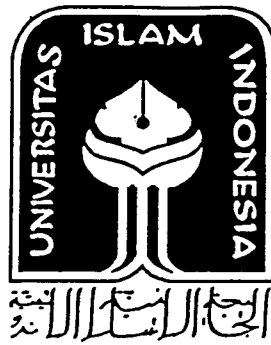


**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PERILAKU KUDA-KUDA DENGAN ALAT SAMBUNG
*CLAW NAILPLATE***

THE BEHAVIOR OF ROOF TRUSS SYSTEM WITH CLAW NAILPLATE CONNECTOR



Disusun Oleh:

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UJI YOGYAKARTA

RAHMADI BUDIMAN

No. Mhs : 95 310 209

NIRM : 950051013114120206

ISHERU ARIYADI

No. Mhs : 95 310 229

NIRM : 950051013114120226

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2001

Dedicated Our Masterpiece for...

*Alhamdulillah Rabbil Alamiin... Ya Allah,
Yang Maha Pemurah dan Maha Pengasih,
Terima Kasih Atas Segala Rahmat yang Engkau Berikan kepada Kami*

*Kedua Orang Tua Kami... Kami telah Berusaha untuk
Tidak Menyia-nyitakan Pengorbananmu*

*Saudara-Saudara Kami, baik di Lampung, Jakarta, Semarang, Jogja, Bunei Darussalam,
dan yang sudah Beristirahat dengan Tenang*

*Dosen Pembimbing Kami, Pak Suharyatmo dan Pak Jathkurrahman,
Terima Kasih atas Bimbingannya dan
Maaf Bila Ada yang Kurang Berkenan pada Hati Bapak Sekalian*

*Rekan-Rekan Lemponsari B-7 grup, Terima Kasih atas Kehangatan Suasana... We hope that
All of You Will Get a Better Life... We Will Miss You All...!
Adhi Kusuma, When Will You Get Married? Yusron, We're Waiting for Your Wedding
Invitation. Onik, Don't be Over Confident, Just Realize...! Sigit & Lia, Don't Forget Invite
Us...OK? Jimmy, Don't Make a Radical Vision in IJB, Karjo "Eki", Hurry
Up...! Ranah Minang is Waiting for Your Touch...! Yudi, Thank's for Your Help...and
Be Nice Please... Agus "Otong", You're So Crazy... I-Mack, Think About Your Next
Plans... and be a Good Loser! Sandi, Quick-Quick...! Ismail, Don't be So Nervous...
Our Classmate in "Civil D-95", And People who Have Helped Us From First Semester
until Now...*

*PJ Kuda-Kuda Total Prima, PJ Baja Sakti, UD Rajin, NASMOLO group, Intel
Inc. for The Processor, Canon Printer, Toyota Inc., Peugeot, Honda, Piaggio Vespa,
EIDOS with "Championship Manager", KONAMI with "Winning Eleven"... Terima Kasih...*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrahiim

Assalamu alaikum wr wb

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya dan shalawat dan salam dijunjung kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa ummat manusia ke jalan yang lurus.

Alhamdulillah penyusun ucapkan atas selesainya tugas akhir ini sebagai syarat dalam menempuh jenjang studi strata 1 (S1) sesuai dengan kurikulum di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogja.

Pada kesempatan ini, tidak lupa penyusun ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Ir. H Suharyatmo, MT, selaku dosen pembimbing I,
2. Bapak Ir. Fatkhurrahman N, MT, selaku dosen pembimbing II,
3. Bapak Ir. H Widodo, MSCE, PhD, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogja,
4. Bapak Ir. H Munadhir, MS, selaku ketua jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogja,
5. Bapak Bunadi Wijaya Gunawan, MSc, selaku direktur utama PT. Kuda-Kuda Total Prima, Jogja,

6. Ibu Tuti, Mas Wahyu dan rekan-rekan di Pabrik *Pryda* Pakem, Jogja, yang telah membantu penyusun,
7. Mas Hafidz, staf Laboratorium Mekanika Rekayasa, yang telah bersusah payah membantu penyusun dalam pengerjaan penelitian,
8. Mas nDaru dan mas Warno di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik,
9. Bapak Waris dan rekan-rekan di PT. Baja Sakti,
10. Saudara Martin dan rekan-rekan di Bengkel Las “Rajin”,
11. Kedua Orang Tua kami yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik moral maupun materil,
12. Rekan-rekan “Lemponsari B-7” yang sudah membantu baik dalam pemasangan benda uji maupun pada saat pengujian,
13. Pihak-pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu per satu yang telah membantu banyak dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas segala amal kebaikan yang telah diberikan kepada penyusun, semoga tugas akhir ini dapat berguna sekarang dan masa depan.
Amin.

Wassalamu'alaikum wr wb

Jogja, November 2001

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xviii
ABSTRAKSI.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat Penelitian	2
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1. Kuda-Kuda (<i>Truss Rafter</i>)	8

3.2. Alat Sambung Khusus.....	10
3.2.1. <i>Knuckle Nailplate</i>	10
3.2.2. <i>Claw Nailplate</i>	11
3.2.3. <i>Multigrips</i>	11
3.2.4. <i>Framing Bracket</i>	12
3.3. Konstruksi Atap.....	15
3.4. Hubungan Beban-Lendutan.....	17
3.5. Hubungan Momen-Kelengkungan.....	20
3.6. Analisis Regresi.....	24
3.6.1. Regresi Kuadrat Terkecil dengan Kurva Linear.....	24
3.6.2. Regresi Polinomial.....	25
3.7. Daktilitas.....	26
3.8. Hipotesis.....	27

BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Tinjauan Umum.....	28
4.2. Persiapan Bahan dan Alat.....	28
4.2.1. Bahan.....	28
4.2.2. Alat yang Digunakan.....	29
4.3. Benda Uji.....	32
4.4. Pembuatan Benda Uji.....	33
4.5. Jumlah Benda Uji.....	34
4.6. Pengujian Benda Uji.....	34
4.6.1. Pengujian Geser Sejajar Arah Serat Kayu.....	35

4.6.2. Pengujian Kuat Tarik Kayu.....	35
4.6.3. Pengujian Kuat Desak Kayu	35
4.6.4. Pengujian Kuat Geser Sambungan secara Monotonik	36
4.6.5. Pengujian Kuat Lentur Kuda-Kuda.....	36

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian Pendahuluan	38
5.1.1. Hasil Uji Kuat Geser Kayu Sejajar Serat	38
5.1.2. Hasil Uji Kuat Tarik Kayu Sejajar Serat.....	39
5.1.3. Hasil Uji Kuat Desak Kayu Sejajar Serat.....	41
5.1.4. Hasil Uji Berat Jenis Kayu.....	46
5.2. Hasil Uji Sambungan Kayu	47
5.2.1. Hubungan Beban-Lendutan Hasil Penelitian	47
5.2.2. Analisa Data Hubungan Beban-Lendutan.....	54
5.3. Penelitian Sistem Kuda-Kuda.....	55
5.3.1. Hubungan Beban-Lendutan.....	55
5.3.1.1. Hubungan Beban-Lendutan Numeris	55
5.3.1.2. Hubungan Beban-Lendutan Hasil Penelitian	55
5.3.2. Hubungan Momen-Kelengkungan	58
5.3.2.1. Hubungan Momen-Kelengkungan Numeris.....	58
5.3.2.2. Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Penelitian	58
5.3.3. Analisa Kerusakan pada Sampel Uji.....	59
5.4. Pembahasan.....	60

5.4.1. Analisa Data Sambungan Kayu Berdasar Hubungan Beban- Lendutan.....	60
5.4.2. Kuat Lentur Sistem Kuda-Kuda Berdasar Hubungan Beban- Lendutan.....	61
5.4.3. Kuat Lentur Sistem Kuda-Kuda Berdasar Hubungan Momen- Kelengkungan.....	64

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan	66
6.2. Saran	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Tabel 5.21. Hubungan Momen-Kelengkungan Kuda-Kuda <i>Pryda</i>	58
Tabel 5.22. Analisa Daktilitas Simpangan pada Kayu dengan Alat Sambung 6 C 4	61
Tabel 5.23. Analisa Daktilitas Simpangan pada Kayu dengan Alat Sambung 8 C 4	61
Tabel 5.24. Perbandingan σ_{ijin} dan σ_{yang} terjadi pada Kuda-Kuda.....	63
Tabel 5.25. Analisa Daktilitas Simpangan pada Kuda-Kuda <i>Pryda</i>	64
Tabel 5.26. Analisa Daktilitas Kelengkungan pada Kuda-Kuda <i>Pryda</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Penampang Kuda-Kuda <i>Pryda</i> Utuh dengan Detail A dan B.....	8
Gambar 3.2. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan untuk Gaya Tarik, Lentur, Desak.....	9
Gambar 3.3. <i>Knuckle Nailplate</i>	10
Gambar 3.4. <i>Claw Nailplate</i>	11
Gambar 3.5. <i>Multigrips</i>	12
Gambar 3.6. <i>Framing Bracket</i>	12
Gambar 3.7. Gaya Batang pada Sambungan A pada Gambar 3.1.....	13
Gambar 3.8. Gaya Batang pada Sambungan B pada Gambar 3.1.....	14
Gambar 3.9. Sambungan Konvensional dan Sambungan Sistem <i>Pryda</i>	16
Gambar 3.10. Contoh Spesifikasi <i>Claw Nailplate</i> 4 C 3 (Tampak Atas).....	16
Gambar 3.11. Contoh Penempatan Alat Sambung <i>Claw Nailplate</i> pada Kuda- Kuda	17
Gambar 3.12. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan pada Kayu dan Baja...	18
Gambar 3.13. Lentur Karena Beban.....	18
Gambar 3.14. Grafik Hubungan Beban-Lendutan dengan Kurva Trilinear...	19
Gambar 3.15. P_{ijin} pada Paku	20
Gambar 3.16. P_{ijin} pada Baut	20
Gambar 3.17. P_{ijin} pada Perikat	20
Gambar 3.18. P_{ijin} pada Kokot.....	20

Gambar 3.19. Kurva Lendutan	21
Gambar 3.20. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan	23
Gambar 3.21. Grafik Hubungan Tegangan-Modulus	23
Gambar 3.22. Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan dengan Kurva Trilinear.....	24
Gambar 4.1. Bentuk Fisik “SHIMIDZU” UTM-30	30
Gambar 4.2. Bentuk Fisik “LOADING FRAME”	30
Gambar 4.3. Dukungan Sendi.....	31
Gambar 4.4. Bentuk Fisik <i>Dial Gauge</i>	32
Gambar 4.5. Bentuk Fisik <i>Hydraulic Jack</i>	32
Gambar 4.6. Benda Uji dengan Alat Sambung <i>Claw Nailplate</i>	33
Gambar 4.7. Benda Uji Kuda-Kuda sistem <i>pryda</i>	33
Gambar 4.8. Pengujian Sambungan Kayu.....	36
Gambar 4.9. Pengujian Kuda-Kuda dengan Perletakan <i>dial gauge</i> dan Beban	37
Gambar 5.1. Bentuk Benda Uji Geser Kayu Sejajar Serat	39
Gambar 5.2. Bentuk Sampel Uji Tarik Kayu Sejajar Serat	40
Gambar 5.3. Bentuk Sampel Uji Desak Kayu Sejajar Serat.....	42
Gambar 5.4. Grafik Tegangan-Regangan Hasil Uji Kuat Desak Kayu Meranti	43
Gambar 5.5. Grafik Tegangan-Regangan Hasil Uji Kuat Desak Kayu Keruing.	44

Gambar 5.6. Grafik Tegangan-Regangan Hasil Uji Kuat Desak Kayu Bengkirai	45
Gambar 5.7. Bentuk Sampel Uji Berat Jenis Kayu	46
Gambar 5.8. Grafik Hubungan Beban-Selip <i>Claw Nailplate</i> 6 C 4 pada Kayu Meranti	48
Gambar 5.9. Grafik Hubungan Beban-Selip <i>Claw Nailplate</i> 6 C 4 pada Kayu Keruing.....	49
Gambar 5.10. Grafik Hubungan Beban-Selip <i>Claw Nailplate</i> 6 C 4 pada Kayu Bengkirai	50
Gambar 5.11. Grafik Hubungan Beban-Selip <i>Claw Nailplate</i> 8 C 4 pada Kayu Meranti	51
Gambar 5.12. Grafik Hubungan Beban-Selip <i>Claw Nailplate</i> 8 C 4 pada Kayu Keruing.....	52
Gambar 5.13. Grafik Hubungan Beban-Selip <i>Claw Nailplate</i> 8 C 4 pada Kayu Bengkirai	53
Gambar 5.14. Grafik Hubungan Beban-Lendutan Kuda-Kuda <i>Pryda</i>	56
Gambar 5.15. Grafik Hubungan Beban-Lendutan Kuda-Kuda <i>Pryda</i> dengan Numeris	57
Gambar 5.16. Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Kuda-Kuda <i>Pryda</i> Dengan Numeris.....	59
Gambar 5.17. Gaya yang Terjadi pada Batang Diagonal	62

Lampiran XVI Tabel Gaya Batang Aksial pada Kuda-Kuda dengan SAP90

Lampiran XVII Foto Pengujian

DAFTAR NOTASI

A	= luas rata-rata
E	= modulus elastisitas
H	= tinggi kuda-kuda
h	= tinggi penampang kayu
I	= inersia
k	= faktor lamanya pembebanan
K	= kekakuan
l	= lebar penampang kayu
L	= panjang bentang kuda-kuda
M	= momen
N_{tp}	= kekuatan ijin <i>nailplate</i>
N_p	= perencanaan dasar pembebanan untuk desak
N_s	= perencanaan dasar pembebanan untuk geser
P	= beban mati
P_{cr}	= beban kritis
ϕ	= kelengkungan (curvature)
σ	= tegangan
ε	= regangan
Δ	= defleksi (lendutan)
α	= besar sudut
Δx	= jarak antar dial
ρ	= jari-jari kelengkungan
μ	= daktilitas

ABSTRAK

Sejalan dengan peningkatan kebutuhan perumahan pada masyarakat, maka diperlukan pula inovasi baru dalam bidang perumahan. Salah satu bentuk inovasi tersebut adalah kuda-kuda sebagai suatu komponen yang penting dalam perumahan. Kuda-kuda pabrikan yang ringan sebagai salah satu solusi yang dalam penggunaannya menggunakan alat sambung khusus. Kuda-kuda pabrikan ini lebih dikenal dengan kuda-kuda *pyda* di mana di negara asalnya, Australia, telah dikembangkan kurang lebih 30 tahun yang lalu

Penelitian ini dilaksanakan sebagai salah satu usaha untuk mengukur tingkat keefektifan dan keefisienan penggunaan alat sambung *claw nailplate* pada rangkaian kuda-kuda. Sebagai penunjang, dilakukan juga penelitian terhadap kayu yang beredar di pasaran (bengkirai, keruing, dan meranti) yang menggunakan alat sambung *claw nailplate*. Sehingga dari penelitian penunjang dan penelitian utama akan didapatkan hubungan beban-lendutan dan momen-kelengkungan.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa kuda-kuda pabrikan mampu menahan beban yang cukup besar. Selain itu, kayu bengkirai memiliki kecenderungan menahan beban lebih besar dari pada kayu lainnya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam satu dasawarsa belakangan ini, sehubungan dengan peningkatan pembangunan maka meningkat pula taraf hidup masyarakat. Peningkatan taraf hidup masyarakat menyebabkan peningkatan sarana dan prasarana yang dibutuhkan untuk menunjang peningkatan tersebut. Salah satu kebutuhan pokok manusia adalah perumahan, kenaikan taraf hidup masyarakat menyebabkan meningkatnya kesadaran akan perlunya perumahan bagi setiap keluarga. Dengan semakin meningkatnya kesadaran akan perlunya rumah bagi keluarga, maka kebutuhan akan perumahan tidak akan terpenuhi bila tidak dilakukan inovasi baru dalam teknik pembangunan perumahan tersebut.

Kuda-kuda merupakan salah satu komponen dalam struktur bangunan yang metoda pembuatan dan pemasangannya dapat diperbaiki. Kuda-kuda yang sedang diteliti ini adalah kuda-kuda sistem *Pryda*. Dalam sistem ini pekerjaan pembuatan rangka atap dilakukan dengan cara pabrikasi, baik dalam pembuatan komponen kuda-kuda, sistem sambungan, maupun bagian-bagian kaso ataupun rengnya. Dengan demikian mempermudah pelaksanaan, hanya tinggal memasang saja,

sehingga dengan cara ini diperoleh percepatan dalam pembangunan dan perbaikan pengontrolan mutu bahan dan cara kerjanya.

Atas hal tersebut peneliti berkeinginan untuk meneliti perilaku kuda-kuda sistem *Pryda* ditinjau dari kekuatan rangka atap secara keseluruhan dalam menahan beban, terutama beban mati (beban desak). Kondisi kayu, sistem pembebanan dan budaya kerja di Indonesia tentunya berbeda dengan tempat asal pertama kalinya sistem *Pryda* dikembangkan. Oleh karena itu untuk mengetahui perilaku kedua sistem rangka atap tersebut dilakukan pengujian dengan pengujian skala penuh.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

Untuk mempelajari perilaku kuda-kuda sistem *pryda* berdasarkan hubungan beban-lendutan ($P-\Delta$) dan momen-kelengkungan ($M-\phi$).

1.3. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dapat digunakan untuk menentukan gaya yang mampu didukung oleh alat sambung *claw nailplate*.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah :

Nilai kuat desak dan lendutan (defleksi) rangka atap yang aktual.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil adalah :

1. Diteliti kuat geser kayu searah serat, kuat tarik searah serat, kuat desak sejajar serat, dan berat jenis kayu yang digunakan dalam penelitian.
2. Diteliti kuat geser kayu meranti, keruing, dan bengkirai dengan alat sambung *claw nailplate*.
3. Diteliti kuat lentur dan lendutan yang terjadi pada kuda-kuda sistem *pryda*.
4. Rangka atap (kuda-kuda) sistem *pryda* dengan bentang 6 meter dan sudut 30° yang menggunakan kayu bengkirai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Rangka atap pabrikasi merupakan solusi bagi problem rangka atap secara umum, karena rangka atap pabrikasi memiliki beberapa keuntungan yang tidak dimiliki oleh rangka atap yang dibuat secara konvensional. Rangka atap pabrikasi menggunakan konektor (alat sambung) khusus, tujuannya untuk menghemat penggunaan kayu pada rangka atap kuda-kuda sehingga dapat mengurangi biaya pelaksanaan tanpa mengurangi kekuatan rangka atap kuda-kuda dalam menahan beban yang terjadi. Dalam pembahasan ini menggunakan alat sambung *Claw Nailplate*.

Claw Nailplate adalah pelat baja galvanis berpaku yang pemasangannya menggunakan alat khusus dengan cara penekanan (*pressing*). (Pryda, 1990)

Semakin cepat kayu itu dibebani (semakin pendek waktu pembebanan), semakin besar tegangan yang dapat didukungnya. (Suwarno, 1976)

Beban mati pada perencanaan biasanya mendapat porsi yang kecil dari seluruh rencana pembebanan. (Donald E. Breyer, 1980)

Seluruh elemen yang berhubungan pada rangka atap, termasuk dinding, pengikat (*bracing*), dan lain-lain, didesain sedemikian rupa sehingga menjadi satu kesatuan struktur yang memiliki sifat stabil terhadap seluruh kondisi pembebanan. (Pryda, 1990)

Modulus kenyal menurut arah serat baik untuk batang tarik, maupun batang desak ataupun yang terlentur boleh dianggap sama. **(Suwarno, 1976)**

Sistem *truss plate* adalah metal datar dengan gigi-gigi yang runcing di mana gigi tersebut dipasang pada kayu dengan sistem penekanan (*pressing*) dan salah satu pelat tersebut dipasang pada bagian depan dan belakang sambungan. **(Faherty KF, 1989)**

Pelat bergerigi biasanya memiliki paku-paku tersendiri yang merupakan satu kesatuan dari pelat tersebut. Pelat ini biasanya dikenal sebagai *truss plate* di dunia konstruksi. Cara pemasangannya adalah dengan memberikan suatu tekanan sehingga pelat tersebut dapat menempel pada bagian kayu itu. **(Stalnaker J. J, 1989)**

Pelat paku pada kayu yang akan disambung, dipotong tumpul dan diletakkan rapat. Pelat paku selalu dipasang kembar (sebelah-menyebelah) dengan ukuran yang sama. Karena itu, pelat paku hanya boleh dipasang pada konstruksi bertampang satu. **(Heinz Frick, 1982)**

Dalam perencanaan sambungan dengan menggunakan alat sambung *Claw Nailplate* harus memenuhi kriteria perencanaan meliputi kekuatan perpaku pada pelat, tegangan desak pelat dan gaya geser pada pelat. **(Pryda, 1990)**

Pada konstruksi kuda-kuda ringan, secara ekonomis lebih baik jika sambungannya menggunakan *truss plate*. Hal ini dikarenakan sambungan tersebut diletakkan pada kedua sisi kayu yang akan disambung. Pelat tersebut ditekan sedemikian sehingga gerigi yang ada di pelat tersebut terpenetrasi secara

sempurna ke dalam sambungan tersebut di mana fungsi gerigi sama dengan paku pada umumnya. (Stalnaker J. J, 1989)

Balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki suatu titik di mana momennya mencapai maksimum. Semakin besar beban yang diberikan, semakin besar pula momen yang terjadi. Jika beban semakin besar, maka material yang terdeformasi semakin cepat dan defleksinya juga semakin besar. (Lynn S. Beedle, 1958)

Gaya (P) yang diijinkan adalah $\frac{1}{3} P_{\max}$ atau beban patah, atau diambil beban sesaran 1,5 mm. (Suwarno, 1976)

Kuda-kuda sistem *Pryda* dalam perencanaannya dapat menghemat pemakaian kayu sebesar 30 % dibandingkan kuda-kuda konvensional. (Pryda, 1990)

Kayu mempunyai dua sumbu, yaitu sejajar arah serat (aksial) dan tegak lurus arah serat (tangensial dan radial). Kayu tidak mempunyai batas kenyal tetapi mempunyai batas proporsional, jika kayu mendapat desakan menurut arah panjangnya, sel-selnya mendapat gaya desak menurut sumbu panjangnya. (Suwarno, 1976)

Grafik beban-lendutan dan momen kelengkungan memiliki kesamaan bentuk terutama pada bagian tengah (inelastis) dan akhir grafik tersebut (plastis). (Lynn S. Beedle, 1958)

Jika kurva lendutan balok mempunyai kemiringan yang besar, maka hasil pendekatan diferensial dengan dasar hukum Hooke tidak dapat terpakai. Hukum

Hooke digunakan apabila kemiringan kurva lendutan relatif kecil. (Timoshenko, 1987)

Teori tangen modulus membahas keruntuhan batang di atas proporsional. Sesaat sebelum batang tekan mengalami keruntuhan, batang tetap dianggap lurus (tanpa lendutan) dan lendutan dianggap terjadi tepat pada batang mengalami keruntuhan. (Salmon, 1980)

Kelengkungan adalah perubahan kemiringan per unit panjang balok, dinyatakan dalam ϕ , dan regangan longitudinal adalah perubahan panjang per unit panjang dari serat balok horisontal, dinyatakan dalam ϵ . (Padosbajayo, 1992)

Struktur rangka akan lebih kaku, terutama pada sambungan-sambungannya jika dalam penggunaan *restraint* pada SAP90 dianggap *frame*. Sedangkan sambungan tersebut lebih fleksibel jika dalam input *restraint* dianggap *truss*. (PKTS UGM, 1999)

Dalam penelitian, apabila data menunjukkan adanya kesalahan yang cukup besar, maka dilakukan Regresi Kuadrat terkecil. Untuk itu, dibuat kurva tunggal yang mempresentasikan trend secara umum dari data. Karena beberapa data mungkin kurang benar, maka kurva tidak dipaksakan untuk melewati titik. Kurva dibuat mengikuti pola dari sekelompok titik. Bentuk yang paling sederhana dari regresi kuadrat terkecil adalah apabila kurva yang mewakili titik percobaan merupakan garis lurus.

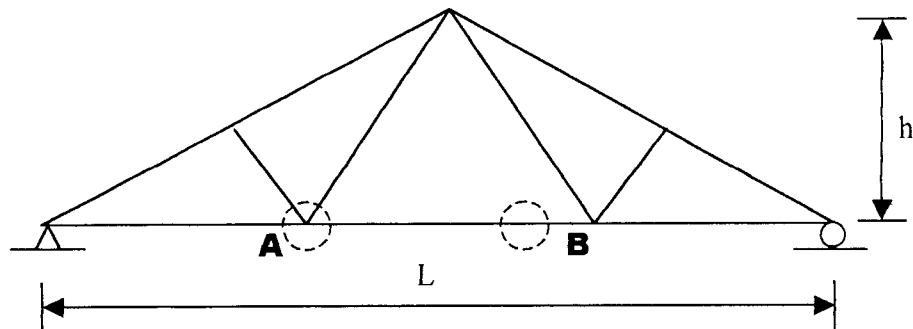
Regresi polinomial menghasilkan kurva lengkung yang persamaannya dapat diturunkan dengan melakukan transformasi data asli ke bentuk lain yang sesuai. (Bambang Triatmodjo, 1992)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Kuda-kuda (*Truss Rafter*)

Kuda-kuda merupakan gabungan dari beberapa elemen kayu termasuk pengikat (*bracing*) dan lain-lain, didesain sedemikian rupa sehingga menjadi satu kesatuan struktur yang memiliki sifat stabil terhadap seluruh kondisi pembebanan (Pryda,1990).



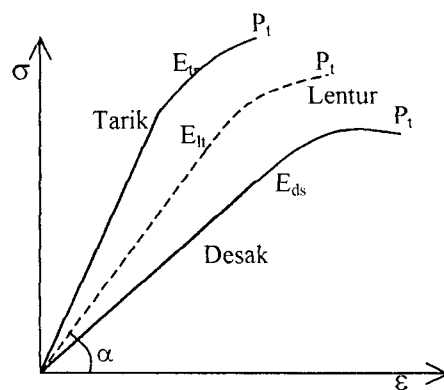
Gambar 3.1. Penampang kuda-kuda *pryda* utuh dengan detail A dan B

Gambar 3.1 menunjukkan sampel kuda-kuda yang biasa digunakan pada sistem *Pryda* di mana model rangka atap ini biasa disebut dengan model *fink*. Sambungan A dan B merupakan contoh detail sambungan, di mana A disambung dengan *claw nailplate* dan joint B akan disambung dengan *nop (nail on plate)*. Alat sambung *claw nailplate* pelaksanaan pembuatan di pabrik sedangkan *nop* dilakukan di lapangan.

Pembebanan pada kayu dapat berupa :

1. Pembebanan Kejut : pembebanan yang terjadi dalam beberapa detik saja
2. Pembebanan Jangka Pendek : pembebanan yang terjadi dalam beberapa menit (pada pengujian laboratorium)
3. Pembebanan Jangka Sedang : pembebanan yang terjadi selama setahun atau lebih (pada pekerjaan perancah).
4. Pembebanan Jangka Panjang : pembebanan yang terjadi lebih dari 10 tahun (pada bangunan biasa).

Sehingga sebatang kayu yang dibebani selama 1 jam akan dapat mendukung tegangan yang lebih besar daripada, apabila dibebani selama 1 tahun. Dan kayu merupakan bahan yang baik untuk mendukung tegangan-tegangan yang timbul dalam waktu yang pendek saja. (Suwarno, 1976)



Gambar 3.2. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan untuk Gaya Tarik, Lentur, dan Desak

Modulus kenyal menurut arah serat baik untuk batang tarik maupun batang desak ataupun batang terlentur, boleh dianggap sama. Yang menentukan besar nilai E

adalah $\tan \alpha$, yaitu sudut antara sumbu horisontal dan bagian garis diagram yang lurus. (Suwarno, 1976)

3.2. Alat Sambung Khusus

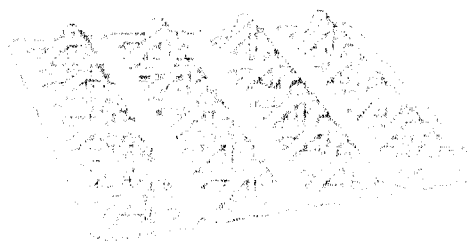
Alat sambung khusus di sini adalah alat sambung yang terdapat dalam rangka atap sistem *pryda*. Seluruh alat sambung khusus yang ditinjau menggunakan suatu pelat secara prinsip yang disebut *nailplate*, yang terbuat dari pelat baja galvanis dan berpaku.

Perhitungan mengenai alat sambung sistem *pryda* ini dilakukan secara komputerisasi, dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) jenis PCR-01.

Adapun alat sambung khusus tersebut yang banyak digunakan di lapangan adalah : *Knuckle Nailplate, Claw Nailplate, Multigrips, Framing Bracket*. (Pryda, 1990)

3.2.1. *Knuckle Nailplate*

Knuckle Nailplate adalah alat sambung khusus berupa pelat yang memiliki lubang-lubang di mana terisi oleh paku khusus pula. Pemasangan hanya dengan memukul lubang tersebut sehingga paku pada menempel pada bagian yang akan disambung.

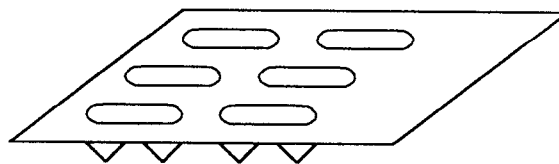


Gambar 3.3. *Knuckle Nailplate*

Lubang-lubang tersebut terisi dengan paku galvanis yang sudah didesain sedemikian sehingga menjadi alat sambung yang sangat kuat. Alat sambung ini lebih cocok digunakan jika pekerjaan konstruksi memiliki upah buruh yang cukup rendah, karena tidak memerlukan keahlian khusus dan pengerjaan di lapangan.

3.2.2. *Claw Nailplate*

Claw Nailplate adalah alat sambung khusus produksi *Pryda* yang memiliki paku-paku di mana paku tersebut menjadi suatu kesatuan di dalam pelat. Pemasangan *claw nailplate* agak sedikit lebih rumit karena memerlukan mesin pres khusus.



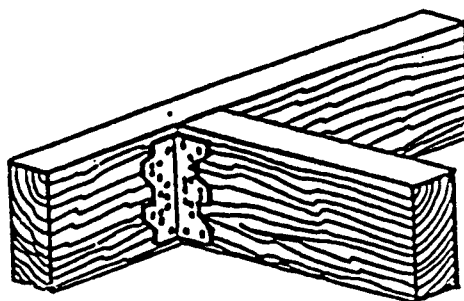
Gambar 3.4. *Claw Nailplate*

Karena pemasangan *claw nailplate* harus dilakukan dengan alat pres khusus, maka upah tenaga kerja akan lebih besar, sebab diperlukan keahlian khusus untuk memasang alat ini.

Claw nailplate ini merupakan alat sambung khusus yang banyak digunakan pada rangka atap sistem *pryda*.

3.2.3. *Multigrips*

Multigrips berfungsi sebagai pengikat antara rangka atap dengan balok tepi (ring balok). Balok tepi berfungsi tumpuan rangka atap dan menerima beban vertikal

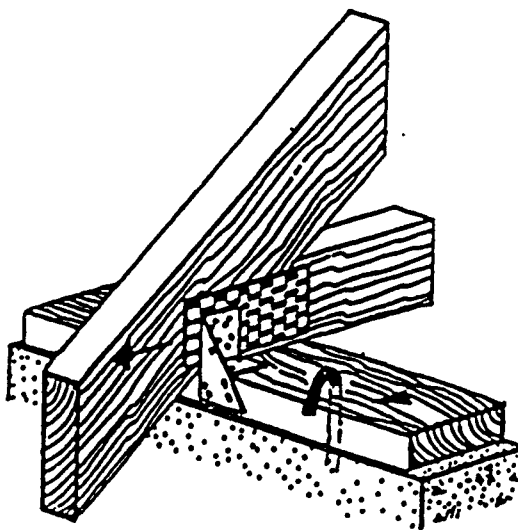


Gambar 3.5. *Multigrips*

Bentuk *multigrips* hampir menyerupai dengan *knuckle nailplate*. Perbedaan hanya terletak pada bentuk *multigrips*, yakni berupa siku.

3.2.4. *Framing Bracket*

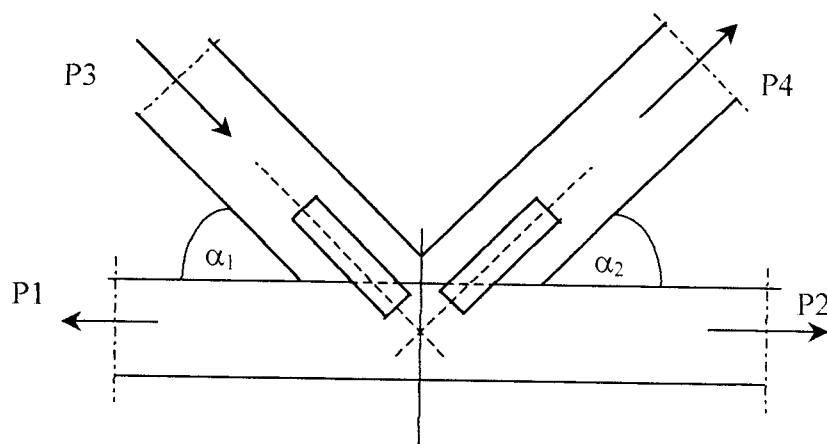
Framing Bracket adalah alat ikat antara balok anak dan balok induk.



Gambar 3.6. *Framing Bracket*

Pada kasus-kasus tertentu, di mana bentang rangka atap panjang, diperlukan *framing bracket* yang lebih kuat. Hal ini dikarenakan balok kayu yang dipakai rangka atap lebih besar, sehingga berat dari balok tersebut akan besar pula. Untuk

mengantisipasi hal ini, dibuat *framing bracket* dari pelat baja galvanis yang lebih tebal dari *framing bracket* yang umum digunakan.



Gambar 3.7. Gaya Batang yang Terjadi pada Sambungan A pada Gambar 3.1

$$\text{Lebar Plat/sisi} = \frac{\text{Gaya Batang terbesar}}{N_{ip} \times K} \times 1/2 \quad (3.1)$$

Untuk batang diagonal dan horizontal :

Menggunakan rumus Hankinson untuk menentukan kekuatan 1 paku pada α_1 :

$$N_{\alpha_1} = \frac{N_{p\text{sejajar}} \times N_{p\text{tegak lurus}}}{N_{p\text{sejajar}}(\sin \alpha_1)^2 + N_{p\text{tegak lurus}}(\cos \alpha_1)^2} \quad (3.2)$$

$$\text{Jumlah paku/sisi} = \frac{P_3}{N_{\alpha_1} \times K} \times 1/2 \quad (3.3)$$

Kekuatan 1 paku pada α_2 :

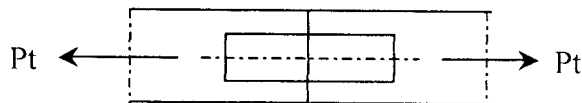
$$N_{\alpha_2} = \frac{N_{p\text{sejajar}} \times N_{p\text{tegak lurus}}}{N_{p\text{sejajar}}(\sin \alpha_2)^2 + N_{p\text{tegak lurus}}(\cos \alpha_2)^2} \quad (3.5)$$

$$\text{Jumlah paku/sisi} = \frac{P_4}{N\alpha_2 \times K} \times 1/2 \quad (3.5)$$

Gaya geser pada joint antara batang diagonal dan batang bawah (α_1) :

$$Ns\alpha_1 = \frac{Ns \text{ longitudinal} \times Ns \text{ lateral}}{Ns \text{ longitudinal}(\sin\alpha_1)^2 + Ns \text{ lateral}(\cos\alpha_1)^2} \quad (3.6)$$

$$\text{Gaya geser/sisi} > \frac{P_1 - P_2}{Ns\alpha_1} \times 1/2 \quad (3.7)$$



Gambar 3.8. Gaya Batang pada Sambungan B pada Gambar 3.1

Paku yang dibutuhkan :

$$\text{Jumlah paku/sisi} > \frac{1,15 \times Pt}{Np \times K} \times 1/2 \quad (3.8)$$

Lebar plat :

$$\text{Lebar plat/sisi} > \frac{Pt}{Ntp \times K} \times 1/2 \quad (3.9)$$

Keterangan :

P = Gaya batang (N)

Ntp = Kekuatan yg diijinkan pada plat (N / mm)

K = Faktor lamanya pembebanan (1.0)

Np = Perencanaan dasar pembebanan untuk desak (N / paku)

N_s = Perencanaan dasar pembebanan untuk geser (N / paku)

α = sudut antara batang diagonal dan horizontal

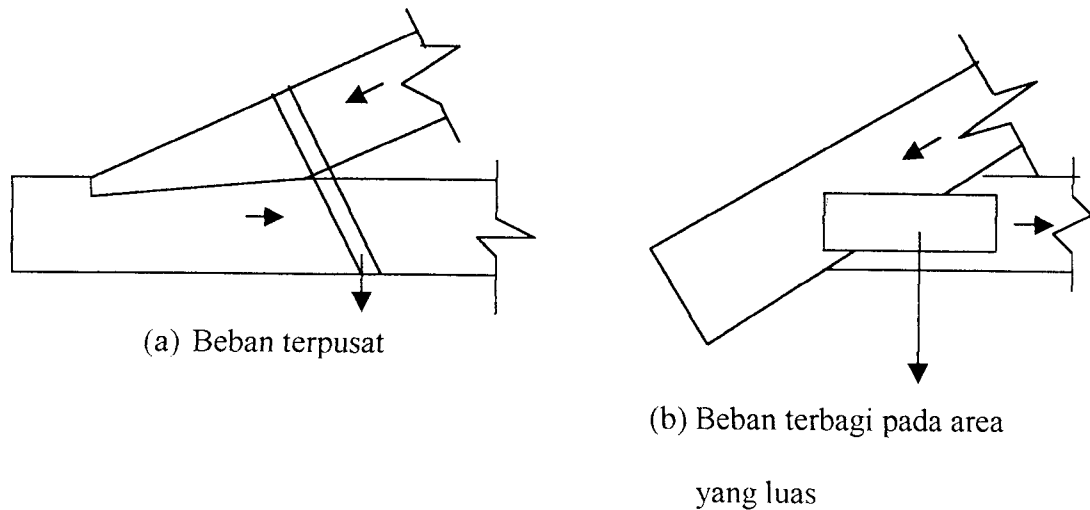
3.3. Konstruksi Atap

Pada rangka atap konvensional, dimensi kayu ditentukan oleh keperluan hubungan kayu. Umumnya dimensi kayu diperbesar agar menyediakan cukup tempat untuk takikan (coakan) atau kait. Dengan kata lain dimensi kayu lebih besar dari pada yang diperlukan untuk memikul beban (tegangan) pada kayu. Hal ini tidak terjadi pada rangka atap ringan. Seluruh beban (tegangan) pada sambungan dipikul oleh *nailplate*, kayu hanya menerima beban gaya dalam pada rangka atap. Sebagai perbandingan, tabel berikut memperlihatkan ukuran kayu yang umum digunakan untuk rangka kuda-kuda bentang 6 meter:

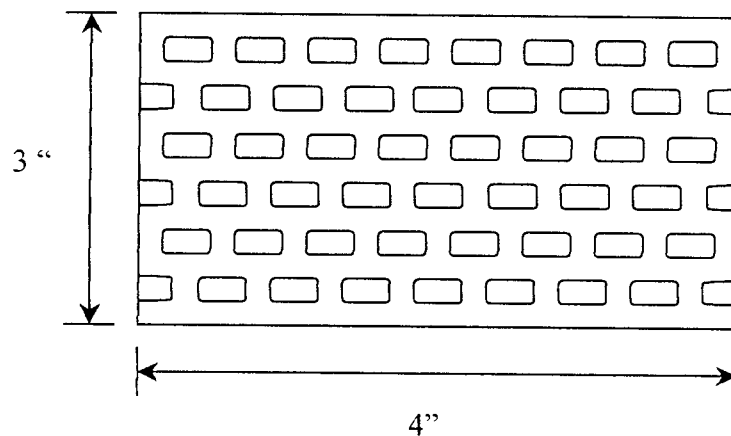
Tabel 3.1. Perbandingan Ukuran Kayu Kuda-Kuda Konvensional dan *Pryda*

	Rangka Atap Konvensional	Rangka Atap Ringan
Batang Tepi Atas	8 / 12	4 / 10
Batang Tepi Bawah	8 / 12	4 / 10
Batang Tengah	6 / 12	4 / 7

Karena Rangka Atap Ringan tidak menggunakan gording dan kaso, maka pemakaian kayu pada Rangka Atap Ringan dapat dihemat sampai 30 % (Terlampir).

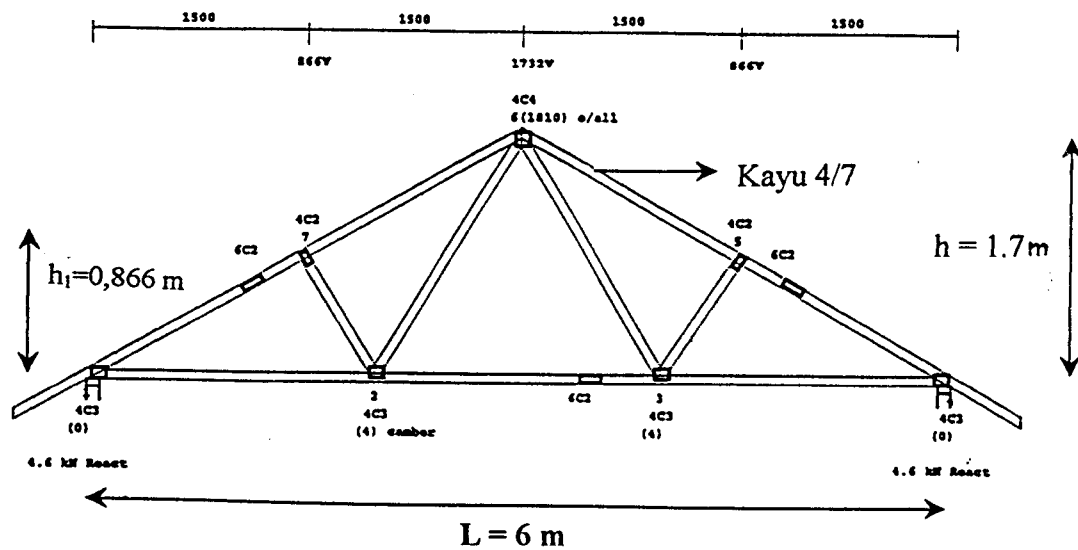


Gambar 3.9. Sambungan konvensional (a) dan sambungan sistem pryda (b)



Gambar 3.10. Contoh Spesifikasi *Claw Nailplate 4 C 3* (Tampak Atas)

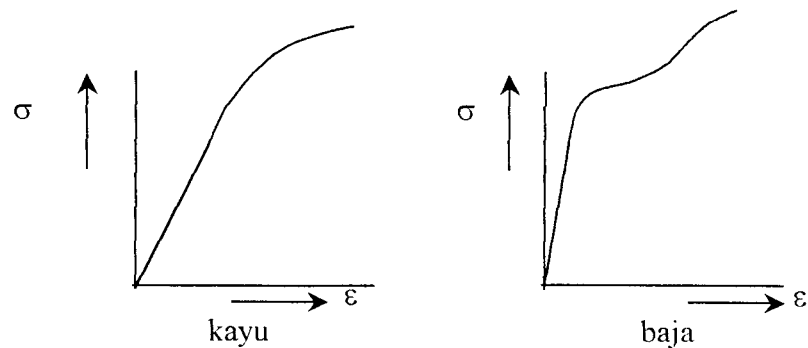
Pada contoh alat sambung *claw nailplate 4 C 3* seperti di atas, dapat dihitung jumlah paku yang terdapat pada alat sambung tersebut. Dalam satu lubang, terdapat 2 paku dengan kedalaman 8 mm. Sedangkan dalam 1", terdapat 2 lubang sehingga jumlah paku yang terdapat pada alat sambung tersebut adalah 96 buah. Seluruh alat sambung *claw nailplate* memiliki ketebalan pelat sebesar 1 mm dan kedalaman paku 8 mm.



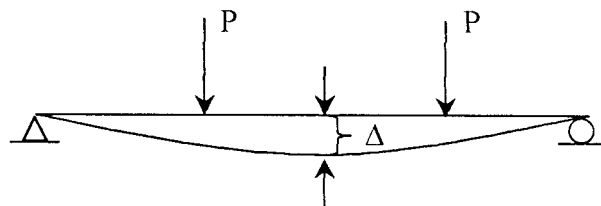
Gambar 3.11. Contoh Penempatan Alat Sambung *Claw Nailplate* pada Kuda-Kuda bentang 6 meter

3.4. Hubungan Beban-Lendutan

Lentur yang disebabkan adanya beban akan menimbulkan lendutan secara langsung. Apabila balok tersebut sangat fleksibel, maka bisa dikatakan tidak layak digunakan, meskipun secara matematis nilai keamanan dari lentur dan geser memenuhi syarat. Pada dasarnya kayu dan baja memiliki sifat yang hampir sama, kalau pada kayu tidak mempunyai batas kenyal melainkan batas proporsional. Tetapi dalam praktek, batas proporsional itu dianggap batas kenyal seperti pada konstruksi baja. (Suwarno, 1976)



Gambar 3.12. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Pada Kayu dan Baja



Gambar 3.13. Lentur karena beban

Hubungan beban-lendutan dinyatakan dalam :

$$\Delta = \frac{23.P.L^3}{648EI} \quad (3.10)$$

Dengan : Δ = defleksi balok

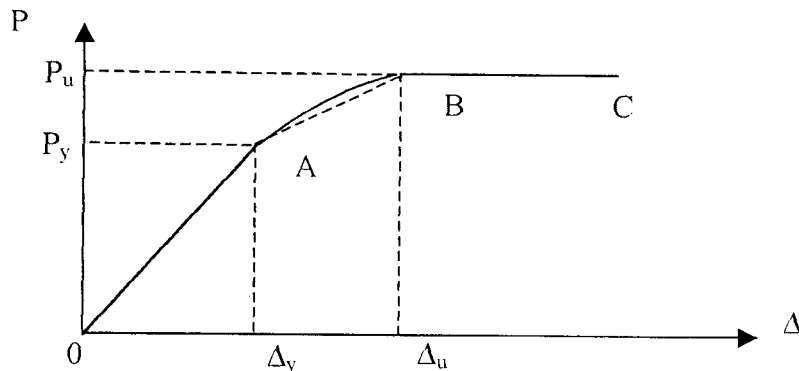
P = beban total sepanjang bentang

L = panjang bentang balok

E = modulus elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

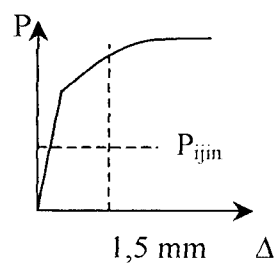
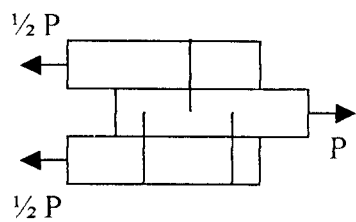
Lynn S. Beedle, 1958, membuat suatu kesimpulan bahwa balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki suatu titik dimana momen akan mencapai maksimum. Semakin besar beban yang diberikan, semakin besar pula momen yang terjadi. Jika beban semakin besar, maka material yang terdeformasi semakin cepat dan defleksi juga semakin besar.



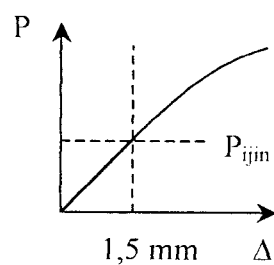
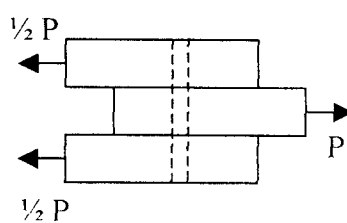
Gambar 3.14. Grafik Hubungan Beban (P) dan Lendutan (Δ) dengan kurva trilinear Menurut penelitian yang dilakukan oleh *American Society for Testing and Material* (ASTM) yang ditulis oleh **Timoshenko, 1987**, bahwa kelakuan rangka hingga beban patah dinyatakan oleh garis OA pada diagram beban-lendutan dari Grafik 3.3. atau disebut juga dengan daerah elastis. Dengan penambahan beban pada rangka maka rangka akan menjadi plastis sebagian dimana ditunjukkan pada garis AB, hingga pada akhirnya rangka menjadi plastis sempurna dimana ditunjukkan pada garis BC, setelah itu rangka atau struktur tidak mampu lagi memikul tambahan beban.

Pada keadaan elastis, balok sederhana memiliki suatu titik di mana terjadi nilai hubungan antara beban dan defleksi mencapai titik maksimum.

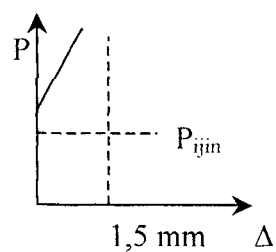
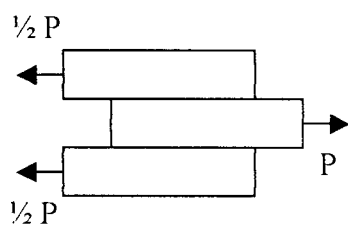
Dari diagram gaya sasaran ($P-\Delta$) diambil beban ijin (P_{ijin}) adalah $\frac{1}{3} P_{max}$ atau diambil beban sesaran 1,5 mm dari sumbu horisontal (Δ).



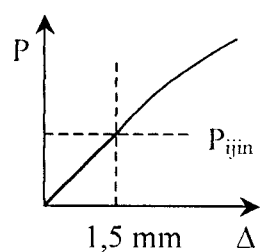
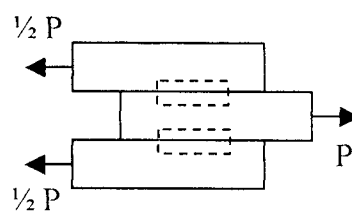
Gambar 3.15. P_{ijin} pada paku



Gambar 3.16. P_{ijin} pada baut



Gambar 3.17. P_{ijin} pada perekat

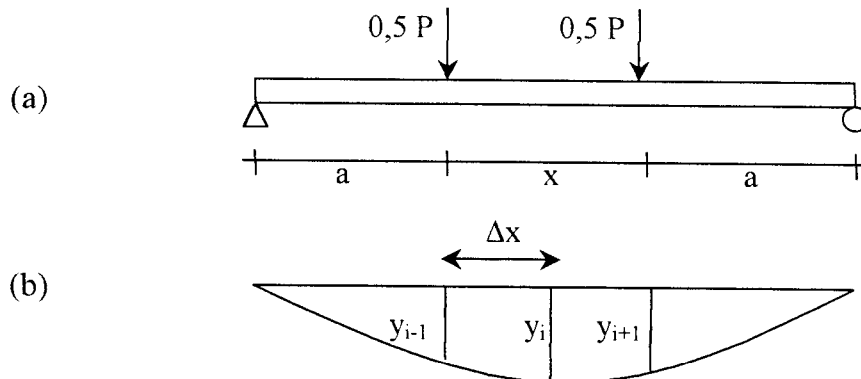


Gambar 3.18. P_{ijin} pada kokot

3.5. Hubungan Momen-Kelengkungan

Perilaku struktur yang mengalami lentur dapat diketahui dari hubungan momen-kelengkungan (*moment curvature*), yang menggambarkan perilaku suatu

sistem struktur pada berbagai kondisi, yaitu kondisi elastis, leleh, elastis-plastis, dan plastis. **Etty dan Ani, 2001**, melakukan pendekatan kemiringan kurva menggunakan metode *Central Difference*. Gambar 3.12. menunjukkan kurva lendutan yang didapat dari penelitian di mana dari kurva tersebut juga dapat dihasilkan momen yang terjadi.



Gambar 3.19. Kurva Lendutan

Dalam koordinat kartesian kurva kelengkungan didefinisikan :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}} \quad (3.11)$$

karena kemiringan $\frac{dy}{dx}$ dari kurva elastis adalah sangat kecil, maka :

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 \approx 0 \quad (3.12)$$

sehingga persamaan (3.12) dapat disederhanakan menjadi :

$$\left(\frac{1}{\rho}\right) = \frac{d^2 y}{dx^2} = \varphi \quad (3.13)$$

Pada persamaan di atas tampak bahwa kelengkungan adalah turunan kedua dari defleksi. Dari Gambar 3.11 didapat lendutan, yakni

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.14)$$

Dari penurunan persamaan 3.15, diperoleh rumus kelengkungan, yaitu

$$\varphi = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}}{\Delta x^2} \quad (3.15)$$

Dalam keadaan penampang balok masih elastis hubungan tegangan, regangan, dan modulus elastisitas (E) mengikuti Hukum Hooke, yaitu :

$$f = \varepsilon E \quad (3.16)$$

yang berlaku sampai dengan batas proporsional. Dari persamaan :

$$\varphi = \frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon}{y} \quad (3.17)$$

Substitusi persamaan 3.16 dan 3.17 didapat :

$$f = \frac{y}{\rho} \cdot E \quad (3.18)$$

Gaya yang bekerja pada penampang dihitung :

$$F = \int f d.A \quad (3.19)$$

$$\varphi = \frac{\varepsilon a + \varepsilon b}{ya + yb} \quad (3.20)$$

Substitusi persamaan 3.11 dan 3.20 menjadi :

$$F = \frac{E}{\rho} \int y dA \quad (3.21)$$

Momen internal pada suatu penampang dihitung dengan persamaan :

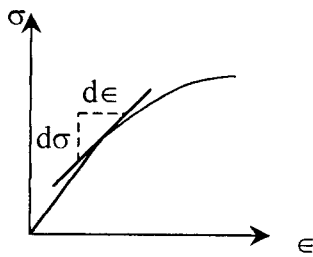
$$M = \frac{E}{\rho} \int y^2 dA \quad (3.22)$$

Karena $\int y^2 dA = I$ (momen inersia), maka persamaan 3.15 dinyatakan dengan :

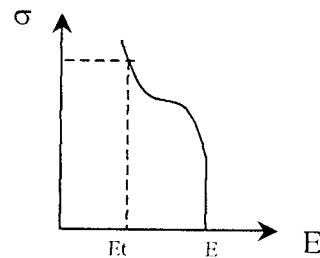
$$M = \frac{EI}{\rho} \quad (3.23)$$

Dari teori modulus tangen, didapat :

$$Et = \frac{d\sigma}{d\epsilon} \quad (3.24)$$



Gambar 3.20. Grafik Hubungan
Tegangan-Regangan



Gambar 3.21. Grafik Hubungan
Tegangan-Modulus

Perubahan modulus elastis ke modulus yang harga E berubah-ubah ditunjukkan pada grafik 3.9. Dari grafik tersebut didapat bahwa

$$E_t < E \quad (3.25)$$

Sehingga semakin kecil nilai E , maka akan diikuti pula nilai I yang semakin kecil.

Kemudian didapat kelengkungan yang semakin besar.

Sedangkan hubungan momen-kelengkungan dan faktor kekakuan lentur (EI) adalah :

$$\varphi = \frac{M}{EI} \quad (3.26)$$

Agar supaya nilai D^2 minimum, persamaan 3.27 diturunkan terhadap parameter a dan b , kemudian disama dengankan nol. Turunan pertama parameter a :

$$\sum y_i - \sum a - \sum b x_i = 0 \quad (3.30)$$

Turunan pertama dari parameter b :

$$\sum y_i x_i - \sum a x_i - \sum b x_i^2 = 0 \quad (3.31)$$

Penjumlahan masing-masing suku pada persamaan 3.28 dan 3.29 adalah dari 1 sampai n . Kedua persamaan tersebut dapat ditulis dalam bentuk :

$$n a + \sum x_i b = \sum y_i \quad (3.32)$$

$$\sum x_i a + \sum x_i^2 b = \sum x_i y_i \quad (3.33)$$

dengan $\sum a = n a$ disubstitusi dengan 3.30 menjadi

$$a = \frac{1}{n} (\sum y_i - \sum x_i b) \quad (3.34)$$

Interpolasi antara persamaan 3.32 dan 3.31 dengan variabel $a = \bar{y} - b\bar{x}$ menjadi

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (3.35)$$

3.6.2. Regresi Polinomial

Regresi ini menghasilkan kurva lengkung yang persamaan tersebut dapat diturunkan dengan melakukan transformasi data asli ke dalam bentuk lain yang sesuai. Penurunan persamaan dilakukan dengan metode kuadrat terkecil.

Persamaan polinomial order r mempunyai bentuk :

Dalam penelitian, setelah didapat besar lendutan dari hubungan beban-lendutan, maka daktilitas simpangan dapat diperoleh :

$$\mu_{simpangan} = \frac{\Delta_{total}}{\Delta_y} \quad (3.39)$$

di mana : $\mu_{simpangan}$ = daktilitas simpangan

Δ_{total} = lendutan total

Δ_y = lendutan pada beban maksimum

Sedangkan daktilitas kelengkungan diperoleh dari hubungan momen-kelengkungan, yaitu perbandingan antara φ_{total} dan φ_y , yang dapat dirumuskan :

$$\mu_{kelengkungan} = \frac{\varphi_{total}}{\varphi_y} \quad (3.40)$$

di mana : $\mu_{kelengkungan}$ = daktilitas kelengkungan

φ_{total} = kelengkungan total

φ_y = kelengkungan pada momen maksimum (Etty dan Ani, 2001)

3.9. Hipotesis

Grafik hubungan beban-lendutan dan momen kelengkungan memiliki kesamaan bentuk dan berupa bilinear atau trilinear.

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Dalam pelaksanaan penelitian yang dilakukan di laboratorium adalah membuat 6 buah sambungan kayu dengan variasi jenis kayu sebanyak 3 jenis terhadap 1 jenis sambungan. Sambungan yang dipakai adalah 6 C 4 dan 8 C 4.

Untuk pelaksanaan pengujian sistem kuda-kuda, dibuat 2 buah kuda-kuda bentang 6 meter dengan sudut kemiringan 30° yang dihubungkan dengan kayu reng ukuran 4/4 dengan jarak 35 cm.

4.2. Persiapan Bahan dan Alat

Pekerjaan persiapan yang dilakukan adalah meliputi pembuatan benda uji, pengujian pendahuluan (uji geser, uji tarik, uji desak, dan berat jenis kayu) dan pengujian sambungan secara monotonik yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik. Sedangkan pengujian sistem kuda-kuda utuh dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

4.2.1. Bahan

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. Kayu

Di dalam penelitian ini digunakan kayu dengan ukuran 4/7 jenis meranti, keruing, dan bengkirai (khusus sambungan). Sedangkan untuk sistem kuda-kuda digunakan kayu bengkirai. Untuk kayu reng, digunakan ukuran 4/4 dengan jenis bengkirai (untuk pengujian sistem).

2. *Claw Nailplate*

Pada sambungan kayu yang dibebani secara monotonik, digunakan sambungan *claw nailplate* 6 C 4 dan 8 C 4. Sedangkan untuk sistem kuda-kuda, digunakan sesuai spesifikasi standar *pryda* yang diketahui melalui *software* PCR-01.

4.2.2. Alat yang digunakan

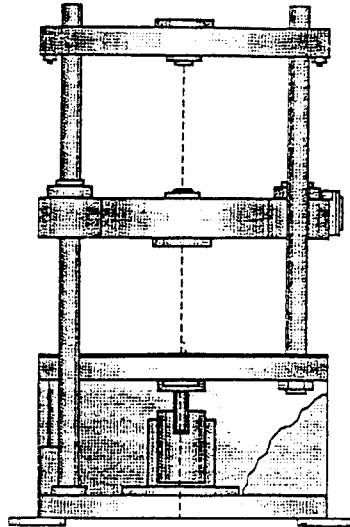
Untuk kelancaran penelitian ini, diperlukan peralatan yang mendukung demi tercapainya maksud dan tujuan penelitian. Alat-alat yang digunakan adalah :

1. **Mesin Uji Kuat Geser Kayu**

Alat ini digunakan untuk mengetahui kuat geser. Kayu yang akan diuji dipasang pada strainometer, kemudian dipasang sedemikian rupa sehingga terpasang secara utuh pada alat uji tarik. Pada penelitian ini digunakan mesin merek SHIMITZU type UTM 30 dengan kapasitas 30 ton.

2. **Mesin Uji Kuat Tarik Kayu**

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik kayu. Pada penelitian ini digunakan mesin merek SHIMITZU type UTM 30 dengan kapasitas 30 ton.



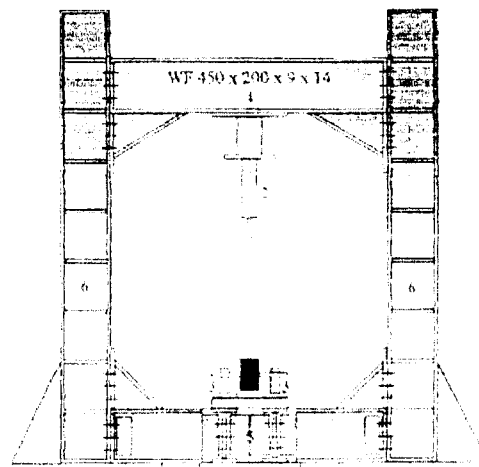
Gambar 4.1. Bentuk “SHIMITSU” Universal Testing Material (UTM 30)

3. Mesin Uji Kuat Desak

Mesin ini digunakan untuk mengetahui kuat desak kayu. Alat yang digunakan adalah mesin merek CONTROL dengan kapasitas 2000 KN.

4. *Loading Frame*

Alat ini dibuat dengan menggunakan baja profil WF 450x200x90x14, yang dapat dilihat pada gambar 4.2.



Keterangan :

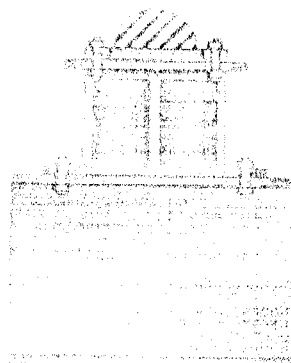
1. Model balok	2. Hydraulic Jack
3. Dukungan	4. Balok portal (bisa digeser)
5. Balok Lintang	6. Kolom

Gambar 4.2. Bentuk Fisik *Loading Frame*

Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal segi empat yang berdiri di atas lantai beton (*rigid floor*) dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm. Agar *Loading Frame* ini tetap stabil, pelat dasar dibaut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan dengan balok WF 450x200x90x14 mm. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan cara melepas sambungan baut.

5. Dukungan Sendi

Untuk membuat model rangka atap, digunakan dukungan sendi pada kedua ujungnya. Hal ini dikarenakan diaplikasikan pada keadaan lapangan yang sebenarnya, di mana jarang ada yang menggunakan dukungan rol pada sistem kuda-kuda, terutama yang menggunakan kayu.

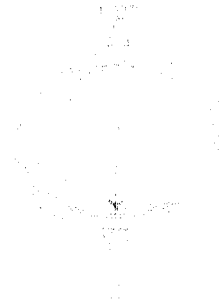


Gambar 4.3. Dukungan Sendi

6. Dial Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi. Untuk penelitian skala penuh, digunakan *dial gauge* dengan kapasitas maksimum 50 mm dengan ketelitian 0,01 mm. Pada penelitian monotonik, digunakan *dial gauge* pada batang tengah. Sedangkan pada penelitian sistem kuda-kuda,

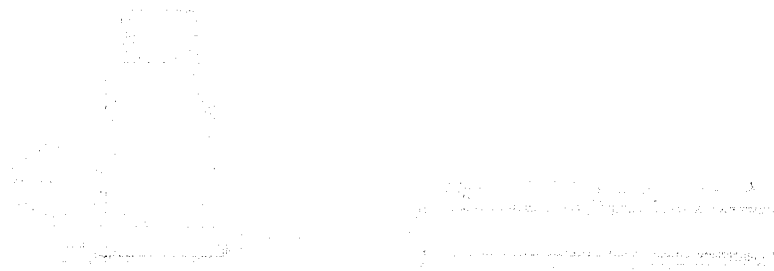
diletakkan pada batang horizontal, yakni pada sambungan-sambungan dan pada titik tengah. Adapun merek dial gauge ini adalah TECLOCK.



Gambar 4.4. Bentuk Fisik *Dial Gauge*

7. *Hydraulic Jack*

Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada benda uji dengan kapasitas 30 ton.



Gambar 4.5. Bentuk Fisik *Hydraulic Jack*

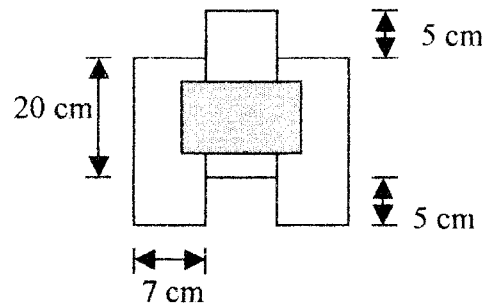
8. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur panjang benda uji.

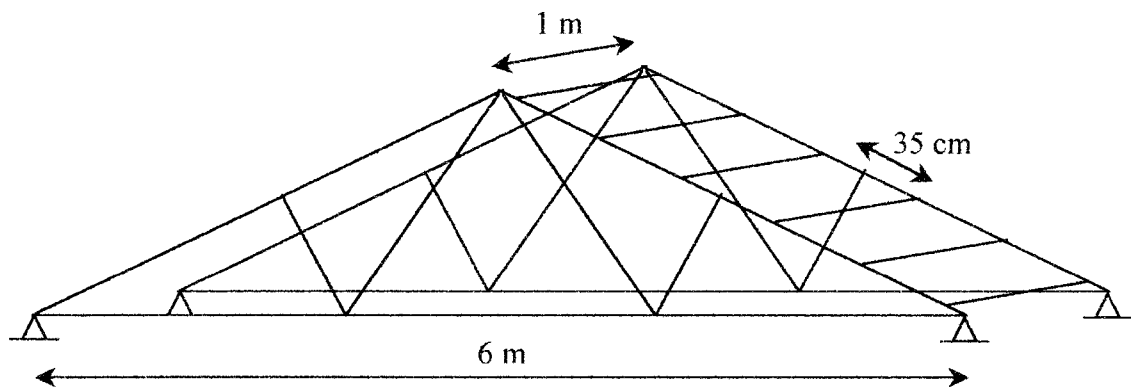
4.3. Benda Uji

Benda uji dalam penelitian ini berupa 6 buah sambungan kayu dengan *claw nailplate* dan 2 buah kuda-kuda dengan bentang 6 meter, sudut 30° dan tinggi 1,7 meter. Keseluruhan benda uji menggunakan kayu dengan ukuran 4/7. Pada penelitian

sambungan, digunakan 3 macam variasi kayu dengan jenis sambungan yang sama. Bentuk sambungan kayu dapat dilihat pada gambar 4.7. Sedangkan gambar kuda-kuda utuh dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.6. Benda Uji dengan Alat Sambung *Claw Nailplate*



Gambar 4.7. Benda uji kuda-kuda sistem *pryda*

4.4. Pembuatan Benda Uji

Setelah persiapan dan perhitungan dimensi kayu dan sambungannya, maka selanjutnya benda uji dibuat. Tahapan-tahapan pembuatan benda uji adalah :

1. Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini disiapkan. Kayu-kayu yang digunakan meliputi meranti, keruing, dan bengkirai dibuat sesuai dengan yang direncanakan.

2. Perhitungan dimensi alat sambung terutama pada sistem kuda-kuda, dibuat berdasarkan jenis atap yang digunakan. Rencana atap di sini menggunakan atap jenis genteng beton.

Dimensi alat sambung didapat dengan memasukkan jenis atap dan dimensi rangka kuda-kuda ke dalam *software pryda* PCR-01 di perwakilan *pryda* Jogjakarta.

3. Pembuatan kuda-kuda secara utuh dilakukan di pabrik *pryda*, Pakem, Sleman. Untuk sambungan yang dibebani secara monotonik, kayu yang sudah dibentuk sedemikian rupa dibawa ke pabrik *pryda*, untuk dipasang alat sambung 6 C 4 dan 8 C 4 dengan sistem *pressing*.
4. Kedua kuda-kuda dipasang di laboratorium, diberi jarak 1 meter, kemudian diikat dengan menggunakan kayu reng bengkirai ukuran 4/4 yang dipaku.

4.5. Jumlah Benda Uji

Setelah pembuatan benda uji selesai, dilakukan penelitian di Laboratorium bahan Konstruksi Teknik dan Mekanika Rekayasa, Faklutas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sedangkan benda uji monotonik yang digunakan adalah :

1. Sambungan *claw nailplate* 6 C 4 dengan variasi kayu meranti, keruing, dan bengkirai, masing-masing 1 buah.
2. Sambungan *claw nailplate* 8 C 4 dengan variasi kayu meranti, keruing, dan bengkirai, masing-masing 1 buah.

3. Kuda-kuda bentang 6 meter, tinggi 1,7 meter dengan sudut kemiringan 30° sebanyak 2 buah

4.6. Pengujian Benda Uji

Sebelum melakukan serangkaian pengujian, dilakukan pengujian pendahuluan pada kayu yang dipakai, meliputi uji tarik, geser, dan uji desak. Setelah pengujian pendahuluan ini dilakukan, baru pengujian secara monotonik dan sistem kuda-kuda dapat dilakukan.

4.6.1. Pengujian Geser Sejajar Arah Serat Kayu

Pengujian geser ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian geser kayu adalah beban maksimum. Tegangan geser kayu diperoleh dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang geser. Dalam pengujian ini, masing-masing jenis kayu diuji sebanyak 1 buah.

4.6.2. Pengujian Kuat Tarik Kayu

Pengujian kuat tarik kayu ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian ini adalah beban maksimum. Tegangan tarik kayu diperoleh dengan membagi beban maksimum dengan luasan rerata. Pengujian ini masing-masing jenis kayu diuji sebanyak 1 buah.

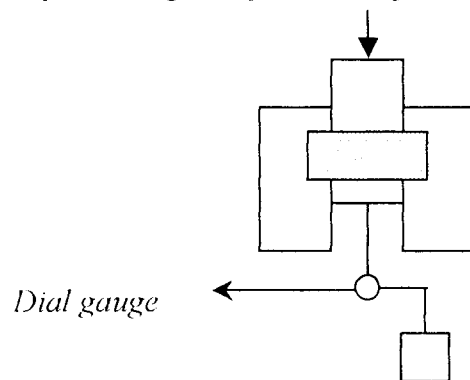
4.6.3. Pengujian Desak Kayu

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil

adalah beban maksimum. Tegangan desak kayu diperoleh dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang. Pengujian ini masing-masing jenis kayu diuji sebanyak 1 buah.

4.6.4. Pengujian Kuat Geser Sambungan secara Monotonik

Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Benda uji diletakkan di mesin desak, kemudian pada bagian tengah sambungan diletakkan *dial gauge* untuk mengukur penurunan yang terjadi. Kemudian dicatat beban dan penurunan per 250 kg, sampai benda uji itu tidak mampu menahan beban.



Gambar 4.8. Pengujian Sambungan Kayu

4.6.5. Pengujian Kuat Lentur

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah:

1. Memasang dukungan pada setiap ujung kuda-kuda tersebut. Dalam hal ini, dilakukan pemasangan sendi-sendi, dikarenakan sesuai dengan keadaan di lapangan, kuda-kuda kayu dipasang secara sendi-sendi.

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PERILAKU KUDA-KUDA DENGAN ALAT SAMBUNG
*CLAW NAILPLATE***

diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh
gelar Sarjana Teknik Sipil
pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia

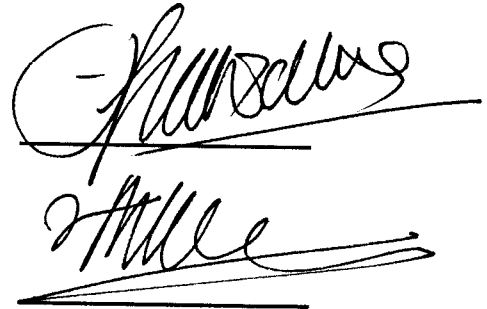
Disusun oleh :

1. Nama : Rahmadi Budiman
No Mhs : 95310209
NIRM : 950051013114120206
2. Nama : Isheru Ariyadi
No Mhs : 95310229
NIRM : 950051013114120226

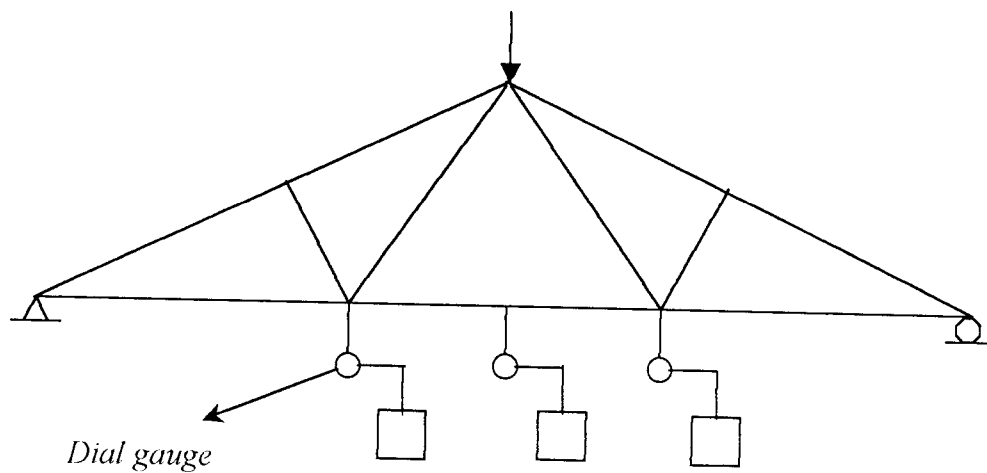
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing I

Ir. Fathkurrahman N, MT
Dosen Pembimbing II



2. Kuda-kuda diletakkan di atas dukungan dengan jarak 1 meter tiap kuda-kuda. Kemudian dipasang kayu reng 4/4 sebagai pengikat antar kuda-kuda.
3. Benda uji siap diuji. *Hydraulic Jack* dipasang di puncak atas bagian tengah (*top chord*), kemudian dipompa untuk melakukan pembebanan secara perlahan-lahan. Beban dinaikkan secara berangsur-angsur hingga pada batas kekuatan tertentu atau sampai benda uji mengalami retak atau patah.



Gambar 4.9. Pengujian kuda-kuda dengan perletakan *dial gauge* dan beban

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

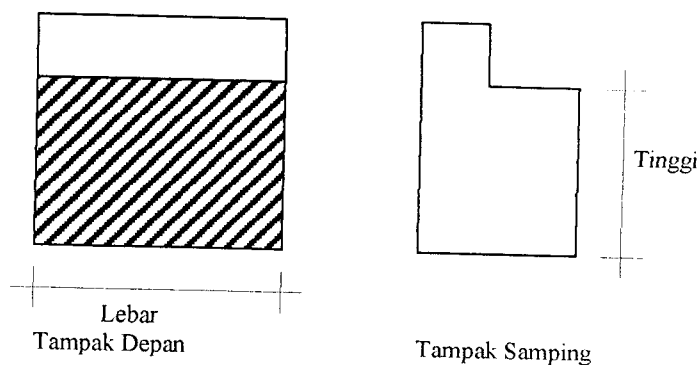
5.1. Hasil Penelitian Pendahuluan

Dalam pelaksanaan penelitian ini, sebelum dilakukan pengujian pada sambungan *pryda* maupun sistem kuda-kuda secara utuh, terlebih dahulu dilakukan beberapa uji pendahuluan, yaitu meliputi uji geser, uji tarik, uji desak, uji kadar air dan uji berat jenis kayu yang digunakan, sehingga dari hasil uji tersebut didapatkan kekuatan yang sesungguhnya dari kayu yang dipakai untuk membuat sampel. Di dalam pelaksanaan uji pendahuluan ini digunakan 3 jenis kayu yaitu meranti, keruing, dan bengkirai.

Setelah itu dilakukan pengujian pada sampel sambungan kayu yang telah dibuat, yang hasilnya berupa kekuatan maksimum sambungan dalam menerima beban desak. Kemudian data tersebut dianalisa untuk melengkapi tabel kekuatan paku yang terdapat pada Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, 1961 NI-5.

5.1.1. Hasil Uji Kuat Geser Kayu // Serat

Uji geser kayu // serat dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuknya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1 dan ukuran benda uji ditunjukkan dalam Tabel 5.1.



Gambar 5.1 Bentuk Benda Uji Geser kayu // serat

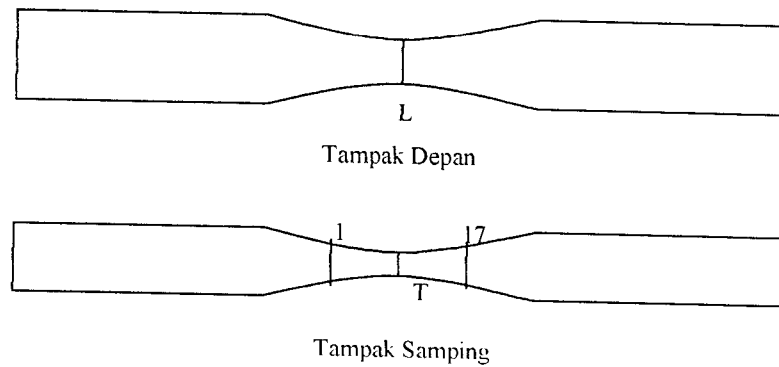
Setelah dilakukan pengujian, didapat beban geser maksimal (P_{geser}). Kemudian dihitung tegangan geser kayu, yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Ukuran sampel uji dan hasil uji geser kayu // serat

Jenis Kayu (1)	Lebar (L) (cm) (2)	Tebal (T) (cm) (3)	Luas Geser (A) (cm ²) (4)	P_{geser} (Kg) (5)	Teg. Geser $\sigma = P/A$ (Kg/cm ²) (6) = (5)/(4)
Meranti	6,550	2,378	15,576	1360	87,314
Keruing	6,225	2,542	15,826	1560	98,572
Bengkirai	6,900	2,273	15,683	1625	103,615

5.1.2. Hasil Kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian tarik kayu // serat juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuknya seperti pada Gambar 5.2. Dalam penelitian ini, ukuran sampel uji tarik kayu // serat ditampilkan pada Tabel 5.2.



Gambar 5.2 Bentuk sampel benda uji tarik kayu // serat

Tabel 5.2 Ukuran sampel uji tarik kayu // serat

No. Ttk (1)	Sampel 1 (Meranti)			Sampel 2 (Keruing)			Sampel 3 (Bengkirai)		
	Lebar (L) (cm) (2)	Tebal (T) (cm) (3)	Luas (A) (cm ²) (4) = (2)*(3)	Lebar (L) (cm) (5)	Tebal (T) (cm) (6)	Luas (A) (cm ²) (7) = (5)*(6)	Lebar (L) (cm) (8)	Tebal (T) (cm) (9)	Luas (A) (cm ²) (10) = (8)*(9)
1	2.65	1.78	4.7038	3.00	2.08	6.2250	2.45	1.88	4.5938
2	2.50	1.68	4.1875	2.83	1.83	5.1556	2.27	1.80	4.0860
3	2.33	1.40	3.2550	2.63	1.53	4.0031	2.02	1.75	3.5263
4	2.03	1.23	2.4806	2.40	1.25	3.0000	1.81	1.70	3.0685
5	1.61	0.88	1.4044	2.13	1.00	2.1250	1.73	1.25	2.1476
6	1.43	0.75	1.0688	1.90	0.83	1.5675	1.40	1.06	1.4840
7	1.28	0.58	0.7331	1.58	0.78	1.2206	1.31	0.95	1.2332
8	1.15	0.63	0.7188	1.40	0.78	1.0850	1.25	0.90	1.1250
9	1.16	0.72	0.8352	1.25	0.78	0.9750	1.23	0.80	0.9825
10	1.15	0.90	1.0350	1.23	0.94	1.1515	1.25	0.80	1.0000
11	1.35	1.03	1.3838	1.48	1.08	1.5856	1.34	0.81	1.0814
12	1.63	1.27	2.0638	1.80	1.35	2.4300	1.57	1.00	1.5650
13	1.85	1.45	2.6825	2.05	1.63	3.3313	1.92	1.22	2.3267
14	2.10	1.63	3.4125	2.30	1.91	4.3930	2.23	1.55	3.4488
15	2.50	1.75	4.3750	2.65	2.11	5.5783	2.55	1.77	4.5135
16	2.48	1.85	4.5788	2.93	2.31	6.7421	2.70	2.02	5.4540
17	2.63	1.85	4.8563	3.00	2.33	6.9750	2.72	2.03	5.4979

Dari penelitian didapat beban tarik maksimal (P_{tarik}) dan daerah patah, yaitu :

- Sampel 1 (Meranti) patah diantara titik 7 dan titik 9 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 2,3474 cm²
- Sampel 2 (Keruing) patah diantara titik 5 dan titik 10 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 3,0927cm²
- Sampel 3 (Bengkirai) patah diantara titik 8 dan titik 14 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 2,5377 cm²

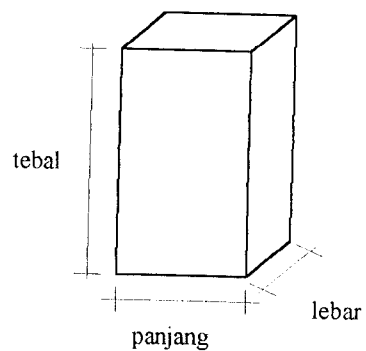
Setelah itu, kemudian dihitung tegangan tarik kayu untuk masing-masing sampel seperti disajikan pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Hasil uji tarik kayu // serat

Sampel (1)	Luas rata-rata (A) (cm ²) (2)	P _{tarik} (Kg) (3)	Teg.Tarik $\sigma_{tr//} = P/A$ (Kg/cm ²) (4) = (3)/(2)
1 (Meranti)	2,3474	110	46,860
2 (Keruing)	3,0927	815	263,524
3 (Bengkirai)	2,5377	1480	583,205

5.1.3. Hasil Uji Kuat Desak Kayu // Serat

Seperti uji-uji sebelumnya, pengujian desak kayu // serat juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuk dan ukurannya seperti ditampilkan pada Gambar 5.3 dan Tabel 5.4



Gambar 5.3 Bentuk sampel uji desak kayu // serat

Tabel 5.4 Ukuran sampel uji desak kayu // serat

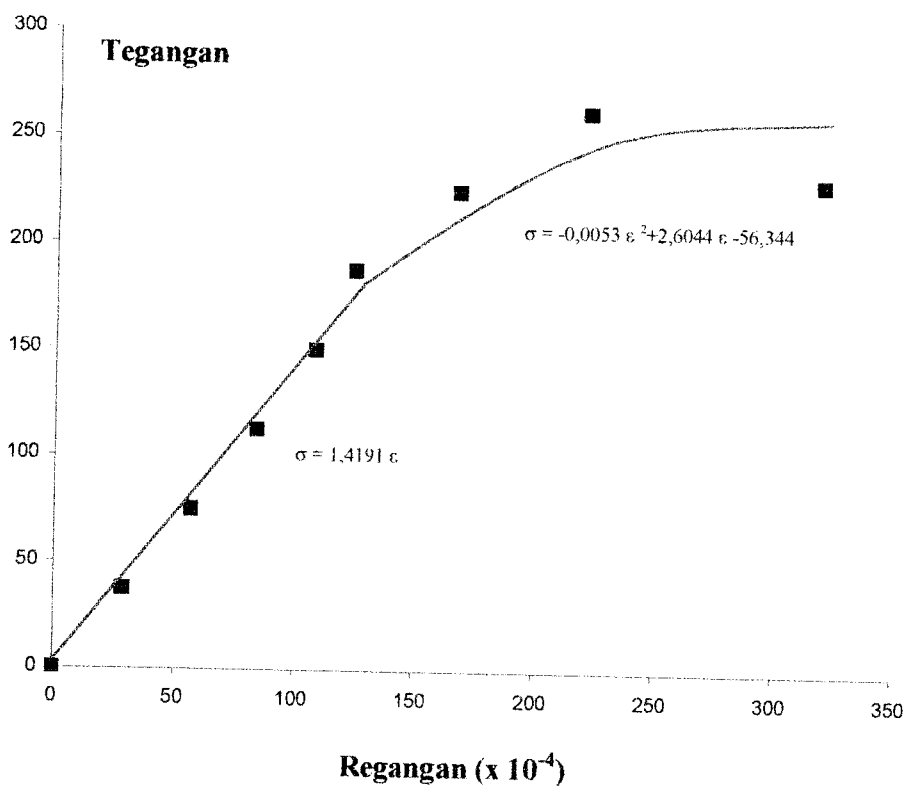
	Sampel 1 (Meranti)	Sampel 2 (Keruing)	Sampel 3 (Bengkirai)
Tebal = t (cm)	19,250	18,500	21,250
Panjang = p (cm)	6,525	6,350	6,925
Lebar = l (cm)	4,175	4,025	4,975
Luas = $A = p \times l$ (cm ²)	27,242	25,559	34,452

Hasil pengujian kuat desak kayu // serat untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 5.5, Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 serta ditunjukkan pada Gambar 5.4, Gambar 5.5 dan Gambar 5.6.

- Hasil Uji Desak // Serat Kayu Meranti ($A = 27,242 \text{ cm}^2$)

Tabel 5.5 Hasil uji desak // serat kayu meranti

Beban P (Kg)	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm ²)	Regangan $\epsilon = \Delta L/l$ (10^{-4})
0	0	0.0000	0.0000
1019.7	5.5	37.4312	28.5710
2039.7	11	74.8734	56.4100
3059.7	15.5	112.3155	83.7840
4078.8	20	149.7247	108.1080
5098.5	23	187.1559	124.3240
6118.2	31	224.5870	167.5680
7137.9	41	262.0182	221.6210
8157.6	61.5	299.4494	319.4810

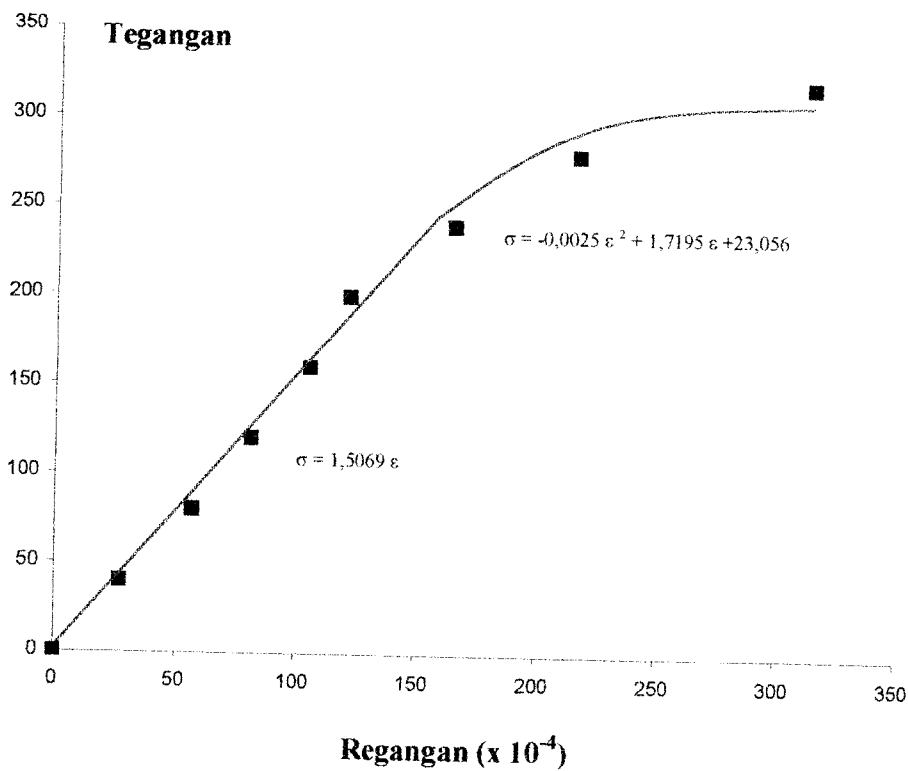


Gambar 5.4. Grafik Regangan-Tegangan Hasil Uji Kuat Desak Kayu Meranti

- Hasil Uji Desak // Serat Kayu Keruing ($A = 25,559 \text{ cm}^2$)

Tabel 5.6 Hasil uji desak // serat kayu keruing

Beban P (Kg)	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm ²)	Regangan $\epsilon = \Delta L/t$ (10^{-4})
0	0	0.0000	0.0000
1019.7	5	39.8959	27.0270
2039.7	10.5	79.8036	56.7570
3059.7	15	119.7112	81.0810
4078.8	19.5	159.5837	105.4050
5098.5	22.5	199.4796	121.6220
6118.2	30.5	239.3756	164.8650
7137.9	40	279.2715	216.2160
8157.6	58	319.1674	313.5140

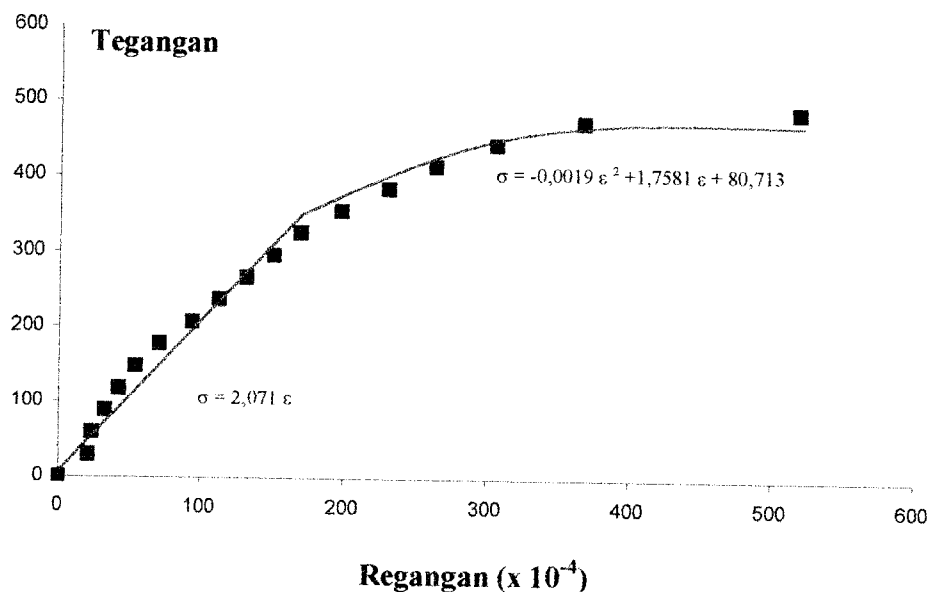


Gambar 5.5. Grafik Regangan-Tegangan Hasil Uji Kuat Desak Kayu Keruing

- Hasil Uji Desak // Serat Kayu Bengkirai ($A = 34,452 \text{ cm}^2$)

Tabel 5.7 Hasil uji desak // serat kayu bengkirai

Beban P (Kg)	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan $\sigma = P/A \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$	Regangan $\epsilon = \Delta L/t \text{ (}10^{-4}\text{)}$
0	0	0.0000	0.0000
1019.7	4.5	29.5977	21.1760
2039.7	5	59.2041	23.5290
3059.7	7	88.8105	32.9410
4078.8	9	118.3908	42.3530
5098.5	11.5	147.9885	54.1180
6118.2	15	177.5862	70.5880
7137.9	20	207.1839	94.1180
8157.6	24	236.7816	112.9410
9177.3	28	266.3793	131.7640
10197	32	295.9770	150.5880
11211	36	325.4093	169.4120
12230	42	354.9866	197.6470
13249	49	384.5640	230.5880
14268	56	414.1414	263.5290
15288	65	443.7478	305.8820
16307	78	473.3252	367.0590
16816	110	488.0994	517.6470



Gambar 5.6. Grafik Regangan-Tegangan Hasil Uji Kuat Desak Kayu Bengkirai



Tabel 5.9 Ukuran benda uji berat jenis kayu

	Sampel 1 (Meranti)	Sampel 2 (Keruing)	Sampel 3 (Bengkirai)
Tebal = t (cm)	1,900	1,925	1,950
Panjang = p (cm)	2,650	2,500	2,600
Lebar = l (cm)	2,140	1,940	2,000
Volume= $V= p \times l \times t$ (cm^3)	10,775	9,336	10,140
Berat (gr)	10,000	7,200	8,600

Setelah sampel dikeluarkan dari oven dan ditimbang, kemudian dihitung berat jenis kayu untuk masing-masing sampel seperti disajikan pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Hasil pengujian berat jenis kayu

Benda uji	Volume (cm^3)	Berat kering Kayu Oven (gr)	Berat Jenis Kayu
Sampel 1 (Meranti)	8,730	4,800	0,550
Sampel 2 (Keruing)	8,325	5,000	0,601
Sampel 3 (Bengkirai)	9,060	7,000	0,772

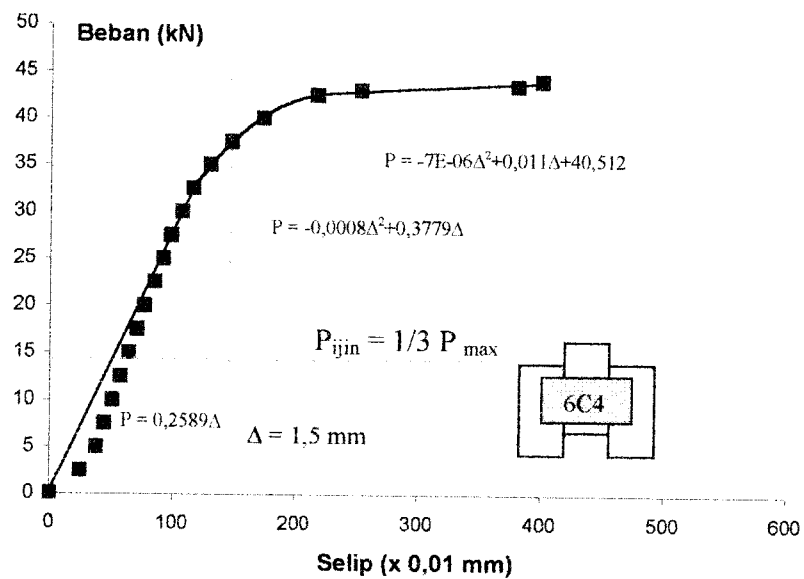
5.2. Hasil Uji Sambungan Kayu

5.2.1. Hubungan Beban – Lendutan Hasil Penelitian

Pengujian geser sambungan kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada sampel sambungan kayu tersebut diberi pembebanan pada satu titik secara bertahap (monotonik). Dipasang *dial gauge* sebanyak satu buah yang diletakkan pada kayu bagian tengah untuk mengetahui penurunan (selip). Dari hasil penelitian sambungan kayu, didapat hasil dalam Tabel 5.11. sampai 5.16.

Tabel 5.11. Hasil Uji Geser *Claw Nailplate 6 C 4* pada Kayu Meranti

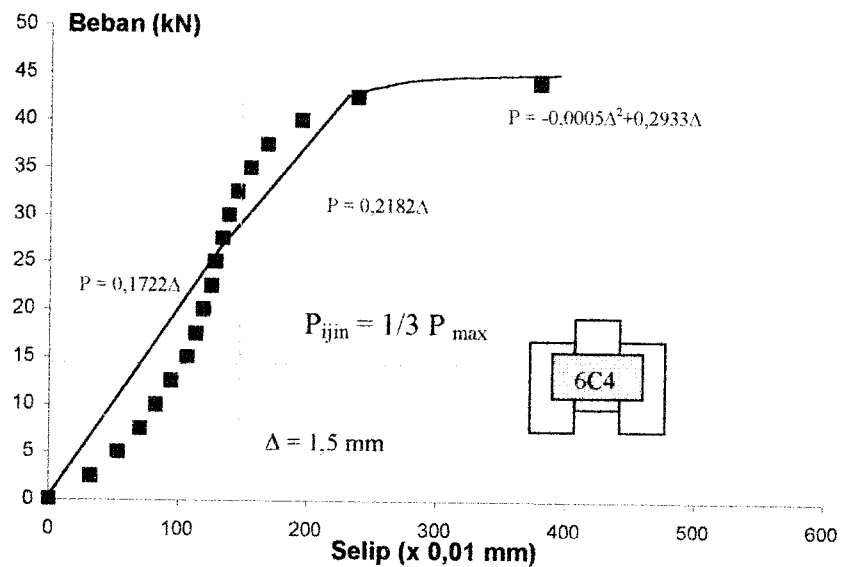
Δ (mm) 10^{-2}	P (kN)
0	0
25,0	2,50
38,0	5,00
44,5	7,50
51,0	10,00
57,0	12,50
64,0	15,00
70,5	17,50
86,5	20,00
95,0	22,50
115,0	25,00
124,0	27,50
131,0	30,00
137,0	32,50
142,0	35,00
153,0	37,50
193,0	40,00
217,0	42,50
253,0	43,00
380,0	43,50
400,0	44,00



Gambar 5.8. Grafik Hubungan Beban-Selip *Claw Nailplate 6 C 4*
pada Kayu Meranti

Tabel 5.12. Hasil Uji Geser *Claw Nailplate 6 C 4* pada Kayu Keruing

Δ (mm) 10^{-2}	P (kN)
0	0
32,0	2,50
53,0	5,00
70,0	7,50
82,5	10,00
94,0	12,50
99,0	15,00
101,5	17,50
104,0	20,00
107,5	22,50
109,0	25,00
113,5	27,50
128,0	30,00
139,5	32,50
153,0	35,00
168,0	37,50
194,0	40,00
238,0	42,50
379,0	44,00

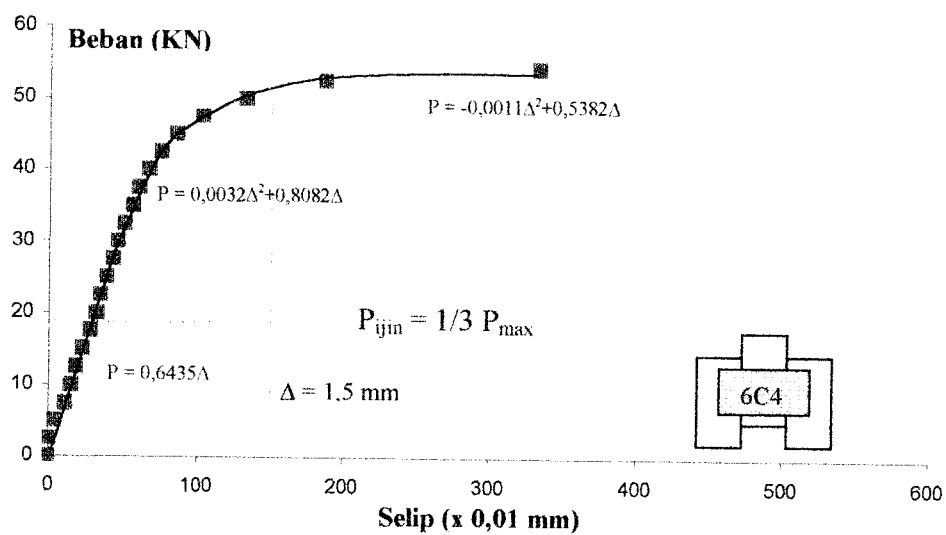


Gambar 5.9. Grafik Hubungan Beban-Selip *Claw Nailplate 6 C 4*

pada Kayu Keruing

Tabel 5.13. Hasil Uji Geser *Claw Nailplate 6 C 4* pada Kayu Bengkirai

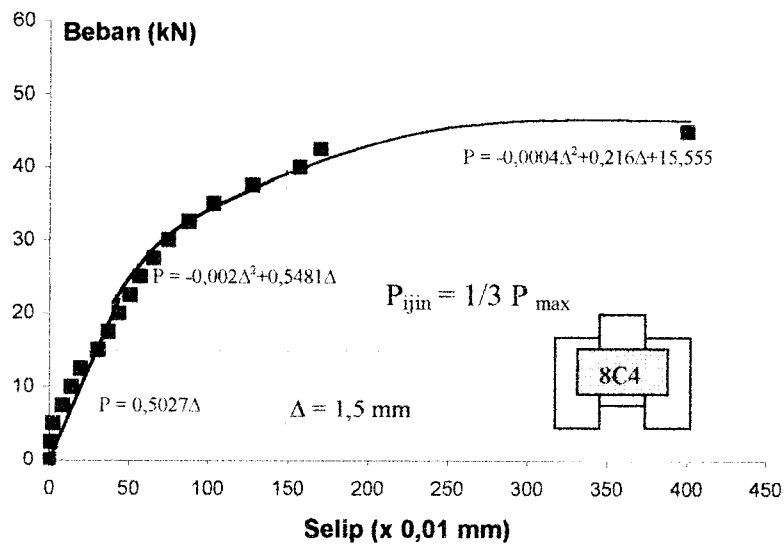
Δ (mm) 10^{-2}	P (kN)
0	0
0,5	2,50
4,0	5,00
11,0	7,50
15,0	10,00
18,0	12,50
23,0	15,00
28,0	17,50
32,0	20,00
35,0	22,50
39,0	25,00
43,0	27,50
46,5	30,00
51,0	32,50
56,0	35,00
60,0	37,50
67,0	40,00
75,0	42,50
85,5	45,00
103,0	47,50
132,5	50,00
187,0	52,50
333,0	54,25



Gambar 5.10. Grafik Hubungan Beban-Selip *Claw Nailplate 6 C 4* pada Kayu Bengkirai

Tabel 5.14. Hasil Uji Geser *Claw Nailplate* 8 C 4 pada Kayu Meranti

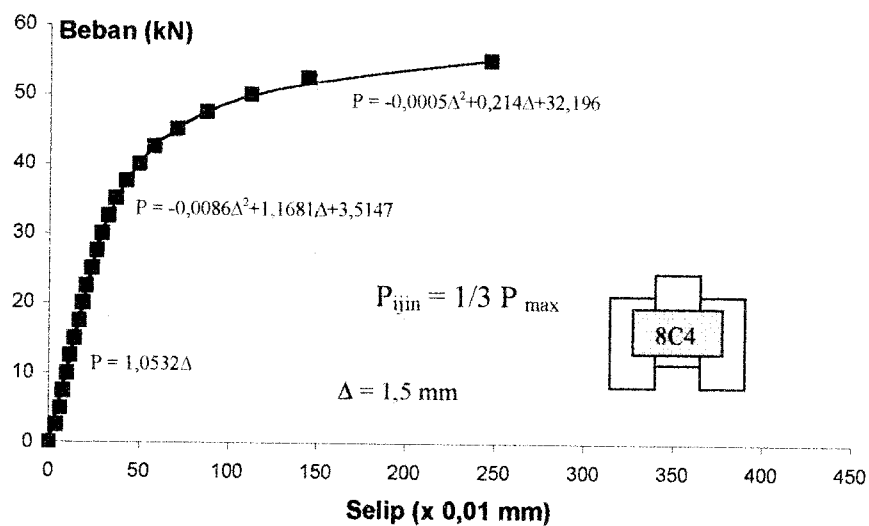
Δ (mm) 10^{-2}	P (kN)
0	0
0,5	2,50
2,5	5,00
8,5	7,50
14,0	10,00
19,5	12,50
30,5	15,00
37,0	17,50
43,5	20,00
51,0	22,50
57,0	25,00
65,5	27,50
75,0	30,00
87,5	32,50
103,0	35,00
127,5	37,50
157,0	40,00
170,0	42,50
400,0	45,00



Gambar 5.11. Grafik Hubungan Beban-Selip *Claw Nailplate* 8 C 4 pada Kayu Meranti

Tabel 5.16. Hasil Uji Geser *Claw Nailplate 8 C 4* pada Kayu Bengkirai

Δ (mm) 10^{-2}	P (kN)
0	0
4,0	2,50
6,5	5,00
8,0	7,50
10,0	10,00
11,5	12,50
14,0	15,00
16,5	17,50
18,5	20,00
20,5	22,50
23,5	25,00
26,0	27,50
29,0	30,00
32,5	32,50
36,5	35,00
42,0	37,50
49,5	40,00
57,5	42,50
70,5	45,00
87,0	47,50
112,0	50,00
144,0	52,50
247,0	55,00



Gambar 5.13. Grafik Hubungan Beban-Selip *Claw Nailplate 8 C 4* pada Kayu Bengkirai

5.2.2. Analisa Data Hubungan Beban – Lendutan

Dari hasil pengamatan data pada tabel 5.11-5.16 dan grafik hubungan beban-selip pada Gambar 5.8-5.13 dapat diamati dan diteliti pengaruh penggunaan kayu yang berbeda dengan alat sambung yang sama serta didapatkan nilai kekakuan yang berbeda antar kayu.

Tabel 5.17. Analisa Beban-Selip dengan alat sambung 6 C 4

Jenis Kayu	P (kg)	Selip (Δ) 10^{-2} m	Kekakuan $P / \Delta (\times 10^2 \text{kg/m})$
Meranti	2500	112,0	22,321
Keruing	2750	113,5	24,229
Bengkirai	4000	67,0	59,701

Tabel 5.18. Analisa Beban-Selip dengan alat sambung 8 C 4

Jenis Kayu	P (kg)	Selip (Δ) 10^{-2} m	Kekakuan $P / \Delta (\times 10^2 \text{kg/m})$
Meranti	2250	51,0	44,118
Keruing	2500	40,0	62,500
Bengkirai	3500	36,5	95,890

Dari Tabel 5.17 dan 5.18. di atas, dapat diketahui bahwa kayu bengkirai dapat menahan beban yang cukup besar dengan angka selip yang kecil.

5.3. Penelitian Sistem Kuda-Kuda di Laboratorium Mekanika Rekayasa

5.3.1. Hubungan Beban-Lendutan

5.3.1.1 Hubungan Beban –Lendutan Numeris

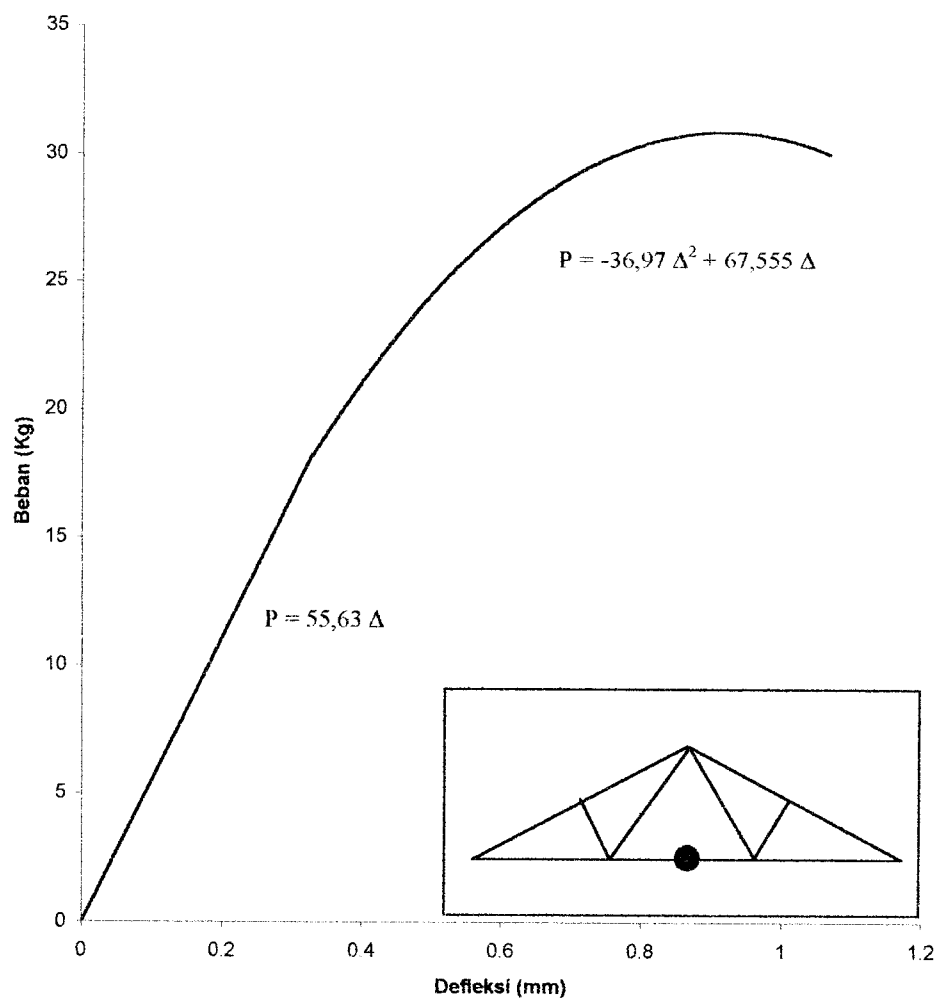
Hubungan beban-lendutan secara numeris dihitung dengan menggunakan program SAP 90, dimana interval pembebanan yang digunakan adalah 2 kN. Hasil dari perhitungan melalui program SAP 90 ini selain untuk mengetahui beban-lendutan secara numeris juga untuk mengetahui hubungan momen-kelengkungan numeris.

5.3.1.2 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Pada sampel kuda-kuda kayu tersebut (menggunakan kayu bengkirai), dua buah kuda-kuda dites secara bersamaan dengan jarak antar kuda-kuda 1,00 m dan diberi pengaku berupa kayu reng, untuk menyesuaikan keadaan di lapangan serta dapat meminimalkan terjadinya *buckling*. Pembebanan dilakukan pada titik puncak kuda-kuda (*top chord*), kemudian *dial gauge* yang digunakan sebanyak 6 buah yang masing-masing kuda-kuda dipasang 3 buah dial yang diletakkan pada joint yang berada pada batang bawah (*bottom chord*) serta pada tengah-tengah bentang (*span truss*). Lendutan yang terjadi dicatat yang hasilnya dicatat pada tabel 5.19 dan untuk lengkapnya disajikan dalam lampiran.

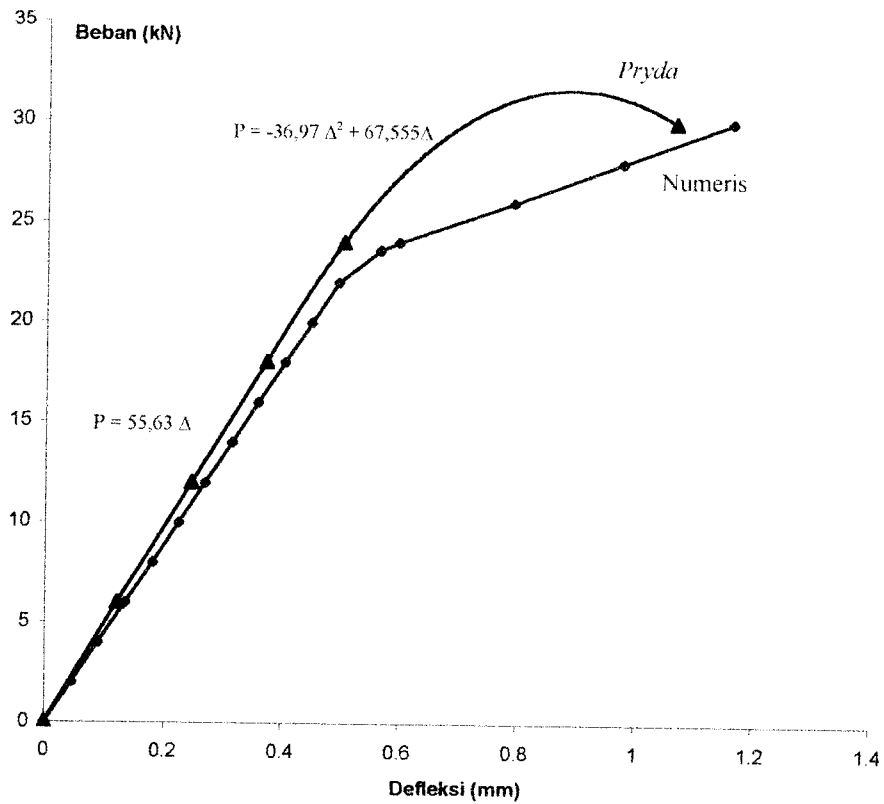
Tabel 5.19. Hasil Uji Kuat Lentur Kuda-Kuda *Pryda*

Δ (mm)	P (kg)
0	0
0,1209	600
0,2458	1200
0,3716	1800
0,5014	2400
1,0650	3000



Gambar 5.14. Grafik Hubungan Beban-Lendutan Tengah Bentang

Kuda-Kuda *Pryda*



Gambar 5.15. Grafik Hubungan Beban-Lendutan Kuda-Kuda System Pryda Dengan Numeris

Tabel 5.20. Analisa Hubungan Beban-Lendutan Kuda-Kuda Pryda

Konstruksi Kuda-Kuda	Joint	Beban (kg)	Lendutan (Δ) (10^{-3} m)	Kekakuan P / Δ (Kg/m)
Kuda-Kuda	Joint y_{i-1}	1800	0,3683	4887320
	Joint y_i	1800	0,4029	4466944
	Joint y_{i+1}	1800	0,3683	4887320

5.3.2. Hubungan Momen-Kelengkungan

5.3.2.1. Hubungan Momen-Kelengkungan Numeris

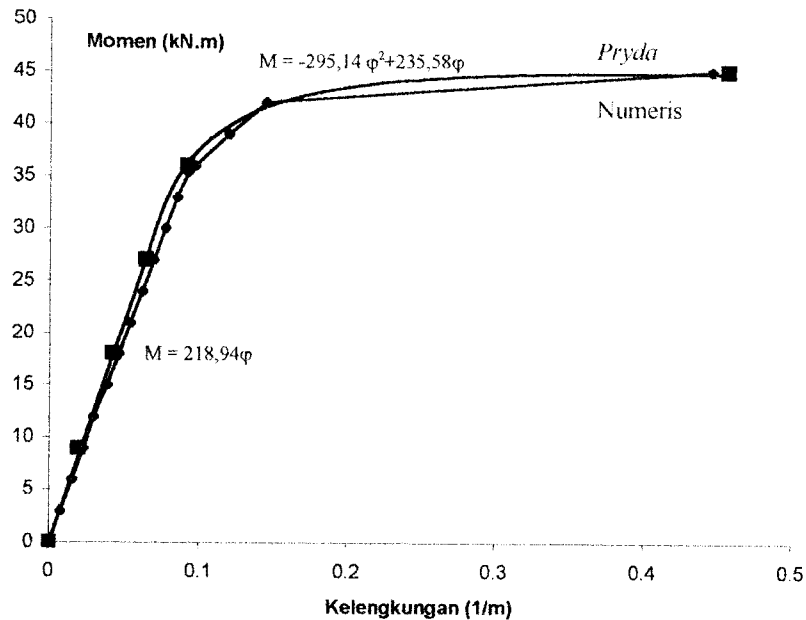
Hubungan beban-lendutan secara numeris dicari dengan besar beban diambil dengan interval beban sebesar 2 kN sampai beban maksimum dimana kayu mencapai keadaan inelastis (batas proporsional) , yaitu $P = 23,59$ kN. Kelengkungan dihitung dengan persamaan $\phi = M / EI$, dimana nilai E yang didapat dari hasil uji kuat lentur, dimana pada saat gaya batang yang didapat mencapai gaya batang hasil hitungan numeris (P_{cr}), maka nilai E yang digunakan pada program SAP 90 diganti menjadi E_t pada beban-beban selanjutnya.

5.3.2.2. Hubungan Momen-Kelengkungan Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian didapatkan data beban-lendutan, sehingga dapat dicari besar momen-kelengkungannya, yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.21 dan untuk hasil selengkapnya disajikan dalam lampiran.

Tabel 5.21. Hubungan Momen-Kelengkungan Kuda-Kuda *Pryda*

Beban (kN)	Defleksi			Momen (kN.m)	ϕ (1 / m)
	y_{i-1}	y_i	y_{i+1}		
0	0	0	0	0	0
6	0,100	0,1209	0,095	9	0,0195
12	0,235	0,2458	0,230	18	0,0423
18	0,343	0,3716	0,332	27	0,0638
24	0,383	0,5014	0,486	36	0,0916
30	0,799	1,065	0,947	45	0,4568



Gambar 5.16. Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Kuda-Kuda Sistem *Pryda* dengan Numeris

5.3.3. Analisa Kerusakan pada Sampel Uji

Kerusakan yang terjadi pada penelitian ini terjadi pada saat penelitian pendahuluan yaitu terjadi pada sampel sambungan kayu bengkirai terjadi patah sebelum mencapai beban rencana serta pada sampel sistem kuda-kuda terjadi *buckling*. Kerusakan ini disebabkan karena pada sambungan sampel kayu yang digunakan ukurannya terlalu panjang pada bagian yang bebas daripada bagian yang disambung dengan alat sambung *claw nailplate*. Sedangkan pada sistem terjadi *buckling* yang cukup besar karena pengaku yang digunakan kurang kuat untuk menahan beban yang bekerja serta ukuran kayu untuk batang atas dan bawah yang kurang besar, sehingga kayu melendut bukan ke arah bawah seperti yang biasa terjadi melainkan ke arah samping.

5.4. Pembahasan

5.4.1. Analisa Data Sambungan Kayu Berdasar Hubungan Beban-Lendutan

Dengan mengamati hasil-hasil percobaan terutama pada grafik beban-lendutan (gambar 5.8-5.13, halaman 48-53), diperoleh bahwa kekuatan kayu bengkirai dengan alat sambung yang sama (6 C 4 dan 8 C 4) mampu menahan beban lebih besar tetapi nilai lendutannya cukup kecil. Hal ini dikarenakan pada uji pendahuluan, ternyata kayu bengkirai memiliki kuat desak yang lebih besar daripada jenis kayu meranti dan keruing.

Sambungan *claw nailplate* itu sendiri mampu menahan beban sampai terjadi *displacement* mendekati 600 mm. Dilihat dari grafik percobaan, kuat desak mendekati linear antara 3250 kg (keruing) sampai dengan 4250 kg (meranti). Setelah itu, sambungan masih mengalami peningkatan kekuatan walaupun terjadi lendutan yang cukup besar antara 49,5 mm (bengkirai) sampai dengan 170 mm (meranti).

Sambungan kayu dengan *claw nailplate* memiliki beban dan selip di atas persyaratan PKKI 1961, yaitu $P_{ijin}=P_{max}/3$ dan $\Delta = 1,5$ mm. Dari grafik hasil percobaan, semua sambungan baik dengan alat sambung 6 C 4 dan 8 C 4 memiliki kemampuan di atas P_{ijin} , yaitu 1466 kg (diambil dari $1/3 P_{max}$ kayu meranti dengan alat sambung 6 C 4).

Dari grafik 5.8-5.13 pada halaman 48-53, dapat diketahui pula daktilitas simpangan pada tiap-tiap sambungan, yaitu dengan melihat Δ_y dan Δ_{total} , seperti pada tabel 5.22 dan 5.23 berikut :

Tabel 5.22. Analisa Daktilitas Simpangan pada Kayu dengan Alat Sambung 6C4

Jenis Kayu	P (kN)	Δ_y (mm)	Δ_{total} (mm)	Daktilitas (Δ_{total}/Δ_y)
Meranti	30,00	1,31	4,00	3,05
Keruing	27,50	1,13	3,79	3,35
Bengkirai	40,00	0,67	3,33	4,97

Tabel 5.23. Analisa Daktilitas Simpangan pada Kayu dengan Alat Sambung 8C4

Jenis Kayu	P (kN)	Δ_y	Δ_{total}	Daktilitas (Δ_{total}/Δ_y)
Meranti	22,50	0,75	4,00	5,33
Keruing	25,00	0,635	3,60	5,67
Bengkirai	35,00	0,325	2,47	7,60

Dari tabel 5.22 dan 5.23, dapat diketahui bahwa kayu bengkirai memiliki daktilitas simpangan terbesar dari pada kayu meranti dan keruing.

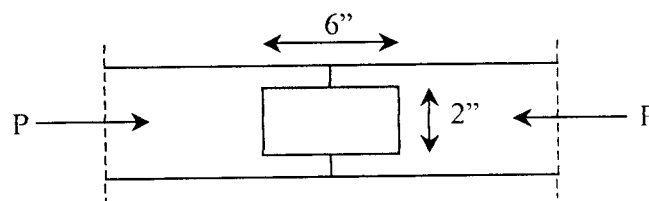
5.4.2. Kuat Lentur Sistem Kuda-Kuda Berdasar Hubungan Beban-Lendutan

Pada percobaan sistem kuda-kuda, kayu mengalami *buckling* pada batang atas, karena pada kayu bagian atas (*top chord*) yang menerima gaya desak yang cukup besar. Kayu reng sebagai pengikat atau pengaku itu sendiri menggunakan standar *pryda*, yaitu jenis bengkirai dengan ukuran 4/4 untuk mendapatkan keadaan seperti dilapangan. Pada penelitian ini semua ukuran kayu di samakan yaitu 4/7 sehingga batang atas (*top chord*) dan batang bawah (*bottom chord*) tidak mampu menahan *buckling* yang terjadi, sedangkan pada penelitian terdahulu batang atas dan bawah cukup mampu menahan *buckling* karena ukuran kayu yang digunakan 4/10. Oleh karena itu dilihat dari grafik hubungan beban-lendutan sebenarnya kuda-kuda sistem *Pryda* masih mampu untuk menahan beban yang

lebih besar dari 30 kN, karena alat sambung *claw nailplate* belum rusak akan tetapi kayu tidak kuat sehingga kuda-kuda tidak runtuh tetapi terjadi defleksi lateral.

Kekakuan yang diperoleh dari hubungan beban lendutan pada kedua kuda-kuda mempunyai sifat yang sama, yaitu pada tengah bentang kayu (y_i) kekakuan yang terjadi kecil, tidak demikian dengan kekakuan pada batang disisi kanan (y_{i-1}) maupun kiri (y_{i+1}) nilai kekakuan semakin besar.

Sebagai pembanding, alat sambung 6 C 2 yang terdapat pada batang diagonal memiliki jumlah paku sebanyak 48 buah dalam satu pelat. Dari persamaan 3.9 pada bab 3, dapat diketahui gaya yang dapat ditahan oleh pelat tersebut sebagai berikut :



Gambar 5.17. Gaya yang terjadi pada batang diagonal

$$\text{Lebar Pelat} = \frac{1,15 \times P}{Ntp \times k} \times 0,5$$

$$2'' = \frac{1,15 \times P}{110 \times 1} \times 0,5$$

$$P = 971,826 \text{ N} = 0,971 \text{ kN per paku}$$

P_{\max} yang dapat ditahan oleh alat sambung 6 C 2 adalah :

$$P_{\max} = \text{jumlah paku} \times P \text{ per paku}$$

$$= 48 \times 0,971 \text{ kN} = 46,608 \text{ kN}$$

Sedangkan gaya batang pada batang horisontal pada saat pembebanan 30 kN adalah 29,96 kN. Sehingga dapat dilihat bahwa alat sambung masih mampu menahan gaya yang terjadi atau alat sambung masih belum rusak tetapi pada kayu terjadi tekuk.

Pada saat kuda-kuda mencapai beban maksimum, batang tekan (batang 5, Lampiran XV) dan batang tarik (batang 2, Lampiran XV) yang mengalami gaya terbesar dianalisa dengan tegangan ijin hasil dari penelitian kuat desak kayu, dan ditampilkan pada tabel 5.24.

$$\sigma_{ijin} = \frac{P_{ijin}}{A}$$

di mana P_{ijin} didapat dari $1/3 P_{max}$ pada penelitian tarik kayu sejajar serat dan desak kayu sejajar serat.

Tabel 5.24. Perbandingan Tegangan Ijin dan Tegangan yang Terjadi pada Kuda-Kuda

Batang	σ_{ijin} (kN/m ²)	$\sigma_{yang\ terjadi}$ (kN/m ²)
5 (Desak)	2000	10703,57
2 (Tarik)	1944,01	9453,57

Dari tabel 5.24 dapat dilihat jika tegangan yang terjadi melebihi tegangan desak ijin, sehingga kayu tersebut tidak mampu menahan beban yang terjadi walaupun alat sambung belum rusak.

Berdasar gambar 5.14 halaman 56, didapat daktilitas simpangan untuk kuda-kuda *pryda* yang ditampilkan dalam tabel 5.25.

Tabel 5.25. Analisa Daktilitas Simpangan pada Kuda-Kuda *Pryda*

P (kN)	Δ_y (mm)	Δ_{total} (mm)	Daktilitas Δ_y/Δ_{total}
18	0,3716	1,065	2,87

5.4.3. Kuat Lentur Sistem Kuda-Kuda Berdasar Hubungan Momen-Kelengkungan

Perilaku dari grafik hubungan momen kelengkungan memiliki kecenderungan yang tak jauh berbeda dengan grafik hubungan beban lendutan seperti ditunjukkan pada gambar di lampiran. Demikian juga dengan kuat lentur kuda-kuda yang didapat dari kedua grafik tersebut. Mulai dari kuat lentur awal sampai dengan kuat lentur maksimum kuda-kuda pada penelitian ini sampai kuda-kuda mengalami *buckling*. Kuat lentur kuda-kuda cenderung linier tetapi kelengkungan kuda-kuda mengalami peningkatan terutama ketika akan terjadi *buckling*. Kuat lentur maksimal pada dua buah sampel kuda-kuda yaitu sebesar 30 kN (sampai kuda-kuda mengalami *buckling*) pada saat momen maksimum yang terjadi sebesar 45 kN-m. Kelengkungan yang terjadi pada kedua sampel mempunyai kecenderungan yang sama besarnya.

Daktilitas kelengkungan yang terjadi pada kuda-kuda berdasar pada gambar 5.16 halaman 59, dan ditunjukkan pada tabel 5.26.

Tabel 5.26. Analisa Daktilitas Kelengkungan pada Kuda-Kuda *Pryda*

M (kN-m)	ϕ_y	ϕ_{total}	Daktilitas (ϕ_{total}/ϕ_y)
27	0,0638	0,4568	7,16

Dari hubungan momen kelengkungan dapat ditunjukkan bahwa nilai EI semakin kecil karena kelengkungan yang terjadi semakin besar sehingga sifat kayu perlahan-lahan menjadi inelastis dan menuju ke plastis, tetapi sampai pada inelastis kayu mengalami *buckling*, sehingga beban maksimum yang diperoleh sampai kuda-kuda runtuh tidak tercapai.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan tentang alat sambung *claw nailplate*, sebagai berikut :

1. Kayu bengkirai dengan alat sambung *claw nailplate* memiliki kecenderungan menahan gaya desak lebih besar dibanding dua jenis kayu lainnya, yaitu kayu meranti dan keruing. Kayu bengkirai juga memiliki nilai selip relatif lebih kecil dari pada kayu meranti dan keruing.
2. Kayu dengan alat sambung *claw nailplate* memiliki kemampuan dia atas P_{ijin} untuk paku yaitu $P_{ijin} = P_{max}/3$ atau $\Delta_{max} = 1,5$ mm
3. Beban yang dapat ditahan oleh kuda-kuda *pryda* sebesar 3000 kg. Kuda-kuda tersebut masih mampu menahan beban yang lebih besar karena pada saat beban mencapai 3000 kg terjadi tekuk pada batang atas dan alat sambung belum mengalami kerusakan.
4. Kekakuan yang terjadi pada kuda-kuda sistem *pryda* dipengaruhi oleh kuat kelas kayu dan dimensi batang yang digunakan, terutama batang atas dan batang bawah. Kayu-kayu dari jenis kuat kelas I (bengkirai) mempunyai

kekakuan yang lebih besar daripada dari jenis kuat kelas III (keruing dan meranti).

5. Daktilitas simpangan kayu bengkirai lebih besar dari pada daktilitas simpangan kayu lainnya (meranti dan keruing).

6.2. Saran

1. Perlu diteliti penelitian sambungan *claw nailplate* dengan variasi sambungan terhadap jenis kayu yang sama.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan tentang kuda-kuda *pryda* dengan batang bawah 4/10 sesuai spesifikasi *pryda*.
3. Perlu diadakan penelitian tentang penggunaan kayu selain bengkirai pada kuda-kuda sistem *pryda*.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1979, **PERATURAN KONSTRUKSI KAYU INDONESIA 1961**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Bambang Triatmodjo, 1992, **METODE NUMERIK**, Beta Offset
- Etti DS, Ani S, 2001, **PERILAKU BALOK PAPAN NON PRISMATIS DENGAN PENGAKU**, Tugas Akhir Penelitian Laboratorium, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Faherty KF, Williamson GT, 1989, **WOOD ENGINEERING AND CONSTRUCTION HANDBOOK**, McGraw-Hill Publishing Company
- Heinz Frick, 1982, **ILMU KONSTRUKSI BANGUNAN KAYU**, Penerbit Kanisius
- Laurentius Wahyudi, Sjahril A. Rahim, 1992, **METODE PLASTIS, ANALISIS DAN DESAIN**, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama
- Lynn S. Beedle, 1958, **PLASTIC DESIGN OF STEEL FRAMES**, John Wiley & Sons Inc.
- Padosbajayo, 1992, **BAHAN KULIAH PENGETAHUAN DASAR STRUKTUR BAJA**
- Pelayanan Komputer Teknik Sipil UGM, 2000, **MODUL KURSUS STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAM (SAP90) DASAR**
- Pryda, 1990, **PRYDA KNUCKLE NAIL HANDBOOK**

Salmon G. Charles, Johnson E. John, 1980, **STEEL STRUCTURES, DESIGN AND BEHAVIOR**, Harper & Row Publishers

Stalnaker J. J, Harris C Ernest, 1989, **STRUCTURAL DESIGN IN WOOD**, Van Nostrand Reinhold

Suwarno W, 1976, **KONSTRUKSI KAYU**, Bahan-Bahan Kuliah Fakultas Teknik UGM

Timoshenko P. Stephen, Gere M. James, 1987, **MEKANIKA BAHAN**, Penerbit Erlangga

LAMP IRAN

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID.STUDI
1	SRAHMADI BUDIMAN	95 310 209	STRUKTUR
2	ISHERU ARYADI	95 310 229	STRUKTUR

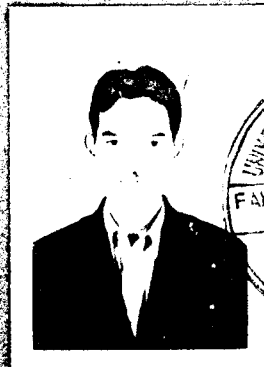
JUDUL TUGAS AKHIR :

**PERILKU BALOK KAYU PROFIL I DENGAN PENGAKU ARAH LONGITUDINAL.
PERIODE III : MARET – AGUSTUS
TAHUN : 2000 / 2001**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang-Sidang						
7	Pendadaran.						

DOSEN PEMBIMBING I
DOSEN PEMBIMBING II

IR. H.SUHARYATMO, MT
IR. FATKHURROHMAN NS, MT



Yogyakarta, 18 April 2001

[Handwritten Signature]

ADJUDDIN BM ARIS, MS

Catatan:

- Seminar :
- Sidang :
- Pendadaran :



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

KAMPUS : Jalan Kaliurang Km. 14,4 Tel. 895042, 895707, 896440, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Nomor : 07 / Kajur.TS.20/Bg.Pr/TGA/IV/2001
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR

FM-UII-AA-FFU-09
Yogyakarta, 18 April 2001

Kepada Yth :
Bpk /Ibu . : **Ir. H.Suharyatmo, MT**
DI-
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak /Ibu agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : **Rahmadi Budiman**
No. Mhs. : 95 310 209
Bid.Studi : Teknik Struktur
Tahun Akademi : 2000/2001 (Genap)
2. Nama : **Isheru Aryadi**
No. Mhs. : 95 310 229
Bid. Studi : Teknik Struktur
Tahun Akademi : 2000/2001 (Genap)

Dapat diberikan petunjuk –petunjuk , pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas akhir .

Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sbb :

Dosen Pembimbing I : **Ir. H.Suharyatmo, MT**
Dosen Pembimbing II. : **Ir. Fatkhurrohman, MT**

Dengan mengambil topik :

PERILAKU BALOK KAYU PROFIL I DENGAN PENGAKU ARAH LONGITUDINAL “

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Y e k a n.
Ket. Jurusan Teknik Sipil

Dr. H. Tadjuddin BM Aris, MS

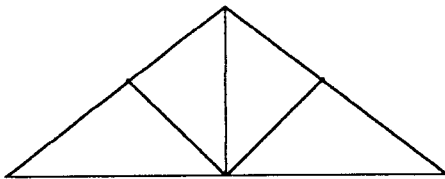
Tembusan :

- Mahasiswa Ybs.
- Arsip

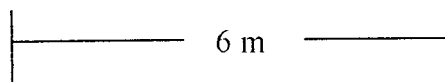
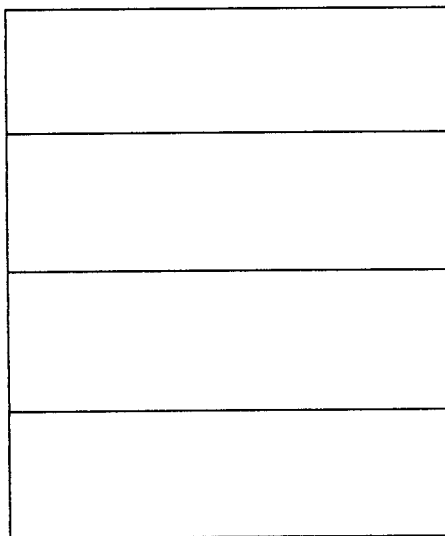
LAMPIRAN III

Perhitungan Jumlah Kayu yang digunakan pada Kuda-Kuda Konvensional dan Kuda-Kuda *Pryda*

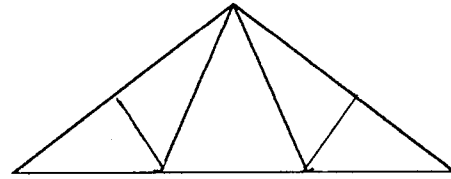
Spesifikasi : Luas bangunan 6 m x 12 m
Atap Konvensional



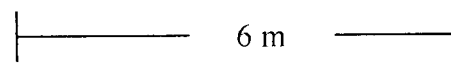
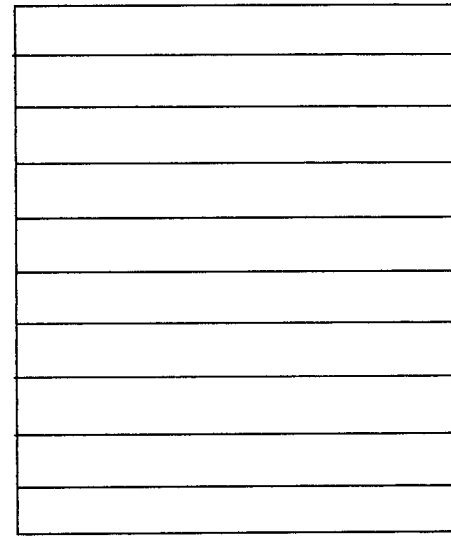
Jarak antar kuda-kuda = 3 m
Jumlah kuda-kuda = 5 buah



Atap Ringan (*Pryda*)



Jarak antar kuda-kuda = 1,2 m
Jumlah kuda-kuda = 11 buah



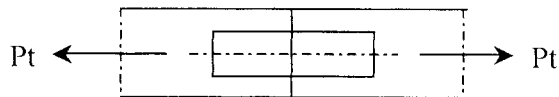
Pemakaian Kayu per kuda-kuda	Kuda-kuda Konvensional		Kuda-kuda <i>Pryda</i>	
	Dimensi	Jumlah	Dimensi	Jumlah
Rangka	19,6 m x 8/12	0,1882 m ³	20,7 m x 4/10	0,0828m ³
Balok gapit	6,8 m x 6/12	0,0490 m ³	-	-
Balok kunci	0,85 m x 8/12	0,0082 m ³	-	-
Total		0,2454 m ³		0,0828 m ³
Total seluruh atap	5 x 0,2454 m ³	1,277 m ³	11 x 0,0828 m ³	0,9108 m ³

Gaya geser pada joint antara batang diagonal dan batang bawah (α_1) :

$$Ns\alpha_1 = \frac{Ns \text{ memanjang} \times Ns \text{ menyamping}}{Ns \text{ memanjang} (\sin \alpha_1)^2 + Ns \text{ menyamping} (\cos \alpha_1)^2}$$

$$\text{Gaya geser / sisi} > \frac{P_1 - P_2}{Ns\alpha_1} \times 1/2$$

Tegangan aksial beban pada rangka batang bawah :



Jumlah paku yang dibutuhkan :

$$\text{Jumlah paku / sisi} > \frac{1,15 \times Pt}{Np \times K} \times 1/2$$

Lebar plat :

$$\text{Lebar plat / sisi} > \frac{Pt}{Ntp \times K} \times 1/2$$

LAMPIRAN VI

Tabel Hasil Penelitian Sambungan Kayu dengan Alat Sambung 6 C 4

Meranti		Keruing		Bengkirai	
Δ (x 10 ⁻² mm)	P (kN)	Δ (x 10 ⁻² mm)	P (kN)	Δ (x 10 ⁻² mm)	P (kN)
0	0	0	0	0	0
25,0	2,50	32,0	2,50	0,5	2,50
38,0	5,00	53,0	5,00	4,0	5,00
44,5	7,50	70,0	7,50	11,0	7,50
51,0	10,00	82,5	10,00	15,0	10,00
57,0	12,50	94,0	12,50	18,0	12,50
64,0	15,00	99,0	15,00	23,0	15,00
70,5	17,50	101,5	17,50	28,0	17,50
86,5	20,00	104,0	20,00	32,0	20,00
95,0	22,50	107,5	22,50	35,0	22,50
115,0	25,00	109,0	25,00	39,0	25,00
124,0	27,50	113,5	27,50	43,0	27,50
131,0	30,00	128,0	30,00	46,5	30,00
137,0	32,50	139,5	32,50	51,0	32,50
142,0	35,00	153,0	35,00	56,0	35,00
153,0	37,50	168,0	37,50	60,0	37,50
193,0	40,00	194,0	40,00	67,0	40,00
217,0	42,50	238,0	42,50	75,0	42,50
253,0	43,00	379,0	44,00	85,5	45,00
380,0	43,50			103,0	47,50
400,0	44,00			132,5	50,00
				187,0	52,50
				333,0	54,25

LAMPIRAN VIII

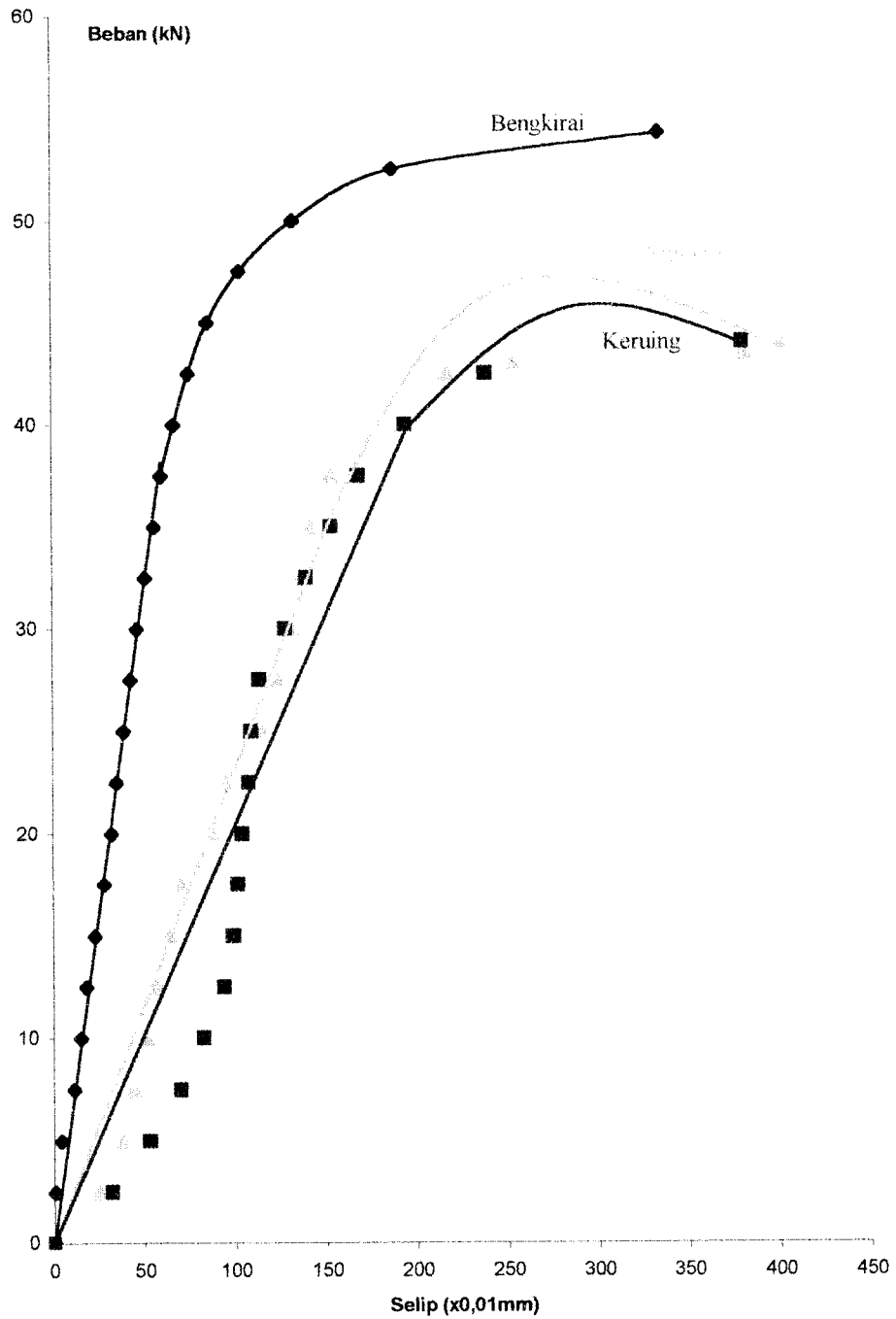
Tabel Hubungan Beban-Lendutan Kuda-Kuda *Pryda*

Defleksi	P (kN)
0	0
0,099	6
0,213	12
0,328	18
0,478	24
1,065	30

Tabel Hubungan Momen-Kelengkungan Kuda-Kuda *Pryda*

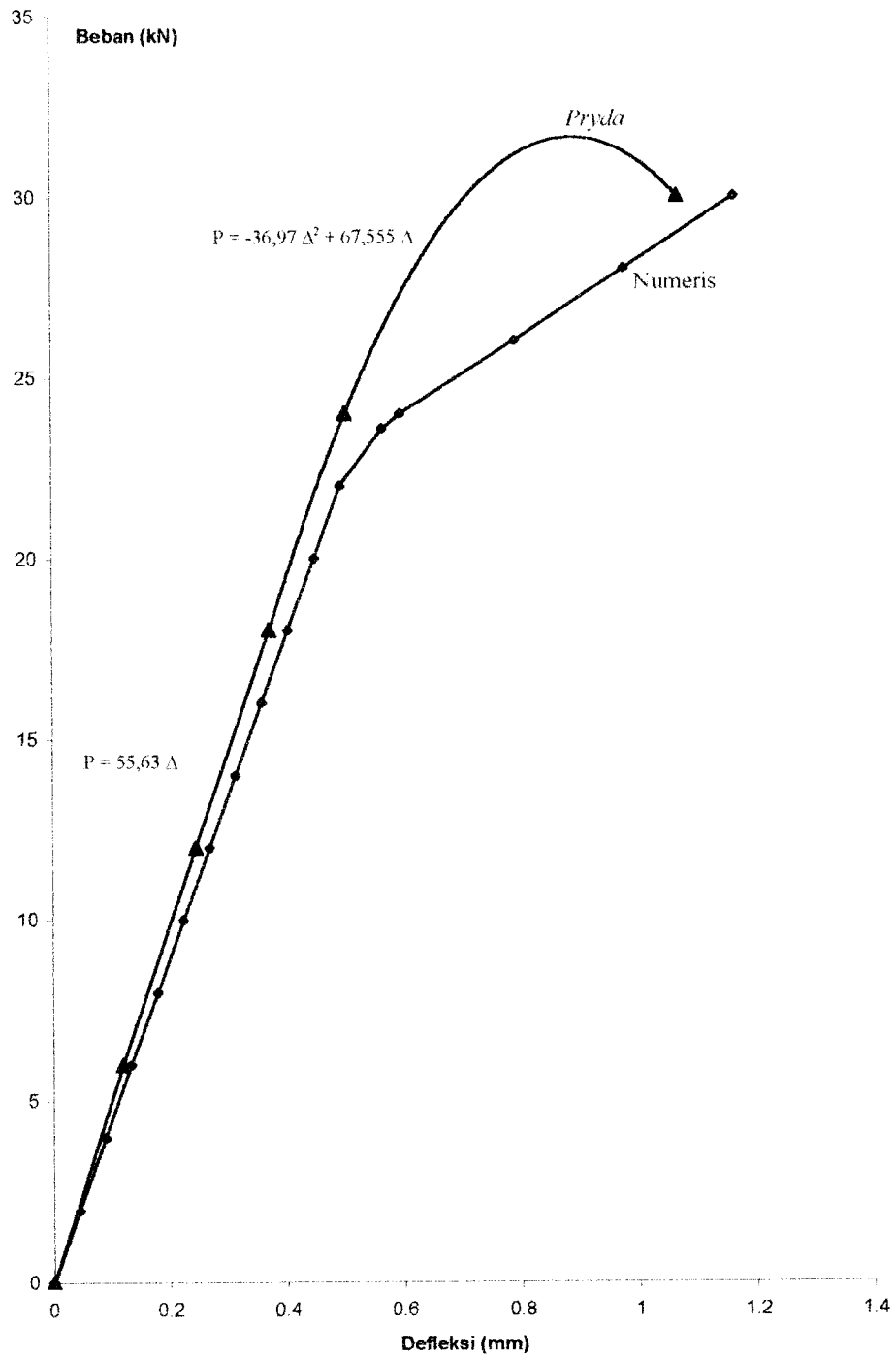
Momen (M)	Kelengkungan (φ)
0	0
9	0,0365
18	0,1710
27	0,1425
36	0,2625
45	0,5905

LAMPIRAN X



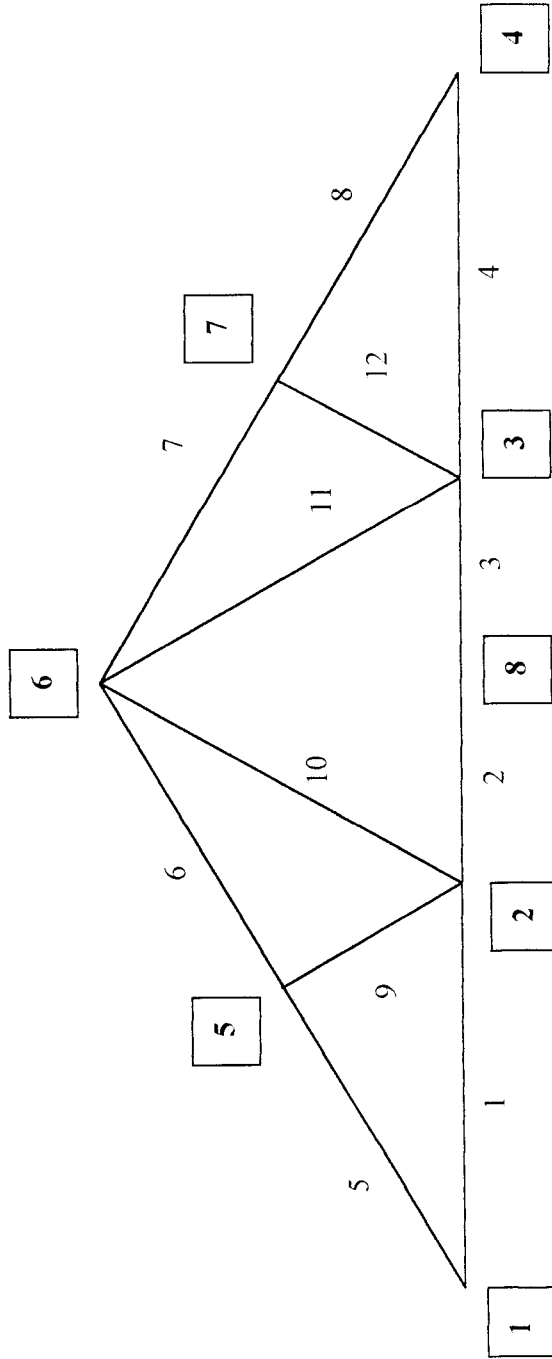
Grafik Hubungan Beban-Selip Kayu dengan Alat Sambung 6 C 4

LAMPIRAN XIII



Grafik Hubungan Beban-Lendutan Kuda-Kuda Pryda dan Numeris

Gambar Penamaan Joint dan Elemen

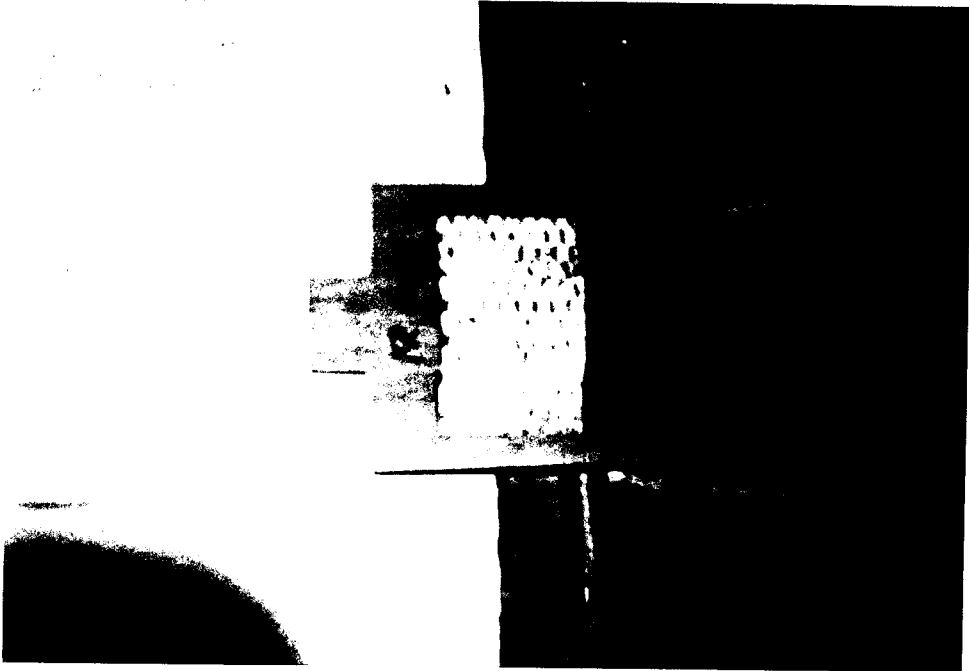


Gaya Batang Axial pada Kuda-kuda dengan Program SAP 90

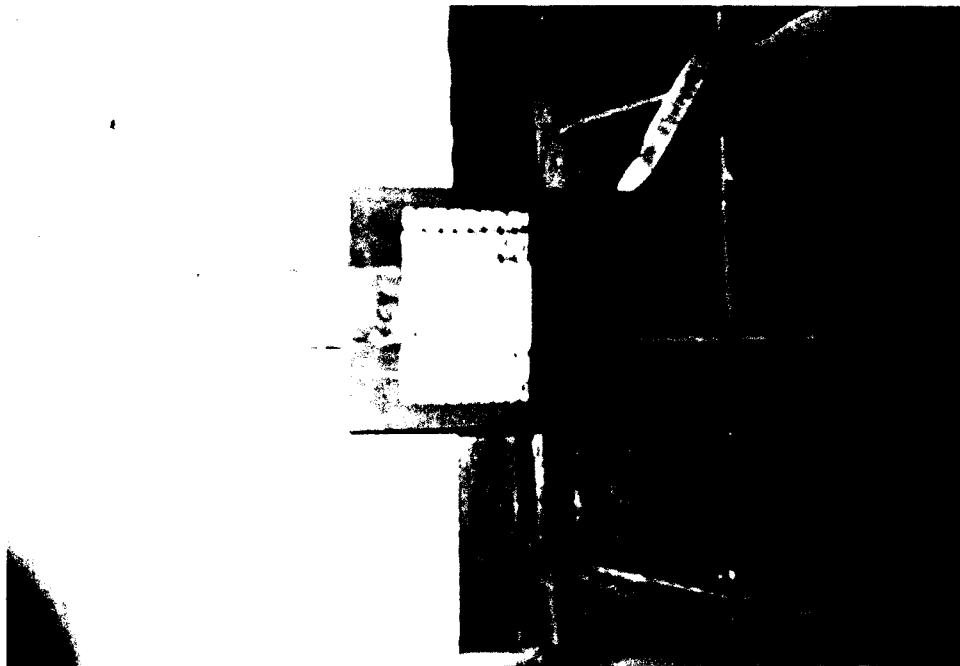
Beban (kN)	Gaya Batang (kN)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1,729	1,765	1,765	1,729	-1,997	-1,998	-1,998	-1,997	0,034	-0,035	-0,035	0,034
4	3,458	3,529	3,529	3,458	-3,994	-3,996	-3,996	-3,994	0,068	-0,069	-0,069	0,068
6	5,188	5,294	5,294	5,188	-5,992	-5,995	-5,995	-5,992	0,102	-0,104	-0,104	0,102
8	6,917	7,059	7,059	6,917	-7,989	-7,993	-7,993	-7,989	0,136	-0,138	-0,138	0,136
10	8,646	8,823	8,823	8,646	-9,986	-9,991	-9,991	-9,986	0,169	-0,173	-0,173	0,169
12	10,38	10,59	10,59	10,38	-11,98	-11,99	-11,99	-11,98	0,203	-0,207	-0,207	0,203
14	12,10	12,35	12,35	12,10	-13,98	-13,99	-13,99	-13,98	0,237	-0,242	-0,242	0,237
16	13,83	14,12	14,12	13,83	-15,98	-15,99	-15,99	-15,98	0,271	-0,276	-0,276	0,271
18	15,56	15,88	15,88	15,56	-17,98	-17,99	-17,99	-17,98	0,305	-0,311	-0,311	0,305
20	17,29	17,65	17,65	17,29	-19,97	-19,98	-19,98	-19,97	0,339	-0,345	-0,345	0,339
22	19,02	19,41	19,41	19,02	-21,97	-21,98	-21,98	-21,97	0,373	-0,380	-0,380	0,373
24	20,75	21,18	21,18	20,75	-23,97	-23,98	-23,98	-23,97	0,407	-0,414	-0,414	0,407
26	22,48	22,94	22,94	22,48	-25,96	-25,98	-25,98	-25,96	0,441	-0,449	-0,449	0,441
28	24,21	24,71	24,71	24,21	-27,96	-27,98	-27,98	-27,96	0,474	-0,484	-0,484	0,474
30	25,94	26,47	26,47	25,94	-29,96	-29,97	-29,97	-29,96	0,508	-0,518	-0,518	0,508

LAMPIRAN XVII

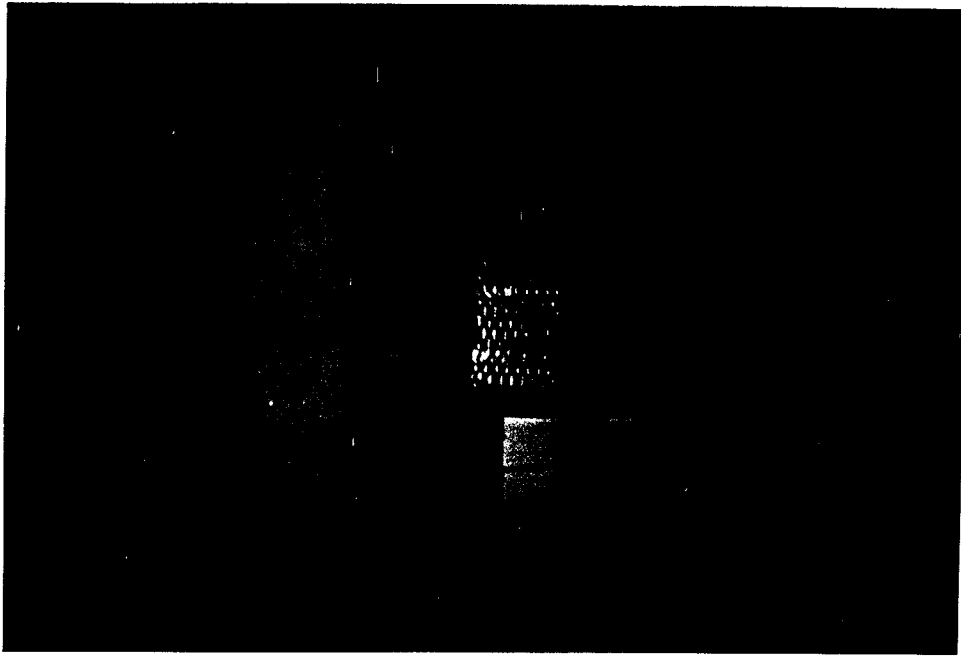
Foto-Foto Benda Uji



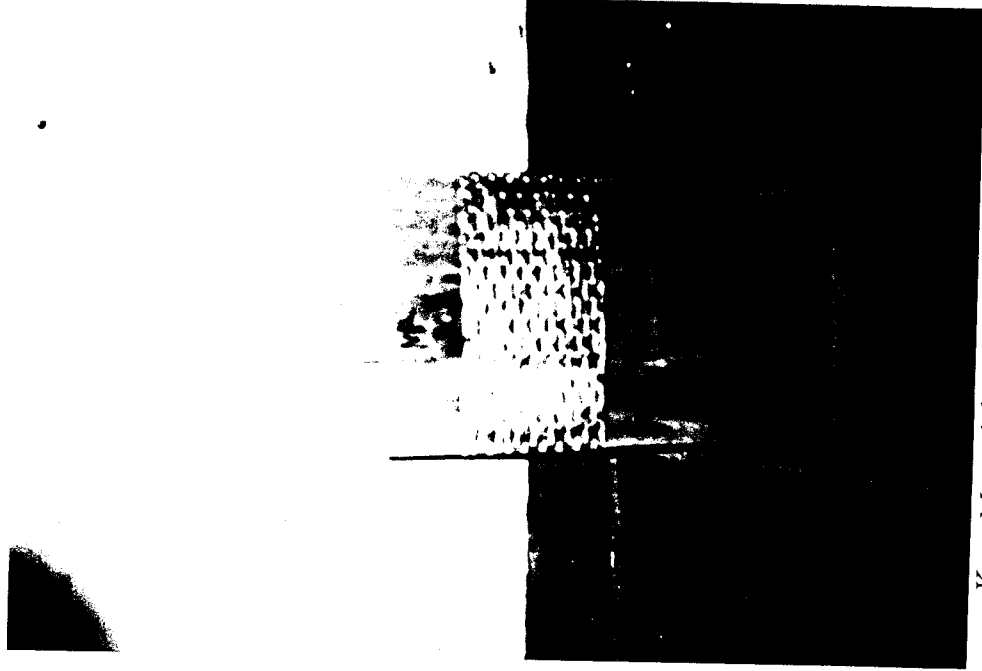
Kayu Keruing dengan Alat Sambung 6 C 4



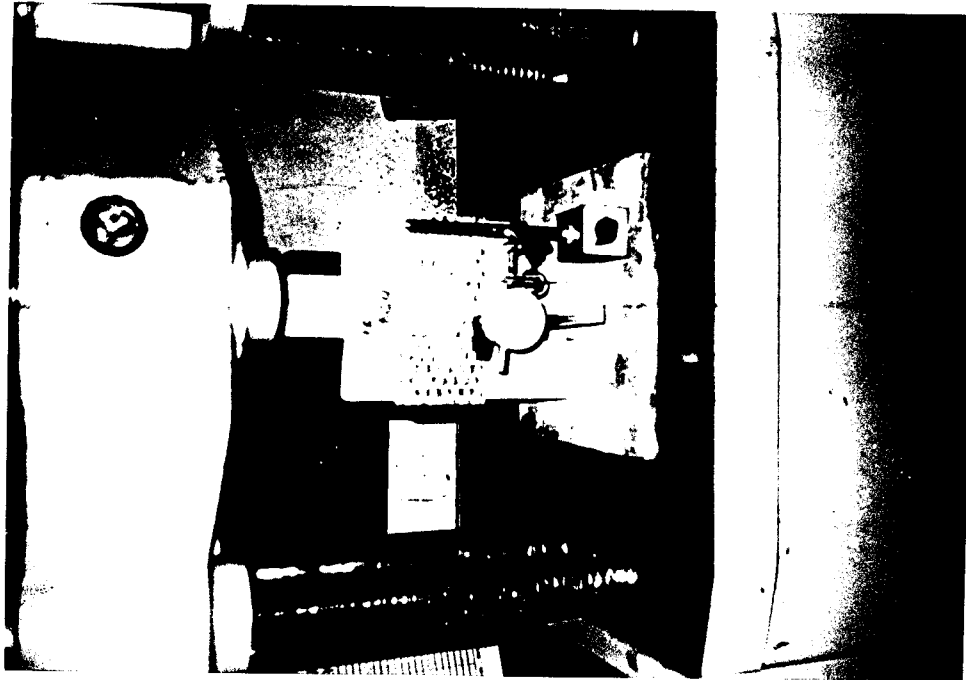
Kayu Meranti dengan Alat Sambung 6 C 4



Kayu Bengkirai dengan Alat Sambung 6 C 4



Kayu Meranti dengan Alat Sambung 8 C 4



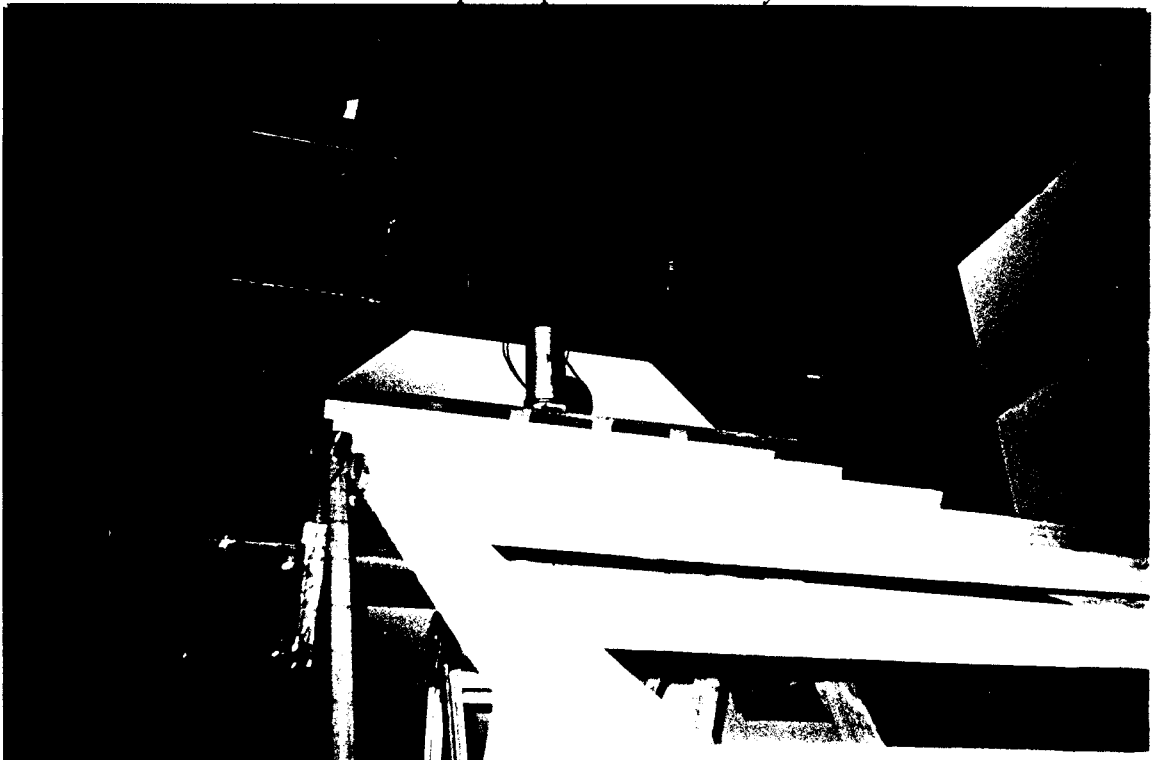
Kayu Keruing dengan Alat Sambung 8 C 4



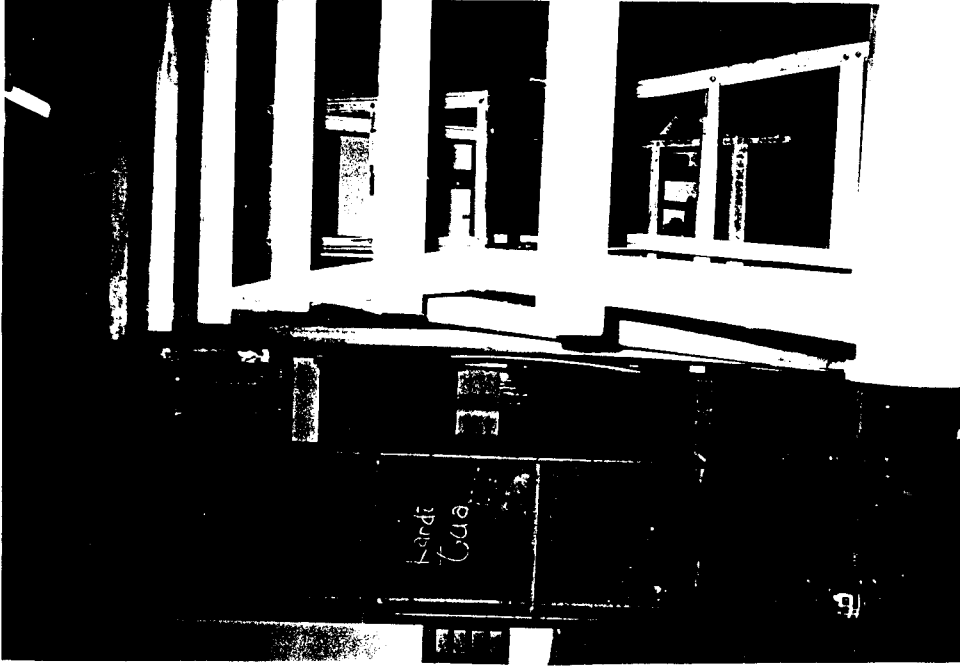
Kayu Bengkirai dengan Alat Sambung 8 C 4



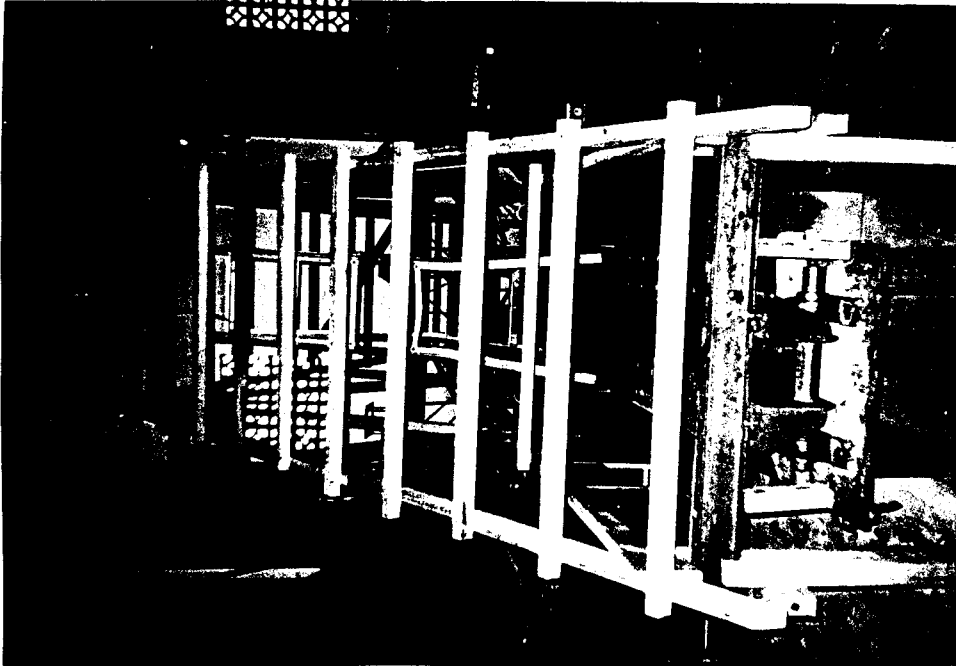
Tampak Depan Kuda-Kuda *Pryda*



Peletakan Beban Terpusat pada Kuda-Kuda



Kuda-Kuda Setelah Pengujian, Tekuk pada Batang Atas



Tampak Samping Kuda-Kuda *Pryda*