

## JUDUL PENELITIAN I :

### **Uji Keteguhan Rekat Resin Epoxy terhadap Kuat Geser Laminasi Kayu Akasia Mangium (*Acacia Mangium*)**

Ketua Peneliti : Haji Gussyafri, ST. MT  
Anggota 1 : Drs. Syafruddin, M  
Anggota 2 : Fakhri, ST. MT  
Mahasiswa : Giri Prayoga  
Teknisi : Eko Riawan, ST

#### **A. Latar Belakang**

Sebagai salah satu bahan konstruksi, kayu merupakan sumber bahan baku yang bersifat dapat diperbarui, pemanfaatannya sebagai bahan konstruksi sudah sangat lama, jauh sebelum berkembangnya teknologi beton dan baja. Disamping tuntutan arsitektural, kayu memiliki beberapa keuntungan antara lain; mempunyai kekuatan yang tinggi, merupakan bahan struktur yang ringan, tersedia di pasaran, ramah lingkungan serta mudah dalam pelaksanaan.

Kebutuhan kayu olahan untuk kebutuhan dalam negeri terus meningkat karena semakin bertambahnya penduduk. Menurut Susetyowati dkk. (1998), setiap tahun rata-rata lebih dari 3 juta m<sup>3</sup> kayu gergajian digunakan untuk memenuhi kebutuhan pembangunan perumahan, gedung dan lain sebagainya. Disisi lain, untuk memperoleh kayu gergajian bermutu baik dan ukuran yang relatif besar semakin sulit ditemui di pasaran karena semakin menipisnya produk kayu hutan alam. Hal tersebut diperkuat oleh Syafi'i (1998), bahwa dimasa mendatang diperkirakan potensi kayu dan luas hutan alam di Indonesia semakin menyusut, diameter kayu semakin kecil serta semakin banyak pasokan bahan baku kayu dari produk Hutan Tanaman Industri (HTI). Berdasarkan data statistik kehutanan pada tahun 2005 diperoleh data produksi kayu HTI jauh lebih banyak dibandingkan pasokan kayu hutan alam, yakni sebesar 13.58 juta m<sup>3</sup> lahan HTI sedangkan dari hutan alam hanya sebesar 9,33 juta m<sup>3</sup> (Anonim, 2006).

Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi dapat dilakukan dengan pemanfaatan kayu dari jenis-jenis kayu cepat tumbuh (*fast growing*) dengan teknik laminasi. Di beberapa negara maju terus dikembangkan produk kayu laminasi, produk tersebut dapat berupa balok kayu laminasi (*glulam beams*), kayu lengkung laminasi (*bend wood*), *Stress Laminated Timber (SLT)*, *Laminated Veneer Lumber (LVL)* serta produk perekatan lainnya. Keteguhan optimum produk kayu laminasi ditentukan oleh besar dan kerusakan bidang geser kayu, bukan pada garis perekatannya (Prayitno, 2006).

Kayu akasia (*acacia mangium*) merupakan salah satu jenis kayu cepat tumbuh yang sangat banyak terdapat di Indonesia, pasokannya terdapat di lahan HTI, tanaman hutan rakyat, serta tumbuh secara liar pada lahan-lahan kosong. Dari segi pemanfaatannya, kayu akasia masih belum diminati kalangan masyarakat luas, masih terbatas untuk keperluan bahan baku industri *pulp* dan kertas. Secara umum batang kayu akasia mempunyai cacat-cacat berupa mata kayu yang relatif banyak, sebagai bahan olahan, kayu tersebut kurang menguntungkan karena mengurangi sifat homogenitas dan sifat mekanik, namun bila ditinjau dari segi kekuatannya, kayu akasi termasuk kayu kelas II sampai III (Suharni, 2006). Lebih lanjut hasil pengujian Suharni (2006) terhadap berbagai variasi jumlah perekat terlabur dan besar tekanan kempa kayu-kayu komersial kelas kuat II sampai III (Meranti batu, Meranti merah, Kulim dan Akasia Mangium) dihasilkan bahwa tiga jenis kayu dapat tercapai kuat geser optimumnya menggunakan perekat jenis Urea formaldehyde, namun tidak tercapai untuk kayu Akasia Mangium, sehingga masih memerlukan alternatif menggunakan resin yang lebih tinggi mutunya.

## B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka diusulkan penelitian pengujian optimalisasi keteguhan rekat kayu Akasia Mangium menggunakan resin yang bermutu lebih tinggi jenis Epoxy. Hal yang ingin diketahui yakni apakah keteguhan

resin Epoxy dapat dicapai kekuatan geser optimumnya pada laminasi Kayu Akasia Mangium. Indikator pencapaian adalah hasil uji menunjukkan kerusakan akan terjadi pada bidang penampang serat geser kayu, bukan pada lapisan perekatannya.

### C. Tujuan Penelitian

- a. Menguji kadar air, kerapatan dan kuat geser (solid) kayu Akasia Mangium.
- b. Menguji keteguhan rekat Epoxy pada kayu Akasia Mangium pada berbagai variasi jumlah perekat terlabur.
- c. Menguji hasil kuat geser laminasi dan jenis kerusakan yang terjadi pada mutu perekatan kayu Akasia Mangium menggunakan resin Epoxy.

### D. Tinjauan Pustaka

#### D.1. Kayu laminasi

Kayu laminasi (*glue laminated timber*) merupakan lapisan-lapisan kayu gegajian yang direkatkan dengan bahan resin tertentu sehingga semua lapisan seratnya sejajar pada arah memanjang. Kayu laminasi memiliki beberapa kelebihan dibanding kayu gegajian yang solid, yakni; ukuran dapat dibuat lebih tinggi, lebih lebar, bentangan yang lebih panjang, bentuk penampang lengkung dapat difabrikasi dengan mudah, pengeringan awal tiap lapisan kayu dapat mengurangi perubahan bentuk, serta reduksi kekuatan akibat adanya cacat cacat kayu (misalnya mata kayu) menjadi lebih acak sehingga penampang kayu lebih homogen, teknologi laminasi juga memungkinkan untuk membuat produk yang bernilai seni tinggi, serta banyak keuntungan lainnya. Menurut Fakhri (2001), produk laminasi dari lapisan kayu komposit selain menghasilkan kekuatan yang cukup tinggi dibandingkan dengan kayu solid ternyata juga dapat menampilkan kesan visual yang sangat indah dan menawan.

## D.2. Jenis-jenis resin sintetis

Hartomo (1993) membedakan jenis resin sintetis menurut sifat mekanisnya menjadi tiga jenis, yakni resin *thermoplastik*, resin *thermoset* dan resin *blend* resin-karet.

Yang termasuk resin *thermoplastik* antara lain; *poliamida*, *polime vinil/akrilik*, turunan *selulosa* atau bahan alam *rosin*, *shellac*, *resin oleo* dan lilin mineral. Sifat resin tersebut akan melunak bila dipanaskan serta mengalami *creep* bila dikenai tegangan. Resin ini hanya digunakan untuk beban-beban ringan non-struktural.

Resin *thermoset* berasal dari bahan-bahan alam (hewan, tanaman, *kasein*) atau sintetis yang berupa *epoksi*, *fenolik*, *poliester*, *poliaromat*. Resin termoset sifatnya bagus, tahan *creep*, memadai untuk resin struktural beban berat, tahan kondisi ekstrim panas, dingin, tahan radiasi, kelembamam, serta tahan terhadap bahan kimia. Sedangkan resin *blend* resin-karet merupakan gabungan resin termoset dengan bahan karet, beberapa contoh resin ini adalah *fenolik-nitril* dan *penolik-neopren*, penggunaan resin ini dipakai untuk resin struktural maupun non- struktural.

Proses pengerasan resin *thermoplastik* merupakan proses secara fisik hasil penguapan bahan pelarut atau menurunnya temperatur, sifat resin *thermoplastik* yang telah mengeras akan melunak bila dikenai panas. Resin *thermoset* mengeras karena reaksi kimia dengan bantuan panas atau katalis atau kedua-duanya, kemudian akan mengeras secara permanen bila didinginkan (Tsoumis, 1991).

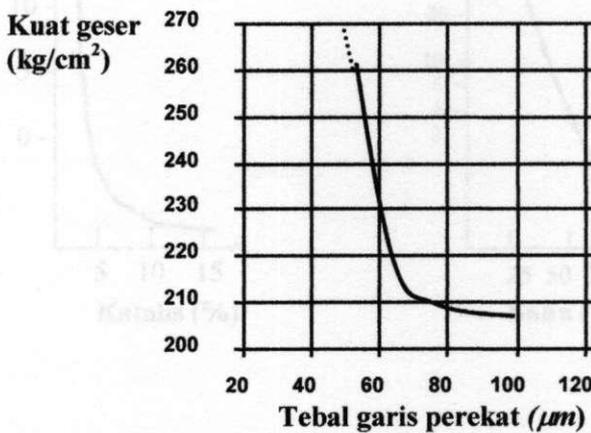
Penelitian terhadap kekuatan laminasi resin epoksi pada kayu kamfer dilakukan oleh Dharma Yuda dkk (2007) dan dihasilkan bahwa kekuatan resin epoksi pada laminasi kayu kamper dapat mencapai rata-rata 3,25 MPa sehingga dapat digunakan untuk tujuan sambungan konstruksi kayu berat karena mempunyai efisiensi yang tinggi.

## D.3. Perekatan kayu

Teknik perekatan dengan bahan porous memerlukan alat pengempaan. Sistem pengempaan dapat dilakukan dengan tekanan panas (*hot pressing*) atau kempa dingin

(cold pressing). Pengempaan panas membutuhkan waktu relatif singkat, namun secara teknis sulit dilakukan untuk balok laminasi, pengempaan dingin membutuhkan waktu lebih lama (Prayitno, 1996).

Besarnya tekanan yang diberikan menurut Tsoumis (1991) adalah sebesar 0,7 MPa untuk kayu-kayu lunak dan 1 MPa untuk kayu keras. Menurut Blass (1995), pada umumnya besarnya tekanan yang diberikan antara 0,4 - 1,2 N/mm<sup>2</sup>. Ketebalan resin menghasilkan keteguhan rekat yang baik antara 0,01 - 0,002 in. (Selbo, 1975 dalam Prayitno, 1996). Hubungan antara ketebalan garis perekatan dengan kekuatan geser kayu seperti diperlihatkan pada Gambar 1 (Maxwell, 1945 dalam Kollmann, 1975)

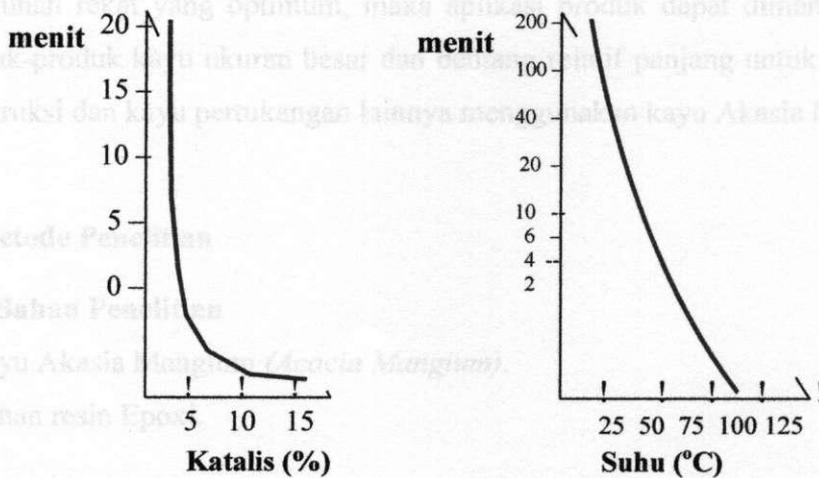


Gambar 2. Pengaruh Pengerasan Perekat terhadap (A) hariener dan (B) suhu

### Gambar 1. Hubungan Ketebalan Garis Perekat dengan Kuat Geser Kayu

Prayitno (1996) menyatakan bahwa kekuatan rekat kayu-kayu Indonesia dengan berat jenis lebih dari 0,80 menghasilkan kekuatan rekat yang kurang lebih sama. Hasil ini masih kurang meyakinkan karena tergantung beberapa faktor, namun dapat disimpulkan bahwa korelasi yang positif hanya terlihat pada berat jenis dibawah 0,80. Beberapa faktor mempengaruhi dalam perekatan kayu antara lain adalah faktor perekat, faktor bahan yang direkat, teknik perekaman, cara pengujian, aplikasi bahan. Faktor perekat dipengaruhi oleh bahan pengisi (*filler*), bahan pengembang (*extender*),

Bahan Proses dan pengerasan reaksi selama perekatan berlangsung dengan bantuan pemanasan atau bahan katalis. Bahan katalis atau *hardener* dapat berupa jenis-jenis asam, *paraformaldehyde*, garam-garam amonium atau bahan kimia lainnya. Bahan tambahan diperlukan untuk menekan biaya atau meningkatkan sifat perekatannya (misalnya kekentalan), bahan tambahan tersebut berupa bahan pengembang (*extender*) atau bahan pengisi (*filler*). Beberapa faktor yang mempengaruhi pengerasan perekat terlihat pada Gambar 2 (Tsoumis, 1991).



**Gambar 2. Pengaruh Pengerasan Perekat terhadap (A) hardener dan (B) Suhu**

Prayitno (1996) menyatakan bahwa kekuatan rekat kayu-kayu Indonesia dengan berat jenis lebih dari 0,80 menghasilkan kekuatan rekat yang kurang lebih sama. Hasil ini masih kurang meyakinkan karena tergantung beberapa faktor, namun dapat disimpulkan bahwa korelasi yang positif hanya terlihat pada berat jenis dibawah 0,80. Beberapa faktor mempengaruhi dalam perekatan kayu antara lain adalah faktor perekat, faktor bahan yang direkat, teknik perekatan, cara pengujian, aplikasi bahan. Faktor perekat dipengaruhi oleh bahan pengisi (*filler*), bahan pengembang (*extender*),

bahan pengeras (*hardener*), bahan pengawet, bahan tahan api dan lain sebagainya. Adapun faktor bahan yang direkat dipengaruhi oleh struktur anatomi bahan, massa jenis, kadar air, sifat permukaan dan lain-lain.

#### D.4. Luaran

Luaran yang diharapkan adalah diperoleh data optimalisasi keteguhan rekat resin Epoxy untuk produk laminasi kayu Akasia Mangium pada variasi tekan kempa dan jumlah perekat yang digunakan. Apabila hasil yang diperoleh dapat tercapai keteguhan rekat yang optimum, maka aplikasi produk dapat dimanfaatkan sebagai produk-produk kayu ukuran besar dan bentang relatif panjang untuk keperluan kayu konstruksi dan kayu pertukangan lainnya menggunakan kayu Akasia Mangium.

#### E. Metode Penelitian

##### E.1. Bahan Penelitian

- Kayu Akasia Mangium (*Acacia Mangium*).
- Bahan resin Epoxi.

##### E.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain :

- Mesin gergaji pita.
- Mesin ketam perata
- Mesin ketam penebal
- Alat press/laminasi.
- Timbangan digital.
- Mesin uji *hidroulick jack* kapasitas 2 ton.
- Peralatan penunjang perekatan lainnya seperti sarung tangan, alat pengaduk perekat, plastik transparan, dan lain-lain.

Ukuran benda uji untuk pengujian sifat fisik dan mekanik kayu menggunakan standar ISO (*International Standard Organization*), meliputi benda uji kerapatan kayu, kadar lengas kayu, uji geser kayu (solid) serta uji blok geser laminasi. Masing-masing benda uji dibuat tiga ulangan.

Benda uji blok geser laminasi dibuat tiga variasi jumlah perekat terlabur, yakni 30/MDGL, 40/MDGL dan 50/MDGL, masing-masing tiga ulangan. Tekanan alat kempa yang diberikan ditetapkan sebesar 1 MPa, lama waktu pengempaan ditetapkan selama 10 jam. Jumlah benda uji secara lengkap ditabelkan sebagai berikut :

**Table 1. Jumlah Benda Uji Kayu Akasia Mangium**

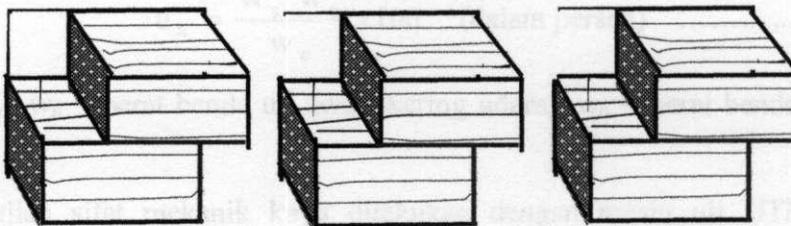
No.	Jenis Pengujian	Kode Sampel			Jumlah
		1	2	3	
1	Uji Kerapatan	R1	R2	R3	3
2	Uji Kadar Air	A1	A2	A3	3
3	Uji Geser (solid)	G1	G2	G3	3
8	Uji Geser Laminasi:				
	30#MDGL	L1-30	L2-30	L3-30	3
	40#MDGL	L1-40	L2-40	L3-40	3
	50#MDGL	L1-50	L2-50	L3-50	3
<b>Jumlah Total</b>					<b>18</b>

Pengeringan sampel uji kadar air dan kerapatan dilakukan menggunakan oven dengan mengatur suhu pengeringan rata-rata 100 derajat Celcius sampai kadar air mencapai kadar air keseimbangan. Pengeringan sampel uji geser dilakukan secara pengeringan alami dengan sinar matahari sampai kadar air mencapai kering udara atau sekitar 15%.

Benda uji untuk pengujian sifat fisik dan mekanik kayu (Tabel 1) diambil dari sampel kayu yang bebas dari cacat-cacat. Ukuran benda uji geser dibuat sesuai standar menurut ISO (*International Standard Organization*).

Papan-papan kayu Akasia Mangium ukuran 25 x 50 x 300 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. Selanjutnya lapisan permukaan bidang rekat dilaburi resin. Setelah dilakukan proses perekatan, maka kayu dikempa dengan alat pelat baja pada kedua sisi bidang rekat papan sampai rata. Besarnya tekanan pengempaan kedua sisi tersebut dengan tekanan kempa adalah 1 MPa. Pengempaan dilakukan selama 10 jam pada suhu ruangan.

Setelah pengempaan selesai, dibiarkan selama satu hari, lalu dipotong menjadi benda uji geser, bentuk pemotongan bahan seperti terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Benda Uji Blok Geser Laminasi**

Pengujian kerapatan kayu dilakukan dengan cara menimbang berat sampel kayu dengan ketelitian 0,001 gram. Kadar air masing-masing benda uji dikontrol menggunakan alat *moisture meter* serta dicatat besarnya kadar air kayu yang diperoleh. Benda uji kemudian diukur volumenya (sisi lebar x tebal x tinggi) menggunakan *kaliper* (sampai ketelitian 0,1 mm) lalu dicatat. Benda uji kemudian diukur volumenya menggunakan alat *kaliper* dengan ketelitian sampai 0,01.

Perhitungan kerapatan kayu dihitung dengan rumus berikut:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \dots\dots\dots(1)$$

dengan  $m_w$  = berat sampel kayu pada kondisi kadar air tertentu (gram),  $V_w$  = volume kayu ((tebal x lebar x tinggi), (dalam mm)).

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 rumus berikut:

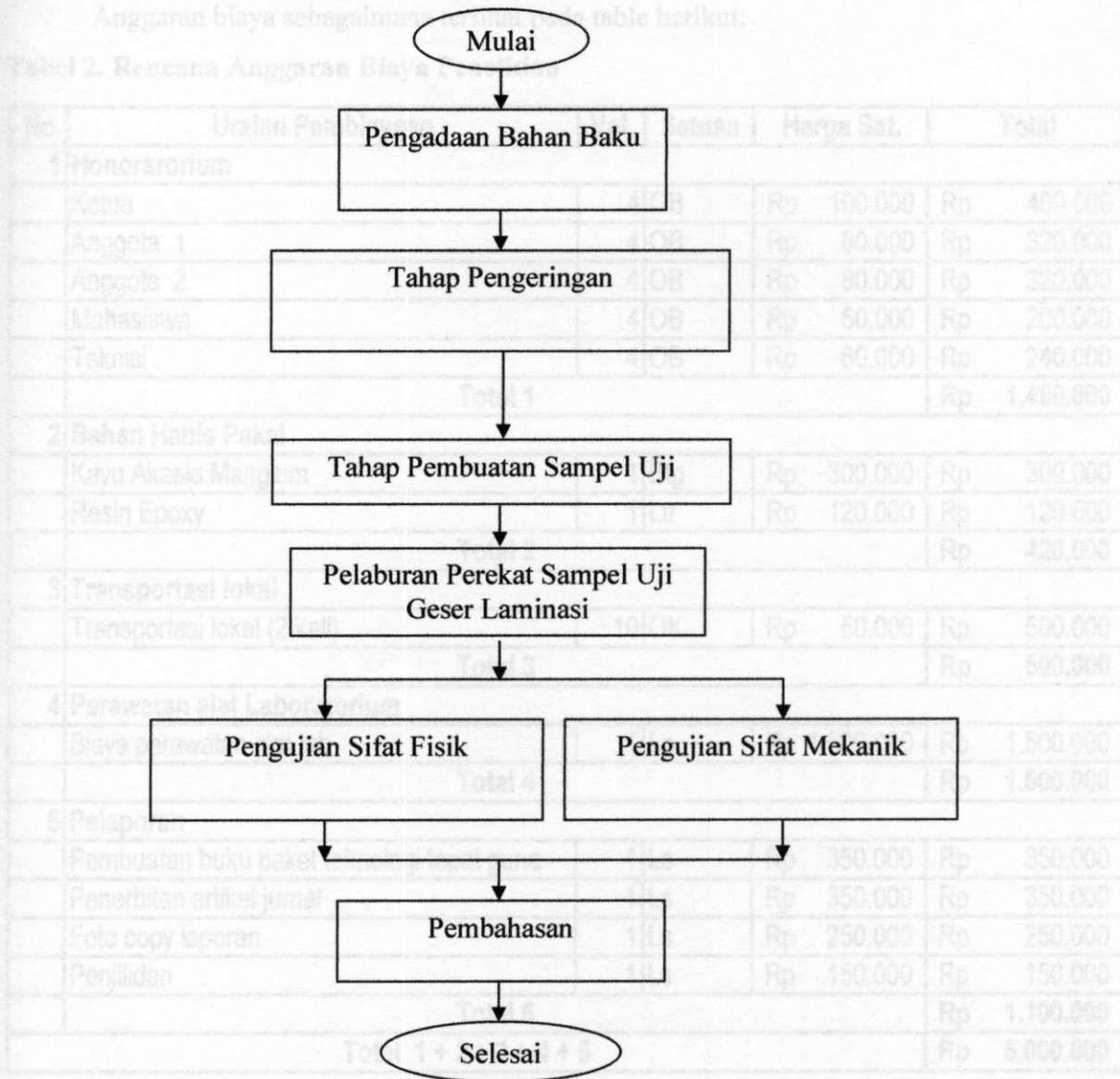
$$u_u = \frac{w_u - w_o}{w_o} \times 100 \quad (\text{dalam persen}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

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 0,1 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.

Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

Terdapat: Lima Juta Rupiah

**F. Anggaran** (Tabel Jadwal)

Anggaran biaya sebagaimana terlihat pada table berikut:

**Tabel 2. Rencana Anggaran Biaya Penelitian**

No	Uraian Pembiayaan	Vol.	Satuan	Harga Sat.	Total
<b>1</b>	<b>Honorarium</b>				
	Ketua	4	OB	Rp 100.000	Rp 400.000
	Anggota 1	4	OB	Rp 80.000	Rp 320.000
	Anggota 2	4	OB	Rp 80.000	Rp 320.000
	Mahasiswa	4	OB	Rp 50.000	Rp 200.000
	Teknisi	4	OB	Rp 60.000	Rp 240.000
	<b>Total 1</b>				<b>Rp 1.480.000</b>
<b>2</b>	<b>Bahan Habis Pakai</b>				
	Kayu Akasia Mangium	1	Btg	Rp 300.000	Rp 300.000
	Resin Epoxy	1	Ltr	Rp 120.000	Rp 120.000
	<b>Total 2</b>				<b>Rp 420.000</b>
<b>3</b>	<b>Transportasi lokal</b>				
	Transportasi lokal (2 kali)	10	OK	Rp 50.000	Rp 500.000
	<b>Total 3</b>				<b>Rp 500.000</b>
<b>4</b>	<b>Perawatan alat Laboratorium</b>				
	Biaya perawatan alat lab	1	Ls	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
	<b>Total 4</b>				<b>Rp 1.500.000</b>
<b>5</b>	<b>Pelaporan</b>				
	Pembuatan buku paket teknologi tepat guna	1	Ls	Rp 350.000	Rp 350.000
	Penerbitan artikel jurnal	1	Ls	Rp 350.000	Rp 350.000
	Foto copy laporan	1	Ls	Rp 250.000	Rp 250.000
	Penjilidan	1	Ls	Rp 150.000	Rp 150.000
	<b>Total 5</b>				<b>Rp 1.100.000</b>
	<b>Total 1 + 2 + 3 + 4 + 5</b>				<b>Rp 5.000.000</b>

**Terhitung: Lima Juta Rupiah**

### G. Rencana Pelaksanaan (Tabel Jadwal)

Rencana penelitian dilakukan selama 4 (empat bulan) sebagaimana terlihat pada Tabel jadwal penelitian sebagai berikut:

**Tabel 3. Rencana Jadwal Penelitian**

No	Uraian Kegiatan	Bulan			
		1	2	3	4
1	Pengadaan Bahan Baku	=====			
2	Pengolahan	=====			
3	Pengeringan		=====		
4	Pembuatan Sampel Uji			=====	
5	Pembuatan Sampel Uji Geser Laminasi			=====	
6	Pengolahan Data			=====	
7	Pembahasan			=====	
8	Seminar Hasil				=====
9	Pelaporan				=====

### H. Daftar Pustaka

**Blass, H.J., P. Aune, B.S. Choo, R. Gortlacher, D.R. Griffiths, B.O. Hilso, P. Racher dan G. Steck, (Eds.),** 1995, *Timber Engineering Step I*, First Edition, Centrum Hout, The Netherlands.

**Departemen Kehutanan.** 2006, *Statistik Kehutanan Indonesia 2005*, Departemen Kehutanan RI, Jakarta.

**Fakhri,** 2001, *Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Balok Glulam Kombinasi kayu Sengon dan Kayu Keruing*, Thesis S-2, fakultas Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

**Prayitno, T.A.,** 1996, *Perekatan Kayu*, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

**Seng, O.J.,** 1990, *Pengumuman Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan N.13; Berat Jenis dari Jenis – jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek* (alih bahasa oleh Soewarno P.H.), Departemen Kehutanan, Bogor.

## JUDUL PENELITIAN II :

**Somayaji, S.**, 1995, *Civil Engginering Materials*, Prentice Hall, Englewood, Cliffs, New jersey.

**Suharni**, 2006. Uji perlakuan jumlah perekat labur dengan menggunakan perekat urea formaldehyde terhadap kekuatan laminasi. Fakultas Teknik UR.

**Susetyowati, A.F.E. dan B. Subiyanto**, 1998, Masa Depan dan Tantangan Litbang Teknologi Pemanfaatan Kayu, *Seminar Nasional I MAPEKI*, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

**Tsoumis, G.**, 1991, *Science and Technology of Wood*, Vannostrand Reinhold, Newyork

### A. Latar Belakang

Hutan alam di Indonesia terdapat ribuan jenis kayu yang tersebar di setiap daerahnya. Kebutuhan manusia akan kayu olahan sebagai bahan bangunan baik untuk keperluan konstruksi, dekorasi, maupun *furniture* terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Kebutuhan akan kayu olahan yang terus meningkat mengakibatkan produk kayu hutan alam semakin menyusut. Untuk menghindari kekurangan pasokan kayu, saat ini banyak diusahakan kayu produk Hutan Tanaman Industri (HTI).

Saat ini berbagai upaya telah dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan kayu olahan, penggunaan kayu sisa potongan yang pendek-pendek telah diupayakan untuk dimanfaatkan sebagai bahan papan blok dengan teknologi perekatan, namun masih banyak terdapat sisa serbuk kayu yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan biaya produksi di unit industri perindustri, secara umum 60 sampai 70 persen terserap oleh komponen biaya bahan baku, oleh karena itu untuk menghemat bahan baku akan memberikan keuntungan yang cukup besar. Namun, kenyataannya, untuk pemanfaatan kayu log menjadi suatu balok kayu hanya dapat dimanfaatkan sebanyak 57% atau menyisakan kayu terbuang sebanyak 43% berupa serbuk kayu, debu dan potongan kayu yang tak dapat dimanfaatkan. Pada praktek pengerjaan yang sebenarnya, konversi dari kayu log terhadap ukuran jadi suatu