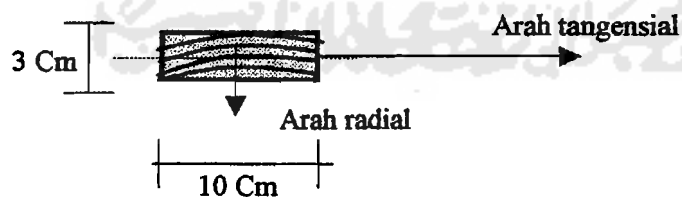


BAB III CARA PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

3.1.1 Kayu meranti merah

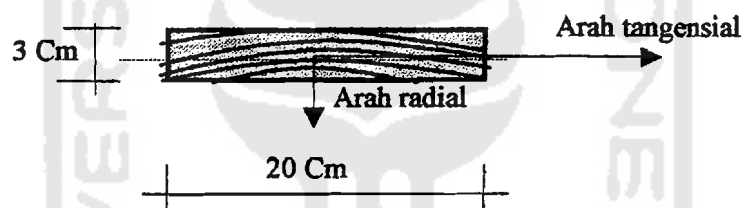
Bahan baku kayu meranti merah diperoleh dari toko kayu, berupa papan ukuran tebal 30 mm, lebar 100 mm serta panjang 4000 mm. Papan dipilih secara visual yang mempunyai penampang memanjang lurus, potongan melintang siku dan arah serat (tangensial dan radial) diusahakan seragam (seperti terlihat pada Gambar 3.1), cacat-cacat kayu diupayakan seminimal mungkin serta dianggap baik dan memenuhi syarat sebagai bahan struktur. Masing-masing papan yang terpilih diberi kode papan M1, M2, M3 dan seterusnya, selanjutnya ditata dengan baik pada ruangan yang terlindung dari pengaruh cuaca luar.



Gambar 3.1 Penampang melintang papan kayu meranti merah

3.1.2 Kayu keruing

Bahan baku kayu keruing diperoleh dari toko kayu, berupa papan ukuran tebal 30 mm, lebar 200 mm serta panjang 4000 mm. Papan dipilih secara visual yang mempunyai penampang memanjang lurus, potongan melintang siku dan arah serat (tangensial dan radial) diusahakan seragam (seperti terlihat pada Gambar 3.2), cacat-cacat kayu diupayakan seminimal mungkin serta dianggap baik dan memenuhi syarat sebagai bahan struktur. Masing-masing papan yang terpilih diberi kode papan K1, K2, K3 dan seterusnya, selanjutnya ditata dengan baik pada ruangan yang terlindung dari pengaruh cuaca luar.



Gambar 3.2 Penampang melintang papan kayu keruing

3.1.3 Bahan perekat

Bahan perekat yang digunakan adalah jenis perekat setting dingin atau yang dapat mengeras pada suhu ruang. Bahan perekat diperoleh dari PT. Pamolite Adhesive Industry (PAI), Probolinggo, Jawa Timur berupa perekat urea formaldehida dengan merk dagang UA-104. Perekat UA-104 berupa perekat cair, berwarna putih mendekati warna susu, spesifikasi perekat UA-104 dapat dilihat pada Lampiran 3.

3.1.4 Bahan pengeras (*hardener*)

Bahan pengeras perekat UA-104 adalah jenis asam NH_4Cl berbentuk bubuk, diperoleh dari PT. PAI, Probolinggo, Jawa Timur, dengan kode HU – 12.

3.1.5 Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi yang digunakan adalah tepung terigu. Bahan yang digunakan diperoleh dari toko.

3.2 Alat-alat Penelitian

3.2.1 Alat untuk pengolahan dan penyiapan bahan

Alat-alat yang digunakan untuk pengolahan dan penyiapan bahan baku yakni:

- 1 Mesin gergaji *circle duduk* untuk membelah kayu dan membuat sampel uji sifat fisik dan mekanik. Mesin gergaji yang digunakan merk Makita.
- 2 Mesin *planner* untuk meyerut kayu. Mesin *planner* yang digunakan merk Gitech.
- 3 *Kiln dry* untuk mengeringkan kayu sampai kondisi kering udara.
- 4 Meteran untuk mengukur panjang, lebar dan tinggi bahan baku, meteran yang digunakan merk Cooper, panjang pengukuran sampai 5 meter.
- 5 Alat -alat kelengkapan untuk membuat benda uji blok geser laminasi seperti klem penjepit, wadah tempat adukan perekat, alat pengaduk (*stick*), pelat baja lentur dan sarung tangan.
- 6 Timbangan *CENT O gram balance* untuk menimbang bahan perekat, bahan pengisi (*filler*) dan pengeras (*hardener*). Timbangan yang digunakan merk Ohaus dengan ketelitian 0,01 gram.

3.2.2 Alat uji sifat fisik dan mekanik kayu

Peralatan pengamatan dan pengukuran sifat-sifat fisik dan sifat mekanik kayu, yakni.

- 1 Oven untuk mengeringkan kayu yang berguna untuk penentuan kadar lengas sampel kayu. Oven yang digunakan merk *Memmert GmbH, D-8540 Schwabach/Western Germany*.
- 2 Timbangan *CENT O gram balance* untuk menimbang berat sampel kayu. Timbangan yang digunakan merk Ohaus dengan ketelitian 0,01 gram.
- 3 Kaliper untuk mengukur panjang, lebar dan tebal sampel kayu, kaliper yang digunakan merk Vernier Caliper yang mempunyai panjang pengukuran sampai 300 mm, ketelitian sampai 0,05 mm dan merk TMT 6" Digital dengan ketelitian sampai 0,01 mm.
- 4 *Universal Testing Machine (UTM)*, untuk pengujian sifat-sifat mekanik kayu. Alat UTM yang digunakan merk Shimadzu, , kapasitas 6.000 kg.

3.2.3 Alat untuk membuat balok glulam

Peralatan untuk pembuatan balok glulam yakni.

- 1 Gelas ukur untuk tempat (wadah) bahan perekat. Gelas ukur yang digunakan merk Pyrex kapasitas 100 cc, 250 cc dan 500 cc.
- 2 Meteran untuk mengukur panjang balok glulam. Meteran yang digunakan merk Cooper, panjang pengukuran sampai 5 meter.

- 3 Alat-alat kelengkapan untuk membuat balok laminasi seperti klem penjepit, wadah tempat adukan perekat, alat pengaduk (*stick*), pelat baja lentur, kuas dan sarung tangan.

3.2.4 Alat untuk pengujian balok glulam

Peralatan yang dipakai untuk pengujian balok glulam yakni.

1. *Dial gage* untuk mengukur lendutan balok, *dial gage* yang digunakan merk Mitutoyo , kapasitas pembacaan sampai 5 mm dengan satu putaran sama dengan 100 strip atau setara dengan 1 mm, ketelitian alat sampai 0,01 mm.
2. *Load cell* dan *Transducer Indicator* untuk mengukur beban yang diberikan. *Load cell* dan *Transducer* yang digunakan merk Showa, Jepang, kapasitas alat sampai 10 ton.
3. *Hydraulic Jack* untuk memberikan beban pada benda uji. *Hydraulic Jack* yang digunakan merk Mega BM-1, Jepang, kapasitas 10 ton.
4. Tumpuan sendi – rol sebagai dukungan balok.
5. Pelat pembebanan.
6. Pengekang lateral untuk mencegah perpindahan akibat pengaruh tekuk-torsi lateral.

3.3 Benda Uji

3.3.1 Benda uji pendahuluan

Ukuran benda uji untuk pengujian sifat fisik dan mekanik kayu didasarkan standar ISO (*International Standard Organization*), meliputi benda uji kerapatan kayu dan kadar lengas kayu, uji tekan sejajar serat dan tegak lurus serat tangensial dan

radial, uji tarik sejajar serat, uji lentur tangensial dan radial, uji geser kayu tangensial dan radial, uji modulus elastisitas serta uji blok geser laminasi. Masing-masing benda uji dibuat tiga ulangan.

Benda uji blok geser laminasi dibuat tiga variasi jumlah perekat terlabur, yakni 40/MDGL, 50/MDGL dan 60/MDGL, masing-masing tiga ulangan. Tekanan alat kempa yang diberikan ditetapkan sebesar 1 sampai 1,2 MPa, lama waktu pengempaan ditetapkan selama 10 jam. Jumlah benda uji untuk pengujian pendahuluan secara lengkap ditabelkan seperti terlihat pada Tabel 3.1 untuk benda uji kayu meranti merah dan Tabel 3.2 untuk benda uji kayu keruing.

Tabel 3.1 Jumlah benda uji kayu meranti merah

No.	Jenis Pengujian	jumlah
1.	Kerapatan dan Kadar Air	10
2.	Tekan Sejajar Serat	3
3.	Tarik Sejajar Serat	3
4.	Lentur Tangensial	3
5.	Lentur Radial	3
6.	Modulus Elastisitas	3
7.	Tekan Tegak Lurus Serat Tangensial	3
8.	Tekan Tegak Lurus Serat Radial	3
9.	Geser Tangensial	3
10.	Geser Radial	3
11.	Geser Laminasi	
	40#MDGL	3
	50#MDGL	3
	60#MDGL	3
	Jumlah Total	46

Tabel 3.2 Jumlah benda uji kayu keruing

No.	Jenis Pengujian	jumlah
1.	Kerapatan dan Kadar Air	10
2.	Tekan Sejajar Serat	3
3.	Tarik Sejajar Serat	3
4.	Lentur Tangensial	3
5.	Lentur Radial	3
6.	Modulus Elastisitas	3
7.	Tekan Tegak Lurus Serat Tangensial	3
8.	Tekan Tegak Lurus Serat Radial	3
9.	Geser Tangensial	3
10.	Geser Radial	3
11.	Geser Laminasi	
	40#MDGL	3
	50#MDGL	3
	60#MDGL	3
Jumlah Total		46

Semua benda uji diberi tanda. Untuk benda uji kayu meranti merah dibuat kode sebagai berikut; M untuk pegujian kerapatan dan kadar air, MDS untuk pegujian tekan sejajar serat, MT untuk pegujian tarik sejajar serat, MLT untuk pegujian lentur tangensial, MLR untuk pegujian lentur radial, ME untuk pegujian modulus elastisitas, MDTT untuk pegujian tekan tegak lurus serat tangensial, MDTR untuk pegujian tekan tegak lurus serat radial, MGT untuk pegujian geser tangensial, MGR untuk pegujian geser radial, MGR 40 untuk pegujian geser laminasi 40#MDGL, MGR 50 untuk pegujian geser laminasi 50#MDGL dan MGR 60 untuk pegujian geser laminasi 60#MDGL.

Untuk benda uji kayu keruing dibuat kode sebagai berikut; K untuk pegujian kerapatan dan kadar air, KDS untuk pegujian tekan sejajar serat, KT untuk pegujian tarik sejajar serat, KLT untuk pegujian lentur tangensial, KLR untuk pegujian lentur radial, KE untuk pegujian modulus elastisitas, KDTT untuk pegujian tekan tegak lurus serat tangensial, KDTR untuk pegujian tekan tegak lurus serat radial, KGT

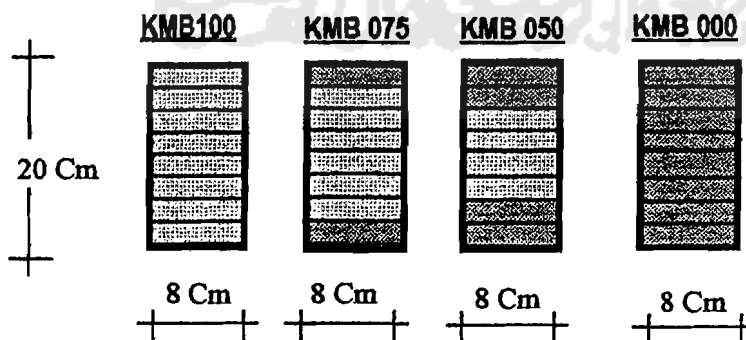
untuk pengujian geser tangensial, KGR untuk pengujian geser radial, KGR 40 untuk pengujian geser laminasi 40#MDGL, KGR 50 untuk pengujian geser laminasi 50#MDGL dan KGR 60 untuk pengujian geser laminasi 60#MDGL.

3.3.2 Benda uji balok glulam



Benda uji balok glulam dibuat sebanyak 8 buah. Variasi penampang balok dibuat untuk persentase kayu meranti merah yang dinyatakan sebagai kandungan meranti merah terhadap balok glulam (KMB) yakni KMB 000, KMB 050, KMB 075 dan KMB 100, masing-masing variasi balok terdiri dari dua ulangan. Panjang bentang (l), tinggi balok (d) dan lebar balok (b) dibuat konstan seperti terlihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.3.

Tabel 3.3 Variasi pengujian balok glulam

Kode	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Persentase Meranti merah	Jumlah
KMB 000	3400	80	200	0 %	2
KMB 050	3400	80	200	50 %	2
KMB 075	3400	80	200	75 %	2
KMB 100	3400	80	200	100 %	2
				Jumlah	8



Keterangan:

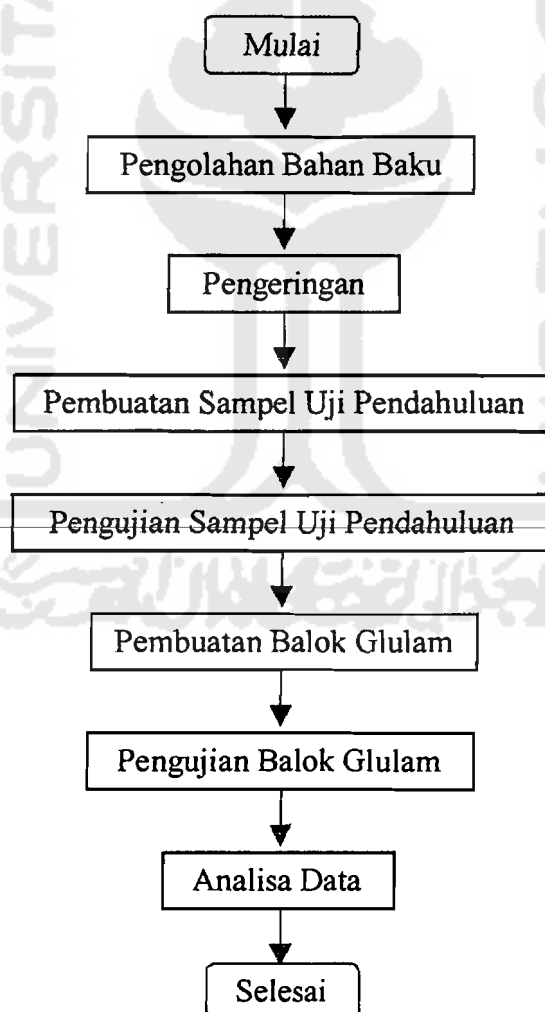
-  = Meranti merah
-  = Keruing

Gambar 3.3 Penampang melintang balok glulam

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pengolahan kayu, pembuatan benda uji dan pengujian sifat fisik dan mekanik kayu dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Bangunan dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII. Pengujian balok glulam dilakukan di Laboratorium Teknik Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII. Secara umum jalannya penelitian seperti terlihat pada Gambar 3.4 berikut.

3.4.1 Tahap pengolahan dan pengeringan bahan baku



Gambar 3.4 Bagan alir pelaksanaan penelitian

3.4.1 Tahap pengolahan dan pengeringan bahan baku

Papan kayu keruing dibelah menjadi dua dengan menggunakan mesin Circle Duduk. Kemudian keruing dan meranti merah diserut menjadi berukuran 25 mm x 90 mm sepanjang 3500 mm (ukuran penampang kotor) dengan menggunakan mesin Planner Gitech. Setelah itu dimasukkan ke dalam oven ruang.

3.4.2 Pembuatan benda uji sifat fisik dan mekanik

Benda uji untuk pengujian sifat fisik dan mekanik kayu (Tabel 3.1 dan 3.2) diambil dari sampel kayu secara acak yang bebas dari cacat-cacat. Ukuran benda uji dibuat sesuai standar ISO, meliputi benda uji kerapatan dan kadar lengas kayu, uji tekan sejajar serat dan tegak lurus serat tangensial dan radial, uji tarik sejajar serat, uji lentur tangensial dan radial, uji geser tangensial dan radial kayu serta uji blok geser laminasi seperti terlihat pada Lampiran 5.

3.4.3 Pembuatan benda uji blok geser laminasi

Papan-papan meranti merah dan keruing ukuran 25 x 40 x 90 mm dan ukuran 25 x 50 x 90 mm disiapkan untuk pembuatan sampel uji blok geser laminasi. Permukaan kayu pada bidang yang akan direkat dibersihkan dari debu. Bahan perekat disiapkan dan ditimbang untuk tiap lapis papan. Jumlah perekat terlabur yang dibutuhkan untuk masing-masing lapisan dapat dilihat pada Lampiran 6. Perbandingan campuran adukan perekat dibuat dengan perbandingan 100 : 10 : 0,5 (perekat UA-104 : bahan pengisi : hardener).

Bahan UA-104, bahan tepung dan hardener ditimbang sesuai kebutuhan. Perekat UA-104 dimasukkan dalam wadah gelas. Dimasukkan hardener ke dalam

wadah yang telah berisi perekat UA-104, kemudian diaduk dengan kecepatan konstan menggunakan tongkat kayu, kemudian dimasukkan tepung dan diaduk sampai adonan rata dan tidak terlihat gumpalan.

Permukaan bidang rekat papan dilaburkan dengan alat pelat baja tipis pada kedua sisi bidang rekat papan sampai rata. Selanjutnya dilakukan pengempaan kedua sisi tersebut dengan tekanan kempa antara 1 sampai 1,2 MPa. Pengempaan dilakukan selama 10 jam pada suhu ruangan. Setelah pengempaan selesai, dibiarkan selama tiga hari, lalu dipotong menjadi tiga benda uji geser, bentuk pemotongan bahan seperti terlihat pada Gambar 3.5. Ukuran benda uji sesuai dengan benda uji geser utuh seperti terlihat pada Lampiran 5.



Gambar 3.5 Benda uji blok geser laminasi

3.4.4 Pengujian sifat fisik dan mekanik kayu

Pengujian sifat fisik dan mekanik kayu mengikuti standar pengujian ISO. Pengujian meliputi kerapatan kayu, kadar lengas kayu, uji tekan sejajar serat dan tegak lurus serat, uji tarik sejajar serat, uji lentur, uji geser kayu serta uji blok geser laminasi. Pengujian kerapatan kayu dilakukan dengan cara menimbang berat sampel kayu dengan ketelitian 0,01 gram. Kemudian volume kayu diukur dengan menggunakan air raksa.

Perhitungan kerapatan kayu dihitung dengan Persamaan berikut.

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan m_w = berat sampel kayu pada kondisi kadar air tertentu (gram), V_w = volume kayu (dalam cm^3).

Pengujian kadar air benda uji dilakukan dengan cara dikeringkan dalam oven sampai berat benda uji konstan pada $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Berat konstan dicapai bila dalam dua kali penimbangan berturut-turut selang waktu enam jam, selisih berat benda uji hanya berbeda maksimum 0,5 persen. Bila kondisi kadar air kering oven tercapai, maka benda uji dikeluarkan dari oven untuk selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditutup rapat selama 15 menit untuk mencegah kayu menyerap air di udara lebih dari 0,1 persen.

Kadar air kayu, u_u dihitung dengan Persamaan 3.2.

$$u_u = \frac{w_u - w_o}{w_o} \times 100 \quad (\text{dalam persen}) \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan w_u = berat benda uji awal (kering udara), w_o = berat benda uji kering oven.

Pengujian sifat mekanik kayu dilakukan dengan mesin uji UTM. Standar pengujian mengikuti standar ISO. Pengujian-pengujian sifat mekanik kayu dimulai dengan mengukur sisi tebal, lebar dan panjang penampang benda uji dengan ketelitian 0,01 mm. Benda uji diletakkan pada posisinya pada alat UTM dan dilakukan pembebanan pada kecepatan pembebanan konstan dan diusahakan benda uji rusak hanya dalam 1,5 sampai 2 menit. Bentuk dan cara pengujian seperti terlihat pada Lampiran 5.

Pengujian lentur dilakukan dengan mengukur dimensi benda uji di tengah-tengah penampang memanjangnya dengan ketelitian 0,01 mm (posisi pada bidang radial dan bidang tangensial). Jarak antar tumpuan (sendi rol) adalah sebesar 12 sampai 16 kali tinggi benda uji.

Pengujian modulus elastisitas bahan dilakukan dengan mengukur dimensi benda uji pada penampang memanjangnya dengan ketelitian 0,01 mm (posisi lebar pada bidang radial dan tinggi atau tebal bidang tangensial). Pembebanan dilakukan dua titik dengan jarak sepertiga panjang bentang. Pengujian kayu keruing dilakukan dengan kecepatan pembebanan yang konstan sampai 20 kg/cm² dalam waktu 30 detik, kemudian kurangi pembebanan pelan-pelan sampai 2,5 kg/cm², selanjutnya beban dinaikkan sampai 20 kg/cm² lalu diturunkan lagi menjadi 2,5 kg/cm². Selama siklus naik-turun pembebanan, dicatat defleksi yang terjadi pembebanan antara 2,5 kg/cm² dan 20 kg/cm². Pengujian kayu meranti merah dilakukan dengan kecepatan pembebanan yang konstan sampai 10 kg/cm² dalam waktu 15 detik, kemudian kurangi pembebanan pelan-pelan sampai 2,5 kg/cm², selanjutnya beban dinaikkan sampai 10 kg/cm² lalu diturunkan lagi menjadi 2,5 kg/cm². Selama siklus naik-turun pembebanan, dicatat defleksi yang terjadi pembebanan antara 2,5 kg/cm² dan 10 kg/cm². Data hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik kayu tercantum pada Lampiran 7.

3.4.5 Pembuatan balok glulam

Papan-papan meranti merah dan keruing yang berada pada tumpukannya dipilih yang mempunyai cacat-cacat kayu seminimal mungkin serta bersifat acak di

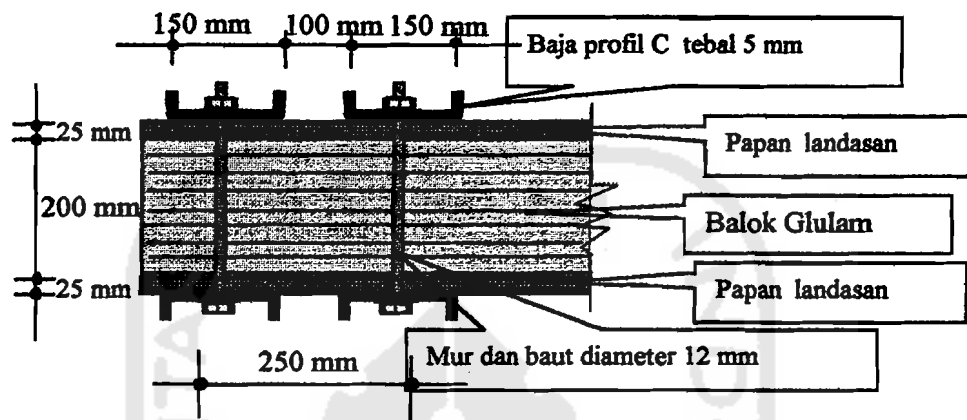
sepanjang bentang papan. Permukaan papan dibersihkan dengan kuas untuk membersihkan permukaan bidang rekat kayu dari debu dan kotoran lainnya. Papan-papan disusun menjadi balok masing-masing delapan lapis sesuai persentase kayu meranti merah terhadap balok glulam, masing-masing variasi balok dibuat dua ulangan.

Adonan perekat disiapkan sama seperti prosedur pembuatan adonan perekat untuk blok geser laminasi. Jumlah perekat labur ditetapkan sebanyak 60/MDGL atau sama dengan 322.234 gram/m^2 luas bidang rekat berdasarkan jumlah perekat labur optimum yang diperoleh dari hasil pengujian blok geser laminasi. Adonan awal dicampur di dalam gelas ukur untuk satu lapis bidang rekat papan sebanyak 101.5 gram (hitungan jumlah masing-masing bahan yang dibutuhkan terlihat pada Lampiran 6), adonan yang telah dibuat di atas, dimasukkan ke dalam gelas ukur yang lain, lalu ketinggian permukaan adonan diberi tanda pada gelas ukur sebagai acuan banyaknya adonan untuk tiap lapis bidang rekat papan.

Adonan perekat selanjutnya dipersiapkan sebanyak 7 lapis bidang rekat satu balok glulam ditambah angka keamanan sebesar 20 persen, hal tersebut untuk mengantisipasi adonan yang tersisa atau terbuang selama proses pemindahan adonan ke dalam gelas ukur.

Pelaksanaan pelaburan perekat pada panan-papan dilakukan dengan menggunakan alat pelat baja yang lentur, kemudian diratakan dengan kuas. Pelaburan dilakukan pada kedua sisi bidang rekat secara cepat namun hati-hati sampai seluruh permukaan bidang rekat terlabur secara merata. Setelah semua papan untuk satu balok glulam selesai direkat, dilakukan pengencangan baut-baut dengan alat pengencang

baut menggunakan alat klem-klem dari profil C (Gambar 3.6) serta diberi papan landasan pada sisi atas dan sisi bawah balok glulam, diperkirakan ditekan sebesar 1 sampai 1,2 MPa.



Gambar 3.6 Sketsa alat press balok glulam

Pengempaan balok dilepas setelah dibiarkan selama 10 jam. Selanjutnya dilakukan pembuatan balok berikutnya seperti yang telah diuraikan di atas untuk semua variasi balok glulam.

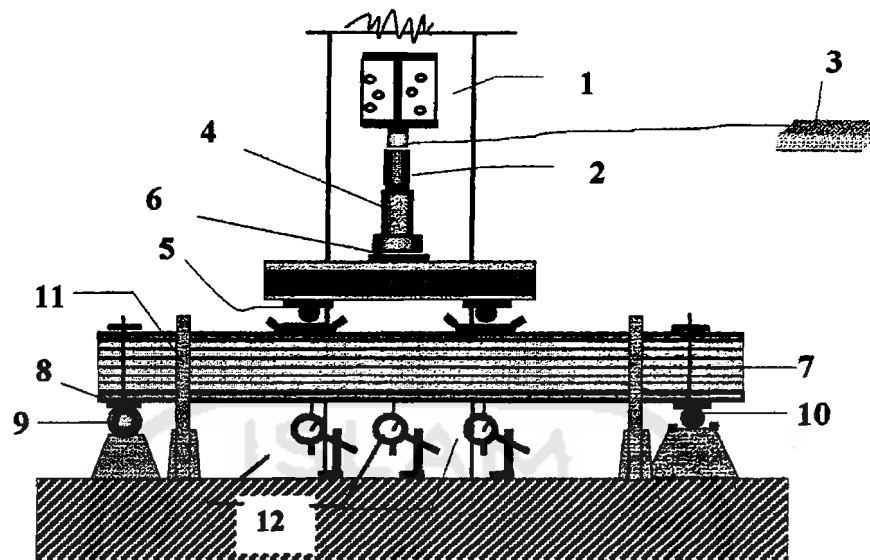
Setelah balok glulam dibiarkan lebih dari tiga hari setelah pengempaan dilepas, bagian sisi lebar balok diserut ulang menjadi ukuran lebar bersih 80 mm, kemudian panjang balok dipotong pada kedua sisi ujungnya menjadi ukuran panjang bersih 3400 mm. Akhirnya sisi-sisi tebal dan lebar balok diberi tanda berupa garis vertikal dengan tinta hitam setiap jarak 100 mm, pemberian tanda tersebut dimaksudkan untuk memudahkan peninjauan terhadap jenis kerusakan yang akan terjadi pada saat pengujian.



3.4.6 Pengujian balok glulam

Pengujian balok glulam dilakukan pada tumpuan sederhana (sendi-rol) dengan memberikan pembebanan terpusat di tengah bentang balok. Pengekang-engekang disediakan untuk mencegah adanya kontribusi pengaruh tekuk torsi lateral. Setting – up pengujian seperti terlihat pada Gambar 3.7.

Hydraulic jack, load cell serta pelat pembebanan yang menumpu pada *loading frame* diletakkan di titik pembebanan balok sehingga posisinya betul-betul vertikal dan stabil. Kabel penghubung arus *load cell* disambungkan ke *transducer* untuk pembacaan beban secara digital, kemudian sisi-sisi bagian dalam pengekang lateral dilapisi plastik transparan untuk mencegah kemungkinan terjadinya gesekan vertikal antara permukaan balok dengan pengekang lateral. Akhirnya tiga buah *dial gage* ditempatkan pada permukaan sisi bawah balok, satu *dial gage* terletak di antara titik pembebanan serta dua buah masing-masing di bawah titik pembebanan, lalu semua jarum penunjuk pada *dial gage* diset pada posisi nol, dua buah balok kayu diletakkan diantara *dial gage* bagian tengah dan balok diikat dengan tambang plastik sebagai pengaman, menghindari kemungkinan kerusakan *dial gage* saat balok mencapai keruntuhan.



Gambar 3.7 Setting-up pengujian

Keterangan:

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1 = Loading frame | 7 = Benda uji |
| 2 = Load cell | 8 = Pelat tumpuan reaksi |
| 3 = Transducer indikator | 9 = Tumpuan sendi |
| 4 = Hydraulic jack | 10 = Tumpuan rol |
| 5 = Pembebanan titik | 11 = Pengekang lateral |
| 6 = Pelat tumpuan pembebanan | 12 = dial gage |

Pembebanan selanjutnya dilakukan secara bertahap dalam jangka waktu 6 sampai 20 menit atau rata-rata 10 menit sampai benda uji rusak. Setiap tahapan pembebanan, lendutan yang terbaca pada putaran jarum *dial gage* dicatat. Pada tahapan selanjutnya, kerusakan balok diamati dan diberi tanda, pembebanan dilanjutkan serta pola kerusakan balok terus diamati dan diberi tanda, demikian seterusnya sampai benda uji mengalami keruntuhan. Hasil-hasil pengujian balok glulam seperti terlihat pada Lampiran 9.