarkan sifat fisika dan kimia yang sesuai dengan SNI 2900.2-2013 | 26 |
| 5. Komponen kimia dalam DMK yang lebih dari 1% | 27 |
| 6. Kebutuhan Perekat Berat Labur. | 38 |
| 7. Bagan randomisasi Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktoria. | 43 |
| 8. Karakteristik Perekat Berbasis DMK. | 32 |
| 9. Uji pH dan Masa Simpan. | 46 |
| 10. Hasil Pengujian Kayu Lapis Berbasis Perekat DMK dan Standar Mutu Kayu Lapis Berdasarkan SNI 01-5008.7 1999 dan JAS 233-2003..... | 55 |
| 11. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh kadar air terhadap kayu lapis..... | 56 |
| 12. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh kerapatan terhadap kayu lapis. | 58 |
| 13. Pengaruh Formulasi Perekat dan Berat Labur Terhadap MOE (MPa). ... | 59 |
| 14. Pengaruh Formulasi Perekat dan Berat Labur Terhadap MOR (MPa). ... | 60 |
| 15. Pengaruh Formulasi Perekat dan Berat Labur Terhadap Uji Tarik Kering (MPa) | 63 |
| 16. Pengaruh Formulasi Perekat dan Berat Labur Terhadap Uji Tarik Basah (MPa). | 63 |
| 17. Data Perhitungan Kadar Padatan Perekat DMK..... | 76 |
| 18. Data Perhitungan Nilai pH Perekat DMK..... | 77 |
| 19. Data Perhitungan Nilai <i>Gel Time</i> Perekat DMK..... | 77 |
| 20. Data Perhitungan Nilai Kadar Air Kayu Lapis (%) | 78 |
| 21. Data Perhitungan Nilai Kerapatan Kayu Lapis (g/cm ³) | 79 |
| 22. Data Uji Tarik Kering (MPa) | 80 |
| 23. Data Uji Tarik Basah (MPa) | 81 |
| 24. Data Hasil Uji <i>Modulus of Elasticity</i> /MOE (MPa) | 82 |
| 25. Data Hasil Uji <i>Modulus of Repture</i> /MOR (MPa) | 82 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk dalam negara yang memiliki hutan tropis terluas nomor tiga setelah Brazil dan Republik Demokrasi Kongo, sehingga menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara penghasil berbagai produk kayu bulat (FAO, 2003; Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021). Hasil produk kayu yang dihasilkan antara lain kayu lapis, *pulp*, kayu gergajian, dan kayu lainnya (Wildayanti dkk., 2018). Ketahanan kayu untuk menahan gaya geser dan gaya tarik menyebabkan kayu banyak digunakan pada konstruksi, contohnya sebagai bahan baku pembuatan kayu lapis. Kayu lapis adalah hasil produk pengembangan industri hilir kayu dari kayu bulat sebagai bahan bakunya (Wildayanti dkk., 2018). Definisi kayu lapis berdasarkan Somadona dkk. (2016) ialah papan buatan yang terdiri dari lembaran tipis (*vinir*) dengan ukuran tertentu yang tersusun dengan jumlah ganjil. *Vinir* ini direkatkan secara tegak lurus antara serat- seratnya dibawah suhu dan tekanan untuk menghasilkan kayu lapis yang kuat, halus, memiliki kekuatan lentur dan keatahanan patah yang tinggi (Supriadi dkk., 2020).

Industri kayu pernah tercatat sebagai barometer pertumbuhan pendapatan pemerintah di sektor kehutanan antara tahun 1967-1999 (Alviya, 2011). Pada tahun 1980-an industri kayu lapis di Indonesia mulai berkembang yaitu Ketika pemerintah mengeluarkan perintah terhadap pemegang Hak Pengusahaan Hutan (HPH) untuk membangun industri pengolahan kayu, setelah itu pada tahun 1985 pemerintah melarang ekspor kayu gelondongan dan peningkatan pajak ekspor kayu gergajian yang sesuai dengan keputusan Menteri Keuangan No. 1134/KMK/013 tanggal 10 Oktober 1989 (Andreini, 2017). Kebijakan ini tentunya berpengaruh terhadap pertumbuhan industri kayu di dalam negeri terutama kayu lapis, terlebih merosotnya industri kayu di beberapa negara di Asia seperti Jepang, Korea Selatan, Taiwan, dan Singapura yang mendapatkan bahan baku kayu dari Indonesia (Firda, 2020).

Produksi kayu lapis saat ini mengalami penurunan total karena ketersediaan bahan baku pembuatan kayu lapis semakin berkurang sehingga mempengaruhi kinerja industri kayu lapis (Setiawan dkk., 2014). Berdasarkan data FAO (2022), produksi kayu lapis mulai menurun dari tahun 2018-2020. Tahun 2018 produksi kayu lapis sebesar 4.980.000 m³/tahun, kemudian menurun pada tahun 2019 yaitu 4.800.000 m³/tahun dan 4.100.000 m³/tahun pada tahun 2020. Hal ini berpengaruh terhadap perkembangan ekspor kayu lapis di Indonesia. Berdasarkan FAO (2022) volume ekspor kayu lapis Indonesia tahun 2018 sebesar 3.310.00 m³, tahun 2019 sebesar 3.060.000 m³ dan kembali menurun di tahun 2020 sebesar 2.400.000 m³.

Salah satu cara untuk mengatasi kekurangan bahan baku kayu lapis yaitu dengan menggunakan kayu karet (*Hevea brasiliensis*) yang merupakan jenis kayu perkebunan yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Kayu karet merupakan produk perkebunan yang kegunaannya sangat penting yaitu sebagai sumber pendapatan, kesempatan kerja dan pelestarian lingkungan sumberdaya hayati (Budi dkk., 2018). Produktivitas lateks yang dihasilkan pohon karet yang memiliki umur lebih dari 25 tahun menurun, sehingga harus diremajakan dan kayu karet tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produksi kayu lapis (Setiawan dkk., 2014). Dalam berkembangnya ilmu dan teknologi pengolahan kayu, kayu karet dapat dimanfaatkan sebagai vinir dalam pembuatan kayu lapis (Budi dk., 2018).

Perekat ialah bahan yang menggabungkan dua/lebih bahan yang berbeda menjadi suatu produk baru (Frihart, 2015). Jenis perekat kayu komersial seperti urea-formaldehida (UF), fenol-formaldehida (FF), fenol-resorsinol-formaldehida (FRF), melamin-formaldehida (MF), dan resorsinol-formaldehida (RF) yang berasal dari sumberdaya tidak terbarukan (*non-renewable*) yaitu dari pengolahan minyak bumi (Sulastiningsih dkk., 2013). Industri panel kayu dunia umumnya menggunakan perekat berbasis formaldehida, dimana sekitar 90% industri panel kayu menggunakan perekat tersebut dan sekitar 80% industri panel kayu menggunakan perekat berbasis UF untuk produksi kayu lapis dan papan partikel (Athariqa dkk., 2022). Perekat kayu UF paling sering digunakan dalam pembuatan panel berbahan dasar kayu karena biayanya yang murah, sifat termal yang baik, tidak berwarna, ketahanan jamur yang baik, dan kemudahan penggunaan (Gonçalves et al., 2018). Namun, kelemahan perekat kayu UF adalah emisi formaldehida dan mudah terhidrolisis pada

lingkungan yang asam dan lembab (Lubis et al., 2018). Emisi formaldehida dari produk kayu yang berikatan dengan perekat berbasis formaldehida bersifat karsinogenik dapat menyebabkan kanker dan *sick building syndrome* (SBS) (Salthammer, 2019). Tuntutan pasar yang semakin meningkat terhadap kualitas produk akhir semakin ketat, terutama mengenai pembatasan emisi zat beracun seperti emisi formaldehida pada produk akhir. Pencemaran dan gangguan kesehatan akibat dari emisi formaldehida ini telah memacu pengembangan dalam penggunaan bahan organik dari sumber daya alam sebagai perekat ramah lingkungan yang dapat diperbarui (*renewable*) dan dapat terurai di alam (Santoso dkk., 2016). Oleh karena itu, dilakukan upaya untuk mencari perekat alternatif pengganti perekat berbasis dasar formaldehida (Sulastiningsih dkk., 2013).

Krui, Kabupaten Pesisir Barat merupakan penghasil utama damar terbaik di dunia dan sudah diakui secara internasional yaitu Damar mata kucing (*cat's eye resin*) yang dihasilkan dari pohon meranti (*Shorea javanica*) (Anasis dan Sari, 2015). Krui memiliki pohon damar produktif kurang lebih 1.750.000 dengan luas lahan sekitar 17.500 ha dan mampu menghasilkan 2.625 ton/panen. (Febryano dan Riniarti, 2009). Resin Mata Kucing (DMK) merupakan salah satu jenis resin yang menjadi primadona. Pada penelitian Kasiyani (2017) menyatakan bahwa DMK dapat digunakan sebagai bahan baku produksi perekat, pernis, cat batik, pengeras dan lilin. Ketersediaan bahan baku, kebaruan dan keramahan lingkungan menjadi parameter utama pemilihan alternatif bahan baku perekat. Penggunaan perekat ramah lingkungan khususnya DMK mampu menghasilkan produk kayu lapis dengan sifat fisis-mekanis yang baik.

Wulandari (2021) mengungkapkan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan dalam perekatan kayu adalah jenis perekatnya. Dalam penelitian ini, DMK diubah menjadi perekat organik murni. DMK merupakan resin dengan kualitas terbaik dan tertinggi, selain itu perekat ini memiliki aktivitas insektisida yang efektif. Penelitian Setiawati dkk. (2001) menyatakan bahwa ekstrak petroleum eter dan ekstrak kloroform dari DMK memiliki sifat anti rayap yang tinggi. DMK memiliki kandungan resin alami tinggi, Ketika resin tersebut pada suhu tinggi akan mudah mencair kemudian menyebar diantara pori-pori partikel kayu sehingga mampu meningkatkan sifat fisis-mekanis produk panel kayu lapis (Kartika dan Pratiwi, 2018). Kekuatan rekat dapat dijadikan tolak ukur keberhasilan pembuatan laminasi (Wulandari, 2021).

Berdasarkan hasil penelusuran literatur, penelitian tentang penggunaan perekat ramah lingkungan berbasis damar mata kucing untuk produk kayu lapis dari bahan baku kayu karet belum pernah dilakukan penelitisan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting untuk dilakukan. Selain itu penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah damar mata kucing melalui diversifikasi produk sebagai perekat kayu bebas emisi formaldehida dan mendukung usaha pelestarian sumber daya hutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

1. Perlu mendayagunakan perekat ramah lingkungan berbasis resin Damar Mata Kucing yang bebas emisi formaldehida sebagai substitusi perekat sintetis dan kontribusi mendukung pelestarian sumber daya hutan.
2. Perlu menemukan formulasi dan karakteristik perekat DMK sebagai perekat yang dapat menghasilkan kualitas kayu lapis dengan sifat-fisis mekanis yang memenuhi syarat SNI 01-5008.7-1999 dan JAS 233-2003.
3. Perlu menetapkan karakteristik kayu lapis berbahan vinir kayu karet dengan perekat ramah lingkungan berbasis DMK menurut SNI 01-5008.7-1999 dan JAS 233-2003.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menciptakan perekat unggul yang ramah lingkungan berbasis DMK.
2. Menciptakan prototipe produk kayu lapis unggul menggunakan perekat ramah lingkungan berbasis DMK menurut SNI 01-5008.7-1999 dan JAS 233-2003.

1.4 Manfaat Penelitian

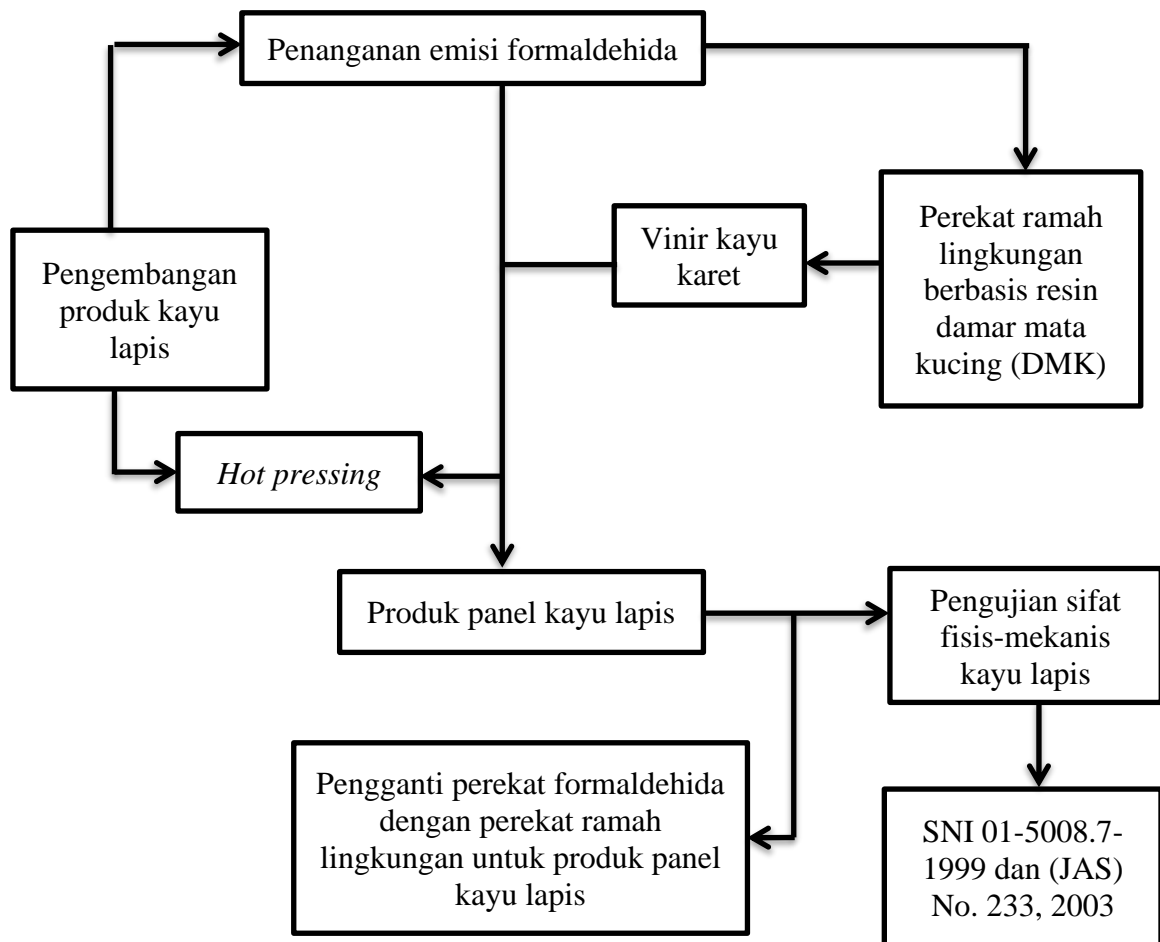
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat meningkatkan nilai tambah dari produk turunan Damar Mata Kucing sebagai perekat ramah lingkungan.
2. Menghasilkan teknologi pemanfaatan perekat ramah lingkungan berbasis resin Damar Mata Kucing menjadi produk kayu lapis yang memenuhi standar komersial untuk kayu lapis.

3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan kajian keilmuan dan bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Kerangka Pemikiran

Pengembangan produk kayu lapis dengan modifikasi perekat ramah lingkungan berbasis resin damar mata kucing (DMK) dapat menjadi solusi dalam penanganan emisi formaldehida. Kayu lapis ini dibuat dari vinir kayu karet yang direkatkan dengan resin DMK menggunakan sistem kempa *hot pressing*. Kayu lapis yang dihasilkan diuji sifat fisis-mekanisnya menurut standar SNI 01-5008.7-1999 dan (JAS) No. 233, 2003 (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

1.6 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Formulasi perekat DMK dapat berpengaruh terhadap sifat fisis-mekanis dari kayu lapis.
2. Peningkatan jumlah berat labur perekat dapat berpengaruh terhadap sifat fisis-mekanis dari kayu lapis dengan perekat berbasis DMK.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Vinir dan Kayu Lapis

2.1.1 Vinir

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (1999), vinir merupakan lembaran kayu tipis yang dibuat dengan cara memotong atau mengupas kayu gelondongan atau kayu persegi. Berdasarkan *The United States Departement of Labor* (1953) vinir adalah lembaran tipis dari kayu log yang dikupas dengan ketebalan $\frac{1}{100}$ inch sampai $\frac{1}{4}$ inch (Gambar 2). Salah satu keuntungan utama menggunakan vinir adalah kestabilannya. Jika kayu solid cenderung melengkung dan retak, tidak dengan material ini. Terbuat dari lapisan kayu yang sangat tipis, potensi pelengkungan dan retak dapat dikurangi. Selain itu, bahan ini lebih kuat dari kayu alami dengan penggunaan perekat (Supriadi dkk., 2019). Tujuan utama vinir adalah untuk membuat kayu lapis (*plywood*). Menurut Haygreen dan Bowyer (1993), proses pembuatan vinir dimulai dengan pemberian perlakuan pemotongan log kayu sesuai ukuran yang diinginkan, pembersihan dan pengasahan vinir, pengeringan vinir yang selanjutnya akan dipotong menjadi ukuran yang diinginkan.



Gambar 2. Vinir Kayu

2.1.2 Kayu Lapis

Kayu adalah hasil hutan yang berasal dari sumber daya alam, bahan mentah yang sangat mudah diolah menjadi komoditas sesuai perkembangan teknologi (Firda, 2020). Serat kayu mengandung selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin, larut dalam air dan lilin. Secara umum, lebih dari 50% serat kayu terdiri dari selulosa (Hong et al., 2020). Rosita dkk. (2014) menyatakan bahwa kayu lapis merupakan papan tipis yang terdiri beberapa lapis vinir kayu yang direkatkan dengan susunan bersilangan tegak lurus seperti terlihat pada Gambar 3. Kayu lapis sebagai salah satu teknologi rekayasa kayu yang banyak diproduksi karena memiliki sifat stabil dan kedap air (Ganiron, 2013). Pada abad ke-17 teknik pembuatan kayu lapis ditemukan, namun pada akhir abad ke-19 baru kayu lapis dibuat secara komersial untuk untuk membuat peti teh, peti ini tersusun dari tiga lapis vinir sehingga disebut *three-ply* atau masyarakat biasa menyebut triplek. (Firda, 2020). Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas kayu lapis antara lain: vinir, perekat, kadar air, kesesuaian alat mesin dan faktor manusia itu sendiri (Astutik, 2015).



Gambar 3. Kayu Lapis 1

Kayu lapis ialah papan buatan yang tersusun dari lapisan-lapisan tipis (vinir) yang disusun secara tegak lurus dengan ukuran tertentu (Somadona dkk., 2016). Vinir kayu lapis biasanya berjumlah ganjil, namun ada beberapa yang dibuat dengan jumlah genap seperti jenis *softwood* dengan vinir berjumlah 4 atau 6 lapis (Supriadi dkk., 2019). Susunan vinir secara tegak lurus pada kayu lapis ini memberikan sifat yang lebih baik pada kayu lapis daripada kayu solid, yaitu ketahanan terhadap perubahan kadar air, memiliki bobot yang lebih ringan dibandingkan luas permukaannya, dibuat sesuai dengan ukuran yang diinginkan dalam waktu singkat, tekstur, warna dan pola serat seragam sehingga corak dapat simetris (Somadona dkk., 2016).

2.1.3 Proses Pembuatan Kayu Lapis

Proses pembuatan kayu lapis sebagai berikut (Massijaya, 2006):

1. Seleksi log

Log kayu yang digunakan untuk pembuatan kayu lapis dipilah dari bentuk, ukuran dan penampakan kondisinya terhadap kerusakan yang masih dapat diperbolehkan.

2. Perendaman kayu di *log pond*

Sebelum memotong vinir, log kayu harus direndam terlebih dahulu untuk memudahkan dalam proses pengupasan. Perendaman kayu log di air biasanya dilakukan di kolam atau sungai. Log pond merupakan tempat sementara untuk menyimpan log sebelum kayu tersebut diolah menjadi kayu lapis, seperti terlihat pada Gambar 4. Haygreen dan Bowyer (1993) menemukan beberapa manfaat kayu log yang dipanaskan, antara lain yaitu kualitas vinir meningkat, permukaan yang halus, retak akibat pengupasan rendah, ketebalan seragam, biaya pengolahan berkurang, membunuh jamur/ serangga perusak kayu dan jumlah perekat berkurang.



Gambar 4. Perendaman Kayu di Log Pond
(Sumber: Kaila, 2021d)

3. Pembersihan log kayu.

Pembersihan log kayu adalah cara dalam pembuatan vinir dimana sebelum dikupas log harus dibersihkan dahulu (Gambar 5). Pembersihan ini dilakukan untuk memastikan log kayu sudah tidak terdapat kotoran yang mengganggu proses pengupasan log kayu. Pembersihan ini menggunakan alat manual seperti linggis dan kapak untuk menghilangkan sisa kulit kayu yang menempel, sapu untuk membersihkan kotoran pada log kayu seperti tanah dan debu (Kaila, 2021c).



Gambar 5. Pembersihan Ulang Log Kayu
(Sumber: Kaila, 2021c)

4. Pengupasan kulit luar kayu

Debarking merupakan proses pengupasan gubal dan kulit luar pada mesin debarker untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada kulit kayu untuk mengurangi beban pengupasan agar pisau tidak cepat tumpul. Pengupasan kulit luar kayu dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengupasan Kulit Luar Kayu
(Sumber: Kaila, 2021e)

5. Pengupasan log kayu menjadi vinir

Teknik *peeling* menghasilkan vinir dengan lembaran yang tidak putus, dan teknik *slicing* menghasilkan vinir dengan lembaran yang terputus. Vinir yang dibuat dengan teknik *rotary cutting* menghasilkan dua sisi yaitu sisi luar (*tight side*) dan sisi dalam (*loose side*) (Gambar 7). Vinir dari pemotongan ini masih berupa lembaran yang panjang sehingga pada proses selanjutnya dipotong sesuai ukuran yang diinginkan.



Gambar 7. Pengupasan dengan *Rotary Cutting*
(Sumber: Kaila, 2021)

6. Pemotongan vinir kayu

Pemotongan vinir ini menggunakan mesin *clipper* seperti Gambar 8 yang berfungsi untuk memotong vinir yang masih utuh/panjang menjadi beberapa bagian sesuai ketentuan. Pemotongan ini dilakukan ketika vinir masih basah.



Gambar 8. Pemotongan Vinir
(Sumber: Kaila, 2021c)

7. Pengeringan vinir kayu

Pengeringan vinir dilakukan dengan menyemprotkan air panas pada permukaan vinir (Panennungi dan Pertiwi, 2018). Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga dapat menghindari terjadinya *blister* setelah proses pengempaan dengan kempa panas. Suhu pada pengeringan vinir 60-180°C tergantung pada kadar air awal vinir, jenis kayu, dan ketebalan vinir. Pengeringan vinir merupakan proses akhir pada pembuatan vinir, dimana vinir yang sudah kering merupakan syarat mutlak untuk pembuatan kayu lapis (Gambar 9).



Gambar 9. Pengeringan Vinir
(Sumber: Kaila, 2021c)

8. Perekatan pada kayu lapis

Perekatan pada kayu lapis bisa dilakukan dengan teknik seperti *coater*, *roller*, *spray coater*, *curtain coater* dan *liquid and foam* (Youngquist, 1999). Berat labur adalah jumlah perekat yang digunakan per satuan luas permukaan vinir, biasanya sekitar 100-500 g/m² sesuai jenis perekat, cara pelaburan, dan jenis kayu (Tsoumis, 1991). Sifat perekatan harus sesuai yaitu tahan air, tahan kelembaban, dan atahan panas dan cuaca. Proses perekatan kayu lapis dapat dilihat pada Gambar 10.

Jenis perekat berdasarkan sumbernya antara lain:

- a. Perekat dari tumbuhan (tapioka, biji kapuk, dan kedelai)
- b. Perekat dari hewan (perekat darah, perekat kasein dan lain-lain)
- c. Perekat sintetis (UF, MF, PF dan lain-lain.)



Gambar 10. Perekatan Kayu Lapis
(Sumber: Nur, 2016)

9. Pengempaan pada kayu lapis

Berdasarkan Tsoumis (1991) pengempaan kayu lapis terbagi menjadi 2 (dua) yaitu *hot press* (kempa panas) seperti Gambar 11a dan *cold press* (kempa dingin) seperti Gambar 11b. Produksi kayu lapis lebih banyak menggunakan kempa panas dengan tekanan pada pengempaan berkisar 100-250 psi tergantung pada kerapatan. Sedangkan kempa dingin bertekanan sekitar 150-350 psi, biasanya dilakukan jika perekat yang digunakan adalah perekat alami dan sintetis yang dapat mengeras pada suhu ruang.



(a)

(b)

Gambar 11. Pengempaan Kayu Lapis (a) *cold press* dan (b) *hot press*
(Sumber: Kaila, 2021b)

10. Pemotongan dan penyimpanan kayu lapis

Mesin *double saw* adalah mesin untuk memotong kayu lapis sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan seperti Gambar 12. Kemudian kayu lapis dikemas dan diangkut dengan *forklift* untuk disimpan dalam gudang dan ditata dengan baik. Lantai gudang harus dilindungi dari kelembapan (Astutik, 2015).



Gambar 12. Mesin *Double Saw* Kayu Lapis
(Sumber: Kaila, 2021a)

2.1.4 Pengujian Karakteristik Kayu Lapis

Pada penelitian ini pengujian karakteristik kayu lapis terdiri dari uji sifat fisik dan uji sifat mekanis. Pengujian mengacu pada SNI 01 5008.7 1999 untuk kayu lapis struktural dan JAS No. 233 untuk kayu lapis (JAS *Plywood* 003) dapat dilihat pada Tabel 1. Karakteristik kayu lapis yang diuji terdiri dari kerapatan, kadar air, delaminasi, keteguhan rekat, keteguhan lentur, keteguhan patah, dan kerusakan kayu.

Tabel 1. Standar mutu kayu lapis berdasarkan SNI 01 5008.7 1999 dan JAS Plywood 003

| No | Pengujian | Standard SNI | Standard JAS |
|----|-------------------------------|--------------|-----------------------|
| 1 | Kerapatan (g/m ³) | >0,56 | Tergantung jenis kayu |
| 2 | Kadar air (%) | < 14% | < 14% |
| 3 | Delaminasi (%) | - | < 33,3 |
| 4 | keteguhan lentur/ MOE (MPa) | >1,5 | - |
| 5 | Keteguhan patah/MOR (Mpa) | >1,5 | - |
| 6 | Keteguhan rekat (MPa) | > 0,7 | > 0,7 |
| 7 | Kerusakan kayu (%) | >50 | >50 |
| 8 | Uji emisi formaldehida (mg/L) | | |
| | 1. F***** | | 0,3-0,4 |
| | 2. F*** | - | 0,5-0,7 |
| | 3. F** | | 1,5-2,1 |
| | 4. F* | | 5,0-7,0 |

2.2 Kayu Karet

Pohon karet berasal dari nama latin *Hevea brasiliensis* yang berasal dari Brazil (Gulo dkk., 2013). Pohon karet tumbuh pada daerah dengan suhu 26-28 °C, curah hujan tahunan lebih dari 2.000-4.000 mm, dan pada ketinggian hingga 700 mdpl (Setiawan dkk., 2014). Pohon karet dapat tumbuh dewasa dengan tinggi 12-20 meter dengan cabang yang tinggi (Gambar 13) (Suheryanto dan Heryanto, 2019). Struktur botani tanaman karet adalah sebagai berikut:

| | |
|-----------|-------------------------------|
| Divisi | : Spermatophyta |
| Subdivisi | : Angiospermae |
| Kelas | : Dicotyledonae |
| Ordo | : Euphorbiales |
| Famili | : Euphorbiaceae |
| Genus | : Hevea |
| Spesies | : <i>Hevea brasiliensis</i> . |



Gambar 13. Tanaman Karet

Kayu karet masuk dalam golongan kayu kuat kelas II yang setara dengan kayu hutan alam seperti akasia, mahoni, perupuk, meranti, ketapang, pinus, durian, garunggang dan nyatoh. Sedangkan untuk kelas awetnya masuk dalam golongan kelas V yang setara dengan kayu ramin (Anwar dan Suwanto, 2016). Kayu karet memiliki sifat yang mudah digergaji sehingga menghasilkan permukaan yang rata dan halus. (Gambar 14). Kayu karet memiliki daya rekat yang baik dengan semua jenis perekat. Kayu karet dicirikan dengan warna putih kekuningan ketika baru dipotong, berubah menjadi kuning muda (Suheryanto dan Heryanto, 2019). Selain memiliki warna dan tekstur yang menarik seperti kayu ramin dan pupuk yang halus dan rata, kayu karet juga mudah diwarnai sehingga sangat direkomendasikan untuk pembuatan perlengkapan (Alviya, 2011). Kayu karet berbentuk dolok dapat dikupas menjadi vinir. Kayu lapis karet dapat dimanfaatkan untuk penggunaan rumah tangga yang meliputi pembuatan pintu, jendela, kursi, meja, dan bahan tambahan lainnya (Budi dkk., 2018)



Gambar 14. Kayu Karet

Pengadaan kayu karet bisa sangat besar karena didukung dengan peremajaan karet yang sudah tua, pohon karet paling efektif dalam menghasilkan getah sampai berumur 20-25 tahun dan setelah itu produktivitas getah akan menurun (Nancy dkk., 2013). Pohon karet yang sudah tidak produktif dapat diremajakan dengan pohon baru. Masyarakat pada umumnya tidak menggunakan kayu karet yang sudah tua untuk bahan baku usaha, penggunaan kayu biasanya hanya untuk kayu bakar atau produk arang. Kayu karet yang berwarna putih dan memiliki tekstur yang sangat baik berpotensi menjadi bahan mentah untuk produk kayu dan dapat memperbaharui kayu alami kawasan hutan yang semakin langka (Suheryanto dan Heryanto, 2019). Di masa lalu, kayu karet paling baik dianggap untuk kayu bakar. Seiring dengan peningkatan pengetahuan teknologi dan generasi untuk pengolahan dan pengawetan, kayu karet mulai berfungsi sebagai bahan baku mentah untuk industri kayu. Tanaman karet yang kini sudah tidak efektif mampu menggantikan kekurangan kayu dari hutan alam.

2.3 Repong Damar

Sistem agroforestri merupakan sistem yang memadukan tradisi pengelolaan hutan dengan pertanian yang diciptakan oleh petani di berbagai daerah Indonesia. Sistem agroforestri ini biasanya menghasilkan banyak produk seperti buah-buahan, kayu bakar, kayu, dan getah. Salah satu contoh agroforestri adalah repong damar di Pesisir Krui, Lampung dengan produk utama damar mata kucing (DMK) (Harianto dkk., 2016). Dinamakan repong damar karena ditumbuhi pohon damar di setiap petak tanah (Gambar 15). Repong damar sebagai agroforestri dan hutan kemasyarakatan telah menarik perhatian peneliti (Wijayanto, 2012). Petani di Krui, Pesisir Barat telah memiliki pengetahuan secara turun temurun dalam hal pemilihan lokasi lahan, pembukaan dan pemotongan hutan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan hingga proses panen damar. Keterpaduan repong damar dengan agroekosistem lainnya dalam satu sumber daya yang bermanfaat, hal itu dibuktikan dengan pentingnya fungsi repong damar dalam sistem pengelolaan air, sehingga menjamin pasokan air sepanjang tahun untuk persawahan. Repong damar juga berfungsi sebagai zona penyangga untuk Taman nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) (Wijayanto, 2012).



Gambar 15. Repong Damar

Terdapat sekitar 1.750.000 pohon damar produktif di Krui yang menutupi lahan seluas 17.500 ha (Febryano dan Riniarti, 2009). Kehidupan Repong Damar Krui harus menarik perhatian berbagai pihak, baik pemerintah, lembaga swadaya masyarakat (LSM), hingga perguruan tinggi. Repong damar di Kabupaten Pesisir Barat merupakan perkebunan rakyat yang telah dikuasai secara turun-temurun dengan jumlah pohon berumur 70 tahun (Hadiyan, 2015). Repong damar memiliki target yang terkait dengan kinerja (sistem ekonomi) dan terkait dengan ekologi dalam hal konservasi (Makmur dkk., 2015). DMK sebagai prinsip yang diproduksi dari Repong Damar memiliki system jual beli yang sangat kokoh dan tertata dengan baik. DMK dari petani dibeli ke pengepul di tingkat desa, dari pengepul di tingkat desa ditawarkan ke pedagang besar di pasar Krui. Damar kemudian dibeli sekaligus ke industri atau eksportir melalui pedagang besar di pasar Krui. Manajemen Repong Damar membutuhkan biaya yang sangat rendah sebagian karena prosedur pembuatannya diperhatikan di semua tingkat pengembangannya. Wijayanto (2012) mengklaim bahwa pada tahap repong damar, hampir tidak ada harga perawatan dan input tenaga kerja untuk pemeliharaan repong, khususnya pembersihan semak-semak di sepanjang pohon damar dan pembuatan lubang baru yang dapat ditanggung melalui keluarga.

Masyarakat Pesisir Barat, memiliki nilai atau persyaratan yang sama dalam pengelolaan kawasan hutan. Nilai kearifan lokal dalam keamanan kawasan hutan disebut kearifan lokal (Winarti, 2013). Salah satu kearifan lokal di kawasan penyangga TNBBS ini adalah pohon damar tidak bisa ditebang dan orang yang melanggar peraturan tersebut dapat dihukum dengan cara menanam pohon damar baru, bahkan bagi yang melanggarnya. Bagi calon pengantin wajib menanam pohon damar sebelum menikah. Menurut Anasis dan Sari (2015), repong damar masih bisa bertahan hidup

di Pahmungan karena warganya takut terhadap “kualat” sehingga menimbulkan malapetaka jika menebang pohon damar yang ditanami oleh nenek moyang mereka.

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 47/Kpts-II/1998, repong damar yang terbentang seluas 29.000 hektar diubah menjadi Kawasan Dengan Tujuan Istimewa (KDTI). Pilihan ini sangat penting karena untuk pertama kalinya pemerintah Indonesia telah secara resmi mengakui sistem pertanian berbasis masyarakat sebagai sistem pengendali sumber daya hutan yang berkelanjutan (Hadiyan, 2015). Hak administratif telah diberikan kepada enam belas masyarakat adat lingkungan. Luas kawasan Repong Damar dibagi menjadi 2 bagian yaitu 21.000 Ha di luar kawasan dan 8.000 Ha di dalam kawasan. Berdasarkan Anasis dan Sari (2015), Kabupaten Pesisir Barat merupakan salah satu sentra produksi resin DMK, namun mengalami penyesuaian seiring penyesuaian dengan kondisi dan situasi masyarakat. Banyak petani yang memiliki kayu damar menjual kayunya untuk menghidupi diri sendiri, dan karena harga getah damar sangat fluktuatif, hal ini menyebabkan rendahnya pendapatan yang diperoleh petani dari petani. Meski begitu, damar tetap banyak dibudidayakan di wilayah Pesisir Barat.

2.4 Damar Mata Kucing (*Shorea javanica*) di Kabupaten Pesisir Barat.

2.4.1 Sejarah Damar Mata Kucing (*Shorea javanica*)

Damar mata kucing (*Shorea javanica*) merupakan salah satu spesies penghasil getah yang memiliki nilai tinggi sebagai bahan mentah untuk industry. Kemampuan ekonomi DMK telah diakui sejak lama. Pertukaran damar terjadi sejak awal abad ke-10 di Cina dan lokasi internasional di Asia Tenggara, kemudian berkembang biak ke Eropa dan Amerika pada awal abad ke-19 (Hadiyan, 2015). Damar Mata Kucing (DMK), berdasarkan sejarahnya, berasal dari Provinsi Sumatera Barat dan Provinsi Sumatera Selatan (wilayah Martapura). Masyarakat yang tinggal di kawasan Krui merupakan keturunan dari nenek moyang mereka yang berasal dari kawasan Martapura, Sumatera Selatan. Pada zaman Belanda, manusia Krui berdagang barang dagangan daerah berhutan yang meliputi buah-buahan, gading, rotan, dan damar mata kucing (Yulizar dkk., 2014).

2.4.2 Taksonomi dan Morfologi Damar Mata Kucing (*Shorea javanica*)

Sistem taksonomi damar mata kucing adalah sebagai berikut:

| | |
|------------|--------------------------|
| Divisi | : Spermatophyta |
| Sub divisi | : Angiospermae |
| Kelas | : Dicotyledone |
| Bangsa | : Theales |
| Marga | : Shorea |
| Jenis | : <i>Shorea javanica</i> |

DMK merupakan komoditas yang paling banyak diminati melalui pasar, oleh karena itu budidaya pohon damar mulai banyak dikembangkan. Dalam perdagangan damar dikenal berbagai macam jenis, yaitu damar batu, damar abu, damar biru, damar retak, damar mata kucing, dan lain-lain. Jenis damar yang berkembang di Kabupaten Pesisir Barat adalah jenis damar mata kucing (sebutannya diambil dari naungan getah bersih seperti mata kucing) (Gambar 16) dari sadapan pohon *Shorea javanica* dan diekspor dalam bentuk bongkahan getah. Pohon damar yang ditanam di repong merupakan hasil akhir dari alih fungsi lahan hutan menjadi lahan pertanian yang telah lama melalui proses yang berkepanjangan (Makmur dkk., 2015).

Sebagai komoditi atau ikon andalan Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung, DMK dapat berkembang dengan baik di hutan hujan tropis dan curah hujan rata-rata 3300 mm/tahun. Tumbuh di tanah kering atau berair, terdiri dari hutan, rawa, tanah liat, pasir atau tanah berbatu. Tanah tempat tumbuhnya merupakan tanah sarang, cukup padat dan subur dengan pH 5,9-6,3 (Yulizar dkk., 2014). Topografi yang cocok untuk daerah berbukit atau curam (ketinggian 600-1000 mdpl). Daerah sekitar Kabupaten Pesisir Barat yang menghasilkan getah mata kucing paling banyak secara geografis terletak pada koordinat 40.40', 0" sampai 60.0', 0" Lintang Selatan dan 1030.30', 0" sampai 1040.50', 0" Bujur Timur. Faktor geografis, iklim dan topografi di sekitar tanaman DMK mempengaruhi untuk menghasilkan resin yang sesuai, pohon damar mata kucing sulit tumbuh atau berkembang di tempat lain dan tidak menghasilkan resin (Winarti, 2013).



Gambar 16. Pohon Damar Mata Kucing

2.4.3 Pemanenan Damar Mata Kucing

Produksi DMK per pohon berkisar antara 0,5-4,5 kg/bulan (Gambar 17). Produktivitas DMK dengan diameter 60-80 cm bisa mencapai 4-5 kg/bulan. Produktivitas bergantung pada wilayah lokasi pohon yang akan disadap, waktu penebangan. Produktivitas resin juga dapat lebih ditingkatkan dengan perlakuan secara fisik dan kimia. Pengolahan secara fisik dengan resin mata kucing telah dicoba yaitu dengan cara melubangi batang tanaman kemudian ditutup dengan plastik sehingga meningkatkan produktivitas sebesar 66,4% sampai 114% (Laxmi dan Yuri, 2021). Perlakuan kimia dapat dilakukan dengan stimulan cair yang memfasilitasi aliran getah dari saluran resin. 10% CEPA (chloro-ethylphosphoric acid) dan 10% asam sulfat pekat dapat digunakan sebagai cairan perangsang. Cairan tersebut dapat meningkatkan produktivitas sebesar 110-219%. Pada zona tradisional, potensi damar yang dihasilkan pohon damar diperkirakan mencapai 59 kg per hektar (Yulizar, 2014).



Gambar 17. Lubang Sadapan Damar Mata Kucing

Pohon damar disadap pada umur 20 tahun atau saat diameter batangnya mencapai 25-30 cm. Penyadapan ini dilakukan dengan cara melukai batang pohon dalam bentuk takik. Jarak panjangnya bervariasi dari 7,5 hingga 12 cm dan kedalaman sepasang hingga 4 cm. Resin yang dipancarkan dibiarkan mengalir dan berkumpul sampai mengering dan mengeras. Setelah resin mengering, resin dikumpulkan. Pemanenan damar biasanya selesai sebulan sekali, namun beberapa petani melakukannya dua kali sebulan. karena kondisi ekonomi. Sedangkan resin yang dipanen kurang dari sebulan mengalami penurunan kualitas. Kualitas yang rendah ini juga berdampak pada rendahnya harga jual (Wijayanto, 2012).

2.5 Perekat Kayu Lapis

2.5.1 Perekat Sintetis

Saat ini perekat UF masih digunakan pada produk kayu lapis (Lubis et al., 2019). Resin UF ini memiliki keunggulan daya rekat yang kuat dan biaya yang jauh lebih murah dibandingkan dengan perekat lainnya (Athariqa dkk., 2022). Perekat UF dibuat dari bahan formaldehida mudah terhidrolisis sehingga dapat mengeluarkan emisi formaldehida (Santoso dan Pari, 2015). Saat ini, emisi formaldehida dari produk perekat yang dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu dapat berbahaya bagi kesehatan. Menurut penelitian, konsentrasi emisi formaldehida hanya 0,1 ppm dapat menyebabkan masalah kesehatan, dan konsentrasi yang berlebihan dapat merusak fungsi paru-paru dan menyebabkan sebagian besar kanker (Liteplo et al., 2002; Rong, 2002). WHO merekomendasikan emisi formaldehida di bawah 0,5 ppm. Berdasarkan penelitian, formaldehida dapat menyebabkan sebagian besar kanker pada hewan dan penyebab yang sama pada manusia. Namun sejauh ini, tidak ada batasan konsentrasi formaldehida yang diakui yang mencegah sebagian besar risiko kanker, tergantung pada jumlah dan berapa lama paparan formaldehida. Jadi, jika tidak diantisipasi segera, kemungkinan besar produk panel kayu dengan perekat UF, seperti kayu lapis beremisi tinggi misalnya, akan sulit diterima pasaran karena dianggap tidak ramah lingkungan (Santoso dan Pari, 2015).

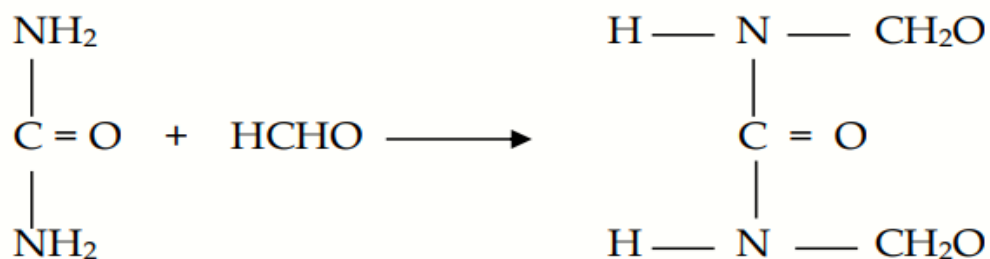
Emisi formaldehida dihasilkan dari degradasi resin urea-formaldehida (UF) oleh mikroorganisme (Pérez, 2016). Selain itu, resin UF yang tercuci dapat mempengaruhi air tanah dan membentuk metana, yang memiliki *greenhouse effect* yang lebih berbahaya daripada karbondioksida. Di sisi lain, pembakaran tidak menawarkan solusi karena melepaskan dioksin dan karbon dioksida (Morris, 2017). Tempat pembuangan

akhir (TPA) tidak dianggap sebagai solusi yang tepat untuk perawatannya karena resin UF yang dapat terdegradasi dapat mempengaruhi air tanah. Semakin tinggi kandungan resin, semakin banyak molekul dalam polimer yang terlibat dalam reaksi antara perekat dan kayu. Keteguhan rekat semakin meningkat jika partikel perekat yang bereaksi dengan kayu semakin banyak pada proses perekatan (Santoso dkk., 2016). Berikut standar mutu perekat UF kayu lapis menurut SNI 06-0060-1987 (Tabel 2).

Tabel 2. Standar mutu perekat UF untuk kayu lapis (SNI 06-0060-1987)

| No. | Parameter | Nilai mutu |
|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Bentuk | Cair |
| 2. | Kenampakan | Putih susu dan bebas dari kotoran |
| 3. | pH (25°C) | 7,6 – 8,6 |
| 4. | Kekentalan (25°C) | 100 - 150 |
| 5. | Berat jenis (25°C) | 1,19 – 1,20 |
| 6. | Waktu gelatinasi (100°C, menit) | < 60 |

Berdasarkan Ruhendi dan Hadi (1997), urea formaldehida adalah kondensasi yang terbuat dari urea dan formaldehida dengan perbandingan molar 1: (1,5-2). Pada tahap awal terbentuk mono-, di-, tri-, dan tetramethylolurea. Jawabannya dapat dilihat secara singkat pada Gambar 18. Urea formaldehida larut dalam air dan proses pengerasan membentuk pola ikatan jaringan. Urea formaldehida akan mengeras dengan cepat dengan meningkatnya suhu dan/atau penurunan pH. Perekat cairan pH rendah termasuk urea formaldehida memiliki kesulitan membasahi dan menempel pada permukaan. Kelebihan urea formaldehida adalah memiliki warna putih yang tidak memberikan warna gelap saat digunakan, dapat dikombinasikan dengan perekat melamin formaldehida sehingga kualitas perekatnya lebih baik, dan harganya sangat terjangkau dibandingkan dengan perekat buatan lainnya. Kekurangan dari perekat UF yaitu kurang tahan terhadap asam dan basa dan penggunaannya terbatas hanya untuk interior (Ruhendi et al., 2007).



Gambar 18. Reaksi kondensasi urea dan formaldehida

2.5.2 Perekat Alami

Perekat alami adalah hasil sekresi tanaman yang terjadi dengan cara alami, dan terpancar secara alami atau buatan, sifatnya padat, mengkilat dan bening-kusam, rapuh, meleleh saat dipanaskan, mudah terbakar dan menimbulkan bau dan asap yang khas, yang disebabkan oleh campuran minyak atsiri dan resin (Kuspradini dkk., 2016). Pada umumnya damar artinya batu atau lampu yang dibuat dari damar (dalam bahasa melayu). Perekat alami merupakan kelompok HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu) yang memiliki potensi komersialisasi yang cukup tinggi. Resin secara alami diproduksi di dalam sel resin tanaman saat tanaman terluka. Cedera yang membentuk resin meliputi penyadapan, penyerangan melalui serangga, kekeringan atau kebakaran. Resin umumnya diproduksi di dalam kulit pohon, tanaman hidup dan bagian tanaman lainnya. Beberapa ciri resin alam yang mudah dikenali adalah:

1. tidak larut dalam air,
2. mengeras di udara,
3. tidak memainkan peran utama dalam proses pertumbuhan,
4. Biasanya dihasilkan oleh pohon berkayu.

HHBK merupakan bagian dari tanaman yang memiliki ciri khas yang dibuthkan masyarakat dan juga dijual sebagai barang industri (Batubara dan Affandi, 2017). Mengingat pengambilannya tidak memerlukan izin yang rumit seperti dalam kasus pengambilan kayu hasil hutan, masyarakat yang tinggal di sekitar hutan biasanya memanfaatkan dan mengumpulkan HHBK dari hutan (Arianti dkk., 2018). Masyarakat dengan budaya antara hutan yang saling berhubungan dan elemen lingkungan. Salah satu sumber HHBK adalah damar pohon. Karena pohon damar melimpah di Indonesia, maka dimanfaatkan sebagai salah satu tanaman hutan yang dapat menghasilkan kayu maupun non kayu (non kayu). Pohon ini menghasilkan getah berkualitas tinggi yang dikenal sebagai damar. Resin ini dapat digunakan sebagai obat, makanan, tekstil dan lain-lain.

2.5.3 Potensi Damar Mata Kucing

Kemampuan ekonomi DMK telah lama dikenal dalam perdagangan dunia (Hadiyan, 2015). Damar mata kucing berupa resin berwarna bening dan kekuningan (Gambar 19) (Kuspradini et al., 2016). Penelitian Kasiyani (2017), menemukan bahwa

DMK dapat digunakan sebagai emulsi (kombinasi) pewarna, kosmetik, aromatik, tinta, membuat perekat, bahan mentah untuk membuat batik, membuat perekat, lilin, cat, pernis, dan pengeras. Selain itu, DMK dapat digunakan sebagai bahan pembuatan perahu, sedangkan jika dicampur dengan minyak tanah dapat digunakan sebagai pengawet (Kuspradini et al., 2016). DMK digunakan sebagai bahan baku dalam industri bersama dengan kombinasi karet, pernis, plastik, korek api, zat isolasi, obat-obatan dan industri bahan peledak (Wijayanto, 2012). Beberapa penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa resin memiliki kemampuan untuk digunakan sebagai anti rayap dan anti jamur, sebagai antivirus herpes dan pernis. Resin damar memiliki faktor leleh 144-149 °C dan faktor leleh 90-130°C Pada titik lunak dan leleh, resin mulai berubah bentuk dari padat menjadi semi padat (Kartika dan Pratiwi, 2018).



Gambar 19. Bongkahan Resin Damar Mata Kucing

2.5.4 Mutu Damar Mata Kucing

Damar mata kucing (DMK) merupakan resin dengan mutu terbaik dan tertinggi dibandingkan dengan resin damar lainnya (Lestari dkk., 2020). DMK ini memiliki warna yang berkilauan dan terlihat seperti kaca (Kuspradini dkk., 2016). Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wijayanto (2012), kualitas damar akan lebih baik jika memiliki warna yang lebih kuning bersih dan cerah, sedangkan kualitas damar dapat lebih rendah, jika memiliki warna yang kecoklatan. Skala mutu damar tidak hanya dilihat dari warnanya saja, tetapi juga skala bongkahan resin. Standar mutu bongkahan damar tertinggi bongkahan resin yaitu $3 \times 3 \text{ cm}^2$ dan standar mutu terendah ialah $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$.

Pengujian mutu DMK secara visual merupakan pengamatan menyeluruh tentang warna dan pengukuran bongkahan resin berdasarkan SNI 2900-1-2012 (Tabel 3). Penentuan mutu damar di Indonesia masih dilakukan dengan cara yang mudah, yaitu berdasarkan kebersihan, dan ukuran serta warna bongkahan. Kualitas DMK yang dihasilkan terbagi menjadi beberapa kategori yaitu kualitas resin A damar bermutu paling tinggi yang bersifat transparan, berwarna keputih-putihan, ukuran bongkahan besar, dan utuh; kualitas resin B bermutu sedang, buram; kualitas resin C yang dihasilkan halus, dan berdebu; kualitas resin D merupakan damar berdebu bercampur kulit kayu, potongan kayu dan kotoran (Wardah, 2005). Pembagian DMK berdasarkan ukuran bongkahan, warna dan kebersihan di Krui Lampung (Kurniawan dkk., 2021) yakni:

1. Kualitas A, DMK dengan warna bening kekuningan dan bongkahan berukuran besar (3 cm × 3 cm, atau lebih),
2. Kualitas B, DMK dengan warna bening kekuningan dan bongkahan berukuran sedikit lebih kecil (2 cm × 2 cm),
3. Kualitas C, DMK dengan warna kuning kehitaman bongkahan berukuran kecil (1 cm × 1 cm),
4. Kualitas DE, DMK dengan warna kehitaman dan berbentuk butiran-butiran kecil,
5. Kualitas debu/Abu, DMK yang berwujud debu dan terdapat kotoran.

Tabel 3. Syarat mutu DMK secara visual yang sesuai dengan SNI 2900-1-2012

| Mutu | Warna | Tidak lolos lubang saringan |
|-------------|------------------|------------------------------------|
| A | Kuning bening | (3×3) cm ² |
| B | Putih kekuningan | (2×2) cm ² |
| C | Putih kekuningan | (1×1) cm ² |
| D | Kecoklatan | (0,5×0,5) cm ² |
| E | Kehitaman | (0,3×0,3) cm ² |
| Bubuk/Abu | - | < (0,3×0,3) cm ² |

Untuk mengetahui sifat fisika dan kimia DMK dilakukan di laboratorium (Kuspradini dkk., 2016). Karakteristik fisika dan kimia damar yang dianalisis yaitu kadar bahan tak larut dalam toluena, titik lunak, kadar abu, kadar kotoran, dan bilangan asam sesuai dengan SNI 2900.2-2013 (Tabel 4).

Tabel 4. Syarat mutu DMK didasarkan sifat fisika dan kimia yang sesuai dengan SNI 2900.2-2013

| Jenis Uji | Satuan | I | II | III |
|-------------------------------|---------------|----------|-----------|------------|
| Kadar kotoran | % | < 1,5 | 1,5-7,5 | 7,7 |
| Titik lunak | °C | 75-85 | 86-100 | 100 |
| Kadar abu (b/b) | % | < 0,5 | 0.5-1.0 | 1 |
| Bilangan asam (b/b) | - | 20-30 | 20-30 | 30 |
| Bahan tak larut dalam toluena | NTU | < 200 | < 200 | 200 |

1. Bahan tak larut toluena

Mutu damar akan semakin rendah jika tingkat persentase bahan tak larut dalam toluene semakin tinggi, toluena sendiri merupakan pelarut organik yang dapat melarutkan damar.

2. Titik lunak

Titik lunak merupakan perubahan wujud dari padat menjadi semi padat saat kenaikan suhu.

3. Kadar abu

Kadar abu merupakan residu yang tertinggal saat pembakaran resin

4. Bilangan asam

Mutu damar rendah apabila kandungan asam bebas tinggi, bilangan asam menunjukkan banyaknya asam bebas pada damar (Kuspradini dkk., 2016).

2.5.5 Sifat Fisika dan Kimia DMK

Sifat fisika damar mata kucing antara lain yaitu:

1. Rapuh,
2. Cepat larut dalam minyak atsiri dan pelarut organik nonpolar, dan sedikit larut pada pelarut polar
3. Tidak larut dalam air dan tidak tahan panas
4. Tidak volatil bila tidak terdekomposisi,
5. Mengalami perubahan warna jika terlalu lama disimpan.

Secara kimia, resin merupakan kombinasi kompleks dari resinic acid, alcoholresinat, resinotannol, esters dan resene, mengandung sedikit oksigen karena mengandung karbon dalam jumlah yang berlebihan, sehingga setelah dibakar menghasilkan angus. tidak larut dalam air, sebagian larut dalam alkohol, larut dalam

eter, aseton, petroleum eter, kloroform, dan lain-lain (Mulyono dkk., 2011). Ketika resin dipisahkan dan dimurnikan, biasanya dibuat dalam bentuk padat yang rapuh dan amorf, saat dipanaskan pada suhu tinggi menjadi halus dan dapat terbakar. Pada penelitian Mulyono dkk. (2011), hasil karakteristik gugus fungsi pada resin DMK menegaskan bahwa resin terdiri dari senyawa yang memiliki gugus alkil, karbonil, vinil, dan hidroksil. Analisis penggunaan Py-GC/MS memastikan bahwa DMK mengandung 67 senyawa alami. Sebanyak 20 zat aditif dalam damar setiap persennya lebih besar dari 1% (Tabel 5) dan senyawa tersebut paling banyak adalah senyawa karbon tetrasiklik.

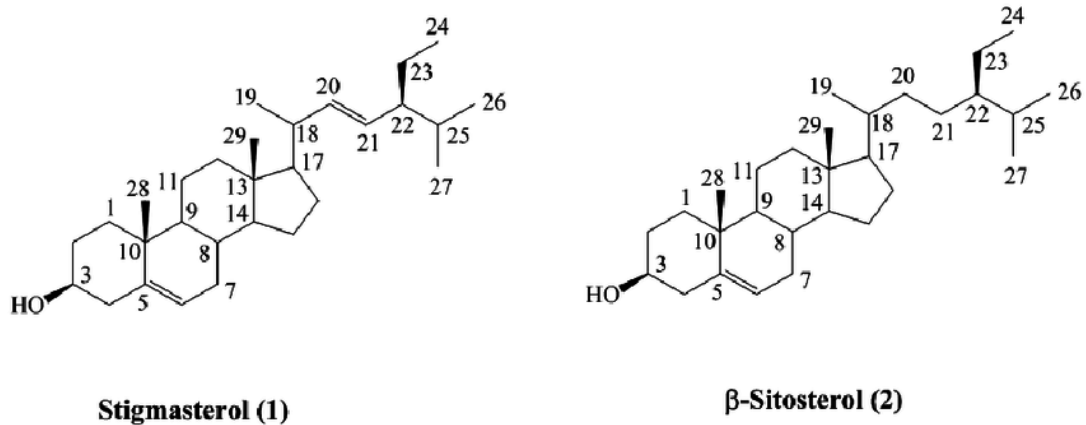
Tabel 5. Komponen kimia dalam DMK yang lebih dari 1%

| Komponen | % |
|--|-------|
| Brasikasterol (C ₂₈ H ₄₆ O) | 20,23 |
| Epoksideasstilgedunin (C ₂₆ H ₃₂ O ₇) | 9,56 |
| Veridifloro(C ₁₅ H ₂₆) | 5,34 |
| Pregnana-3,11,20-trion (C ₂₁ H ₃₂ O ₃) | 3,75 |
| Andros-5-en-3,17-diol, 4,4-dimetil-, diasetat (3Bβ17β) (C ₂₅ H ₃₈ O ₄) | 3,29 |
| Pregna-4.6-dien-3.20-dion.6.17-dimetil (C ₂₃ H ₃₂ O ₂) | 3,24 |
| 1,4-metano-1H-indena,oktahidro-1,7a-dimetil-4(1-metilen) (C ₁₅ H ₂₄) | 2,63 |
| Epi-beta-santalol (C ₁₅ H ₂₄ O) | 2,62 |
| Stigmasta-5-en-3-ol oleat (C ₄₇ H ₈₂ O ₂) | 2,41 |
| Siklobuta(1.2,3,4)-disiklootana.heksadekahidro-(6α,6β,12α,12β) (C ₁₆ H ₂₈) | 2,01 |
| 18-hidroksi-17-metoksi-yohimban-16-karbonitril (C ₂₁ H ₂₅ N ₃ O ₂) | 2,00 |
| 5α-14β-androstana (C ₁₉ H ₃₂) | 1,98 |
| 9-kredanon (C ₁₅ H ₂₄ O) | 1,84 |
| 2H-siklopropan(G)benzofuran.4.5.5A.6.6A.6B-heksahidro-4,4,6B-trimetil-2(1-metil) (C ₁₅ H ₂₂ O) | 1,82 |
| 23-metilenkolesterol (C ₂₈ H ₄₆ O) | 1,68 |
| 3.20-pregnanadion,11-hidroksi-,(5β11α) (C ₂₁ H ₃₁ O ₃) | 1,53 |
| Pregnana-3,17,20-triol.siklik17,20-(metilboronat).(3α5β20S) (C ₂₂ H ₃₇ BO ₃) | 1,41 |
| a-camfolena aldchida (C ₁₀ H ₁₆ O) | 1,17 |

Sumber: Mulyono dkk. (2011)

Komponen terbanyak dalam DMK adalah brasisterol, yaitu sebanyak 20,23%. Senyawa ini berbentuk seperti β-sitosterol dan stigmasterol (Gambar 20). Rantai samping pada peran C₂₅ brasisterol adalah gugus metil, sedangkan stigmasterol dan βsitosterol adalah bisnis etil. Sebaliknya, ikatan C₂₃ - C₂₄ pada braciasterol dan stigmasterol adalah C=C, sedangkan pada β-sitosterol jauh C-C. Bentuk kimia dari resin damar telah dipelajari sejak tahun 1955, namun spesies tanaman tidak lagi disebutkan. Ekstrak damar mata kucing dari tanaman *Shorea javanica* memiliki aktivitas anti rayap dan antijamur (Putri dan Wulandari, 2015). Senyawa bioaktif

tersebut didiagnosis sebagai vulgareol B; asam tiga,4-sekodamar-4(28)-en3-oika; dan (7R,10S)-2,6,10-trimetil-7-epoksi-2,sebelas-dodecadiene. Karakterisasi usaha praktis pada resin mata kucing dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR (Fourier Transform Infrared) (Mulyono, 2011). Resin mata kucing terdiri dari 67 senyawa, dan dapat diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu karbon tetrasiklik (30 senyawa, 49,57%), pentasiklik (tiga senyawa, 2,56%), senyawa C15 (sebelas senyawa, 17,09%), dan golongan lainnya (23 gabungan, 18,26%). Kandungan terbesar dalam resin mata kucing adalah senyawa bracistrol, yang siap 20%.



Gambar 20. Struktur Molekul Brasikasterol, Stigmasterol, dan β-sitoserol

(Sumber: Mulyono dkk., 2011)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

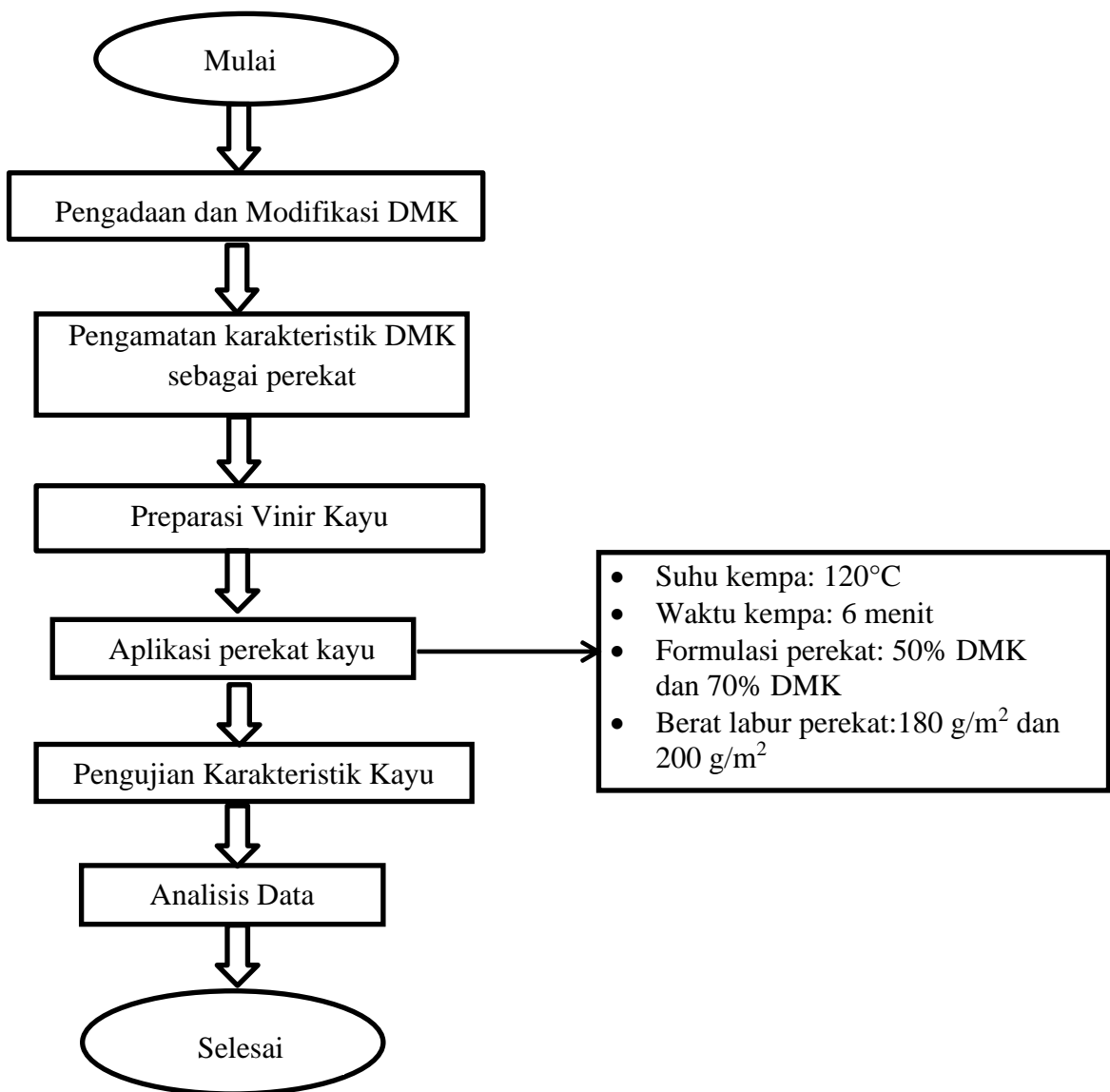
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-April 2023 yang bertempat di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung untuk persiapan bahan baku dan *Integrated Laboratory of Bioproduct (ILaB)*, Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Jawa Barat untuk karakterisasi perekat DMK dan produksi kayu lapis.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Fourier Transform Infrared (FTIR Spectrum Two*, Perkin Elmer, Amerika Serikat), *Dynamic Mechanical Analyzer (DMA 8000*, Perkin Elmer, Amerika Serikat), *Gas Chromatography and Mass Spectroscopy (GC-MS Shimadzu*, Jepang), *Thermogravimetric Analysis (TGA801 LECO)*, dan *Unit X-ray diffraction (XRD PANalytical AERIS)*, *Universal Testing Machine (UTM 10kN*, Shimadzu AGS-X series, Jepang), *rotational rheometer (RheolabQC*, Anton Paar, Austria), *gel time meter*, mesin kempa panas (SHINTO, Kyoto, Jepang), *hot-plate*, *magnetic stirrer*, pH meter digital, desikator, kaliper (KW06-69, Krisbow, Indonesia), timbangan digital (EW 2200-2NM, Kern, Jerman), oven (Mettler 10.0, Mettler, Jerman), ayakan ukuran lolos 60 *mesh*, spatula plastik, panci dan peralatan gelas. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Damar Mata Kucing (DMK) kualitas abu/debu (kualitas paling rendah) yang diperoleh dari pedagang lokal di Kabupaten Pesisir Barat, Lampung, vinir kayu karet (kualitas *reject* atau limbah) dengan ukuran (29×29×0.17) cm yang diperoleh dari CV. Kota Agung, Pringsewu, Lampung, benzene (99,8% v/v), aquades, dan bahan kimia untuk analisis sifat kimia dari Damar Mata Kucing (DMK).

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini bersifat eksploratif dengan melihat karakteristik perkat Damar Mata Kucing (DMK) dan produk kayu lapis. Pada penelitian ini mengkaji formulasi perekat dan berat labur terhadap sifat fisis-mekanis kayu lapis. Prosedur penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu preparasi DMK, preparasi vinir kayu, pengamatan karakteristik perekat DMK, pengaplikasian perekat kayu, pengujian karakteristik kayu lapis dan analisis data. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 21.



Gambar 21. Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Pengadaan dan Modifikasi Damar Mata Kucing (DMK)

Pengadaan bahan baku yaitu Damar Mata Kucing (DMK) yang diperoleh dari Repong damar di Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung. Damar yang digunakan untuk penelitian yaitu damar dengan kualitas Abu/debu. Damar kemudian disortasi, dan diperkecil ukurannya dengan cara dihaluskan dan di ayak. DMK yang lolos ayakan ukuran 60 mesh digunakan untuk penelitian. Perekat DMK cair dibuat melalui teknik pelarutan. DMK mudah larut dan larut sempurna, salah satunya dengan pelarut benzena (Setyoningsih. 1992). Berdasarkan penelitian Wiyono dan Silitonga (2001) sifat fisika-kimia yang lebih baik dihasilkan dari pelarut benzene dibandingkan dengan pelarut. Modifikasi DMK padat dilakukan melalui pelarutan dalam pelarut benzena dengan perbandingan DMK:Benzena yaitu 50%:50% dan 70%:30%. Kemudian dilakukan pengadukan selama 15 menit pada suhu 45°C setelah itu dibiarkan mengendap selama ± 24 jam. Dengan teknik modifikasi melalui pelarutan ini perekat DMK siap untuk diaplikasikan dalam bentuk cair. Pengadaan bahan baku dan modifikasi DMK disajikan pada Gambar 22 sebagai berikut:



(a)



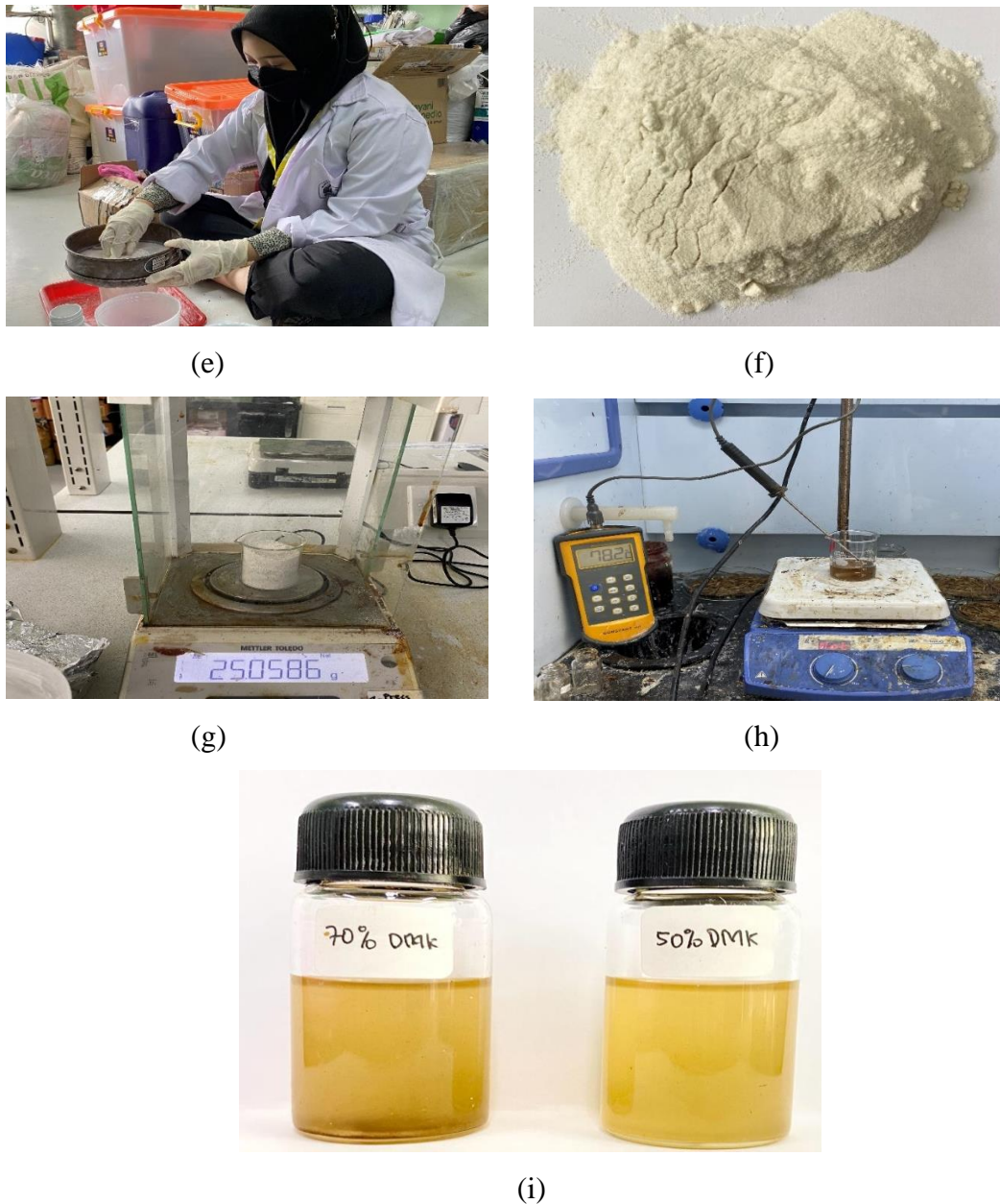
(b)



(c)



(d)



Gambar 22. Proses Pengadaan dan Modifikasi Perekat DMK (a) DMK Kualitas Abu, (b) Sortasi DMK Kualitas Abu, (c) Pengecilan Ukuran DMK Kualitas Abu, (d) Serbuk DMK Kualitas Abu, (e) Pengayakan Serbuk DMK Kualitas Abu, (f) Serbuk DMK Kualitas Abu Ukuran Lolos 60 Mesh, (g) Penimbangan Serbuk DMK Kualitas Abu, (h) Pelarutan Serbuk DMK dengan Pelarut Benzene, (i) Perekat Cair 70% DMK dan 50% DMK

3.3.2 Preparasi Vinir Kayu

Vinir kayu karet (kualitas *reject* atau limbah) diperoleh dari CV. Kota Agung Utara yang berada di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Pengadaan vinir kayu karet dengan ukuran (30×30×0,17) cm. Pemotongan vinir kayu karet disajikan pada Gambar 23.



Gambar 23. Pemotongan Vinir Kayu Karet

3.3.3 Pengamatan Karakteristik DMK sebagai Perekat

Pengamatan DMK dilakukan sifat perekat sesuai SNI 06-0060-1987 seperti viskositas, pH, waktu gelatinase, dan kadar padatan. Adapun karakteristik perekat lainnya yang dianalisa adalah gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), sifat termal dengan *Thermogravimetric Analysis* (TGA), sifat termo-mekanis dengan *Dynamic Mechanical Analysis* (DMA), *Pyrolysis Gas Chromatography Mass Spectrometry* (Py-GCMS), analisis fase dan struktur kekristalan dari bahan material dengan *X-Ray Diffraction* (XRD). Pengamatan karakteritik DMK sebagai perekat berdasarkan beberapa parameter antara lain:

1. Kadar Padatan

Contoh uji perekat DMK sebanyak 1 gram pada *aluminium foil* dimasukkan ke dalam oven menggunakan suhu $103 \pm 3^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam agar larutan yang terkandung dalam perekat menguap secara sempurna. Aluminium foil dikeluarkan kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang (Aisyah, 2022). Kadar padatan dihitung dengan rumus (1):

$$\text{Kadar Padatan: } \frac{BA-BK}{BB-BK} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

BA = Berat aluminium foil berisi contoh uji setelah dioven (g)

BB = Berat aluminium foil berisi contoh uji sebelum dioven (g)

BK = Berat aluminium foil kosong (g)

2. Viskositas

Contoh uji sebanyak 20 ml dimasukkan ke dalam gelas pengukur khusus (C-CC27, AntonPaar, Austria) dan di letakkan pada *rotational rheometer*. Pengukuran viskositas dilakukan dengan *spindle* CC no. 27 dengan kecepatan putaran 100/s, dan 200/s pada suhu 25°C dan 20-100°C untuk mengetahui viskositas rata-rata. Hasil viskositas ditampilkan dengan aplikasi RheoCompass (AntonPaar, Austria).

3. Waktu gelatinasi

Contoh uji perekat DMK sebanyak 20 ml dimasukkan ke dalam wadah tabung. *Gel time meter* diposisikan hingga jarum terendam pada contoh uji. Selanjutnya, waktu yang dibutuhkan perekat untuk tergelatinasi diamati pada suhu 100°C. Batas waktu gelatinasi perekat diperoleh saat pewaktu berhenti secara otomatis dan menunjukkan angka gelation time ditandai dengan tulisan “gel” pada layar. (Aisyah, 2022).

4. pH

Pengujian pH dilakukan menggunakan pH meter (Laqua pH 1200, Horiba, Jepang). Derajat keasaman atau kebasaaan contoh uji perekat DMK dengan menyelupkan elektroda probe pada wadah yang sudah berisi perekat sebanyak tiga kali pada suhu ruang, dilakukan setiap minggu hingga perekat mengeras atau berbentuk gel padat.

5. Analisis gugus fungsi

Gugus fungsi perekat DMK diselidiki menggunakan spektroskopi Fourier Transform 140 Infra-Red (FTIR) (SpectrumTwo, PerkinElmer, Amerika Serikat) dengan metode *Universal Attenuated Total reflection* (UATR). Akumulasi rata-rata tercatat sebagai 16 scan dengan resolusi 4 cm⁻¹ pada panjang gelombang berkisar antara 4000-400 cm⁻¹ pada 23 ± 2 °C. Setiap spektrum dinormalisasi menggunakan normalisasi min-max dalam perangkat lunak Spectrum (Ver. 10.5.3, Perkin Elmer Inc., Amerika Serikat).

6. *Dynamic Mechanical Analysis* (DMA)

Contoh uji perekat DMK dengan sebaran 180 g/m² dan 200 g/m² dilaburkan pada kertas saring berukuran (50,0×8,0×0,2) mm³ (CAT No.1005-125, Whatman, Inggris)

sesuai dengan berat labur yang digunakan. Kemudian, semua spesimen disiapkan dalam oven pada 70°C selama 5 menit sebelum analisis DMA. Pengukuran DMA dilakukan dengan instrumen DMA *mode dual cantilever* dengan tarikan pada frekuensi konstan 1 Hz pada suhu 30-300°C. Respon viskoelastik dinyatakan dalam modulus dinamis (E) dan kemampuan redaman ($\tan \delta$) dengan memanaskan setiap contoh uji pada laju 5°C per menit.

7. *Pyrolysis Gas Chromatography Mass Spectrometry (Py-GCMS)*

Contoh uji perekat DMK sebanyak 500-600 µg dimasukkan ke dalam *eco-cup* SF PYI-EC50F, kemudian ditutup dengan *glass wool* dan contoh uji dianalisis dengan Py-GCMS. *Eco-cup* tersebut dipirolisis menggunakan suhu 500°C selama 0,1 menit menggunakan pirolisis *multi-shot* (EGA/PY-3030D) yang terhubung dengan sistem GC/MS QP-2020 NX (Shimadzu, Jepang) yang dilengkapi kolom SH-Rxi-5Sil MS dengan ketebalan film 30 m× 0,25 mm i.d 0,25 µm, elektron 70 eV, dan helium sebagai gas pembawa. Tekanan yang digunakan sebesar 20 kPa (15,9 mL/menit, aliran kolom 0,61 mL/menit). Profil suhu untuk GC adalah 50°C yang dibiarkan selama 1 menit dinaikkan hingga suhu 280°C dengan laju pemanasan sebesar 5°C/menit, dan suhu ditahan pada 280°C selama 13 menit. Produk hasil pirolisis diamati dengan membandingkan waktu retensi dan data spektrum massa yang tertera pada program NIST LIBRARY 2017.

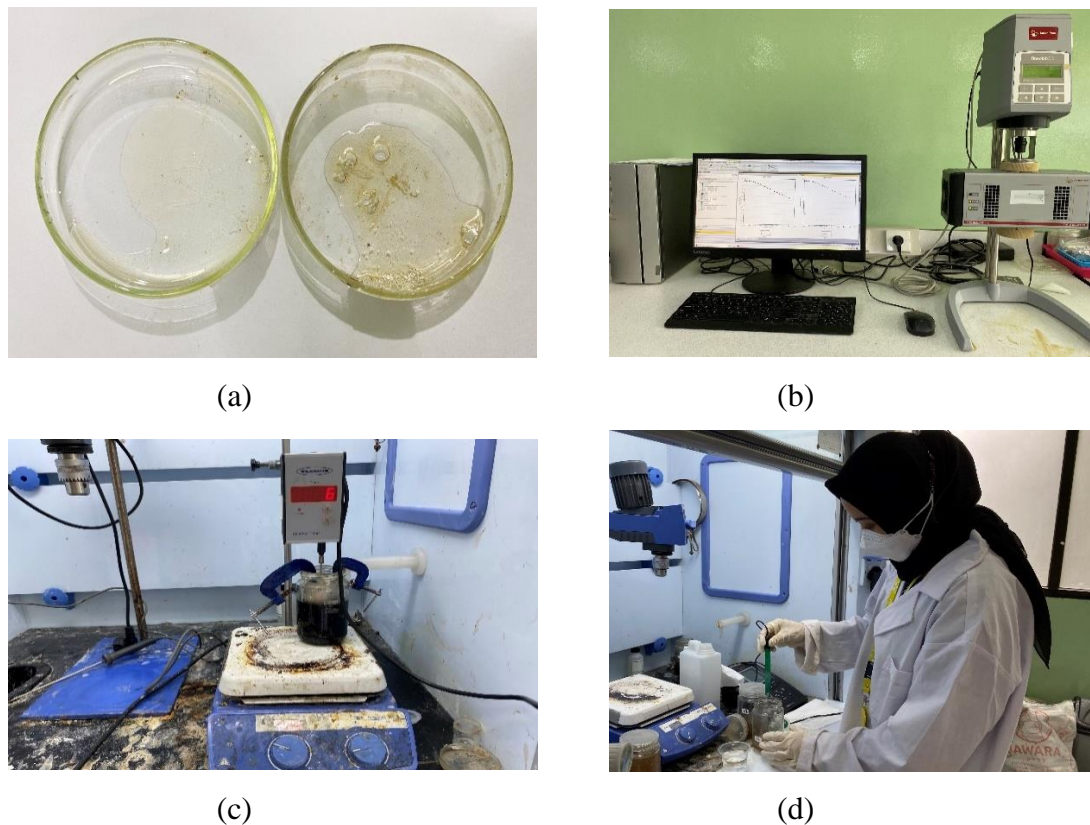
8. *Thermogravimetri Analysis (TGA)*

Thermogravimetri Analysis (TGA) bertujuan untuk mengetahui jumlah pelarut yang hilang atau berkurang akibat pemanasan. Metode *Thermogravimetri Analysis* menggunakan prinsip dengan metode mengukur berkurangnya massa bahan ketika dipanaskan pada suhu kamar hingga suhu tinggi sekitar 900 °C. Alat TGA dilengkapi dengan timbangan mikro didalamnya sehingga secara otomatis berat sampel setiap saat dapat terekam dan ditampilkan dalam tampilan grafik. Contoh uji seberat 1-150 mg diletakkan diatas cawan platina, setelah itu kita program suhu dari suhu kamar yaitu 25 °C hingga 750 °C.

9. Analisis X-ray diffraction (XRD)

Difraksi sinar X atau X-ray diffraction (XRD) adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel, Penentuan kristal tunggal dan Penentuan struktur kristal dari material yang tidak diketahui. Sampel DMK sebanyak 2 gram digunakan untuk pengujian. XRD (D/Max-2500, Rigaku Miniflex II, Jepang) dengan $\text{CuK}\alpha$ sumber radiasi ($\lambda = 0,15406 \text{ nm}$) digunakan untuk menganalisis kristalinitas pererkat DMK. Sampel bubuk dipindai menggunakan XRD pada suhu kamar dari 0 sampa 50 dengan langkah 0,02 / mnt.

Berikut merupakan pengujian kadar padata, viskositas, *gel time* dan nilai pH yang disajikan pada Gambar 24.



Gambar 24. Pengujian Karakteristik Perekat DMK (a) Hasil Kadar Padatan Perekat DMK, (b) Pengujian Viskositas, (c) Pengujian *Gel Time*, (d) Pengujian pH

3.3.4 Aplikasi Perekat Kayu

Perekat kayu DMK digunakan untuk pembuatan kayu lapis dengan konsentrasi berat labur sebesar 180 g/m^2 dan 200 g/m^2 . Penambahan *filler* pada perekat sebanyak

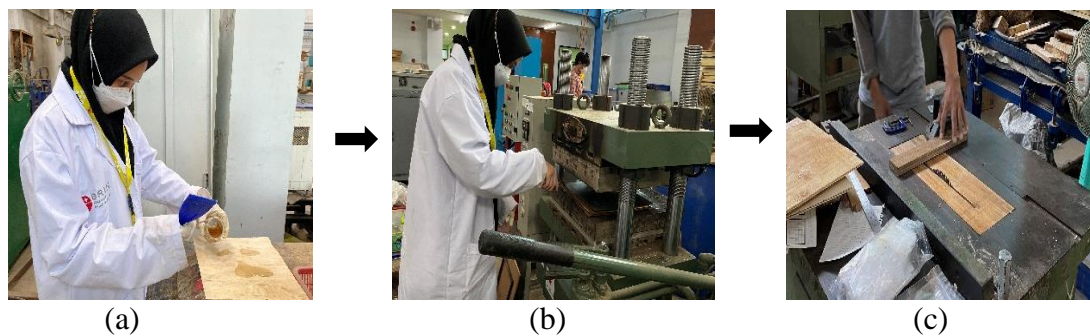
10% dari perekat yang akan diaplikasikan pada kayu lapis. Kayu lapis dibuat pada suhu 120°C dengan waktu kempa selama 4 menit. Kayu lapis dibuat dengan 3 lapis vinir yang direkatkan oleh perekat DMK dengan ukuran (panjang \times lebar \times tinggi) $(30\times 30\times 0,51)\text{ cm}^3$. Penyebaran perekat dilakukan pada sisi ganda. Kebutuhan perekat DMK untuk 1 kayu lapis sesuai dengan berat labur yang telah (Tabel 6).

Tabel 6. Kebutuhan Perekat Berat Labur

| Berat labur | Perekat untuk 1 muka vinir | Perekat yang dibutuhkan |
|--------------------|----------------------------|-------------------------|
| 180 g/m^2 | 15,14 g | 60,55 g |
| 200 g/m^2 | 16,82 g | 67,28 g |

Keterangan: kayu lapis terdiri dari 3 lembar vinir (*threeply*)

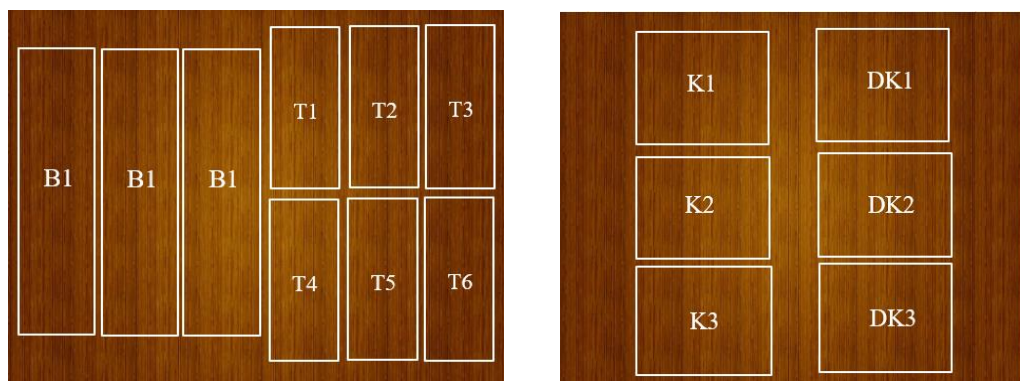
Vinir yang telah diberi perekat disusun tegak lurus kemudian dikempa panas sesuai variabel suhu kempa selama 6 menit dengan kempa panas SHINTO (Gambar 22) yang memiliki tekanan maksimum sebesar 25 kgf/cm^2 atau $2,45\text{ MPa}$, Kayu lapis yang telah dibuat selanjutnya dikondisikan selama satu sampai dua minggu pada suhu ruangan (25°C) sebelum dilakukan pengujian pada kayu lapis.



Gambar 25. Pengaplikasian Kayu Lapis (a) Pelapisan perekat DMK, (b) Pengempaan Panas Kayu Lapis, (c) Pemotongan Kayu Lapis

3.3.5 Pembuatan Contoh Uji

Panel dipotong sebagai contoh uji sifat fisis-mekanis kayu lapis. Pola pemotongan dan dimensi contoh uji pada penelitian ini tertera pada Gambar 23.



Gambar 26. Pola pemotongan contoh uji

Keterangan:

KA = kadar air (%)

BA = berat awal contoh uji setelah pengondisian (g)

BKT = berat kering tanur contoh uji (g)

3. Uji delaminasi

Uji delaminasi menggunakan contoh uji berukuran $(7,5 \times 10 \times 0,51)$ cm³ diukur panjang garis rekat lurus dan silang pada setiap sisi kemudian dijumlahkan (Σ garis rekat). Contoh uji direndam dalam air panas dengan suhu $70 \pm 3^\circ\text{C}$ selama 2 jam, kemudian dikeringkan pada suhu $60 \pm 3^\circ\text{C}$ selama 3 jam. Persen delaminasi diperoleh dengan membagi panjang total garis delaminasi dan panjang total garis rekat. Panjang garis rekat yang terkelupas pada seluruh sisi diukur dan dijumlahkan (Σ garis rekat terkelupas). Masing-masing metode delaminasi dihitung rasio delaminasi. Rasio delaminasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus (4) sebagai berikut:

$$\text{Rasio delaminasi (\%)} = \frac{\text{Panjang garis rekat yang terlepas (cm)}}{\text{Panjang garis rekat yang direkat (cm)}} \dots\dots\dots (3)$$

4. MOE (*Modulus of Elasticity*) dan MOR (*Modulus of Rupture*)

MOE adalah perbandingan antara regangan dan tegangan pada batas proporsi (Budi dkk., 2018). MOR adalah kemampuan bahan untuk menahan beban hingga batas maksimum (sampai patah). Menurut Bowyer et al. (2007) pengujian MOE (keteguhan lentur) dan MOR (keteguhan patah) menggunakan *universal testing machine Testometer* (Model M500-25CT, TESTOMETRIC, USA) dan dihitung dengan rumus (5) dan (6) sebagai berikut:

$$\text{MOE (N/mm}^2\text{)} = \frac{\Delta P \times L^3}{4 \times \Delta Y \times b \times t^3} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{MOR (N/mm}^2\text{)} = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times t^2} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

MOE = keteguhan lentur (N/mm²)

MOR = keteguhan patah (N/mm²)

ΔP = beban pada batas proporsional (N)

P = beban maksimum (N)

ΔY = defleksi/lenturan pada beban batas proporsional (mm),

L = jarak sangga (mm)

- b = lebar contoh uji (mm)
t = tebal contoh uji (mm)

5. Keteguhan Rekat

Contoh uji kayu lapis dengan ukuran $(5 \times 5 \times 0,51) \text{ cm}^3$ direkatkan pada dua buah batang kayu berbentuk balok. Kedua balok ditarik saling tegak lurus ke permukaan contoh uji sampai beban maksimum. Kekuatan rekat internal dapat dihitung dengan rumus (7) sebagai berikut:

$$KR \text{ (Mpa)} = \frac{P}{2A} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

P = beban maksimum (kg)

A = Luas permukaan contoh uji (cm^2)

6. Kerusakan Kayu

Analisis kerusakan kayu dilakukan dengan menggunakan sampel uji tarik tepat setelah dianalisis. Analisis kerusakan kayu dapat dihitung dengan rumus (8) sebagai berikut:

$$\text{Kerusakan kayu (\%)} = \frac{\text{Luas kerusakan bidang rekat setelah pengujian (cm)}}{\text{Luas bidang yang diukur (cm)}} \dots\dots\dots (7)$$

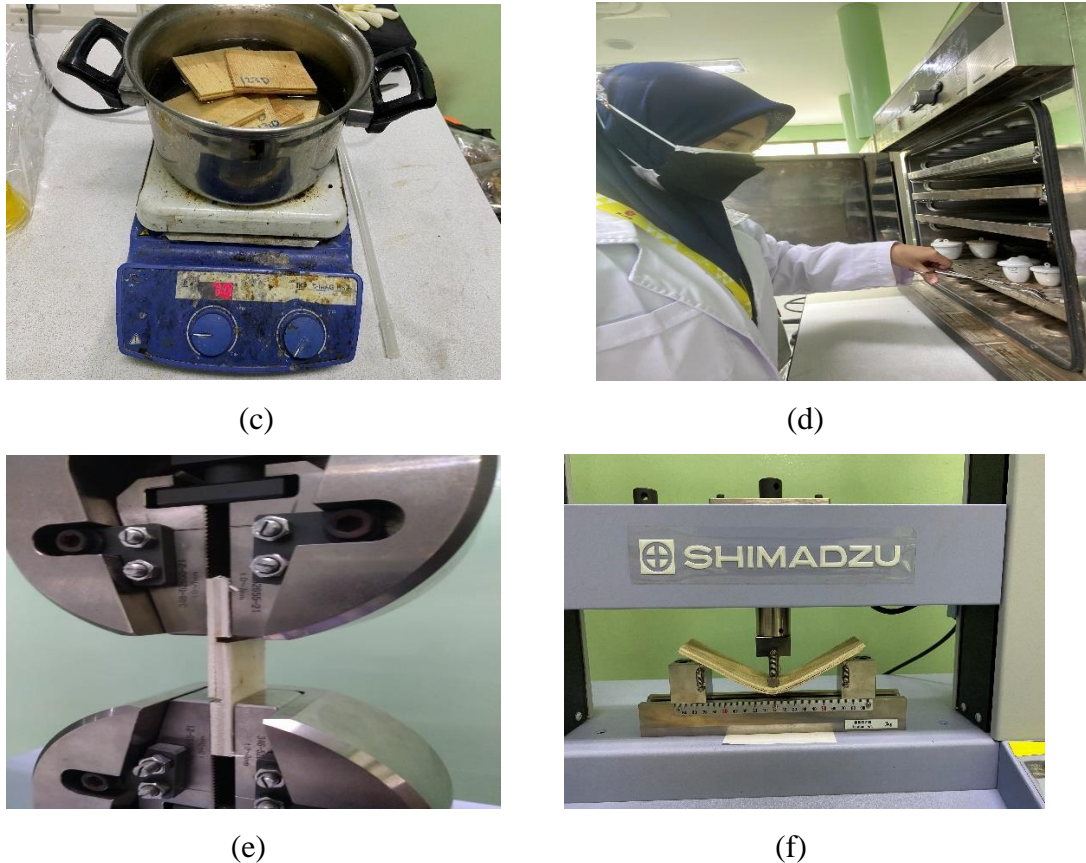
Berikut merupakan pengujian kerapatan, kadar air, delaminasi, MOE dan MOR, dan Keteguhan Rekat disajikan pada Gambar 27:



(a)



(b)



Gambar 27. Pengujian Karakteristik Kayu Lapis (a) Penimbangan Kayu Lapis, (b) Pengukuran Dimensi Kayu Lapis, (c) Pengujian Delaminasi, (d) Pengeringan Kayu Lapis di Oven, (e) pengujian Uji Tarik, (f) Pengujian MOE dan MOR

3.3.7 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis data dengan rancangan percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial. Terdiri dari 2 (dua) faktor yaitu faktor formulasi perekat dan berat labur. Faktor pertama yaitu formulai perekat (P) dengan 2 (dua) taraf perlakuan DMK:Benzena 70%:30% (P_1) dan 50%:50% (P_2). Faktor ke-dua yaitu berat labur (B) dengan 2 (tiga) taraf perlakuan 200 g/m² (B_1), dan 180 g/m² (B_2). Masing-masing perlakuan diulang (U) sebanyak dua kali sehingga terdapat 8 satuan percobaan. Tata letak percobaan RAK Faktorial disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Bagan randomisasi Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktoria

| | |
|-------------|-------------|
| $P_2B_2U_1$ | $P_1B_1U_2$ |
| $P1B_2U_2$ | $P_2B_1U_2$ |
| $P_2B_2U_2$ | $P_1B_2U_1$ |
| $P_1B_1U_1$ | $P_2B_1U_1$ |

Pengolahan data menggunakan aplikasi IBM SPSS 21 dan microsoft exel 2019. Model linear rancangan faktorial 2 faktor dengan rancangan acak kelompok yaitu:

$$R_k + Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ij} = Nilai respon pengaruh suhu kempa pada taraf ke-i, berat labur ke-j dan ulangan ke-k

μ = Rata-rata pengamatan

ρ_k = pengaruh kelompok ke-k

α_i = pengaruh formulasi perekat pada taraf ke-i

β_j = Pengaruh berat labur pada taraf ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interaksi antara α_i dan β_j

ϵ_{ijk} = Pengaruh eror/galat yang muncul dari percobaan dalam pengaruh formulasi perekat pada taraf ke-i, berat labur ke-j dan ulangan ke-k

i = Pengaruh formulasi perekat

j = Berat labur

Untuk melihat adanya pengaruh formulasi perekat dan berat labur terhadap respon maka dilakukan analisis keragaman pada tingkat kepercayaan 95%. Kemudian dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk melihat pengaruh perlakuan mana yang berbeda nyata terhadap respon yang diuji. Data hasil pengujian juga dibandingkan dengan persyaratan SNI 01 5008.7 1999 dan JAS Plywood 003 untuk mengetahui karakteristik kayu lapis yang dibuat memenuhi standar atau tidak, kemudian disajikan dalam bentuk grafik dan tabel serta diuraikan secara deskriptif.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perekat ramah lingkungan berbasis DMK dibuat dengan menggunakan 2 formulasi perekat yaitu 50% DMK:50% Benzene dan 70% DMK:30% Benzena. Karakteristik perekat yang memiliki kualitas unggul yaitu pada perekat 70% DMK, dilihat dari kadar padatan, viskositas, % kelimpahan relatif senyawa Benzena dalam perekat dan kristalinitas yang lebih tinggi dibandingkan perekat DMK 50%.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu lapis dengan formulasi perekat 70% DMK:30% Benzena dan berat labur 200 g/m² Benzena menghasilkan kayu lapis dengan sifat paling unggul.
3. Teknologi kayu lapis yang dihasilkan dari penelitian ini telah memenuhi standar SNI 01-5008.7-1999 dan JAS 233-2003 pada sifat fisis yaitu kadar air dan kerapatan, kemudian pada sifat mekanis yaitu keteguhan lentur, keteguhan patah dan keteguhan rekat kering.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh kualitas kayu lapis yang lebih baik, dengan reformulasi perekat dan menentukan waktu kempa panas yang lebih efisien sesuai dengan suhu kempa pada produksi kayu lapis komersil yaitu 4 menit. Pembuatan kayu lapis ini layak dipertimbangkan untuk dikembangkan karena memiliki potensi menjadi kayu lapis ramah lingkungan yang bebas emisi formaldehida.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S. 2022. Karakteristik Perekat Poliuretan Dan Cross Laminated Timber Kayu Puspa Dan Kelapa. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan Dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Alviya, I. 2011. Efisiensi Dan Produktivitas Industri Kayu Olahan Indonesia Periode 2004 - 2007 Dengan Pendekatan Non Parametrik Data Envelopment Analysis. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 8(2):122-138. DOI:10.20886/jsek.2011.8.2.122-138
- Anasis, A.M., Sari, M.Y.A.R. 2015. Perlindungan Indikasi Geografis Terhadap Damar Mata Kucing (*Shorea Javanica*) Sebagai Upaya Pelestarian Hutan (Studi Di Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung). *Jurnal Hukum Ius Quia Iustum*. 22(4): 566-593. DOI: <https://doi.org/10.20885/iustum.vol22.iss4.art3>
- Andreini, E.H. 2017. Faktor Yang Mempengaruhi Ekspor Kayu Lapis Indonesia Ke Jepang Pada Tahun 1997-2013. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia.
- Anwar, R.N., dan Suwanto. 2016. Pengelolaan Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) di Sumatera Utara dengan Aspek Khusus Pembibitan Crop Management Rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg). *Bul. Agrohorti* 4(1):94-103.
- Arianti, D. O., Idham., Zaina, S. 2018. Pemanfaatan Getah Damar Oleh Masyarakat Di Kelurahan Kedamin Hulu Kecamatan Putussibau Selatan Kabupaten Kapuas Hulu. *Jurnal Hutan Lestari*. 6(3):464-472. DOI: <http://dx.doi.org/10.26418/jhl.v6i3.26676>
- Arsad, Effendi. 2011. Sifat Fisik Kayu Lapis Berbahan Baku Kayu Akasia (*Acacia mangium Willd.*) dan Kelampayan (*Anthocephalus spp.*). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 3 (2): 1-6.
- Astutik, D.W. 2015. Kendali Mutu Pada Proses Produksi Veneer Kering Di Pt. Kayu Lapis Indonesia Menggunakan Diagram Kontrol Proporsi. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Jawa Tengah.
- Athariqa, D., Okatpia, S.M., Dermawan, D. 2022. Urea-Formaldehid Konsentrat Sebagai Bahan Baku Resin Urea-Formaldehid. *Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*. 6(1). DOI: <https://doi.org/10.26760/jrh.V6i1.11-21>
- Badan Standar Nasional Indonesia. 1987. Urea Formaldehida Cair Untuk Kayu Lapis.

SNI-06-0060-1987.

- Badan Standar Nasional Indonesia. 1999. Kayu Lapis Struktural. SNI 01-5008.7-1999.
- Batubara, R., Affandi, O. 2017. Nilai Ekonomi Hasil Hutan Non Kayu Dan Kontribusinya Terhadap Pendapatan Rumah Tangga (Studi Kasus Pada Dua Desa Sekitar Taman Wisata Sibolangit). *Jurnal Kehutanan*. 12(2). DOI: <https://doi.org/10.31849/forestra.v12i2.222>
- Bowyer, J. L., Shmuslsky, R., Haygreen, J.G. 2007. Forest Product an Wood Science: An introduction. *Blackwell Publishing*. Oxford.
- Budi, Yani, A., Nurhaida. 2018. Sifat Fisik Dan Mekanik Oriented Strand Board (OsB) Kayu Karet (Hevea Brasiliensis) Berdasarkan Perlakuan Pendahuluan Dan Konsentrasi Perekat. *Jurnal Hutan Lestari*. 6(2):329-342. DOI: <http://dx.doi.org/10.26418/jhl.v6i2.25593>
- Budiyanto, E., Asroni., dan Pramono, A. 2016. Pengaruh temperatur cetakan dan lama pengempaan. *J. Teknologi Hasil Hutan*. 5(2):122-137. <http://dx.doi.org/10.24127/trb.v5i2.504>
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. G., & Aboul-Enein, H. Y. 2015. X-ray diffraction: instrumentation and applications. *Critical reviews in analytical chemistry*, 45(4),289–299. <https://doi.org/10.1080/10408347.2014.949616>
- Cahyadi, D., Firmanti, A., dan Subiyanto, B. 2012. Sifat Fisis Dan Mekanis Bambu Laminasi Bahan Berbentuk Pelupuh (Zephyr) Dengan Penambahan Metanol Sebagai Pengencer Perekat. *Jurnal Permukiman*. 7(1). DOI: <https://doi.org/10.29244/medkon.19.2.%25p>
- Chen, L., Gong, X.-l., Jiang, W.-q., Yao, J.-j., Deng, H.-x., & Li, W.-h. (2007). Investigation on magnetorheological elastomers based on natural rubber. *Journal of Materials Science*, 42(14), 5483-5489.
- Febryano, I.G. dan Riniarti, M. 2009. Metode Alternatif Penyimpanan Benih Damar Mata Kucing (*Shorea javanica* K.&V.). *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*. 3(1).
- Firda, 2020. Kesilindrisan Bahan Baku Kayu Lapis Jenis Kayu Meranti Berdasarkan Kelas Diameter Di Pt. Katingan Timber Celebes Makassar. *Skripsi*. Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Frihart, C. R. 2015. Introduction to Special Issue: Wood Adhesives: Past, Present, And Future. *Forest Products Journal*. 65(1-2): 4-8. <https://doi.org/10.13073/65.1-2.4>
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2003. *Implementation of Accelerated Natural Regeneration in Indonesia*. Food and Agriculture Organization of The United Nations Regional Office for Asia and The Pacific. RAP Publication. Bangkok.

- Food and Agriculture Organization (FAO) 2022. *Forest Product 2020*. Forestry Division Natural Resources and Sustainable Production. Rome, Italy.
- Ganiron Jr, T.U. 2013. An investigation of Moisture Performance of Sawdust and BananPeels Ply board as Non-Vinir Panel. *International Journal of u- and eService, Science and Technology*. 6(3): 43-54.
- Gonçalves, C., Paiva, N. T., Ferra, J.M., Martins, J., Magalhães, F., Barros-Timmons, A., andCarvalho, L. 2018. Utilization and Characterization of Amino Resins for the Production of Wood-Based Panels with Emphasis on Particleboards (PB) and Medium Density Fibreboards (MDF). A Review. *Holzforschung* 72(8):653-671. DOI:10.1515/hf-2017-018
- Gulo, R.G., Alamsyah, Z., Elwamendri. 2013. Proses Pengadaan Bahan Baku Dan Analisis Nilai Tambah Plywood Kayu Karet. *Sosio Ekonomika Bisnis*.16(2).
- Hadiyan, Y. 2015. Pentingnya Integrated Approach Dalam Konservasi Keragaman Jenis Dan Sumberdaya Genetik Damar Mata Kucing Di Kabupaten Pesisir Barat Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(4):702-706. DOI:10.13057/psnmbi/m010403.
- Harianto, S.P., Dewi, B.S., & Rusita. 2016. *Repong damar*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung-Graha Ilmu.
- Haygreen and Bowyer. 1993. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu (Suatu Pengantar)*. Diterjemahkan Oleh Sutjipto A. Hadikusumo. Gadjah Mada Univirity Press. Yogyakarta.
- Hong, M. K., Lubis, M. A. R., Park, B. D., Sohn, C. H., and Roh, J. 2020. Effects of Surface Laminate Type and Recycled Fiber Content on Properties of Three-Layer Medium Density Fiberboard. *Wood Material Science and Engineering*. 15(3):163-171. DOI: 10.1080/17480272.2018.1528479
- Hutomo, A.P., Budi, A.S., dan Mailan, T. 2017. Pengaruh Perekat Terlabur Dan Kadar Ekstender Terhadap Keteguhan Dan Daya Tahan Rekat Kayu Lapis Kapur (*Dryobalanops spp*). *Ulin – J Hut Trop*. 1(1):1-8.
- Japanese Agricultural Standard. 2003. JAS 003 for Plywood. *Japanese Standard Association (JSA)*. Tokyo, Japan.
- Kaila. 2020. Cara Membuat Veneer Shortcore Menggunakan Mesin Rotary 5 Feet. <https://www.sukakayu.com/2020/06/cara-membuat-veneer-short-core.html>. Diakses pada tanggal 3 November 2022 pukul 09.31 WIB.
- Kaila. 2021a. Cara Kerja Mesin Double Saw Terbaru Pada Pematangan Plywood. <https://www.sukakayu.com/2021/05/cara-kerja-mesin-double-saw-terbaru.html>.Diakses pada tanggal 3 November 2022 pukul 14.03 WIB.

- Kaila. 2021b. Tutorial Cara Kerja Mesin Cold Press Pada Pembuatan Plywood. <https://www.sukakayu.com/2021/05/tutorial-cara-kerja-mesin-cold-press.html>. Diakses pada tanggal 3 November 2022 pukul 13.44 WIB.
- Kaila. 2021c. 6 Cara Membuat Veneer Terbaik dan Terpopuler pada Pembuatan Plywood. <https://www.sukakayu.com/2021/05/6-cara-membuat-veneer-yang-baik-dan.html>. Diakses pada tanggal 3 November 2022 pukul 09.35 WIB.
- Kaila. 2021d. Log Pond Dan Log Yard. <https://www.sukakayu.com/2021/06/log-pond-dan-log-yard.html>. Diakses pada tanggal 3 November 2022 pukul 09.33 WIB.
- Kaila. 2021e. Inilah Mesin Debarker untuk Membersihkan Log Kayu pada Pembuatan Plywood. <https://www.sukakayu.com/2021/06/log-pond-dan-log-yard.html>. Diakses pada tanggal 3 November 2022 pukul 09.32 WIB.
- Kartika, I.A. dan Pratiwi, D.F. 2018. Karakteristik Papan Partikel Dari Bambu Dengan Perekat Getah Damar. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* .28(2):127-137 DOI: 10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.2.127
- Kasiyani. 2017. Penentuan Waktu Tandar Penyadapan Damar Mata Kucing di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Tiga Negara Pemilik Hutan Tropis Terbesar di Dunia Menjalinkan Kerja Sama Trilateral*. Diakses pada 03 Januari 2023 pukul 11.12 WIB.
- Kurniawan, F., Kaskoyo, H., Duryat, Safe'I, R. 2021. Pengaruh Periode Pemanenan Resin Damar Terhadap Pendapatan Petani Repong damar Di Pekon Labuhan Mandi Pesisir Barat *Jurnal Tengawang*. 1(1):50-58.
- Kuspradini, H., Rosamah, E., Sukaton, E., Arung, E.T., dan Kusuma I.W. 2016. *Pengenalan Jenis Getah Gum-Lateks-Resin*. Mulawarman University Press. Kalimantan Timur.
- Laxmi, Yuri, U. 2021. Optimalisasi Produksi Damar Mata Kucing Dalam Wanatani Kompleks Menggunakan Metode Simpleks (Studi Kasus Kecamatan Pesisir Selatan, Kabupaten Pesisir Barat). *Thesis*. Universitas Negeri Raden Intan. Lampung.
- Lestari, A.S.R., Muin, M dan Idiahsuti. 2020. Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Laminasi Menggunakan Pengawet Alami Buah Berenuk (*Crescentia Cujete*) Sebagai Aditif Pada Perekat Tanin. *Perennial*, 16(2):68-72. <http://dx.doi.org/10.24259/perennial.v16i2.11468>
- Liteplo R.G., R Beauchamp, ME Meek, R Chenier. 2002. Formaldehyde. *Concise International Chemical Assessment Document 40*. Geneva. WHO.
- Lubis, M.A.R., Hong, M.K., and Park, B.D. 2018. Hydrolytic Removal of Cured Urea- Formaldehyde Resins in Medium-Density Fiberboard for Recycling.

Journal of Wood Chemistry and Technology 38(1): 1–14. DOI: 10.1080/02773813.2017.1316741

- Lubis, M.A.R., Park, B.D., & Lee, S.M. 2019. Performance of Hybrid Adhesives of BlockedpMDI/Melamine-Urea-Formaldehyde Resins for the Surface Lamination on Plywood. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 47(2): 200-209. DOI:10.5658/wood.2019.47.2.200.
- Makmur, E., Imron, A., dan Maskun, M. 2015. Repong damar Bagi Masyarakat Pesisir Di Kecamatan Karya Penggawa Kabupaten Pesisir Barat. *Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Sejarah*. 3(1):1-13.
- Massijaya, M.Y. 2006. *Plywood*. Bahan Kuliah Ilmu dan Teknologi Kayu. Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Morris, J. 2017. Recycle, Bury, Or Burn Wood Waste Biomass? LCA Answer Depends On Carbon Accounting, Emissions Controls, Displaced Fuels, And Impact Costs.s *Journal of Industrial Ecology*. 21(4): 844–856. DOI: 10.1111/Jiec.12469
- Mulyono N., Christofora H.W., Dedi F. dan Wuryaningsih S. 2011. Identifikasi Komponen Kimia Damar Mata Kucing (*Shorea Javanica*) dengan Metode Pirolisis-GC/MS. *Jurnal Natur Indonesia*. 14(2). DOI: <http://dx.doi.org/10.31258/jnat.14.1.155-159>
- Nancy, C., Agustina, D.S., dan Syarifa, L.F. 2013. Potensi Kayu Hasil Peremajaan Karet Rakyat Untuk Memasok Industri Kayu Karet. *Jurnal Penelitian Karet*. 31(1):68-78.
- Nur, P. 2016. Perekatan Kayu: Sebuah Pemahaman Lebih Dekat. <https://www.lemkayu.net/perekatan-kayu-392.html>. Diakses pada tanggal 3 November2022 pukul 13.38 WIB.
- Nurhayati, C. 2018. Penggunaan Lateks Karet (*Hevea Brasiliensis*) Untuk Lem Kayu Lapis Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Depolimerisasi Untuk Meningkatkan Mutu Lem. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 29(2):137-14.
- Panennungi, T. dan Pertiwi, N. 2018. *Ilmu Bahan Bangunan*. Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar. Makassar. 177 hlm.
- Pari, A.S.G. 2015. *Seri Paket Iptek Teknik Reduksi Emisi Formaldehida Produk Panel Kayu Secara Non Kimiawi*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hasil Hutan Badan Penelitian, Pengembangan Dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Bogor.
- Pérez, M. 2016. Microbial Decontamination of Urea Formaldehyde Bonded Medium DensityFiberboard. *Theses*. Saint Mary's University.
- Putri, A.H., Wulandari, C. 2015. Potensi Penyerapan Karbon Pada Tegakan Damar

- Mata Kucing (*Shorea Javanica*) Di Pekon Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2):13-20.
- Rong H, Z Ryu, J Zheng, Y Zhang. 2002. Effect of air oxidation of rayonbased activated carbon fibers on the adsorption behavior for formaldehyde. *Carbon*, 40: 2291-2300.
- Rosita, N., Susanto, Saputra, B.A., Nisa, K., dan Yulianto, A. 2014. Sifat Mekanik Kayu Lapis Dengan Variasi Lapisan Pengisi Dari Iratan Bambu (*Gigantochloa Apus Kurz*). *Jurnal Fisika*, 4(1).
- Ruhendi, S. dan Hadi, Y.S. 1997. Perakat dan Perakatan. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Ruhendi, S., Koroh, D.N., Syamani, F.A., Yanti, H., Nurhaida, Saad, S., dan Sucipto, T. 2007. Analisis Perakatan Kayu. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Salthammer, T. 2019. Formaldehyde Sources, Formaldehyde Concentrations and Air Exchange Rates in European Housings. *Build and Environment*. 150:219–232. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.042>.
- Santoso, A dan Pari G. 2015. Seri Paket Iptek Teknik Reduksi Emisi Formaldehida Produk Panel Kayu Secara Non Kimiawi. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hasil Hutan Badan Penelitian, Pengembangan Dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Bogor.
- Santoso, A., Sulastiningsih, I.M., Pari, G., dan Jasni, J. 2016. Pemanfaatan ekstrak kayu merbau untuk perekat produk laminasi bambu. *Jsn H*. 34(2):89-100. <https://doi.org/10.20886/jphh.2016.34.2.89-100>.
- Sari, R.K., Sofyan, K. dan Hanafi, M. 2004. Sifat Antirayap Resin Damar Mata Kucing dari *Shorea javanica* K. et V. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 2(1). DOI: <https://doi.org/10.51850/jitkt.v2i1.314.g287>
- Setiawan, F., Sulaeman, R., dan Yoza, D. 2014. Karakteristik Kayu Lapis Dari Bahan Baku Kayu Karet (*Hevea brasiliensis* muell. Arg) Berdasarkan Umur Pohon. Karakteristik Kayu Lapis Dari Bahan Baku Kayu Karet (*Hevea Brasiliensis* Muell. Arg). *Kehutanan*. 1(1)
- Setiawati, T., Purwatiningsih, E.A. Husaeni. 2001. Penapisan Senyawa Antirayap dari Getah *S. javanica* dan *S. leprosula*. *Buletin Kimia* 1: 101- 105.
- Somadona, S., Sribudiani, E., Arlita, T. 2016. Pengujian Kualitas Kayu Lapis Untuk Kontruksi Bangunan Yang Beredar Di Pasaran Kota Bengkalis. *Jurnal Kehutanan*. 11(2). DOI: <https://doi.org/10.31849/forestra.v11i2.182>
- Suheryanto, D., dan Haryanto, T. 2019. Pemanfaatan Kayu Karet Untuk Furniture. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian*. Pendidikan dan Penerapan MIPA,

Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.

- Sulastiningsih, I.M., Santoso, A., Barly., Iskandar M.I. 2013. Karakteristik Papan Bambu Lamina Direkat dengan Tanin Resorsinol Formaldehida. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*.11(1). DOI: <https://doi.org/10.51850/jitkt.v11i1.105.g101>
- Supraptono, B. 2015. Perekatan Kayu Perannya dalam Industri Kayu. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Supriadi, A., Santoso, A., Pari, R. 2019. Keteguhan Rekat Kayu Lapis Sengon Menggunakan Perekat Lignin Formaldehida dengan Dua Macam Bahan Pengisi. *J. Ilmu Teknologi Kayu Tropis Vol.* 17(2).
- Supriadi, A., Trisatya, D.R., dan Sulastiningsih,I.M. 2020. Sifat Kayu Lapis yang Dibuat dari Lima Jenis Kayu Asal Riau. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 25(4): 657-663. DOI: 10.18343/jipi.25.4.657
- Sushardi dan Nugraha, B.A. 2014. Pengaruh Perebusan dan Posisi Radial Terhadap Kualits Vener Kayu Kelapa. *Jurnal Wana Tropika Vol 4 no 1*. ISSN : 978- 979-987986797-4-5.
- The United States Department of Labor. 1953. Case Study Data on Productivity and Factory *Performance Veneer and Plywood*. The United States Department of Labor, Washington D.C.
- Tsoumis, G. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization*. Van Nostrand Reinhold, New York. USA.
- Tunggadewi, D.A. 2021. Analisis Suhu Sintering Material Katoda LiFePO₄ dengan Alat Diferential Thermal Analysis (DTA) -Termogravimetrik (TGA). *Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*. 2(2):1-6.
- Vick, C.B. 1999. *Adhesive Bonding of Wood Material*. In: *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. Forest Product Technology. USDA Forest Service. Wisconsin.
- Wahyudi, 2015. *Peningkatan Produktivitas Hutan Alam Produksi melalui Silvikultur Intensif (Silin)*. Direktorat Jenderal Pengelolaan Hutan Produksi Lestari (PHPL), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.
- Wardah. 2005. Keanekaragaman jenis tumbuhan di kawasan hutan kruai, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Lampung Barat. *Jurnal Teknologi Lingkungan P3TL BPPT* 6(3): 477 484.
- Wijayanto, 2012. Sifat Fisiko-Kimia Damar Mata Kucing (*Shorea Javanica K. Et V.*) Hasil Klasifikasi Mutu Di Pasar Domestik. *Skripsi*. IPB. Bogor.
- Wildayanti, Nurjanah, R., dan Mustika, C. 2018. Analisis Determinan Ekspor Kayu

Lapis Indonesia Ke Jepang. *Journal Perdagangan Industri dan Moneter*. 6(3).
DOI: <https://doi.org/10.22437/pim.v6i3.13705>

- Winarti, A. 2013. Kearifan Lokal Masyarakat Pekon Pahlungan Dalam Pelestarian Repong damar di Kawasan Penyangga Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS). *Skripsi*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Wiyono, B dan Silitonga, T. 2001. Pengaruh Jenis Pelarut Dan Kualitas Damar Terhadap Rendemen Dan Sifat Fisiko-Kimia Damar Yang Dimurnikan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 19(2).
DOI: <https://doi.org/10.20886/jphh.2001.19.2.103-115>
- Wulandari, F.T. 2021. Pengaruh Berat Labur Perekat Terhadap Sifat Fisika Papan Laminasi Bambu Petung (*Dendrocalamus asper* (Schult. f.) Backer ex Heyne). *Open Journal Systems*, 16(3). <https://doi.org/10.33758/mbi.v16i3.1281>
- Youngquist. 1999. *Wood Based Composites and Panel Product*. Wood Hand Book: Wood as an Engineering Material. USA.
- Yulizar, Hikmat, A., Koesmaryandi, N. 2014. Konservasi Damar Mata Kucing (*Shorea Javanica*) Berbasis Masyarakat Di Zona Tradisional Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Kliwon Media Konservasi*. 19(2):73-80