

SKRIPSI

**SIFAT FISIK DAN MEKANIS LAMINASI KAYU GMELINA
DAN JABON MERAH YANG DIMODIFIKASI DENGAN
PERLAKUAN PANAS**

Disusun dan diajukan oleh

MUH AUNUR RIFALDI MARSYAD

M011181362



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**SIFAT FISIK DAN MEKANIS LAMINASI KAYU GMELINA
DAN JABON MERAH YANG DIMODIFIKASI DENGAN
PERLAKUAN PANAS**

Disusun dan diajukan oleh:

MUH AUNUR RIFALDI MARSYAD

M011181362

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas
Kehutanan Universitas Hasanuddin
pada tanggal 02 Mei 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Pembimbing Utama,

Sahriyanti Saad S.Hut, M.Si, Ph.D
NIP. 19820705200812 2 004

Pembimbing Pendamping

Dr. A. Detti Yuniarti S.Hut, M.P
NIP. 19700606199512 2 001

**Ketua Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan**

Universitas Hasanuddin



Dr. L. Sitti Nuraeni, M.P
NIP. 19680410199512 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh Aunur Rifaldi Marsyad
NIM : M011181362
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Sifat Fisik dan Mekanis Laminasi Kayu Gmelina dan Jabon Merah yang
Dimodifikasi dengan Perlakuan Panas

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 05 Mei 2023

Yang menyatakan,



Muh Aunur Rifaldi Marsyad

ABSTRAK

Muh Aunur Rifaldi Marsyad (M011181362), Sifat Fisik dan Mekanis Laminasi Kayu Gmelina dan Jabon Merah yang Dimodifikasi dengan Perlakuan Panas, di bawah Bimbingan Sahriyanti Saad dan Detti Yuniarti.

Laminasi merupakan teknologi yang dapat meningkatkan kualitas kayu. Beberapa jenis kayu cepat tumbuh telah digunakan dalam pembuatan balok laminasi namun stabilitas dimensi menjadi salah satu permasalahannya. Perlakuan panas merupakan teknik modifikasi kayu yang efektif untuk meningkatkan stabilitas dimensi. Tujuan penelitian yaitu menganalisis pengaruh jenis kayu, variasi suhu perlakuan panas dan interaksi dari keduanya terhadap terhadap sifat fisik dan mekanis kayu laminasi berbahan gmelina dan jabon merah, menentukah suhu optimal perlakuan panas terhadap kayu gmelina dan jabon merah sebagai bahan laminasi. Pemberian perlakuan panas dilakukan terhadap lamina jenis kayu gmelina dan jabon merah masing-masing dengan suhu 100, 125, dan 150°C selama 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis kayu memiliki pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai kadar air, kerapatan, uji delaminasi, keteguhan rekat dan MOR, sementara itu variasi suhu memiliki pengaruh pada nilai kadar air, kerapatan serta MOR. Sedangkan interaksi antara jenis kayu dan variasi suhu tidak berpengaruh nyata terhadap sifat fisik dan mekanis balok laminasi, suhu optimal perlakuan panas pada penelitian ini yaitu 125°C.

Kata Kunci : Gmelina, jabon merah, laminasi kayu, perlakuan panas

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sifat Fisik dan Mekanis Laminasi Kayu Gmelina dan Jabon Merah yang Dimodifikasi dengan Perlakuan Panas**” ini dengan baik sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Penghormatan dan ucapan terimakasih penulis persembahkan kepada Ayahanda tercinta **Baharuddin** dan Ibunda tercinta **Fatimah Made Ali** yang senantiasa mendoakan, memberikan perhatian, kasih sayang, nasehat, dan semangat kepadapenulis. Serta kepada saudara-saudariku terkasih **Muh Aunur Rifky Marsyad**, dan adek tersayang **Aulia Zhalshabila Marsyad** terimakasih atas doa dan dukungannya selama ini.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis telah banyak mendapat bantuan, dukungan, motivasi, dan doa dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu **Sahriyanti Saad, S.Hut, M.Si, Ph.D** dan Ibu **Dr. A. Detti Yunianti, S.Hut, M.P** selaku pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu, meluangkan banyak waktu, tenaga dan pikiran-nya dalam memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga selesainya penulisan skripsi ini.
2. Bapak **Dr. Ir. Beta Putranto, M.Sc** dan Bapak **Iswanto, S.Hut, M.Si** selaku dosen penguji yang telah membantu dalam memberikan masukan dan saran yang sangat konstruktif guna penyempurnaan skripsi ini.
3. Ibu **Syahidah, S.Hut., M.Si. Ph.D** selaku dosen penasehat akademik selama berkuliah.
4. Seluruh **Dosen Pengajar** yang telah membagi ilmunya yang bermanfaat serta telah berperan sebagai orang tua bagi penulis dan seluruh **Staf Pegawai** Fakultas Kehutanan yang telah membantu mengurus administrasi yang dibutuhkan penulis selama berkuliah di Universitas Hasanuddin.
5. Saudara-saudariku **SOLUM (2018)** yang telah memberikan bantuan dan semangat selama berkuliah khususnya **Rika Faradillah, Andi Nilla Gading**,

Sarah Nurul Hikma, Muhammad Ikhsan, Indra Pratika, dan A.M Yunus Furqon yang memberikan motivasi, masukan dan saran kepada penulis dalam meraih gelar sarjana.

6. Teman-teman **LAB. PPHH** yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam mengerjakan skripsi khususnya **Ulfa Dwiyanti, Sunirma, Rahayu Mariamah, Nurfahrah Yusuf dan Muhammad Karman**.
7. Teman-teman **SKAT-SKAT Maftukha Nurqalbi, Hidayah Putri, Indri Ayu Yuliasuti, Devi Asriani, Fauzi Dharma Fa'iq, Muhammad Afdal, Irvan Riswandi, Muhammad Andreansyah** yang telah sama-sama berjuang dari awal perkuliahan.
8. Teman seperjuangan SMA **Andi Muhammad Irham, Rio Febrian Rusfa, Nasri Nurfaizi, Muh Faiq Qusayyi, Muh Ishfan Futhifar, Ainun Alyanugrah, Putrysuci Auliasari, dan Chusnul Chatimah Safar** terima kasih atas dukungan, motivasi, serta telah bersedia mendengarkan keluh kesah penulis.
9. Keluarga besar **PPI Kota Makassar** yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuan yang berguna bagi penulis khususnya **Adinda Magfirah Fachdiar, A. Sitti Annisa Rayhana, Shahbanu Paramiswari S.H, Muhammad Aqil Rizqullah, dan Faiz Pratama** terima kasih atas masukan dan sarannya.
10. **Nurasmi Salsabila, Aprilia Kartini, dan Chintya Gita Sentani**, atas bantuannya kepada penulis dalam menyempurnakan penulisan skripsi ini.
11. Teman-teman yang tidak sempat saya sebutkan satu per satu namaya
12. Kucing tersayang **Lily dan Loki** yang telah memberikan energi positif kepada penulis melalui kehadirannya.

Makassar, 05 Mei 2023



Muh Anur Rifaldi Marsyad

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Balok Laminasi.....	4
2.1.1. Balok Laminasi dari Berbagai Jenis Kayu.....	5
2.2. Perlakuan Panas.....	6
2.2.1. Suhu dan Waktu.....	6
2.2.2. Perubahan Sifat Kayu Akibat Perlakuan Panas	8
2.3. Faktor Penting dalam Perekatan Kayu	9
III. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat	12
3.2. Alat dan Bahan	12
3.3. Prosedur Penelitian.....	12
3.3.1. Persiapan Lamina.....	13
3.3.2. Pemberian Perlakuan Panas	13
3.3.3. Pembuatan Balok Laminasi	13
3.3.4. Penyiapan Contoh Uji.....	14
3.3.5. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis	14
3.4. Analisis data	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21

4.1. Karakteristik Lamina	21
4.1.1. Penyusutan Kayu	21
4.1.2. Keterbasahan.....	22
4.1.3. Perubahan Warna.....	23
4.2. Sifat Fisik Balok Laminasi	25
4.2.1. Kerapatan	25
4.2.2. Kadar Air	26
4.3. Sifat Mekanis Balok Laminasi	27
4.3.1. Uji Delaminasi	28
4.3.2. Keteguhan Rekat.....	29
4.3.3. MOE dan MOR.....	31
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1. Kesimpulan.....	34
5.2. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Tetesan air pada permukaan kayu.....	22
Tabel 2.	Nilai rata-rata sudut kontak	23
Tabel 3.	Nilai perubahan warna lamina akibat perlakuan panas	24
Tabel 4.	Perubahan warna lamina.....	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Alur Prosedur Penelitian	12
Gambar 2.	Pemberian perlakuan panas terhadap kayu	13
Gambar 3.	Balok laminasi yang telah jadi	14
Gambar 4.	Pola pemotongan sampel.....	14
Gambar 5.	Proses pengujian Kadar Air.....	15
Gambar 6.	Proses <i>scanning</i> lamina	17
Gambar 7.	(A) Sampel pengujian keteguhan rekat (B) Pengujian keteguhan rekat.....	18
Gambar 8.	Rata-rata penyusutan kayu akibat perlakuan panas.....	21
Gambar 9.	Perubahan warna (A) sebelum, (B) setelah perlakuan panas.....	24
Gambar 10.	Rata-rata kerapatan balok laminasi	26
Gambar 11.	Rata-rata kadar air kering udara balok laminasi.....	27
Gambar 12.	Rata-rata uji delaminasi.....	28
Gambar 13.	Rata-rata keteguhan rekat balok laminasi	29
Gambar 14.	Kerusakan sampel setelah pengujian keteguhan rekat (A) gmelina (B) jabon merah	30
Gambar 15.	Rata-rata MOE balok laminasi.....	31
Gambar 16.	Rata-rata MOR balok laminasi.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Sifat fisik dan mekanis	41
Lampiran 2.	Tabel analisis ragam pengaruh variasi suhu terhadap kadar air laminasi kayu gmelina dan jabon merah.....	42
Lampiran 3.	Tabel analisis ragam pengaruh variasi suhu terhadap kerapatan laminasi kayu gmelina dan jabon merah	43
Lampiran 4.	Tabel analisis ragam pengaruh variasi suhu terhadap uji delaminasi laminasi kayu gmelina dan jabon merah	44
Lampiran 6.	Tabel analisis ragam pengaruh variasi suhu terhadap MOE laminasi kayu gmelina dan jabon merah.....	45
Lampiran 7.	Tabel analisis ragam pengaruh variasi suhu terhadap MOR laminasi kayu gmelina dan jabon merah.....	46
Lampiran 8.	Dokumentasi penelitian.....	47

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Balok laminasi merupakan gabungan beberapa lapisan kayu yang direkatkan satu sama lain sehingga membentuk dimensi sesuai yang diinginkan (Handayani, 2016). Laminasi merupakan teknologi yang dapat meningkatkan kualitas kayu dengan memanfaatkan kayu berdiameter kecil menjadi ukuran yang diinginkan (Cahyono, dkk., 2017). Beberapa jenis kayu komersil telah sering digunakan sebagai bahan baku laminasi, namun dari waktu ke waktu ketersediaannya semakin menipis (Fakhri, 2010). Salah satu alternatif untuk meningkatkan ketersediaan kayu yaitu dengan memanfaatkan jenis kayu cepat tumbuh (*fast growth species*), namun penggunaan jenis kayu cepat tumbuh memiliki beberapa kekurangan seperti kerapatan rendah, stabilitas dimensi rendah, serta keawetan yang rendah (Karlinasari, dkk., 2018; Ramadhan, 2018).

Kualitas balok laminasi salah satunya dipengaruhi oleh bahan baku lamina penyusunnya (Somadona, dkk., 2020). Penelitian terkait balok laminasi dengan bahan baku berasal dari jenis kayu cepat tumbuh telah banyak dilakukan namun terdapat beberapa kekurangan terkait sifat fisik dan mekanisnya. Tenorio, dkk. (2011) dan Widiati (2018) masing-masing melakukan pengujian terhadap laminasi kayu gmelina dan sengon diperoleh hasil bahwa laminasi kedua jenis kayu tersebut memiliki nilai pengembangan dan penyusutan termasuk kategori tinggi. Hasil dari kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa stabilitas dimensi dapat memengaruhi kualitas kayu laminasi yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan khusus untuk mengatasi permasalahan stabilitas dimensi tersebut. Perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan salah satu teknik modifikasi kayu yang efektif untuk meningkatkan stabilitas dimensi kayu (Boonstra, dkk., 2007).

Perlakuan panas selain berpengaruh pada stabilitas dimensi juga merupakan salah satu metode yang ramah lingkungan karena dalam penerapannya tidak menggunakan bahan kimia berbahaya (Percin, dkk., 2015; Hidayat dan Febrianto, 2018). Suhu dan waktu perlakuan merupakan faktor-faktor yang menentukan keberhasilan proses perlakuan panas dalam hal meningkatkan kualitas kayu (Esteves dan Pereira, 2009). Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan terkait

penerapan perlakuan panas terhadap kayu. Widyorini, dkk. (2014) memberi perlakuan panas terhadap papan jenis kayu mahoni pada suhu 90, 120, 150°C selama 2 jam dan diperoleh bahwa suhu dalam perlakuan panas memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyusutan radial, *cross cut test*, uji delaminasi, serta perubahan warna. Pemanfaatan metode perlakuan panas juga dilakukan oleh Ordu, dkk. (2013) terhadap laminasi kayu *Pinus nigra* pada suhu 100°C-150°C dengan durasi waktu 4 jam dan didapati bahwa perlakuan panas memberikan pengaruh positif terhadap sifat mekanis dari laminasi kayu. Karlinasari, dkk. (2018) melaporkan adanya penurunan kadar air, kerapatan, dan kekasaran permukaan pada papan jenis kayu sengon, jabon, dan akasia setelah perlakuan panas dengan suhu 120, 150, 180°C selama 6 jam. Sementara Rofii, dkk. (2009) menggunakan suhu 90, 125, 160°C dengan waktu yang relatif singkat yaitu 30 menit pada kayu jati, hasilnya sudah mampu menurunkan kadar air dan kadar air seimbang (KAS), meningkatkan berat jenis, meningkatkan stabilitas dimensi serta memberikan keteguhan rekat yang masih baik.

Perlakuan panas mengakibatkan peningkatan hidrofobisitas dinding sel sebagai akibat dari penurunan jumlah gugus hidroksil oleh reaksi kimia yang terjadi selama modifikasi panas sehingga penyerapan air berkurang. Hal ini mengakibatkan kayu mengalami penurunan kadar air dan peningkatan kerapatan yang berimplikasi pada meningkatnya stabilitas dimensi kayu (Abdillah, dkk., 2020). Peningkatan stabilitas dimensi yang dihasilkan oleh perlakuan panas akan meningkatkan kualitas perekatan karena mengurangi kembang susut kayu yang direkat sehingga garis perekatnya tidak mudah rusak oleh adanya kembang susut kayu tersebut (Prayoga, 2020). Disisi lain perlakuan panas mengakibatkan peningkatan pergerakan ekstraktif dari dalam kayu menuju dan menempel pada permukaan kayu, yang dapat mengakibatkan terjadinya *inactivated surface*, yaitu kondisi dimana kayu sulit mengalami keterbasahan (*wetting*) (Forbes, 1998; Prayoga, 2020). Hal ini berpengaruh terhadap proses adaptasi bahan perekat dengan kayu mulai dari proses alir, berpindah dan mengadakan penetrasi serta pembasahan (Rofii, dkk., 2009; Widiyanto, 2011).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis karakteristik pada lamina berbahan jenis kayu cepat tumbuh yaitu gmelina dan

jabon merah yang diberi perlakuan pendahuluan yaitu perlakuan panas pada suhu yang bervariasi namun lama perlakuannya relatif singkat.

Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh jenis kayu, variasi suhu perlakuan panas dan interaksi dari keduanya terhadap terhadap sifat fisik dan mekanis kayu laminasi berbahan gmelina dan jabon merah.
2. Menganalisis karakteristik kayu laminasi berbahan gmelina dan jabon merah yang diberi perlakuan panas.
3. Menentukan suhu optimal perlakuan panas pada kayu gmelina dan jabon merah untuk bahan kayu laminasi.

Adapun kegunaan penelitian ini adalah diperoleh informasi terkait metode perlakuan panas yang lebih efisien dalam hal peningkatan stabilitas dimensi kayu disisi lain masih memberikan keteguhan rekat yang baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Balok Laminasi

Kayu laminasi merupakan suatu teknologi yang dapat memanfaatkan jenis kayu berdiameter kecil sehingga mendapatkan dimensi yang lebih besar (Ahmad, 2017). Kayu lamina atau disebut juga balok lamina merupakan balok yang dihasilkan dari proses penggabungan antara dua atau lebih kayu dengan arah sejajar antara satu dengan yang lainnya dengan cara direkatkan (Lobang dan Nurrachmania, 2021). Mohammad, dkk. (2014) menerangkan bahwa manfaat dari laminasi yaitu kayu gergajian yang tersedia secara komersial dengan dimensi yang lebih kecil dapat disambung secara struktural sehingga membentuk dimensi yang diinginkan. Terdapat beberapa jenis kayu laminasi seperti, *cross laminated timber* (CLT), *laminated veneer lumber* (LVL), dan *glued-laminated timber* (Glulam). CLT merupakan panel yang tersusun dari beberapa kayu yang dibuat saling menyilang dan direkatkan dengan teknik laminasi menggunakan zat perekat. LVL merupakan panel yang tersusun dari beberapa lembar *veener* dengan arah serat yang sejajar. Glulam merupakan salah satu produk kayu rekayasa tertua, yaitu terdiri kayu lamella (papan, lamina) yang direkatkan bersama dengan zat lem (Setyowati, dkk., 2013; Abdurrahman, dkk., 2018; Sudirman, dkk., 2020)

Karakteristik penting glulam diantaranya dapat menghasilkan kekuatan balok yang lebih tinggi dibandingkan kayu solid pada dimensi yang sama serta memungkinkan proses pengeringan yang lebih cepat karena berasal dari kayu yang tipis (Nurhanifah, 2021). Kualitas balok laminasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kadar air, berat jenis kayu, jenis bahan baku, arah serat kayu, jenis perekat, serta berat labur perekat (Sucipto, 2009).

Balok laminasi memiliki beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan kayu solid yaitu (Sulistiyawati, 2009; Mohammad, dkk., 2014; Fakhri, dkk., 2015):

1. Penggunaannya bisa lebih fleksibel karena bentuk konstruksi dapat dibuat lebih besar, lebih tinggi (bervariasi) sesuai dengan peruntukannya.
2. Proses pengeringan menjadi lebih mudah dan cepat karena tersusun dari kayu yang tipis sehingga meminimalkan resiko keretakan.

3. Dapat dibuat dari beberapa jenis kayu yang berbeda, sehingga menghindari resiko keterbatasan bahan baku.

Disisi lain dalam pembuatannya balok laminasi juga memiliki kekurangan seperti diperlukan peralatan khusus dan orang-orang yang ahli dalam proses pembuatan. Pada pembuatan balok laminasi ketebalan yang diizinkan yaitu mulai dari 2,5 cm sampai dengan maksimum 5 cm. Menurut Cahyono (2017) Tipe laminasi terbaik adalah laminasi yang tersusun dari tiga lapisan lamina dengan ketebalan yang berbeda.

Balok Laminasi dari Berbagai Jenis Kayu

Balok laminasi merupakan salah satu produk dapat dibuat dari sisa kayu gergajian, kayu berdiameter kecil hingga diperoleh ukuran balok lamina yang besar, sehingga penyediaan kayu akan bertambah (Sinaga, 2021). Penelitian terkait balok laminasi telah banyak dilakukan. Lestari, dkk. (2020) melaporkan bahwa kerapatan dan sifat mekanis kayu laminasi Pinus merkusi dan jabon memiliki nilai yang lebih baik daripada kayu solidnya. Teknologi laminasi memberikan pengaruh terhadap kerapatan kayu Nurachmania, dkk. (2020) mendapati kenaikan nilai kerapatan pada kayu Akasia yang awalnya $0,61 \text{ g/cm}^2$ setelah direkatkan terjadi peningkatan kerapatan berkisar antara $0,65 - 0,78 \text{ gr/cm}^3$, sehingga diharapkan kekuatannya juga akan meningkat.

Bahan baku dalam pembuatan laminasi kayu tidak terpaku pada satu jenis kayu saja, melainkan dapat digunakan kombinasi dari beberapa jenis kayu yang berbeda. Abdurrahman dan Hadjib (2008) mengombinasikan kayu mangium dan sengon dalam pembuatan laminasi didapati hasil bahwa nilai keteguhan lentur kayu lamina mangium-sengon memenuhi standar jepang dan dapat digunakan sebagai kayu industri, namun nilai delaminasi yang dihasilkan tidak dapat memenuhi standar, jumlah lapisan berpengaruh nyata terhadap hal ini. Penggabungan dua jenis kayu berbeda untuk pembuatan laminasi tidak selamanya berdampak positif terhadap sifat mekanis laminasi.

Nilai keteguhan geser yang kurang baik didapatkan oleh Frandika, dkk. (2021) yang membuat laminasi dari jenis kayu bayur dan pangsor. Nilai uji geser yang rendah pada jenis kayu Pangsor dapat disebabkan karena perbedaan struktur

anatomi dan penetrasi perekat yang masuk kedalam kayu. Sedangkan nilai MOE yang didapatkan tergolong rendah baik pada kayu lamina 2 lapis dan 3 lapis, namun kayu lamina 3 lapis mendapatkan nilai MoE yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena kayu Bayur yang sifatnya lebih kuat pada lapisan luar kayu lamina. Penyusunan lamina dalam pembuatan kayu laminasi dengan cara menempatkan lamina yang lebih kuat pada bagian yang mengalami tegangan paling besar (bagian atas dan bawah) dapat memaksimalkan kinerja kayu laminasi yang dihasilkan dimana proporsi dengan kerapatan kayu lebih rendah akan menurunkan nilai MoE dari kayu lamina (Herawati, dkk., 2008).

Perlakuan Panas

Perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan salah satu metode modifikasi kayu dengan tujuan meningkatkan sifat-sifat kayu seperti stabilitas dimensi, ketahanan air, dan ketahanan biologis secara alami tanpa menggunakan bahan kimia berbahaya (Rajkovic dan Miklecic, 2019). Tujuan pemberian perlakuan panas pada kayu adalah untuk mencapai ketahanan terhadap degradasi biologi dan peningkatan stabilitas dimensi. Terdapat beberapa metode pemberian perlakuan panas pada kayu, dalam banyak kasus dilakukan diruang hampa (oven), di udara atau dengan gas inert seperti nitrogen, serta dengan menggunakan minyak, dalam hal ini minyak bertindak sebagai media perpindahan panas dan juga mengeluarkan oksigen dari kayu (Sandberg, dkk., 2012). Beberapa manfaat dari perlakuan panas menurut (Ordu, dkk., 2013; Widyorini, dkk., 2014):

1. Meningkatkan keawetan alami kayu
2. Peningkatan stabilitas dimensi kayu
3. Meningkatkan nilai estetika pada kayu karena perlakuan panas dapat memengaruhi warna kayu, serta
4. Menurunkan nilai keterbasahan

Suhu dan Waktu

Suhu dan durasi waktu perlakuan panas merupakan faktor penting dalam proses perlakuan panas (*heat treatment*). Widyorini, dkk. (2014) melakukan perlakuan panas terhadap kayu mahoni dengan durasi waktu selama 2 jam pada

suhu 90, 120, 150°C. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perlakuan panas memengaruhi terhadap sifat fisik kayu Mahoni. Kadar air kayu yang akan semakin mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu perlakuan panas. Hal ini disebabkan karena selama perlakuan panas terjadi perubahan kimia kayu yaitu jumlah gugus hidroksil menurun. Pemberian perlakuan panas pada kayu mahoni juga berpengaruh terhadap perubahan warna kayu, semakin meningkat suhu dan waktu perlakuan maka warna kayu akan semakin gelap.

Ozciftci, dkk. (2009) melakukan studi terhadap kayu Pinus scotch (*Pinus sylvestris* L) yang diberikan perlakuan panas selama 4, 6 dan 8 jam pada suhu 150, 170, dan 190°C. Hasil dari studi tersebut menyebutkan bahwa warna dari kayu Pinus scotch nampak menjadi gelap setelah diberi perlakuan panas dan kembang susut kayu berkurang sekitar 50%. Nilai perubahan kembang susut tersebut meningkat ketika suhu perlakuan panas dan waktu pengaplikasiannya meningkat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Bourgois, dkk. (1989) perubahan kimia akibat perlakuan panas bergantung pada lama dan suhu perlakuan.

Berdasarkan penelitian yang dipaparkan sebelumnya didapatkan informasi bahwa waktu yang digunakan berada pada kisaran 2 - 8 jam. Berbeda dengan yang dilakukan Rofii, dkk. (2009) yang memberikan perlakuan panas pada kayu Jati selama 30 menit dengan suhu pemanasan 90, 125, 160°C. Hasil penelitian sudah mampu menurunkan kadar air dan kadar air seimbang (KAS), peningkatan berat jenis serta memberikan keteguhan rekat yang masih baik.

Perlakuan panas dengan suhu rendah direkomendasikan untuk diterapkan pada produk-produk kayu yang diperuntukkan untuk interior, sebaliknya perlakuan panas dengan suhu tinggi diperuntukkan pada produk-produk eksterior (Kantay dan Kartal, 2008). Suhu minimal yang diperlukan untuk melakukan perlakuan panas yaitu 100°C, sedangkan untuk waktu yang digunakan mulai dari 15 menit hingga 24 jam, tergantung pada proses, spesies, ukuran sampel, dan kadar air. Sifat kimia dan fisik kayu mulai berubah selama paparan panas pada suhu sekitar 150°C. (Esteves dan Pereira, 2009; Salca, dkk., 2016)

Perubahan Sifat Kayu Akibat Perlakuan Panas

Perlakuan panas pada kayu mengubah komposisi kimianya dengan mendegradasi senyawa pada dinding sel dan zat ekstraktif yang ada (Esteves dan Pereira, 2009). Hemiselulosa adalah senyawa penyusun pertama yang terpengaruh secara termal, bahkan pada suhu rendah. Degradasi dimulai dengan deasetilisasi, dan asam asetat yang dilepaskan bertindak sebagai katalis depolimerisasi yang selanjutnya meningkatkan dekomposisi polisakarida (Sivonen, dkk., 2002; Nuopponen, dkk., 2004). Penguraian senyawa kimia utama dalam kayu terjadi dengan intensitas tinggi pada 180°C untuk hemiselulosa, 270°C untuk lignin dan 340°C untuk selulosa. Polimer organik dan ekstraktif yang ditemukan dalam kayu dapat memburuk bila terkena suhu tinggi (Salca, dkk., 2016). Perlakuan panas juga menyebabkan terjadinya proses pembentukan zat berwarna dari senyawa fenolat yang teroksidasi dengan udara dan pembentukan materi gelap dari proses hidrolisis hemiselulosa sehingga menyebabkan perubahan warna pada kayu (Todaro, dkk., 2010).

Perlakuan panas juga mengakibatkan peningkatan hidrofobisitas dinding sel sebagai akibat dari penurunan jumlah gugus hidroksil oleh reaksi kimia yang terjadi selama modifikasi panas, sehingga penyerapan air berkurang, akibatnya kayu mengalami penurunan kadar air dan peningkatan kerapatan sehingga meningkatkan stabilitas dimensi pada kayu (Abdillah, dkk., 2020). Karlinasari dkk, (2018) menemukan bahwa perlakuan panas mengakibatkan kayu menjadi hidrofobik dan menyebabkan perubahan warna pada kayu sengon, jabon, serta akasia pada suhu 120, 150, 180°C selama 2 dan 6 jam. Peningkatan stabilitas dimensi yang dihasilkan oleh perlakuan panas akan meningkatkan sifat perekatan karena akan menurunkan kembang susut kayu yang direkat sehingga tidak akan berpengaruh pada garis perekatnya (Prayoga, 2020).

Salah satu kelemahan dari perlakuan panas yaitu dapat memengaruhi sifat mekanis kayu (Esteves dan Pereira, 2009). Penggunaan suhu diatas 150°C pada perlakuan panas membuat kayu menjadi lebih rapuh, dan kekuatan lentur berkurang 10-30% (Percin, dkk., 2015). Dalam sebuah studi tentang pengaruh perlakuan panas, dengan kayu gubal pinus dengan suhu pemanasan 110, 130, dan 150°C. Pada suhu 150°C ditemukan bahwa kekuatan tekan menurun 5% (Schnerder, 1973).

Degradasi hemiselulosa menjadi faktor penyebab menurunnya sifat mekanis kayu (Boonstra, 2007). Suhu panas yang dihasilkan mengakibatkan peningkatan pergerakan ekstraktif dari dalam kayu menuju dan menempel di permukaan kayu, sehingga menyebabkan terjadinya *inactivated surface*, yaitu kondisi kayu sulit mengalami keterbasahan (*wetting*) (Forbes, 1998). Hal ini berpengaruh terhadap proses adaptasi bahan perekat dengan kayu mulai dari proses alir, berpindah dan mengadakan penetrasi, pembasahan serta pengerasan (Rofii, dkk., 2009; Widiyanto, 2011).

Faktor Penting dalam Perekatan Kayu

Perekatan kayu adalah usaha menggabungkan dua permukaan kayu dengan bahan perekat sebagai perantaranya. Perekat dapat diartikan sebagai suatu keadaan dimana dua permukaan bahan menjadi satu oleh karena adanya gaya pengikat antar permukaan benda tersebut (Prayitno, dkk., 2008). Gaya tersebut berupa gaya valensi (ikatan ion) dan gaya saling mencengkram (*Interlocking forces*) antara perekat dengan bahan direkat.

Dalam perekatan kayu secara umum faktor yang dapat memengaruhi kualitas produk perekatan kayu dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar:

1. Bahan direkat (*adherent*) kayu, seperti struktur anatomi kayu, sifat fisika kayu, dan sifat kimia kayu.
2. Bahan perekat (*adhesive*) meliputi sifat bahan perekat beserta bahan-bahan tambahan, seperti pengembang (*extender*), pengisi (*filler*), pengeras (*hardener*) atau tambahan lain dengan tujuan khusus.
3. Teknologi dan proses perekatan yang digunakan, seperti cara pelaburan perekat dan sistem pengempaan yang digunakan.

Sifat anatomi kayu berpengaruh terhadap perekatan, khususnya dalam hal pengaliran perekat sampai ke dalam struktur kayu yang biasa disebut dengan penetrasi (Ruhendi, dkk., 2007). Permukaan kayu yang kasar meningkatkan kekuatan perekatan dari pada perekatan kayu dengan permukaan yang halus, karena permukaan kasar memberikan luasan yang lebih terhadap perekat untuk saling mengikat. Derajat keasaman yang diukur dalam nilai pH berpengaruh

terhadap pematangan perekat kayu yang memengaruhi kekuatan hasil perekatan (Krisdianto, 2013). Selain itu dalam perekatan kayu, kondisi kayu sebelum direkat harus berada dalam kondisi kering. beberapa alasan mengapa kayu harus kering adalah kayu akan menjadi busuk jika dibiarkan di udara terbuka, dan jamur akan berkembang dengan baik pada kadar air minimal 20%. Kayu paling sering digunakan pada lingkungan dengan kadar air kesetimbangan berkisar 5–15%, akibatnya kayu akan mengalami penyusutan dan distorsi dari bentuk awalnya jika kayu tidak dikeringkan sebelum direkat. Pengeringan diperlukan untuk mengatur pembasahan perekat dan penetrasi ke dalam kayu (Ruhendi, dkk., 2007).

Kualitas laminasi kayu juga dapat dipengaruhi oleh bahan perekat yang digunakan. Perekat yang memiliki viskositas tinggi akan menyulitkan pada proses pelaburan, perekat tidak merata dipermukaan kayu, selain itu juga tidak bisa masuk atau mengalir kedalam pori-pori kayu sehingga perekat tidak mengikat kuat (Somadona, dkk., 2020).

Pemberian bahan tambahan pada perekat juga bisa memengaruhi kualitas rekatan yang dihasilkan. Supriadi, dkk. (2019) memberikan bahan pengisi (*filler*) berupa tepung tempurung kelapa dan kaolin pada perekat resin lignin formaldehide (LF), didapatkan informasi bahwa jenis dan kadar bahan pengisi berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat kayu lapis sengon. Peningkatan kadar bahan pengisi cenderung menaikkan keteguhan rekat kayu lapis sampai kadar 30%.

Teknologi dan proses perekatan juga menjadi faktor penentu kuat tidaknya suatu perekatan, salah satunya adalah beban kempa yang digunakan. Beban kempa yang terlalu ringan membuat bahan perekat pada daerah rekatan masih tebal dan belum mencapai ketipisan yang dapat menghasilkan kekuatan rekatan yang tinggi. Sedangkan beban kempa yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya pengaliran bahan perekat ke sisi balok laminasi terutama pada bagian ujung sewaktu perekat masih belum mengeras. Pengaliran sisi ini memengaruhi perekatan pada ujung balok (Anshari, 2006).

Cara pengaplikasian perekat juga dapat memengaruhi kualitas rekatan pada laminasi. Terdapat dua sistem pelaburan perekat, yaitu *single glue spread* (SS) dan *double glue spread* (DS). Sistem *single glue spread* artinya berat perekat tersebut diaplikasikan pada salah satu permukaan bidang rekat, sedangkan *sistem double*

glue spread artinya berat perekat tersebut dibagi dua dan masing-masing diaplikasikan pada kedua permukaan bidang rekat yang akan direkatkan. Terdapat kecenderungan perbedaan pengaruh aplikasi sistem pelaburan perekat *single glue spread* dan *double glue spread* terhadap keteguhan rekatnya, yaitu *double glue spread* memberikan nilai yang lebih tinggi (Sucipto dan Ruhendi, 2012).

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

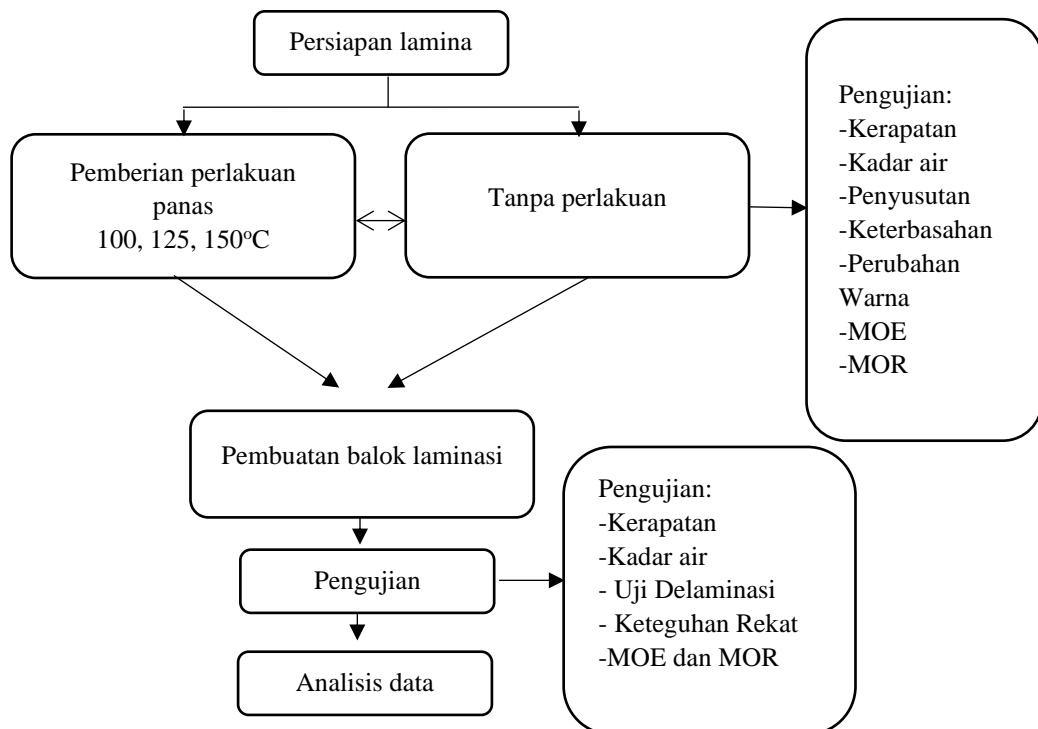
Penelitian ini dilaksanakan pada periode bulan Juli hingga November 2022. Pelaksanaan penelitian bertempat di Laboratorium Pengolahan dan Pemanfaatan Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu oven, alat kempa dingin, alat klem, *table saw*, mesin ketam (*planer*), mesin amplas, timbangan digital, kaliper digital, kaliper, Statip, UTM (*universal Testing Machine*). Adapun bahan yang digunakan yaitu kayu gmelina dan jabol merah serta perekat PVAc.

Prosedur Penelitian

Prosedur dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Prosedur Penelitian

Persiapan Lamina

Kayu gelam dan jati merah masing-masing dipotong menjadi berukuran 50 cm x 5 cm x 1 cm, kemudian dikondisikan sehingga mencapai kadar air (7-11%). Setelah itu dilakukan pengampelasan permukaan bidang rekat sampai benar-benar rata dan halus. Lamina yang telah disiapkan kemudian dilakukan penentuan awal sifat fisik dan mekanis sebelum pemberian perlakuan panas.

Pemberian Perlakuan Panas

Sampel yang telah disiapkan sebelumnya kemudian diberi perlakuan panas dengan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100, 125, dan 150°C masing-masing selama 30 menit, kemudian dilakukan pengkondisian sampai kondisi kering udara. Setelah pemberian perlakuan panas, dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanis terhadap sampel sebelum dibuat dalam bentuk kayu laminasi.



Gambar 2. Pemberian perlakuan panas terhadap kayu

Pembuatan Balok Laminasi

Lamina yang telah diberi perlakuan panas maupun tanpa perlakuan selanjutnya dilaburi perekat. Adapun perekat yang digunakan yaitu PVAc. Perekat diaplikasikan menggunakan pisau dempul dengan teknik pelaburan perekat pada dua permukaan (*double spread*) dengan berat labur 200 g/m². Lamina yang telah direkatkan dikempa dingin (*cold press*) dengan tekanan spesifik 1.47 MPa selama

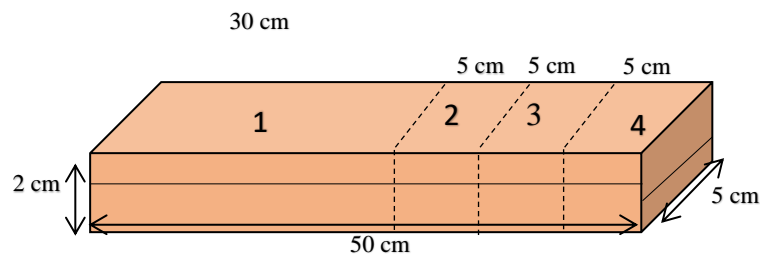
4 jam lalu dilanjutkan dengan pengkleman selama 20 jam, Hasil laminasi ini kemudian dilakukan pengkondisian selama 1 minggu.



Gambar 3. Balok laminasi yang telah jadi

Penyiapan Contoh Uji

Penyiapan contoh uji dibuat dengan ukuran masing-masing 50 cm x 5 cm x 2 cm.



Gambar 4. Pola pemotongan sampel

Keterangan :

- 1) Sampel uji MOE dan MOR (30x5x2 cm)
- 2) Sampel uji keteguhan rekat (5x5x2 cm)
- 3) Sampel kadar air dan kerapatan (5x5x2 cm)
- 4) Sampel uji delaminasi (5x5x2 cm)

Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis

Prosedur yang digunakan dalam pengujian sifat fisik dan mekanis lamina dan balok laminasi sebagai berikut:

1. Prosedur Pengujian Kerapatan

Pada uji ini, contoh uji berukuran 5 cm x 5 cm x 2 cm dalam keadaan kering udara dan kemudian diukur panjang, lebar dan tebalnya untuk menentukan volume contoh uji (panjang, lebar, tebal). Kerapatan papan laminasi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$K = \frac{M}{V}$$

Keterangan:

K = Kerapatan (g/cm^3)

M = Berat lamina (g)

V = Volume contoh uji (cm^3)

2. Prosedur Pengujian Kadar Air

- 1) Ukuran contoh uji kadar air kayu adalah 5x5x2 cm.
- 2) Selanjutnya contoh uji tersebut diampelas pada seluruh permukaannya dan ditimbang berat awalnya pada kondisi kering udara.
- 3) Kemudian contoh uji dimasukkan ke dalam oven pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- 4) Setelah itu contoh uji didinginkan dalam desikator lalu timbang beratnya. Penimbangan dan pengovenan dilakukan sampai berat konstan.



Gambar 5. Proses pengujian Kadar Air

Kadar air kayu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{berat kering tanur}}{\text{Berat kering tanur}} \times 100\%$$

3. Pengujian Penyusutan Kayu

Pengujian perubahan dimensi kayu dengan menggunakan rumus *British standard* nomor 373 tahun 1957 dalam (Rahmayanti, dkk, 2016). Contoh uji diukur pada dimensi lebar dan tebal saat kayu dari keadaan sebelum dan sesudah diberi perlakuan panas pada berbagai tingkat suhu. Untuk menghitung besarnya penyusutan kayu menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{Dimensi awal} - \text{Dimensi akhir}}{\text{Dimensi awal}} \times 100\%$$

4. Pengujian Keterbasahan

Pengujian keterbasahan kayu dilakukan melalui pengukuran sudut kontak. Pereaksi uji sudut kontak adalah akuades (cairan polar). Sebuah mikro-injektor digunakan untuk mengambil 2 mikro L air suling dan menempatkannya pada permukaan sampel yang dipoles pada posisi yang berbeda (Wang, dkk., 2022). Kamera mikroskop digital digunakan untuk mengukur sudut kontak pada 0 detik dan 18 detik segera setelah tetesan jatuh ke permukaan sampel. Setiap sampel diukur pada 4 posisi yang berbeda. Setelah didapatkan gambar kemudian dilakukan pengolahan pada aplikasi *GOM Player* untuk mendapatkan segmentasi gambar yang diinginkan. Untuk mendapatkan nilai sudut kontak (°) digunakan aplikasi *ImageJ*.

5. Pengujian Kualitas Warna Kayu

Pengujian kualitas warna dilakukan dengan membandingkan nilai warna sebelum perlakuan dan setelah perlakuan. Nilai warna didapatkan menggunakan metode CIELab (Christie, 2007) dengan menggunakan perangkat *scanner* yang dihubungkan dengan software Adobe Photoshop 2022 menghasilkan nilai L*, a* dan b*.



Gambar 6. Proses *scanning* lamina

Perbedaan warna (ΔE) dihitung berdasarkan metode CIELab rumus:

$$E = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$$

Keterangan:

ΔE = Perbedaan warna

ΔL (perbedaan kecerahan) = L^* contoh uji- L^* kontrol

Δa^* (perbedaan merah atau hijau) = a^* contoh uji- a^* kontrol

Δb^* (perbedaan kuning atau biru) = b^* contoh uji- b^* kontrol.

Nilai Lab yang didapatkan dikonversi ke dalam sistem warna RGB (Red Green Blue) melalui laman web www.nixsensor.com untuk mendapatkan kode jenis warna yang kemudian disesuaikan dengan tabel warna yang ada pada laman www.imagecolorpicker.com untuk mengetahui nama warna sesuai dengan kode warna yang didapatkan

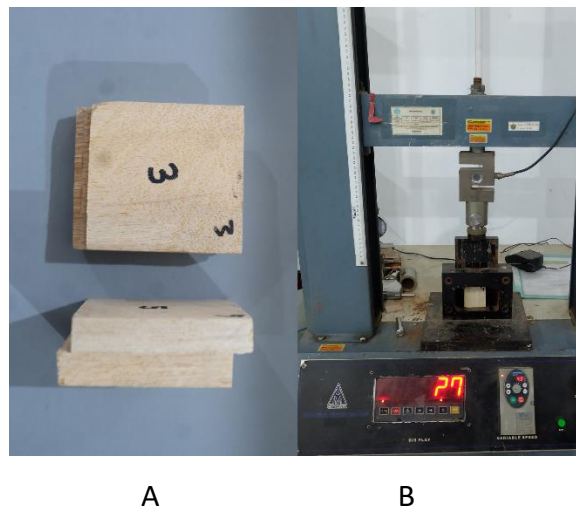
6. Uji Delaminasi

Uji delaminasi yang digunakan yaitu dengan air dingin dan standard yang digunakan yaitu JAS 234-2007. Untuk uji delaminasi air dingin, dilakukan dengan merendam contoh uji dalam air pada suhu ruangan selama 6 jam. Selanjutnya dimasukkan ke dalam oven pada suhu $40 \pm 3^\circ\text{C}$ selama 18 jam.

7. Keteguhan Rekat

a) Bidang rekat diukur dari contoh uji (panjang dan lebarnya)

- b) Contoh uji ditempatkan pada mesin uji. Pengujian dilakukan pada contoh uji dengan memberi beban maksimal sampai yang ditandai dengan terjadinya pergeseran yang permanen pada bidang rekatnya (terjadi kerusakan pada bidang rekat). Nilai keteguhan geser garis rekat (*glue line shear strength*) diperoleh dari hasil bagi antara beban maksimum terhadap penampang kritisnya atau luas bidang gesernya. Standar yang digunakan yaitu JAS 234-2007.



Gambar 7. (A) Sampel pengujian keteguhan rekat (B) Pengujian keteguhan rekat

- c) Nilai keteguhan rekat geser tekan diketahui dengan menggunakan rumus:

$$KR = \frac{B}{A}$$

Keterangan:

KR = Keteguhan rekat (kg/cm^2)

B = Beban maksimum (kg)

A = Luas bidang geser (cm^2)

8. MOE dan MOR

Standard yang digunakan dalam pengujian MOE dan MOR yaitu JAS 234-2007.

- a) *Modulus of Elasticity* (MOE)

Bahan uji diukur panjang, lebar dan tebalnya, kemudian ditempatkan pada alat uji MOE. Untuk pengujian, jarak sangga yang digunakan adalah 15 cm. Pengujian keteguhan lentur papan partikel dilakukan bersama-sama dengan pengujian modulus patah, namun yang dicatat dalam pengujian ini adalah perubahan defleksi setiap perubahan beban tertentu dengan persamaan:

$$MOE = \frac{\Delta p L^3}{4 \Delta y b h^3}$$

Keterangan:

MOE = modulus elastisitas (kg/cm²)

p = beban sampai batas proporsi (kg)

L = panjang bentangan contoh uji (cm)

y = perubahan defleksi setiap perubahan beban (cm)

b = lebar contoh uji (cm)

h = tebal contoh uji (cm)

b) *Modulus of Rapture (MOR)*

Pengujian dilakukan dengan mesin uji universal dengan contoh uji berukuran 30 cm x 5 cm x 2 cm. Jarak penyangga yang digunakan adalah 15 cm. Nilai MOR dihitung dengan Persamaan:

$$MOR = \frac{3pl}{2bh^3}$$

Keterangan:

MOR = Modulus patah (kg/cm²)

p = berat beban maksimum (kg)

l = panjang bentangan contoh uji (cm)

b = lebar contoh uji (cm)

h = tebal contoh uji (cm)

Analisis data

Data rata-rata kadar air, kerapatan, uji delaminasi, keteguhan rekat, MoE serta MoR ditampilkan dalam bentuk gambar. Untuk melihat pengaruh perlakuan panas terhadap 2 jenis balok laminasi. Rancangan penelitian yang digunakan adalah

Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial terdiri dari dua faktor yaitu variasi suhu dengan 4 taraf (0°C, 100°C, 125°C, dan 150°C) jenis kayu yang terdiri atas 2 taraf (gmelina dan jabon merah) masing-masing dilakukan dengan 5 ulangan, sehingga keseluruhan total sampel pengamatan ada 40 sampel.