

2015

LAPORAN AKHIR

2 4 3 2 0 2 9 0 3 3 1 0 1 A

**PROTOTYPE JEMBATAN SEMENTARA
MENGUNAKAN MATERIAL KAYU**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

Jln. A.H. Nasution No. 264 Kotak Pos 2 Ujungberung Telp. (022) 7802251 Fax. 7802726 Bandung. 40294 e-mail : pusjatan@pusjatan.pu.go.id



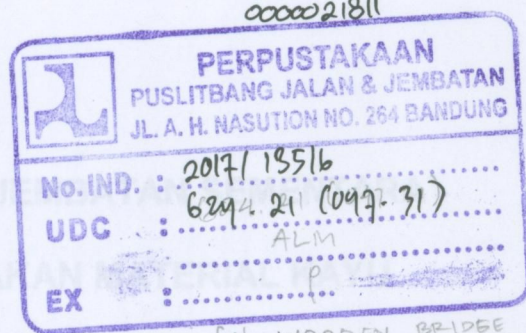
0000021811

2015

LAPORAN AKHIR

2 4 3 2 0 2 0 0 3 3 1 0 7 A

PROTOTYPE JEMBATAN SEMENTARA MENGUNAKAN MATERIAL KAYU



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

JL. A.H. Nasution No.264 Ujung Berung Tlp(022) 7802251 Fax : (022)7802726 BANDUNG 40294 e-mail info@pusjatan.pu.go.id

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

2	4	3	2
---	---	---	---

0	2	9
---	---	---

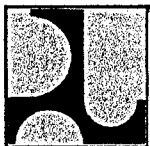
0	3	3
---	---	---

1	0	7
---	---	---

A

LAPORAN AKHIR

**PROTOTYPE JEMBATAN SEMENTARA
MENGUNAKAN MATERIAL KAYU**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

JL. A.H. Nasution, No.264 Ujung Berung Tlp(022) 7802251 Fax : (022)7802726 BANDUNG 40294 e-mail info@pusjatan.pu.go.id

LEMBAR PENGESAHAN

TIM PELAKSANA

Manajer Program :
Pengarah :
Ketua Program : Setyo Hardono, S.T., M.T.
Ketua Paket Kerja : Almuhihsyah, S.T., M.T.
Peneliti/Perekayasa :
Pembantu Peneliti : Euneke Widyaningsih, S.T.
Yalia Yana. A.Md.
Rachmat

Menyetujui,
Pejabat Pembuat Komitmen-2
Tata Usaha, Program Lalu-Lintas Lingkungan
Jalan, Jembatan dan Bangunan Pelengkap
Jalan


Setyo Hardono, S.T., M.T.
NIP. 19690901 199703 1 001

Memeriksa,
Kepala Balai Jembatan dan
Bangunan Pelengkap Jalan


Setyo Hardono, S.T., M.T.
NIP. 19690901 199703 1 001

Disusun oleh,
Ketua Paket Kerja


Almuhihsyah, S.T., M.T.
NIP. 19860411 200912 1 001

Menyetujui,
Kepala Pusat Litbang Jalan dan Jembatan


Ir. Herry Vaza, M.Eng.Sc
NIP. 19620204 198703 1 002

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	3
DAFTAR GAMBAR.....	4
DAFTAR TABEL	5
PENDAHULUAN.....	6
1.1 Latar Belakang	6
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Tujuan dan Sasaran.....	7
1.4 Luaran (<i>Output</i>).....	7
1.5 Lingkup Kegiatan Paket Kerja	7
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kayu	8
2.1.1 Sifat Utama	8
2.1.2 Kadar Air dan Penyusutan Kayu	9
2.1.3 Sifat Keawetan Kayu	10
2.1.4 Bahan Bangunan dari Kayu	10
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
BAB 4 PEMBAHASAN HASIL YANG DICAPAI	18
BAB 5 REALISASI PELAKSANAAN LITBANG	33
5.1 Keuangan	33
5.2 Fisik	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kayu.....	8
Gambar 2.2 <i>Fineer</i>	11
Gambar 2.3 <i>Plywood</i>	12
Gambar 2.4 Kayu Glulam	13
Gambar 2.5 Konstruksi Jembatan Rangka Kayu.....	14
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian	15
Gambar 4.1 Material kayu yang tersedia di Kabupaten Ciamis	18
Gambar 4.2 Material kayu yang telah dibentuk dengan dimensi tertentu	19
Gambar 4.3 Kunjungan ke Loka Teknologi Perumahan.....	19
Gambar 4.4 Struktur jembatan menggunakan kayu LVL yang difungsikan sebagai ruangan.....	20
Gambar 4.5 Pengujian berat isi kayu di laboratorium	21
Gambar 4.6 Dimensi benda uji kayu untuk pengujian kuat tarik	22
Gambar 4.7 Pengujian kuat tarik kayu di laboratorium.....	22
Gambar 4.8 Hasil pengujian kuat tarik kayu	23
Gambar 4.9 Dimensi benda uji kayu untuk pengujian kuat tekan	24
Gambar 4.10 Pengujian kuat tekan kayu di laboratorium.....	24
Gambar 4.11 Hasil pengujian kuat tekan kayu	25
Gambar 4.12 Dimensi benda uji kayu untuk pengujian kuat lentur	26
Gambar 4.13 Pengujian kuat lentur di laboratorium	26
Gambar 4.14 Dimensi benda uji kayu untuk pengujian tarik sambungan baut.....	27
Gambar 4.15 Pengujian tarik sambungan baut di laboratorium	27
Gambar 4.16 Hasil pengujian tarik sambungan baut.....	28
Gambar 4.17 Pengujian modulus elastisitas kayu dengan alat Sylvatest.....	29
Gambar 4.18 Pemodelan struktur jembatan menggunakan properti kayu kelapa.....	30
Gambar 4.19 Pengerjaan material kayu dan pelat sambungan di workshop	31
Gambar 4.20 Pemberian lapisan anti serangga pada material kayu dan epoxy pada pelat sambungan	31
Gambar 4.21 Perakitan jembatan sementara menggunakan material kayu	32

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengujian berat isi kayu di laboratorium	21
Tabel 4.2 Tabel Hasil pengujian kuat tarik kayu	23
Tabel 4.3 Hasil pengujian kuat tekan kayu	25
Tabel 4.4 Hasil pengujian tarik sambungan baut.....	28
Tabel 5.1 Rincian Dana Penelitian	33
Tabel 5.2 Realisasi fisik litbang jembatan sementara menggunakan material kayu	34

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu agenda prioritas pemerintahan presiden-wakil presiden terpilih Joko Widodo-Jusuf Kalla adalah membangun Indonesia dari pinggiran dengan memperkuat daerah-daerah dan desa dalam kerangka negara kesatuan. Program tersebut merupakan satu dari sembilan agenda prioritas pemerintah yang disebut Nawa Cita. Program ini digagas untuk menunjukkan prioritas jalan perubahan menuju Indonesia yang berdaulat secara politik, serta mandiri dalam bidang ekonomi dan berkepribadian dalam kebudayaan.

Untuk menunjang agenda pemerintahan tersebut, dibutuhkan suatu infrastruktur yang dapat dengan mudah dibangun pada daerah-daerah dan desa. Dalam konteks jembatan, infrastruktur tersebut dapat didefinisikan sebagai suatu struktur jembatan yang dapat dibangun hingga ke pelosok daerah-daerah dan desa. Untuk itu diperlukan material jembatan yang dapat dengan mudah ditemukan di daerah-daerah dan desa. Salah satu material yang dapat ditemukan di daerah dan desa adalah material kayu.

Penelitian pada tahun 2014 telah menghasilkan Kriteria Desain Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu. Dan pada tahun 2015 akan dihasilkan prototype Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu kelapa di lingkungan kantor Puslitbang Jalan dan jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Prototype Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu Kelapa ini diharapkan dapat diterapkan pada daerah-daerah terpencil.

1.2 Perumusan Masalah

Untuk menunjang program Nawacita pemerintah dibutuhkan infrastruktur yang dapat dibangun hingga ke daerah-daerah dan desa. Dari sisi material tentunya diperlukan material yang dapat dengan mudah ditemui di daerah-daerah serta dapat dirakit oleh manusia. Kemudian dari sisi sistem struktur harus dapat mengakomodasi proses instalasi yang cepat dan memiliki kapasitas yang cukup untuk memikul beban yang bekerja.

Material kayu merupakan alternatif material yang dapat digunakan dalam konstruksi jembatan. Material kayu memiliki berat yang cukup ringan apabila dibandingkan dengan beton dan baja.

Material kayu dapat ditemui hampir di seluruh daerah di Indonesia. Selain itu kayu merupakan material yang dapat selalu dihasilkan kembali. Oleh karena itu material kayu diharapkan dapat digunakan untuk menunjang infrastruktur jembatan hingga ke daerah-daerah dan desa.

1.3 Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari kegiatan ini adalah menghasilkan jembatan sementara menggunakan material kayu yang dapat digunakan hingga ke daerah-daerah terpencil.

Sedangkan sasaran dari kegiatan ini yaitu:

- Tahun 2014 adalah melakukan pengkajian mengenai sistem struktur jembatan kayu.
- Tahun 2015 adalah menerapkan desain jembatan sementara menggunakan material kayu kelapa di lingkungan Pusjatan.

1.4 Luaran (*Output*)

Luaran kegiatan tahun 2014 adalah kriteria desain jembatan sementara menggunakan material kayu.

Luaran kegiatan tahun 2015 adalah prototype jembatan sementara menggunakan material kayu di lingkungan Pusjatan.

1.5 Lingkup Kegiatan Paket Kerja

A. Lingkup wilayah kegiatan :

Melakukan survey ketersediaan material kayu di Jawa Barat. Melakukan koordinasi atau rapat di Jakarta

B. Lingkup kegiatan ini akan meliputi :

1. Pengumpulan literatur dan kajian pustaka
2. Diskusi dengan pakar di bidang material kayu dan struktur kayu
3. Survey ketersediaan material kayu
4. Pengujian material kayu di laboratorium
5. Perakitan struktur jembatan
6. Pengujian struktur jembatan
7. Pelaporan kegiatan penelitian dan pengembangan jembatan sederhana menggunakan material kayu

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kayu

2.1.1 Sifat Utama

Kayu ialah bahan yang didapatkan dari tumbuh-tumbuhan di alam. Tumbuh-tumbuhan sebagai sesuatu yang hidup, dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana tumbuhan tersebut hidup. Pengaruh ini memberikan sifat/keadaan yang berbeda-beda dari tiap jenis kayu yang tumbuh di berbagai tempat dengan kondisi yang berbeda. Perbedaan tersebut tercermin pada pola dan ukuran serat, pori-pori, zat pengisi kayu, berat jenis, kekerasan kayu dan sebagainya.



Gambar 2.1 Kayu
(sumber: <http://images.solopos.com/2013/04/kayu-bulat.jpg>)

Kayu sampai saat ini masih banyak dicari dan dibutuhkan. Diperkirakan hingga beberapa abad yang akan datang kayu masih tetap dibutuhkan manusia. Dari segi manfaatnya, kayu dinilai mempunyai sifat-sifat yang menyebabkan kayu selalu dibutuhkan manusia.

Sifat-sifat utama tersebut antara lain:

- a. Kayu merupakan sumber kekayaan alam yang tidak akan habis apabila dikelola dengan baik. Artinya apabila pohon-pohon ditebang untuk diambil kayunya, harus segera ditanami kembali agar kayu tidak habis. Kayu disebut juga sebagai renewable resources (sumber kekayaan alam yang dapat diperbarui). Berbeda dengan misalnya minyak bumi atau barang tambang lainnya yang akan habis setelah beberapa ratus tahun.

- b. Kayu merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang lain. Dengan kemajuan teknologi, kayu sebagai bahan mentah telah diproses menjadi barang lain, seperti kertas, bahan sintetik, tekstil, dan sebagainya.
- c. Kayu mempunyai sifat-sifat spesifik yang tidak bisa ditiru oleh bahan-bahan lain. Kayu sebagai satu bahan mempunyai beberapa sifat sekaligus yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain yang dibuat oleh manusia. Misalnya kayu mempunyai sifat elastis, ulet, mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus dengan seratnya atau sejajar seratnya. Sifat-sifat seperti ini tidak dimiliki oleh bahan-bahan baja, beton, atau bahan-bahan lain yang bisa dibuat manusia.

2.1.2 Kadar Air dan Penyusutan Kayu

Untuk menggunakan kayu sebagai bahan bangunan, faktor penyusutan kayu harus diperhitungkan. Sebagai proses fisis, penyusutan kayu ditentukan oleh banyaknya air yang dikandung oleh kayu. Banyaknya air yang dikandung oleh kayu disebut kadar air kayu.

Kayu akan melepas atau menghisap air dari udara sekelilingnya, hingga jumlah air di dalam kayu seimbang dengan kadar air udara di sekelilingnya. Kadar air kayu pada titik kesetimbangan tersebut dinamakan kadar air kesetimbangan. Besarnya dinyatakan dalam persen terhadap berat kayu kering tanur. Dengan anggapan suhu tidak berubah, maka kadar air kayu akhirnya hanya tergantung dari kelembaban udara sekelilingnya. Kayu dalam penggunaan selalu berhubungan dengan perubahan udara, sehingga kadar air kayu akan berubah cenderung ke arah kesetimbangan.

Kayu seperti juga bahan-bahan lain, akan menyusut apabila melepas air dan mengembang apabila mengikat air. Air yang dikandung oleh kayu dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- Air bebas yang terdapat dalam rongga-rongga sel dan ruang-ruang antar sel
- Air yang terikat secara kapiler dalam dinding sel.

Air yang terikat inilah yang penting dalam proses penyusutan kayu. Apabila semua air bebas telah dikeluarkan dan hanya tertinggal air yang terikat, dikatakan bahwa kayu telah mencapai titik jenuh serat (fibre saturation point); besarnya kira-kira pada kadar air 30% untuk semua jenis kayu.

Kayu dari pohon hidup dapat mengandung air 30% s/d 300% daripada berat kayu kering tanur. Penyusutan kayu terjadi apabila kadar air berkurang sampai di bawah titik jenuh serat, dan besarnya penyusutan sebanding dengan banyaknya air yang dilepas di bawah titik jenuh serat tersebut. Kayu yang dikeringkan sampai kadar air 15% akan menyusut hingga sekitar setengah penyusutan maksimal. Untuk setiap persen penurunan kadar air, penyusutannya sebesar 1/30 dari penyusutan maksimal. Sebaliknya untuk tiap persen kenaikan kadar air kayu, kayu akan mengembang 1/30 dari pengembangan maksimal. Penyusutan dan pengembangan umumnya dinyatakan dalam persen dari dimensi kayu basah. Apabila kayu mengering, kadar air bagian-bagian luar akan lebih cepat mencapai titik di bawah titik jenuh serat dibandingkan dengan di bagian dalam. Dengan demikian penyusutan telah dimulai sebelum kayu mencapai kadar air (rata-rata) titik jenuh serat. Hal ini mengakibatkan retak-retak pengeringan pada permukaan kayu.

2.1.3 Sifat Keawetan Kayu

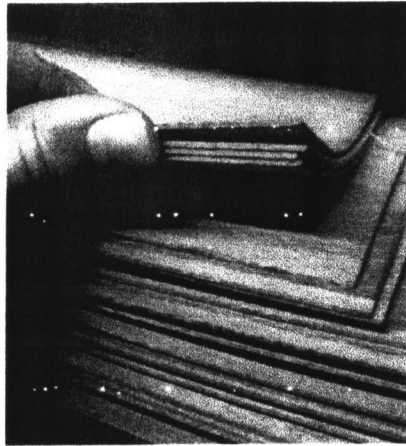
Secara alami, kayu telah memiliki keawetan sendiri, yang berbeda untuk setiap jenis kayu. Yang dimaksudkan dengan keawetan disini adalah lamanya kayu dapat digunakan (umur pemakaian kayu). Berdasarkan keawetannya, jenis kayu digolongkan kedalam kelas-kelas awet.

Keawetan kayu tergantung pada penempatan kayu. Kayu yang dilindungi terhadap hujan dan sinar matahari tidak akan lekas rusak. Namun bila ditempatkan di luar (dibiarkan terkena panas dan hujan), maka kayu akan lekas rusak. Dalam hal ini dapat diusahakan cara-cara lain untuk meningkatkan keawetan kayu misalnya dengan mengecat, menyetir, mengecat dengan karbolium, minyak, kerosot, dengan obat-obatan, dan sebagainya.

2.1.4 Bahan Bangunan dari Kayu

2.1.4.1 *Fineer*

Fineer adalah lembaran kayu yang tipis, yang diperoleh dari penyayatan dolok kayu jenis tertentu. Dasar pembuatan *fineer* adalah perkiraan bahwa produksi kayu berkualitas tinggi tidak mencukupi dan produksinya cenderung turun setiap tahun. Pemakaian kayu mahal seperti jati sekarang telah banyak diganti dengan *fineer*.



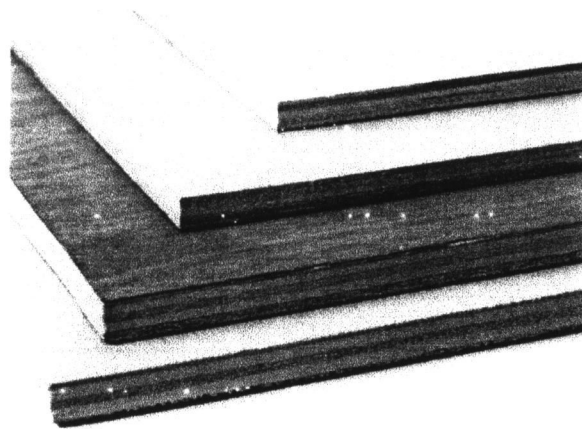
Gambar 2.2 *Fineer*
(sumber: <http://www.af.nl/voorraad/fineer/P1010967.JPG>)

Fineer juga digunakan untuk membuat triplex dan multiplex yang berasal dari jenis kayu murah, misalnya Meranti atau Ramin, yang permukaannya dilapisi dengan *fineer* kayu mahal seperti Jati dan sebagainya. *Fineer* dapat dihasilkan dengan tiga cara, yaitu dengan cara mengupas, menusuk, dan dengan gergaji.

2.1.4.2 Kayu Lapis (*Plywood*)

Kayu lapis dibedakan atas kayu triplex (terdiri dari tiga lapisan kayu) dan kayu multiplex (terdiri lebih dari tiga lapisan kayu).

Lapisan-lapisan kayu lapis disusun sedemikian rupa sehingga arah kayu secara bergantian bersilangan 90° . Ini dimaksudkan untuk memperbesar kekuatan kayu dan mencegah kembang susut. Permukaan pelat atas dan bawah dibuat simetris (arah seratnya sama) agar tegangan-tegangan yang terjadi teratur untuk menghindari pelengkungan-pelengkungan, pecah, dan retak.



Gambar 2.3 Plywood

(sumber: <http://www.yorkshireplywood.co.uk/images/products/plywood/plywood-800.jpg>)

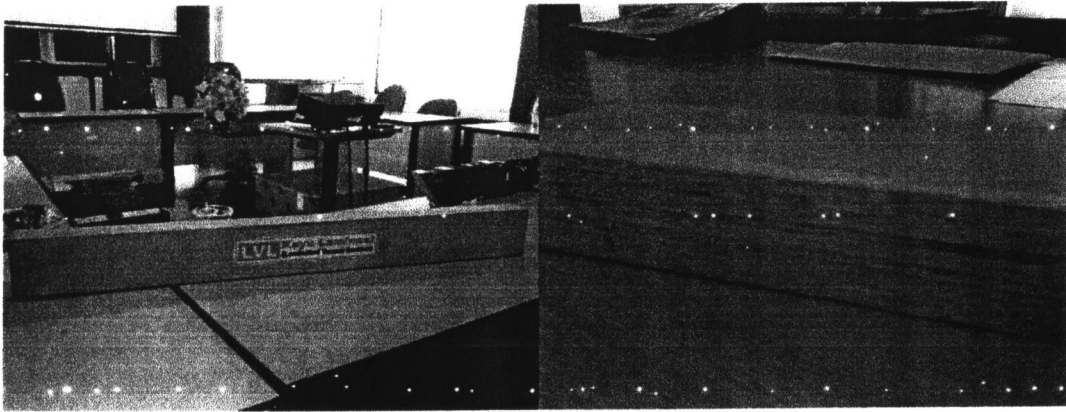
Alat untuk merekatkan kayu adalah pelindis (wals) atau alat penekan hidrolis. Perekatan kayu dilakukan dengan tiga cara yang berbeda, yaitu:

- a. Direkat basah, lapisan kayu sebelum direkatkan tidak dikeringkan terlebih dahulu.
- b. Direkat setengah kering, tidak semua bagian kayu dikeringkan.
- c. Direkat kering, semua lapisan kayudikeringkan terlebih dahulu sebelum direkatkan.

Pemberian nama kayu lapis didasarkan atas nama jenis kayu penutupnya. Sedangkan ukuran panjangnya triplex atau multiplex diukur menurut arah serat kayu penutupnya.

2.1.4.3 Kayu Laminasi (*Glued Lamination Timber/ Glulam*)

Kayu laminasi struktural (*Structural Glued laminated timber / Glulam*) merupakan elemen struktural yang direkatkan dari potongan kayu sesuai yang telah dipilih dan disiapkan dalam bentuk lururs atau melengkung dengan urat semua potongan sejajar terhadap sembu memanjang penampang. Penampang kayu glulam dihasilkan di pabrik laminasi dengan perekatan kayu kering dengan ketebalan tertentu bersama-sama di dalam kondisi suhu dan tekanan terkendali. Penampang dengan variasi ukuran, profil, dan panjang dapat diproduksi memiliki karakteristik unggul dari segi kekuatan, kelayanan, dan tampilan. Balok kayu glulam diproduksi dengan laminasi terkuat pada bagian bawah dan atas balok, dimana terjadi tegangan tarik dan tekan terbesar.



Gambar 2.4 Kayu Glulam

Penampang kayu glulam dapat dibuat menggunakan satu atau beberapa kelas kayu, tergantung tujuan penggunaan. Selain itu, penampang kayu glulam dengan spesies beragam juga dimungkinkan. Ketika penampang dimaksudkan untuk memikul beban utama aksial atau tekuk dengan beban bekerja sejajar terhadap penampang melebar dari laminasi, kombinasi satu kelas direkomendasikan. Di sisi lain, kombinasi beberapa kelas memberikan efektivitas biaya lebih baik saat penampang diberi beban tekuk tegak lurus terhadap penampang melebar laminasi.

Pada kombinasi beberapa kelas, penampang kayu glulam dapat dibuat sebagai kombinasi seimbang atau tidak seimbang, tergantung susunan laminasi pada lokasi geometri penampang. Kombinasi seimbang adalah simetris di sekitar bagian tengah hingga dalam, sehingga kedua permukaan memiliki kekuatan tekuk acuan yang sama. Kombinasi tidak seimbang adalah tidak simetris dan umumnya saat digunakan sebagai balok, permukaan dengan kekuatan tekuk acuan lebih rendah ditetapkan sebagai bagian atas. Kombinasi seimbang dimaksudkan untuk digunakan pada kantilever atau menerus untuk memberikan kapasitas yang sama dalam momen positif dan negatif, sedangkan kombinasi tidak seimbang digunakan terutama pada aplikasi bentang sederhana.

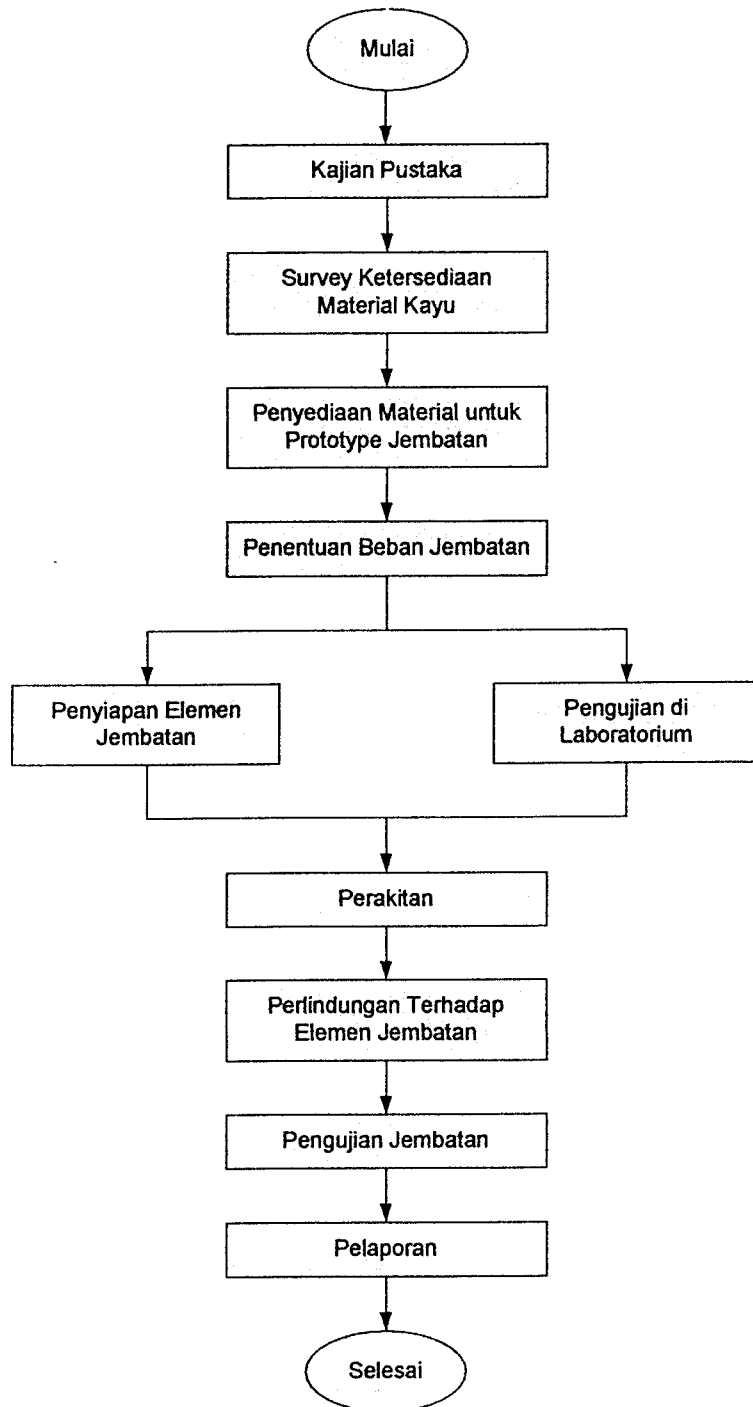


Gambar 2.5 Konstruksi Jembatan Rangka Kayu

(sumber: http://www.westernwoodstructures.com/wp-content/uploads/2012/12/_parallel_truss_bridge0.jpg)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian untuk pembuatan Prototype Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

3.1 Kajian Pustaka

Dalam kajian pustaka dilakukan kajian terhadap jenis-jenis kayu yang dapat digunakan sebagai elemen jembatan. Jenis kayu yang dipelajari terdiri atas kayu gergajian, kayu laminasi (glulam), dan kayu veneer laminasi (LVL). Bahkan juga dipelajari mengenai bambu laminasi yang telah dikembangkan oleh Puslitbang Permukiman.

Sifat dan properti kayu juga turut dikaji dalam kajian pustaka. Sifat dan properti kayu seperti berat jenis, modulus elastisitas, kuat tarik, kuat tekan, dsb dipelajari untuk dapat digunakan dalam analisis struktur jembatan.

3.2 Survey Ketersediaan Material Kayu

Survey ketersediaan material kayu dilakukan untuk mengetahui jenis kayu yang tersedia di pasaran dengan jumlah sesuai kebutuhan dalam desain jembatan kayu. Survey tersebut dilakukan ke daerah yang dianggap dapat memenuhi kebutuhan kayu sesuai dengan volume yang direncanakan untuk jembatan kayu.

3.3 Penyediaan Material Kayu

Dalam kegiatan ini dilakukan pemesanan material kayu yang dibutuhkan kepada penyedia kayu pada daerah yang telah disurvei. Jumlah kayu yang dipesan disesuaikan dengan volume yang dibutuhkan untuk struktur jembatan kayu. Dimensi kayu yang dipesan disesuaikan dengan Kriteria Desain Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu yang merupakan output kegiatan litbang pada tahun 2014.

3.4 Penentuan Beban Jembatan

Setelah material kayu tersedia, kembali dilakukan analisis struktur jembatan. Dalam analisis struktur digunakan properti kayu sesuai dengan material kayu yang telah tersedia dengan dimensi mengikuti Kriteria Desain Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu. Dengan analisis struktur tersebut dapat diperoleh beban yang dapat dipikul oleh jembatan kayu.

3.5 Penyiapan Elemen Jembatan

Kayu yang telah diperoleh dibentuk kembali di *workshop* Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan agar memiliki dimensi sesuai rencana. Selain itu juga dilakukan pengelasan dan pengeboran pelat sambungan jembatan. Hal ini dilakukan karena jembatan kayu direncanakan menggunakan sambungan berupa baut dengan menggunakan pelat sambungan.

3.6 Pengujian di Laboratorium

Pengujian di laboratorium dilakukan agar diperoleh properti dan sifat kayu seperti berat jenis, kuat tarik kayu, kuat tekan kayu, kuat lentur kayu, dsb. Selain itu dilakukan juga pengujian sambungan menggunakan baut di laboratorium untuk memastikan bahwa sambungan yang digunakan lebih kuat daripada material kayu untuk struktur jembatan.

3.7 Perakitan

Setelah elemen-elemen jembatan yang diperlukan tersedia, maka dilakukan perakitan jembatan kayu di lingkungan Puslitbang Jalan dan Jembatan. Perakitan jembatan tersebut dilakukan selama lebih kurang dua minggu.

3.8 Perlindungan Terhadap Elemen Jembatan

Setelah dilakukan perakitan dilakukan perlindungan terhadap elemen jembatan seperti kayu dan pelat sambungan. Pada elemen kayu diberikan cairan anti serangga untuk melindungi kayu dari serangan serangga seperti rayap dsb. Pelat sambungan jembatan diberikan lapisan epoxy untuk melindungi elemen baja dari serangan korosi.

3.9 Pengujian Jembatan

Pengujian jembatan kayu dilakukan untuk mengetahui kinerja jembatan saat diberikan beban. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian pembebanan statik. Pada pengujian pembebanan statik ini akan digunakan bak berisi air dengan volume tertentu sebagai beban jembatan.

3.10 Pelaporan

Kegiatan litbang penyusunan Prototype Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu akan disajikan juga berbentuk laporan. Laporan tersebut berisi seluruh rangkaian kegiatan litbang di tahun 2015.

BAB 4 PEMBAHASAN HASIL YANG DICAPAI

4.1 Kegiatan Yang Dilakukan

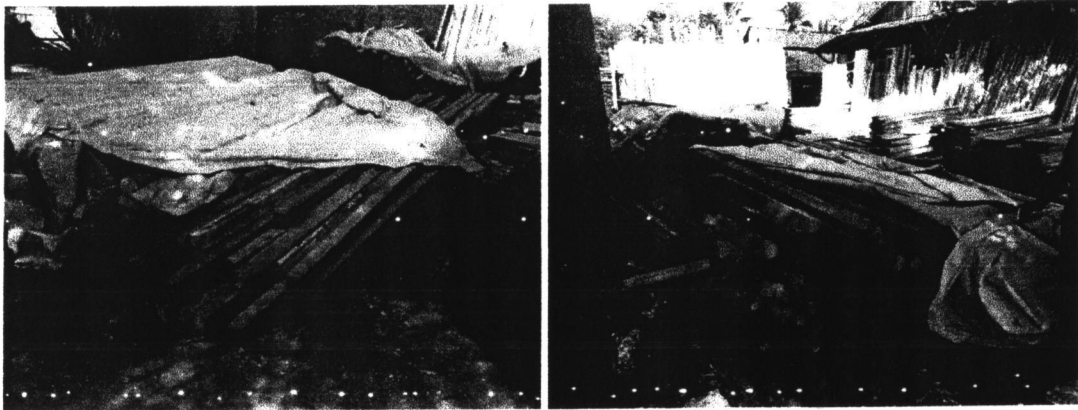
4.1.1 Survey Ketersediaan Material Kayu

Tim dari Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan pada tanggal 31 Juli 2015 dan 1 Agustus 2015 melakukan survey material kayu untuk jembatan ke Kabupaten Ciamis. Dalam kunjungan tersebut dilakukan kunjungan ke beberapa penyedia material kayu untuk memperoleh kayu yang akan digunakan dalam kegiatan penelitian. Kabupaten Ciamis dipilih sebagai lokasi survey karena lokasinya yang dekat dengan pantai sehingga banyak tersedia pohon kelapa yang kayunya dapat dimanfaatkan untuk penelitian. Beberapa bahan baku kayu yang tersedia di Kabupaten Ciamis dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Material kayu yang tersedia di Kabupaten Ciamis

Untuk kebutuhan penelitian, maka tim mencari penyedia kayu yang dapat mengolah bahan baku kayu menjadi batang kayu dengan ukuran sesuai dengan yang dibutuhkan untuk penelitian Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu. Ukuran kayu yang dibutuhkan tersebut disesuaikan dengan desain Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu pada tahun 2014. Contoh batang kayu yang telah dibentuk dalam berbagai ukuran dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

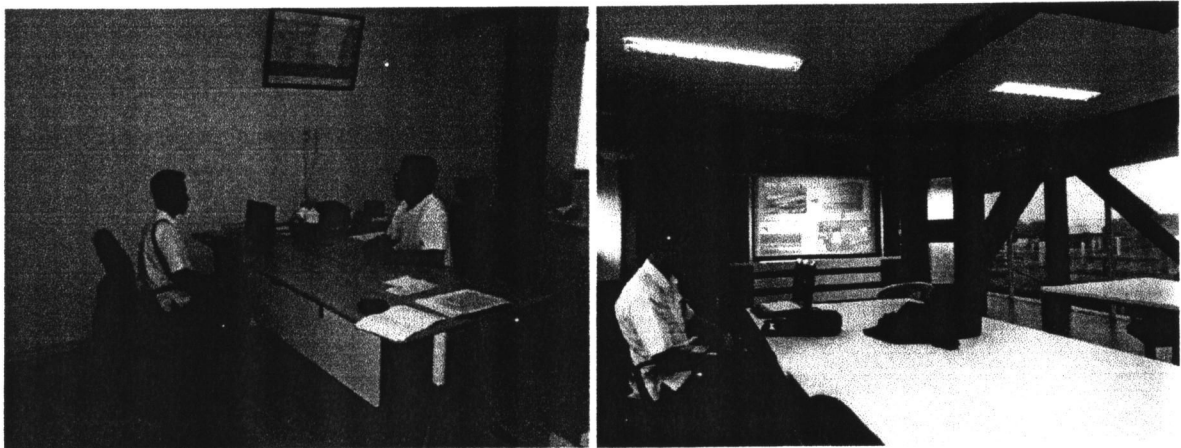


Gambar 4.2 Material kayu yang telah dibentuk dengan dimensi tertentu

Setelah ditemukan penyedia material kayu yang dapat mengolah batang kayu sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan, maka dilakukan pemesanan batang kayu untuk langsung diantarkan ke Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan. Pengolahan bahan kayu menjadi batang kayu dengan ukuran tertentu tersebut membutuhkan waktu kurang lebih selama 2 minggu.

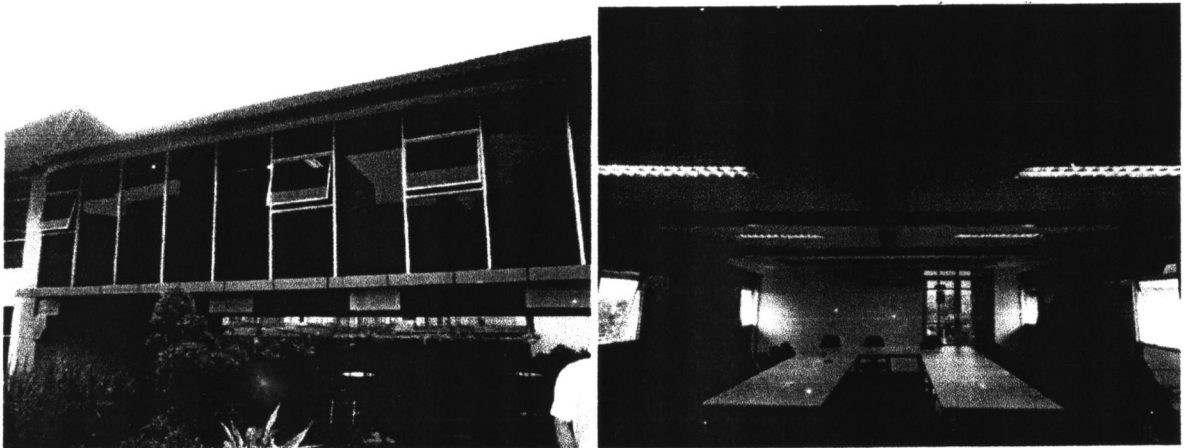
4.1.2 Kunjungan ke Loka Teknologi Permukiman

Tim penelitian melakukan pengamatan struktur jembatan menggunakan kayu Laminated Veneer Lumber (LVL) yang terdapat pada Loka Teknologi Permukiman di Medan, Sumatera Utara. Loka Teknologi Permukiman merupakan salah satu Loka yang dimiliki oleh Puslitbang Permukiman, Kementerian PUPERA. Pengamatan ini dilakukan karena penelitian Jembatan Sementara Menggunakan Kayu pada tahun 2016 akan menggunakan kayu LVL sebagai elemen jembatan.



Gambar 4.3 Kunjungan ke Loka Teknologi Perumahan

Yang unik mengenai struktur Jembatan Menggunakan Kayu LVL di Loka Permukiman ini adalah struktur jembatan tersebut tidak difungsikan sebagai jembatan, namun sebagai ruangan kantor. Tentu saja beban yang bekerja pada bangunan akan berbeda dengan beban yang bekerja pada jembatan. Namun prinsip-prinsip pengerjaan struktur jembatan menggunakan kayu LVL tersebut dapat diterapkan dalam pembangunan jembatan. Selain itu diperoleh juga masukan mengenai proses pengerjaan elemen kayu jembatan semenjak masih berbentuk veneer hingga menjadi kayu yang memiliki dimensi sesuai rencana.



Gambar 4.4 Struktur jembatan menggunakan kayu LVL yang difungsikan sebagai ruangan

4.1.3 Pengujian Material Kayu

Pengujian material kayu dilakukan untuk mendapatkan sifat dan properti dari kayu yang telah diperoleh. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian berat jenis kayu, pengujian kuat tarik kayu, pengujian kuat tekan kayu, pengujian kuat lentur kayu, dan pengujian tarik sambungan baut. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan.

4.1.3.1 Pengujian Berat Isi Kayu

Pengujian berat isi kayu dilakukan menggunakan empat buah benda uji berukuran 50 x 50 x 50 mm. Penimbangan dilakukan untuk memperoleh berat setiap benda uji. Setelah diketahui berat masing-masing benda uji maka dapat diketahui berat isi kayu dengan persamaan:

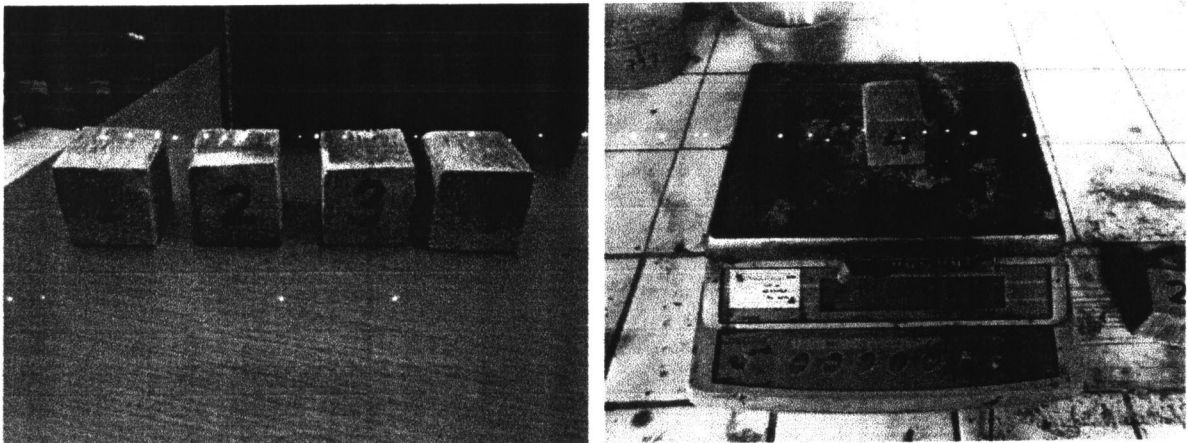
$$\rho = \frac{W}{V}$$

dengan:

ρ = berat isi kayu (kg/m^3)

W = berat benda uji kayu (kg)

V = Volume benda uji kayu (m^3)



Gambar 4.5 Pengujian berat isi kayu di laboratorium

Tabel 4.1 Hasil pengujian berat isi kayu di laboratorium

Nomor	Berat (kg)	Berat Isi (kg/m^3)
1	0,0976	0,7808
2	0,0939	0,7512
3	0,1000	0,8000
4	0,0998	0,7984

4.1.3.2 Pengujian Kuat Tarik Kayu

Pengujian kuat tarik kayu dilakukan dengan menggunakan tiga buah benda uji yang telah dibentuk seperti pada **Gambar 4.6**. Kuat tarik kayu dihitung berdasarkan SNI 03-3399-1994 menggunakan persamaan berikut:

$$f_t = \frac{P}{bh}$$

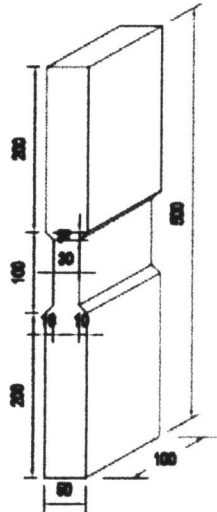
dengan:

f_t = kuat tarik kayu

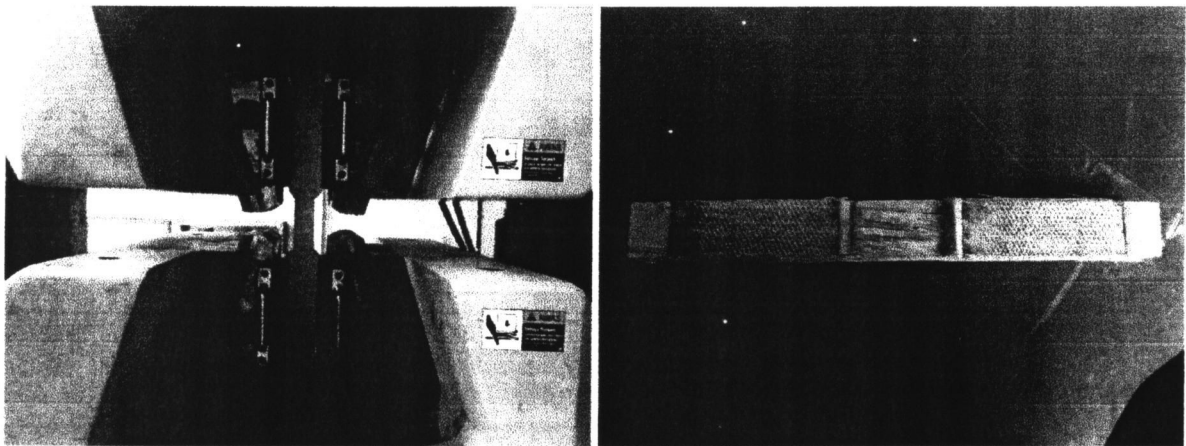
P = beban maksimum (kN)

b = lebar benda uji (mm)

h = tinggi benda uji (mm)

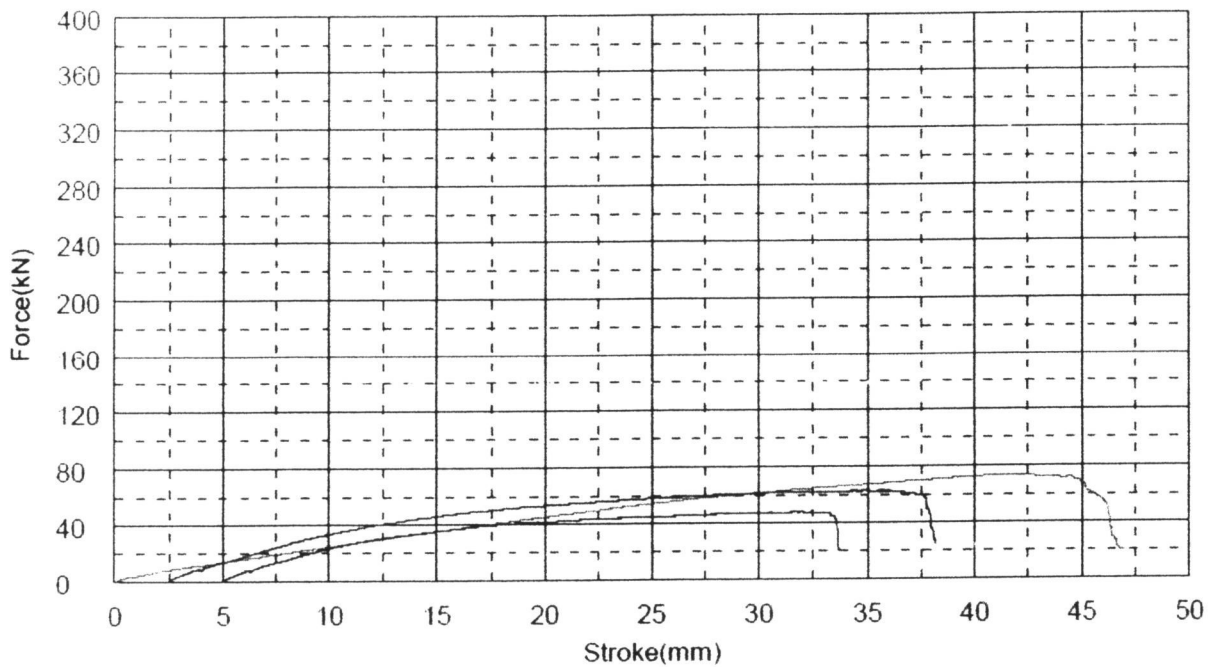


Gambar 4.6 Dimensi benda uji kayu untuk pengujian kuat tarik



Gambar 4.7 Pengujian kuat tarik kayu di laboratorium

Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh kuat tarik benda uji 1 sebesar 39,7853 N/mm², kuat tarik benda uji 2 sebesar 34,1887 N/mm², dan kuat tarik benda uji 3 sebesar 26,1974 N/mm², sebagaimana dapat dilihat pda **Gambar 4.8** dan **Tabel 4.2**. Kuat tarik rata-rata dari ketiga benda uji kayu tersebut adalah sebesar 33,3905 N/mm².



Gambar 4.8 Hasil pengujian kuat tarik kayu

Tabel 4.2 Tabel Hasil pengujian kuat tarik kayu

Name	Kuat Tarik Kor
Units	N/mm2
066/ML/10/15	39.7853
067/ML/10/15	34.1887
068/ML/10/15	26.1974
Mean	33.3905

4.1.3.3 Pengujian Kuat Tekan Kayu

Pengujian kuat tarik kayu dilakukan dengan menggunakan tiga buah benda uji yang telah dibentuk seperti pada **Gambar 4.9**. Kuat tarik kayu dihitung berdasarkan SNI 03-3958-1995 menggunakan persamaan berikut:

$$f_c = \frac{P}{bh}$$

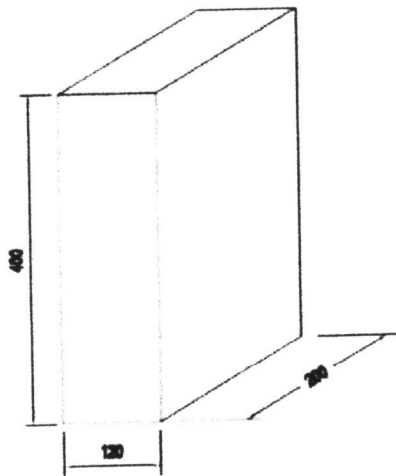
dengan:

f_c = kuat tekan kayu

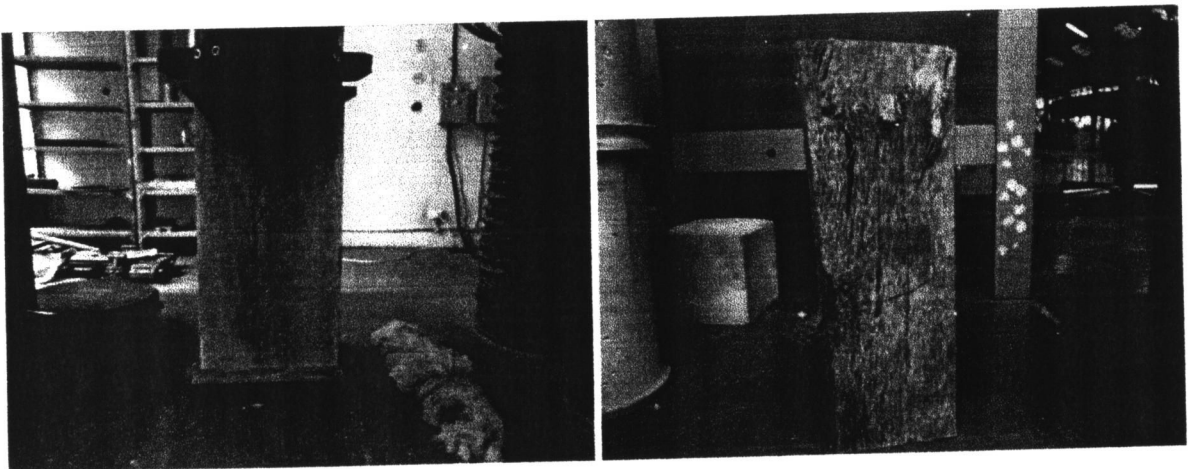
P = beban maksimum (kN)

b = lebar benda uji (mm)

h = tinggi benda uji (mm)

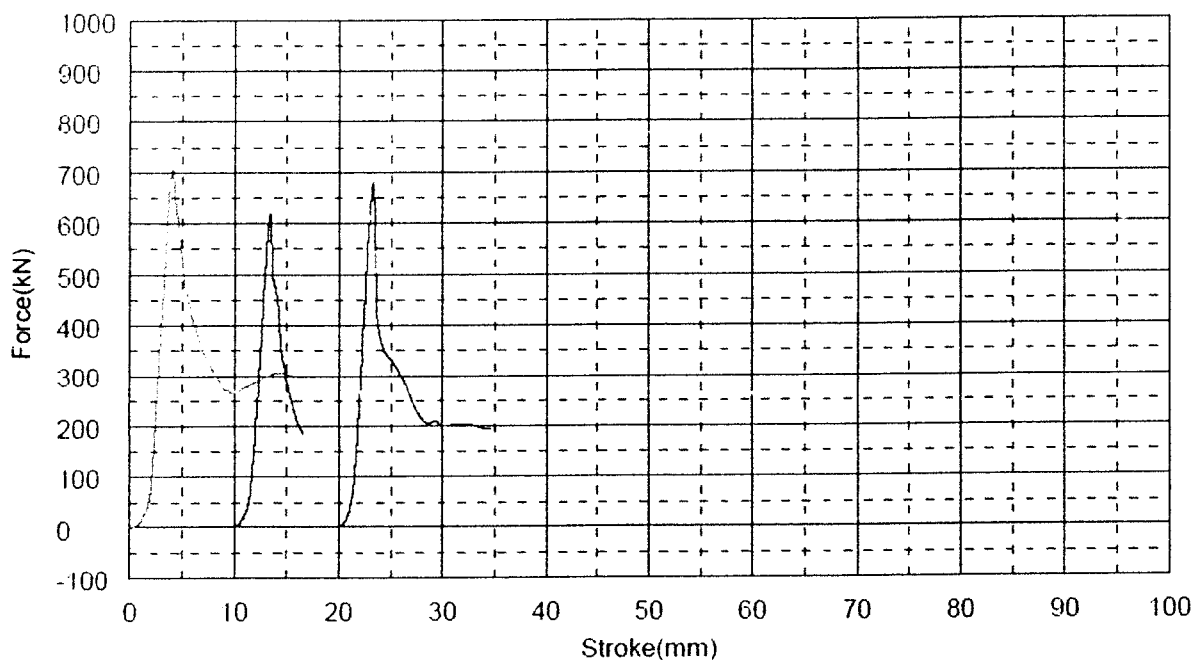


Gambar 4.9 Dimensi benda uji kayu untuk pengujian kuat tekan



Gambar 4.10 Pengujian kuat tekan kayu di laboratorium

Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh kuat tekan benda uji 1 sebesar 28,5995 N/mm², kuat tekan benda uji 2 sebesar 25,1039 N/mm², dan kuat tekan benda uji 3 sebesar 28,7899 N/mm², sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 4.11** dan **Tabel 4.3**. Kuat tekan rata-rata dari ketiga benda uji kayu tersebut adalah sebesar 27,4978 N/mm².



Gambar 4.11 Hasil pengujian kuat tekan kayu

Tabel 4.3 Hasil pengujian kuat tekan kayu

Name	beban maximum	beban max. koreksi	kuat tekan
Units	kN	kN	N/mm2
069/BL/10/15	705.688	702.489	28.5995
070/BL/10/15	619.438	616.627	25.1039
071/BL/10/15	681.438	678.348	28.7899
Mean	668.855	665.821	27.4978

4.1.3.4 Pengujian Kuat Lentur Kayu

Pengujian kuat lentur kayu dilakukan dengan menggunakan tiga buah benda uji yang telah dibentuk seperti pada **Gambar 4.12**. Kuat lentur kayu dihitung berdasarkan RSNI T-09-2005 menggunakan persamaan berikut:

$$E = \frac{PL^3}{48dl}$$

dengan:

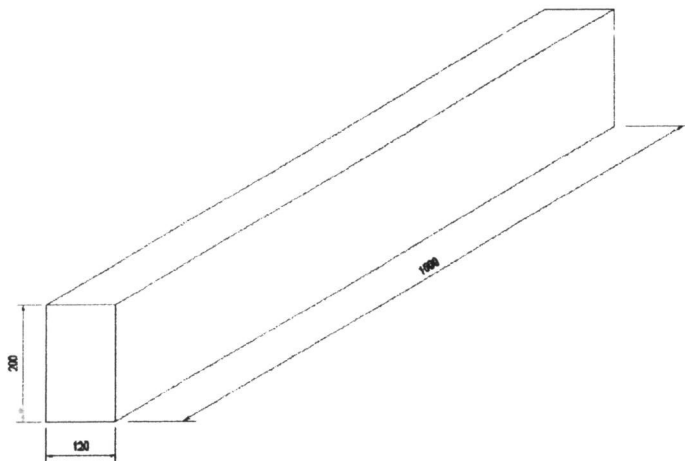
E = modulus elastisitas (MPa)

P = beban (N)

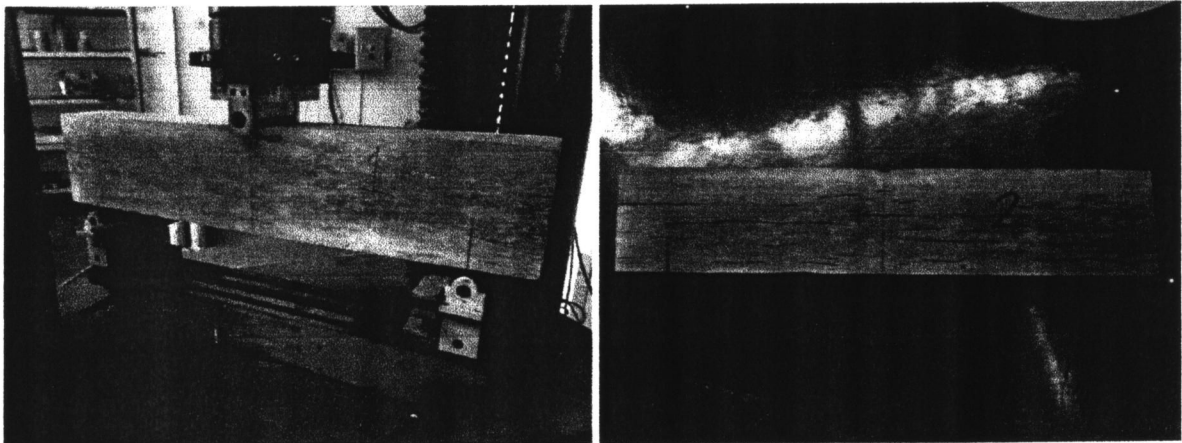
L = jarak tumpuan (mm)

d = defleksi (mm)

I = momen inersia (mm⁴)



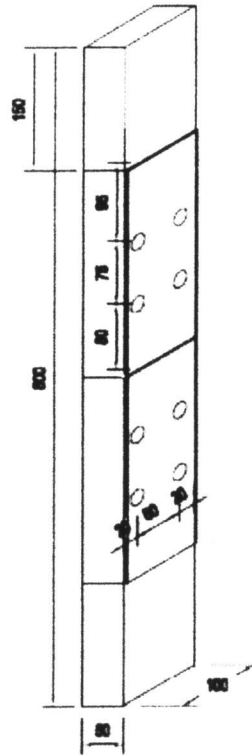
Gambar 4.12 Dimensi benda uji kayu untuk pengujian kuat lentur



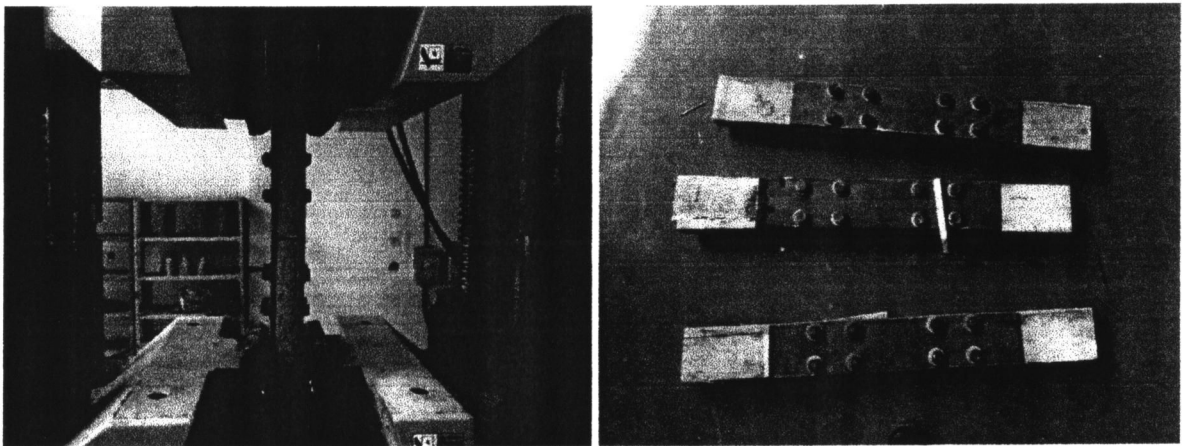
Gambar 4.13 Pengujian kuat lentur di laboratorium

4.1.3.5 Pengujian Tarik Sambungan Baut

Pengujian tarik sambungan kayu dilakukan dengan menggunakan tiga buah benda uji yang telah dibentuk seperti pada **Gambar 4.14**.



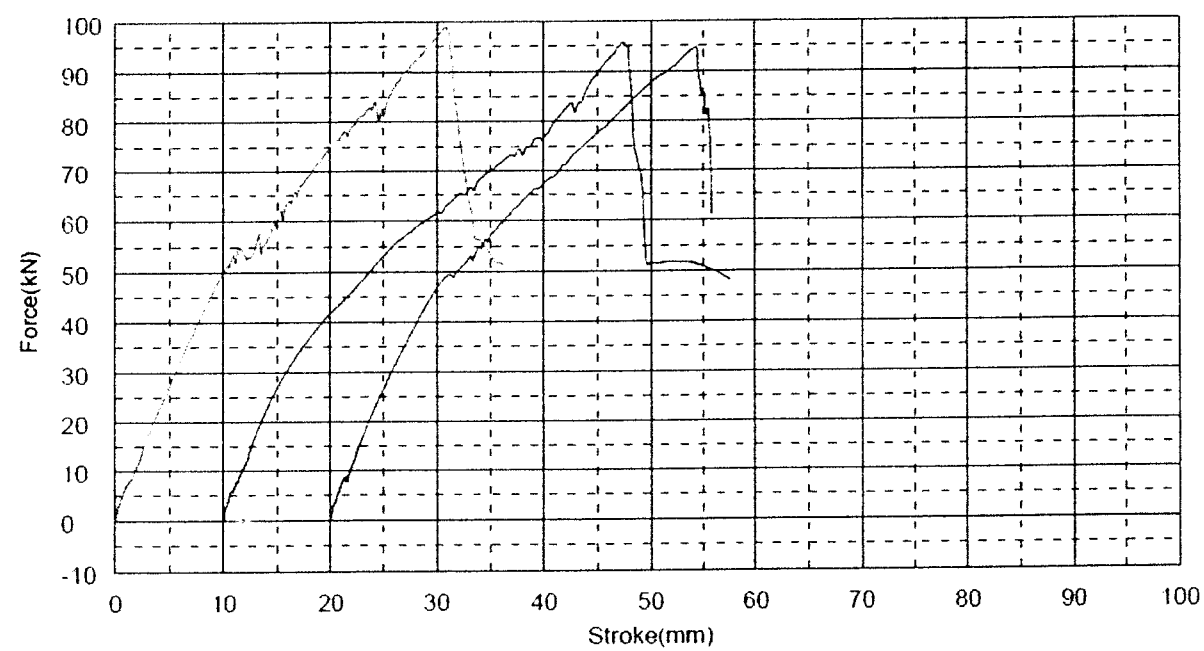
Gambar 4.14 Dimensi benda uji kayu untuk pengujian tarik sambungan baut



Gambar 4.15 Pengujian tarik sambungan baut di laboratorium

Setelah dilakukan pengujian tarik sambungan baut pada ketiga benda uji, material kayu yang diuji mengalami kegagalan (*fail*) sementara sambungan baut tidak mengalami kerusakan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa sambungan baut yang digunakan lebih kuat daripada material kayu sehingga dapat digunakan sebagai sambungan pada Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu. Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka sambungan baut

pada benda uji 1 dapat memikul gaya sebesar 99,4363 kN, sambungan baut pada benda uji 2 dapat memikul gaya sebesar 96,2808 kN, dan sambungan baut pada benda uji 3 dapat memikul gaya sebesar 95,1739 kN, sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 4.16** dan **Tabel 4.4**.



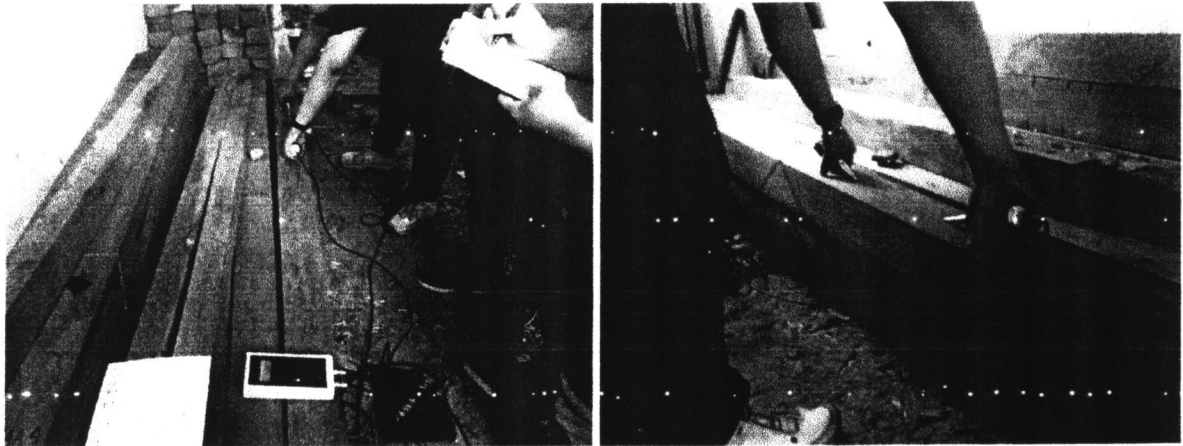
Gambar 4.16 Hasil pengujian tarik sambungan baut

Tabel 4.4 Hasil pengujian tarik sambungan baut

Name	Max_Force	Max_force-Kor
Units	kN	kN
1 - 1	98.9625	99.4363
1 - 2	95.8625	96.2808
1 - 3	94.7750	95.1739

4.1.3.6 Pengujian Modulus Elastisitas dengan Alat Portabel

Selain pengujian di laboratorium, juga dilakukan pengujian modulus elastisitas material kayu menggunakan alat Sylvatest milik Universitas Kristen Maranatha. Pengujian dilakukan pada seluruh elemen jembatan yang menggunakan material kayu. Dalam satu batang kayu dilakukan pengujian sebanyak tiga titik masing-masing pada keempat sisi kayu. Dokumentasi pengujian modulus elastisitas dengan alat tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.17**.



Gambar 4.17 Pengujian modulus elastisitas kayu dengan alat Sylvatest

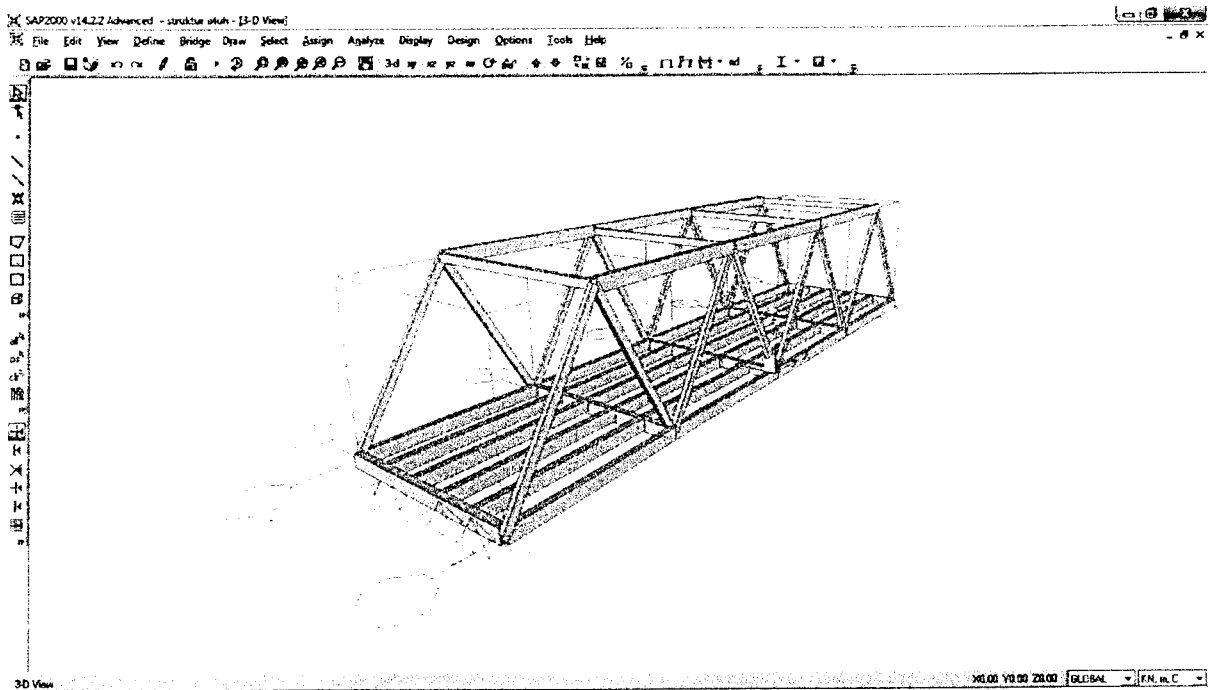
Prinsip kerja alat Sylvatest adalah pengukuran cepat rambat gelombang pada material kayu dalam jarak tertentu. Cepat rambat gelombang pada material kayu dianalisis dengan suatu persamaan sehingga dapat diperoleh modulus elastisitas material kayu.

4.1.4 Review Terhadap Kriteria Desain Tahun 2014

Output litbang Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu pada tahun 2014 adalah kriteria desain. Namun saat penyusunan Prototype Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu di tahun 2015, perlu dilakukan beberapa perubahan (*review*) terhadap kriteria desain yang telah dihasilkan. Alasan dilakukannya perubahan tersebut adalah material kayu yang diperoleh pada tahun 2015 memiliki properti yang berbeda dengan properti material kayu yang terdapat dalam kriteria desain 2014. Pada tahun 2014 direncanakan menggunakan kayu LVL sebagai elemen jembatan. Namun dikarenakan produksi kayu LVL yang cukup lama (lebih kurang 3 bulan) dan kegiatan litbang tahun 2015 dimulai pada bulan Agustus, dikhawatirkan Prototype Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu tidak dapat diselesaikan jika tetap menggunakan kayu LVL sebagai elemen jembatan. Sehingga dibutuhkan material kayu yang tersedia di pasaran dan dapat disediakan dalam waktu relatif cepat. Berdasarkan hasil masukan dari tim teknis Puslitbang Jalan dan Jembatan saat Diskusi Laporan Pendahuluan, diputuskan untuk menggunakan kayu kelapa sebagai elemen Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu.

Analisis struktur kembali dilakukan dengan menggunakan properti kayu kelapa pada elemen struktur jembatan. Dimensi elemen kayu disamakan dengan dimensi pada kriteria desain tahun 2014. Berdasarkan hasil analisis, beban kendaraan yang dapat dipikul oleh lantai jembatan

adalah kendaraan ringan (*light vehicle*). Ini berbeda dengan kriteria desain tahun 2014 yang memungkinkan lantai jembatan dilalui oleh truk engkel. Oleh karena itu tinggi jembatan (as ke as) direncanakan sebesar 2,5 m atau lebih rendah dari tinggi jembatan (as ke as) pada kriteria desain 2014 sebesar 3 m. Hal ini dilakukan agar truk tidak dapat melewati jembatan tersebut.



Gambar 4.18 Pemodelan struktur jembatan menggunakan properti kayu kelapa

4.1.5 Perakitan Jembatan

Material kayu yang telah diperoleh dibentuk sesuai dimensi rencana di *workshop* Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan. Pelat untuk sambungan jembatan dilubangi dan dilas sesuai dengan kebutuhan. Pengerjaan material kayu dan pelat sambungan dapat dilihat pada Gambar 4.19.



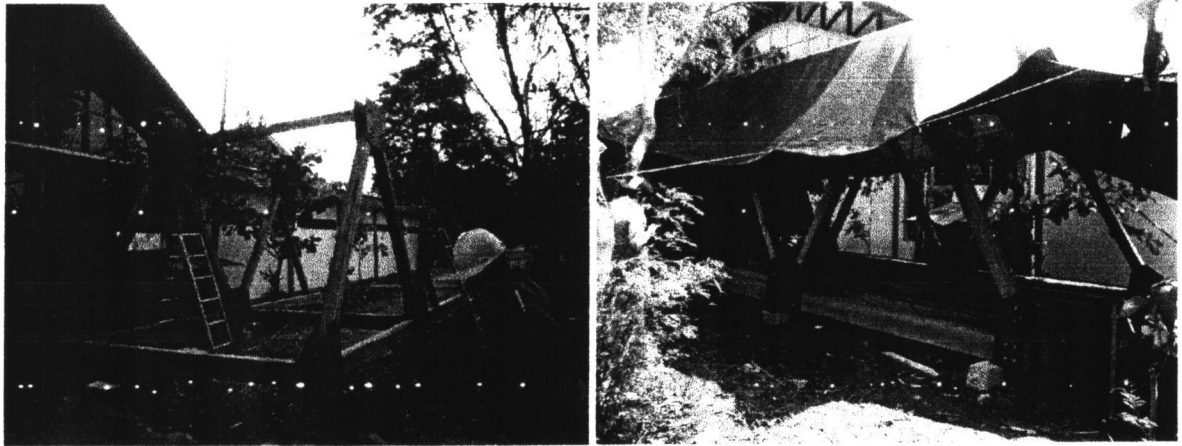
Gambar 4.19 Pengerjaan material kayu dan pelat sambungan di workshop

Material kayu yang telah dibentuk diberi lapisan anti serangga untuk mencegah kerusakan kayu akibat serangan serangga seperti rayap. Setelah diberi lapisan anti serangga material kayu akan diberi lapisan cat untuk memberi perlindungan pada kayu terhadap cuaca. Pelat sambungan jembatan juga diberi perlindungan menggunakan *epoxy* untuk mencegah terjadinya korosi.



Gambar 4.20 Pemberian lapisan anti serangga pada material kayu dan epoxy pada pelat sambungan

Setelah seluruh elemen jembatan dipersiapkan, dilakukan perakitan Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu di lingkungan Puslitbang Jalan dan Jembatan. Perakitan yang dilakukan membutuhkan waktu lebih kurang dua minggu. Proses perakitan jembatan dapat dilihat pada **Gambar 4.21**.



Gambar 4.21 Perakitan jembatan sementara menggunakan material kayu

BAB 5 REALISASI PELAKSANAAN LITBANG

5.1 Keuangan

Laporan keuangan untuk kegiatan penelitian dan pengembangan Prototipe Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu Tahun Anggaran 2015 disajikan pada Tabel 5.1.

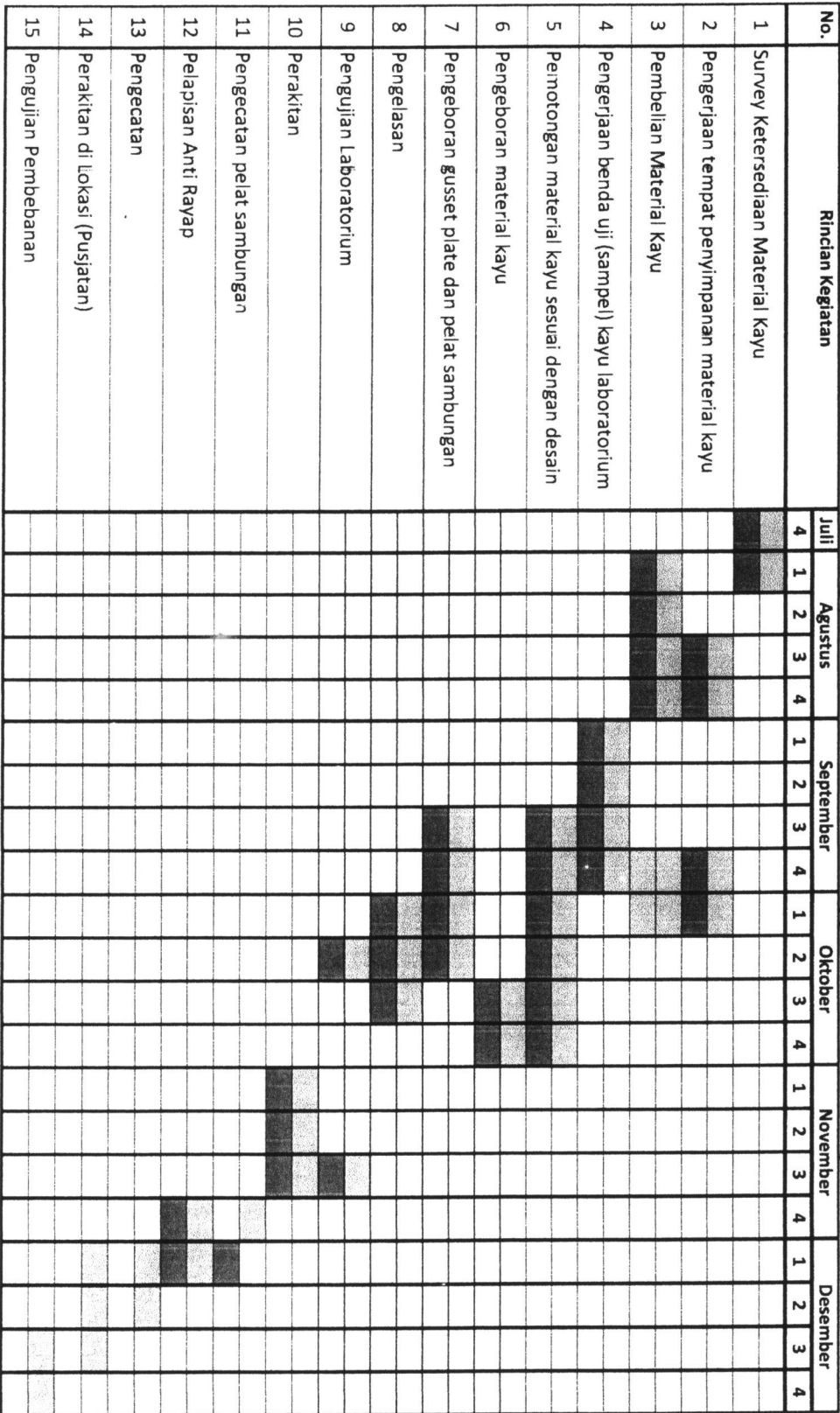
Tabel 5.1 Rincian Dana Penelitian

MAK	Uraian	Pagu (Rp)	Realisasi (Rp)
521211	Belanja Bahan	5.244.000	1.700.000
521213	Honor yang terkait dengan output kegiatan	36.240.000	33.080.000
521219	Belanja Barang Non Operasional Lainnya	80.666.000	80.402.000
522131	Belanja Jasa Konsultan	45.000.000	-
522151	Belanja Jasa Profesi	240.000.000	240.000.000
524111	Belanja Perjalanan Biasa	34.600.000	31.926.310
532111	Belanja Modal Peralatan dan Mesin	10.000.000	9.065.000
Total		451.750.000	396.173.310

5.2 Fisik

Kegiatan litbang Prototipe Jembatan Sementara Menggunakan Material Kayu selama satu tahun anggaran dituangkan dalam bentuk *bar chart* sebagaimana disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Realisasi fisik litbang jembatan sementara menggunakan material kayu



DAFTAR PUSTAKA

1. SNI 7973:2013, Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu
2. SNI 03-3958-1995, Metoda Pengujian Kuat Tekan Kayu di Laboratorium
3. SNI 03-3399-1994, Metoda Pengujian Kuat Tarik Kayu di Laboratorium
4. SNI 03-3975-1995, Metoda Pengujian Kuat Lentur Kayu Konstruksi Berukuran Struktural
5. RSNI T-09-2005, Metode Pengujian Lentur Posisi Tidur Kayu dan Bahan Struktur bangunan Berbasis Kayu dengan Beban Terpusat di Tengah Bentang
6. National Design Specification for Wood Construction (NDS)
7. Frick, Heinz, 1992, Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu, Kanisius
8. APA – The Engineered Wood Association, 1996, Manual For Engineered Wood Construction.

ko: 252

024.