

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

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



Disusun Oleh :

DHESPY ROSMEI LINA

No. Mhs. : 98 511 143

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2003**

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM

PERILAKU KUDA-KUDA PAPAN 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 :

Nama : Dhespy Rosmei Lina

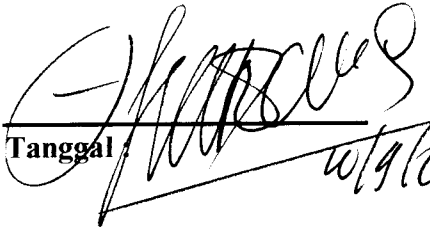
No. Mhs : 98 511 143

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Tri Fajar Budiono, MT
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 10 / 09 / 08

Ir. H. Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 10 / 09 / 08

halaman persembahan

karya sederhana ini ku persembahkan untuk:

- ✧ Bunda dan Ayahanda yang telah tulus memberi doa, cinta dan kasih sayang, perhatian, kesabaran, nasehat serta dukungan dalam setiap langkah ananda yang tak mungkin terbalaskan.
- ✧ Mba Wiwi, mas Dedy, Dhany dan Vivi yang senantiasa mensupport.
- ✧ Seseorang yang kelak 'kan menjadi "Bintang Penuntunku" dalam menggapai ridho-Nya.
- ✧ Ex. Sipil D'98 (sorry gak bisa sebutin satu-persatu.....abis buanyak sich...), jangan pernah lupain aku ya.....
- ✧ Teman dan sahabat yang berada di lingkungan almamater kampus biru Universitas Islam Indonesia.

MOTTO

...."Allah memberikan hikmah (kepaahaman yang dalam tentang Al - Quran dan Sunnah) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Dan barang siapa yang diberi kebajikan yang banyak. Dan tak ada yang dapat mengambil pelajaran kecuali orang – orang yang berakal"...(Qs. Al-Baqarah : 269)

Rosulullah bersabda : "Yang disebut bersilaturahmi itu bukanlah seseorang yang membalas kunjungan / pemberian, melainkan yang menyambung apa yang terputus"...(HR. Bukhari)

Seseorang yang masih kurang berilmu pengetahuan tetapi memiliki kecintaan yang sangat tinggi terhadap ilmu, jauh lebih utama daripada mereka yang memenuhi otaknya dengan ilmu yang tinggi tetapi hati mereka kosong
(No Name)

Little things mean alot. Banyak hal – hal “ kecil” yang sesungguhnya tidak kecil.
Kalau kita memperhatikannya, sangatlah besar maknanya

Bila bukan merupakan kesalahan, perlu belajar untuk menerimanya meskipun kita tidak menyukainya

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahil'alamin, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya, serta salawat kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya dan para pengikut-pengikutnya, hingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat menempuh jenjang pendidikan Strata Satu (S-1). Tugas akhir yang berjudul **“PERILAKU KUDA - KUDA PAPAN DENGAN ALAT SAMBUNG *CLAW NAILPLATE*”** ini dimaksudkan untuk memberikan pengetahuan kepada pembaca tentang penelitian perilaku pembebanan statis pada kuda-kuda jika menggunakan kayu papan dengan alat sambung *claw nailplate*.

Selama melaksanakan dan menyusun Tugas Akhir ini, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan banyak terima kasih sebesar – besarnya kepada :

1. Ir. H. Widodo, MSCE, Phd selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. H. Munadhir, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. Tri Fajar Budiono, MT selaku Dosen Pembimbing I.
4. Ir. H. Suharyatmo, MT selaku Dosen Pembimbing II.
5. Ir. Helmi Akbar Bale, MT selaku Dosen Penguji
6. Bapak Ir. Bunadi W. Gunawan, MSc selaku Direktur PT Kuda – Kuda Total Prima
7. Bapak Ir. Win Kadarjono selaku Direktur PT Kuda – Kuda Total Prima
8. Ibu Ir Tuti Herawati. selaku Desingner Engineering PT Kuda – Kuda Total Prima
9. Sdr Aris yang telah membantu pelaksanaan pengujian sampel di Laboratorium Mekanika Rekayasa UII
10. Bapak, Ibu, mba Wiwi, mas Dedy, Dhany dan Vivi yang selalu memberikan do'a dan dukungan bagi setiap langkah ku
11. Ank's, abangku yang sudah sekian lama menemani langkahku untuk menuju dan mendapatkan ridho-Nya
12. Teman-teman kelas D' 98 yang selalu menemani dan menyemangati dalam suka dan duka
13. semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu-persatu yang sudah membantu hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangannya, oleh sebab itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan tugas akhir ini.

Dan akhirnya penyusun berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semuanya dan dapat digunakan semestinya..

Wabillahaufik wal hidayah, Wassalaamu 'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Agustus 2003

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAKSI.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Lokasi Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III LANDASAN TEORI.....	7
3.1 Kuda-Kuda Papan.....	7
3.2 Kepadatan Kayu.....	8
3.2.1 Berat Jenis.....	8
3.2.2 Kekuatan Kayu.....	8
3.3 Modulus Elastis (E) Kayu.....	9
3.4 Tegangan – Tegangan Ijin	10
3.5 Alat Sambung Claw Nailplate.....	10
3.6 Kuat Tekan.....	13
3.7 Kuat Tarik.....	14
3.8 Hubungan Beban – Lendutan.....	14
3.9 Hipotesis.....	15
BAB IV METODE PENELITIAN.....	17
4.1 Tinjauan Umum.....	17
4.2 Bahan Penelitian.....	19
4.3 Alat - Alat Yang Digunakan.....	19
4.4 Pengujian Pendahuluan.....	23
4.4.1 Pengujian Kadar Air dan Berat Jenis.....	23
4.4.2 Pengujian Desak Kayu.....	24
4.4.3 Pengujian Kuat Tarik Kayu.....	24
4.4.4 Pengujian Kuat Geser Kayu.....	25

4.5 Pengujian Sambungan.....	26
4.5.1 Pengujian Kuat Desak Pada Alat Sambung Claw Nailplate.....	26
4.5.2 Pengujian Kuat Tarik Pada Alat Sambung Claw Nailplate.....	26
4.6 Pengujian Benda Uji	27
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	29
5.1 Hasil Penelitian Pendahuluan.....	29
5.1.1 Hasil Uji Kadar Air dan Berat Jenis Kayu.....	29
5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat.....	30
5.1.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik // Serat.....	30
5.1.4 Hasil Pengujian Kuat Geser Kayu // Serat.....	31
5.2 Hasil Pengujian Sambungan.....	31
5.3 Hasil Pengujian Kuda – Kuda Papan.....	34
5.4 Analisa Kerusakan Pada Benda Uji.....	39
5.5 Pembahasan.....	40
5.5.1 Pengujian Pendahuluan.....	40
5.5.1.1 Pengujian Kadar Air dan BJ Kayu.....	40
5.5.1.2 Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat.....	40
5.5.1.3 Pengujian Kuat Tarik Kayu // Serat.....	41
5.5.1.4 Pengujian Kuat Geser Kayu // Serat.....	41
5.5.2 Pengujian Sambungan.....	41
5.5.3 Pengujian Kuda – Kuda Papan.....	42

BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
	6.1 Kesimpulan.....	44
	6.2 Saran.....	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI

A	= luas penampang
b	= lebar papan
E	= modulus elastisitas
h	= panjang papan
I	= Inersia minimum
K	= factor lamanya pembebanan
L	= panjang tekuk
N_p	= perencanaan dasar pembebanan untuk desak
N_s	= perencanaan dasar pembebanan untuk geser
N_{tp}	= kekuatan yang diijinkan pada plat
P	= beban / gaya aksial
P_{cr}	= beban kritis
T	= tebal papan
Y	= lendutan
α	= sudut antara batang diagonal dan horizontal
σ	= tegangan
τ	= tegangan geser
ϵ	= regangan
λ	= kelangsingan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Kerangka Kuda – Kuda Papan.....	7
Gambar 3.2	Grafik Tegangan – Regangan.....	9
Gambar 3.3	Contoh Spesifikasi Claw Nailplate 4C3.....	11
Gambar 3.4	Gaya Batang Sambungan A pada Gambar 3.1.....	12
Gambar 3.5	Gaya Batang Sambungan B pada Gambar 3.1.....	13
Gambar 3.6	Hubungan Beban dan Lendutan pada Balok.....	16
Gambar 4.1	Flow Chart.....	18
Gambar 4.2	Mesin Uji Kuat Tarik.....	19
Gambar 4.3	Mesin Uji Kuat Desak.....	20
Gambar 4.4	Loading Frame.....	21
Gambar 4.5	Dukungan Sendi – Rol.....	22
Gambar 4.6	Dial Gauge.....	22
Gambar 4.7	Hydraulik Jack.....	23
Gambar 4.8	Model Benda Uji Berat Jenis Kayu.....	24
Gambar 4.9	Benda Uji Kuat Desak Kayu.....	24
Gambar 4.10	Benda Uji Kuat Tarik Kayu.....	25
Gambar 4.11	Benda Uji Kuat Geser Kayu.....	25

Gambar 4.12	Benda Uji Kuat Geser Sambungan.....	26
Gambar 4.13	Benda Uji Kuat Tarik Sambungan.....	26
Gambar 4.14	Benda Uji Kuda – Kuda Papan.....	27
Gambar 5.1	Model Benda Uji Kuat Geser Sambungan.....	32
Gambar 5.2	Model Benda Uji Kuat Tarik Sambungan.....	32
Gambar 5.3	Kuda-Kuda Papan dengan Alat Sambung Claw Nailplate.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kekuatan Kayu.....	8
Tabel 3.2	Modulus Kenyal (E) Sejajar Serat.....	9
Tabel 3.3	Tegangan Ijin Kayu Mutu A.....	10
Tabel 3.4	Perlemahan Tampang Akibat Alat Sambung.....	15
Tabel 5.1	Hasil Uji Kadar Air dan Berat Jenis Kayu.....	29
Tabel 5.2	Hasil Uji Kuat Desak Kayu Sejajar Serat.....	30
Tabel 5.3	Hasil Uji Kuat Tarik Kayu Sejajar Serat.....	30
Tabel 5.4	Hasil Uji Kuat Geser Kayu Sejajar Serat.....	31
Tabel 5.5	Beban Maks Sambungan pada Uji Kuat Geser Sambungan.....	32
Tabel 5.6	Beban Maks Sambungan pada Uji Kuat Tarik Sambungan.....	33
Tabel 5.7	Perbandingan Kuat Geser Sambungan Laboratorium-Pryda.....	33
Tabel 5.8	Hubungan Beban Lendutan Maks Rata-Rata Kuda-Kuda Papan...	34
Tabel 5.9	Kekuatan Struktur.....	35
Tabel 5.10	Perband. Gaya Batang-Per dan Kuat Sambung pada P=3800 kg....	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 :

- a. Kartu Peserta Tugas Akhir..... 47
- b. Lembar Konsultasi Tugas Akhir..... 48

Lampiran 2 :

- a. Hasil Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat Sampel 1..... 49
- b. Hasil Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat Sampel 2..... 50
- c. Hasil Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat Sampel 3..... 52

Lampiran 3 :

- a. Hasil Pengujian Kuat Geser Sambungan Claw Nailplate 4C3..... 54
- b. Hasil Pengujian Kuat Geser Sambungan Claw Nailplate 6C3..... 55
- c. Hasil Pengujian Kuat Geser Sambungan Claw Nailplate 8C3..... 56

Lampiran 4 :

- a. Data Spesifikasi Claw Nailplate yang Digunakan dalam
Penelitian..... 57
- b. Tabel Dasar Perencanaan Pembebanan 58
- c. Tabel Kekuatan Baja Claw Nailplate..... 58

d. Rencana pemasangan Nailplate.....	59
e. Gambar Detail Sambungan	68

Lampiran 5 :

a. Beban Rencana Kuda-Kuda Papan Dengan Alat Sambung Claw Nailplate.....	71
b. Tabel Pembacaan Dial pada Pembebanan Benda Uji 1.....	73
c. Tabel Pembacaan Dial pada Pembebanan Benda Uji 2.....	76
d. Gaya Batang Dengan Program SAP 2000.....	82

Lampiran 6 :

a. Perhitungan Tabel 5.10, Bab V, halaman36, Perbandingan Gaya Batang – Pcr dan Kekuatan Sambungan.....	88
--	----

Lampiran 7 :

a. Dokumentasi Penelitian.....	91
b. Claw Nail & Ezijoin Plate.....	94

ABSTRAKSI

Di Indonesia kayu banyak dipakai sebagai material bangunan karena kayu merupakan struktur yang ringan dan ekonomis. Yang menjadi kesulitan dalam struktur kayu terutama adalah masalah sambungan yang mengakibatkan pemakaian kayu menjadi boros. Dalam penelitian ini dicoba teknik pembuatan kuda-kuda dengan menggunakan kayu papan dengan alat sambung modern yaitu *claw nailplate* yang penyambungannya dilakukan dengan pabrikasi, sehingga dimungkinkan didapatkan teknik penyambungan yang baik, efektif, praktis, ekonomis dan penghematan pemakaian kayu.

Penelitian “**Perilaku Kuda-Kuda Papan Dengan Alat Sambung *Claw Nailplate***” dilaksanakan sebagai salah satu usaha untuk mendapatkan kekuatan sambungan pada kayu karena pada sambungan kayu konvensional mengakibatkan perlemahan kekuatan pada struktur. Penelitian ini dilaksanakan untuk mendapatkan beban terpusat yang mampu didukung oleh kuda-kuda dari papan akibat pembebanan statis tertentu, mengetahui hubungan antara beban dan lendutan sehingga didapatkan kekakuan batang dari kuda-kuda papan, mengetahui pola kerusakan yang dialami oleh kuda-kuda papan akibat pembebanan statis serta membandingkan dari hasil pengujian laboratorium dengan analisis numeris dengan menggunakan SAP.

Dari hasil penelitian didapatkan : 1) Beban maksimum yang dapat ditahan oleh kuda-kuda papan dengan alat sambung *Claw Nailplate* terjadi pada benda uji 2 yaitu sebesar 4 ton. 2) Dari grafik hubungan beban dan lendutan didapat kesimpulan bahwa pada penelitian kuda - kuda papan dengan alat sambung *Claw Nailplate* ini, faktor human error juga berpengaruh besar terhadap keberhasilan penelitian terutama dalam pengujian dan tingkat ketelitian pada saat pengujian benda uji. 3) Kekakuan terbesar terjadi pada kuda-kuda papan benda uji ke-2, yaitu 4,250 KN/mm. 4) Pada saat kuda-kuda papan mencapai beban maksimum kuda-kuda papan mengalami defleksi kearah bawah dan terjadi tekuk kearah samping.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampai saat ini kayu masih banyak dicari dan dibutuhkan orang. Diperkirakan pada abad – abad yang akan datang kayu akan selalu dibutuhkan. Kayu merupakan sumber kekayaan alam yang tidak akan ada habis-habisnya apabila dikelola atau diusahakan dengan baik.

Dari segi arsitektur, bangunan kayu mempunyai nilai estetika yang tinggi. Dari segi struktural, kayu memiliki beberapa keuntungan antara lain: ringan, mudah didapat, mudah diproses untuk dijadikan barang lain, mempunyai sifat-sifat spesifik yang tidak bisa ditiru oleh bahan lain yang dibuat oleh manusia diantaranya sifat elastis, ulet dan mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus dengan seratnya atau sejajar seratnya, dan jika dibandingkan konstruksi baja atau beton secara ekonomis, konstruksi kayu dengan daya dukung yang sama memiliki harga murah serta mudah dalam mengerjakannya.

Pada struktur rangka batang dari kayu yang banyak digunakan adalah kuda-kuda yang merupakan struktur pendukung penutup atap. Kuda-kuda atap dari kayu sangat banyak dipakai untuk perumahan di Indonesia dengan bentang yang cukup besar hingga mencapai 12 meter atau lebih. Yang menjadi kesulitan

dalam struktur kayu terutama adalah masalah sambungan yang mengakibatkan pemakaian kayu menjadi boros

Pemakaian kayu balok pada kuda-kuda ternyata memerlukan banyak kayu yang mengakibatkan pemakaian sambungan yang banyak pula, sehingga dalam pelaksanaannya dibutuhkan waktu yang lama serta pekerja yang memiliki keahlian khusus. Pemakaian alat sambung paku seperti yang biasa digunakan pada kuda-kuda konvensional ternyata juga memerlukan waktu yang lama pula. Untuk itu dilakukan studi eksperimen kuda-kuda papan dengan alat sambung *claw nailplate* yang memiliki kekuatan lebih besar dibanding alat sambung pryda jenis lainnya karena claw memiliki dua paku disetiap lubangnya. Hal ini bertujuan untuk memungkinkan didapatkannya teknik penyambungan yang baik, penghematan, memudahkan dalam pelaksanaan, percepatan pembangunan dan perbaikan pengontrolan baik mutu bahan maupun cara kerjanya.

Kuda-kuda yang akan diteliti diproduksi oleh Pryda, dimana pekerjaan pembuatan rangka atap dilakukan dengan cara pabrikasi, baik dalam pembuatan komponen kuda-kuda, sistem sambungan, maupun bagian-bagian kaso ataupun rengnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian pada perilaku kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate ini adalah;

1. Mengetahui beban maksimum yang mampu didukung oleh kuda-kuda papan.

2. Mengetahui hubungan beban – lendutan (P vs Δ).
3. Mengetahui kekakuan struktur.
4. Mengetahui pola kerusakan akibat pembebanan statis.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dapat digunakan untuk menentukan kuat tekan maksimal yang dapat didukung oleh kuda-kuda papan dengan alat sambung Claw Nailplate.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Kuda-kuda dari kayu.
2. Kayu yang digunakan adalah kayu papan meranti .
3. Alat sambung yang digunakan adalah alat sambung Claw Nailplate
4. Panjang batang benda uji: batang atas $A = 270$ cm, batang bawah $B = 500$ cm, batang diagonal $D1 = D8 = 37.6$ cm, $D2 = D7 = 94.9$ cm, $D3 = D6 = 75.1$ cm, $D4 = D5 = 112.8$ cm
5. Batang hanya dibebani beban aksial desak
6. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain diabaikan
7. Dianggap papan yang digunakan tidak memiliki cacat

1.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan pengujian sampel di Laboratorim Mekanika Rekayasa dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil , FTSP, Universitas Islam Indonesia , Jogjakarta .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Fitriana BP dan Pipit E (2001), menyatakan bahwa kuda-kuda papan mampu menahan beban lebih dari 0,8375 ton, kekakuan terbesar 1,3075 KN/mm, daktilitas simpangan dan daktilitas kelengkungan terbesar adalah lebih dari 2,5339. setelah P_{maks} kuat lentur kuda-kuda papan menurun sedikit sampai terjadi P_{maks} yang kedua sehingga beban linier besarnya, tetapi lendutan yang terjadi semakin besar dan kerusakan yang terjadi pada kuda-kuda papan menjalani tekuk kearah samping karena gording yang dipakai kurang mampu menahan beban. Pada pengujian ini digunakan jenis kayu papan Meranti dengan ukuran 20/2 dan reng 5/7 dari jenis kayu yang sama dengan alat sambung paku.

Isheru A dan Rahmadi B (2001), menyatakan bahwa kayu dengan alat sambung Claw Nailplate memiliki kemampuan diatas Pijin untuk paku dan kekuatan yang terjadi pada kuda-kuda Pryda dipengaruhi oleh kelas kuat kayu dan dimensi batang yang dipakai.

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

PPKI (1961), batang tekan harus direncanakan sedemikian rupa , sehingga terjamin stabilitasnya .

PPKI (1961), plat penyambung digunakan untuk memperkecil gaya - gaya yang terjadi pada sambungan batang, terutama gaya tarik pada rangka kayu.

PPKI (1961) untuk batang yang menahan tegangan tekan, panjang tekuk (lk) harus diambil sebesar jarak antara dua titik yang berurutan yang bebas dari tekanan.

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

Pryda (1990) 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), dalam perencanaan sambungan dengan menggunakan alat sambung claw Nailplate harus memenuhi kriteria perencanaan meliputi kekuatan perpaku pada plat, tegangan desak plat dan gaya geser pada plat.

Pryda (1990), kuda – kuda sistem pryda dalam perencanaannya dapat menghemat pemakaian kayu sebesar 30 % dibandingkan dengan kuda – kuda konvensional.

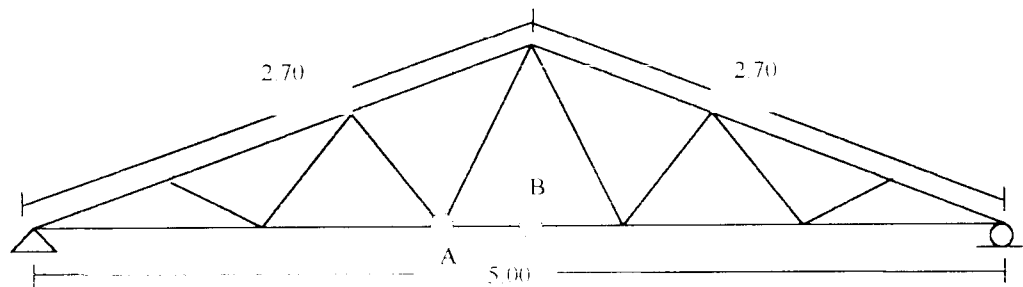
Suwarno (1976), mengemukakan bahwa pada rangka kuda – kuda batang yang menerima tekan , untuk mengurangi tegangan yang terjadi diberi pengaku pada setiap buhul.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kuda – Kuda Papan

Kuda kuda papan adalah rangka kuda kuda yang komponen komponennya terbuat dari papan papan kayu yang didesain sedemikian rupa sehingga menjadi satu kesatuan struktur yang memiliki sifat stabil terhadap seluruh kondisi pembebanan. Jika kuda kuda tersebut menerima beban transversal maka komponen-komponennya akan menerima gaya aksial desak dan tarik, hal ini ditunjukkan pada tanda (+) untuk gaya tarik dan (-) untuk gaya tekan seperti pada gambar (3.1). komponen struktur tekan yang terbuat dari papan kekuatannya sering dibatasi oleh masalah instabilitas (tekuk).



Gambar 3.1 Kerangka Kuda-Kuda

Sambungan A merupakan contoh sambungan yang disambung dengan menggunakan Claw Nailplate dimana pelaksanaannya dilakukan di Pabrik dan B

disambung dengan menggunakan nop (nail on plate) dimana pelaksanaannya dilakukan di lapangan.

3.2 Kepadatan Kayu

Kepadatan kayu berhubungan erat dengan Berat Jenis kayu dan kekuatan kayu. Semakin ringan kayu, semakin kurang kekuatannya dan begitupun sebaliknya.

3.2.1 Berat Jenis

Berat jenis kayu ialah Berat jenis dari kayu sesudah dikeringkan (oven). Berat jenis kayu diperoleh dari perbandingan berat kayu sesudah dikeringkan (oven) terhadap volume kayu sesudah dikeringkan.

3.2.2 Kekuatan Kayu

Setiap kayu memiliki susunan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, Lembaga Pusat Penyelidikan Kehutanan membagi-bagi kekuatan kayu Indonesia dalam lima kelas kuat didasarkan kepada jenis kayu, seperti tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Kekuatan Kayu

Kelas Kuat	Berat Jenis	Kekuatan Lengkung Absolut (kg/cm ²)	Kekuatan Tekan Absolut (kg/cm ²)
I	> 0.90	> 1100	> 650
II	0.90 – 0.60	1100 – 725	650 – 425
III	0.60 – 0.40	725 – 500	425 – 300
IV	0.40 – 0.30	500 – 360	300 – 215
V	< 0.30	< 360	< 215

3.3 Penentuan Modulus Elastisitas (E) Kayu

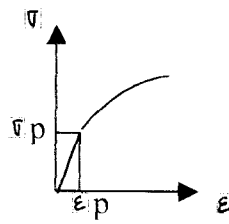
Modulus Elastisitas (E) kayu dapat diperoleh dari diagram tegangan - regangan uji desak kayu yaitu dengan cara membandingkan tegangan dengan regangan kayu pada daerah sebanding.

$$E = \frac{\sigma_p}{\varepsilon_p} \quad (3.1)$$

Keterangan: E = Modulus Elastisitas (kg / cm²)

σ_p = Tegangan sebanding (kg / cm²)

ε_p = Regangan sebanding



Gambar 3.2 Grafik Tegangan - Regangan

Tabel 3.2 Modulus Kenyal (E) kayu sejajar serat

Kelas kuat kayu	E// (kg/cm)
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

3.4 Tegangan – Tegangan Ijin

Berdasarkan PKKI 1961, untuk keperluan perencanaan suatu konstruksi perlu diketahui tegangan yang diijinkan bagi setiap kayu berdasarkan kelas kuatnya seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 3.3 Tegangan ijin kayu mutu A

Tegangan Ijin (kg/cm ²)	Kelas Kuat					Jati
	I	II	III	IV	V	
σ_{lt}	150	100	75	50	-	130
$\sigma_{ds//} = \sigma_{tr//}$	130	85	60	45	-	110
$\sigma_{ds\perp}$	40	25	15	10	-	30
$\tau_{//}$	20	12	8	5	-	15

Korelasi tegangan yng diperkenankan untuk kayu mutu A:

$$\sigma_{lt} = 170 \text{ g}$$

$$\sigma_{ds//} = \sigma_{tr//} = 150 \text{ g}$$

$$\sigma_{ds\perp} = 40 \text{ g}$$

$$\tau_{//} = 20 \text{ g}$$

Keterangan : g = berat jenis kayu kering udara.

3.5 Alat Sambung Claw Nailplate

Claw Nailplate adalah alat sambung khusus produksi pryda yang berupa plat baja galvanis dan memiliki paku - paku dimana paku tersebut menjadi satu kesatuan di dalam plat dengan tebal paku 1 mm dan tinggi 8 mm.

Penamaan claw disesuaikan dengan ukuran panjang dan lebar plat.

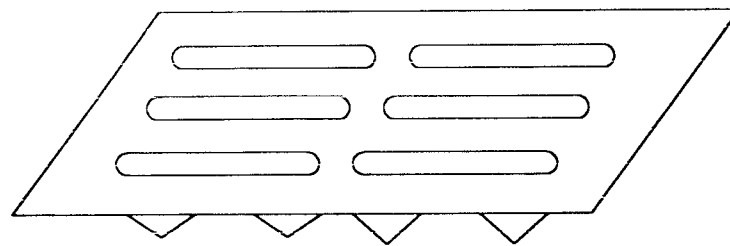
Contoh: - 3C1H; 3 adalah ukuran panjang plat (inci) = 3 inc x 25 mm = 75 mm

C menandakan jenis plat (claw)

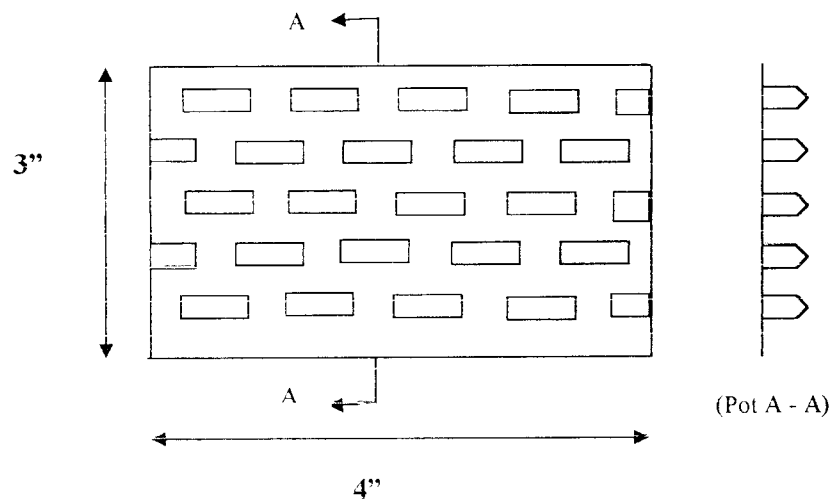
1 adalah ukuran lebar plat (inci) = 1 inc x 25 mm = 25 mm

H adalah penambahan ukuran lebar plat yang nilainya 0.5 inci
(12 mm)

- 4C3 = plat jenis claw dengan ukuran 4 inc x 3 inc = 100 mm x 75 mm.



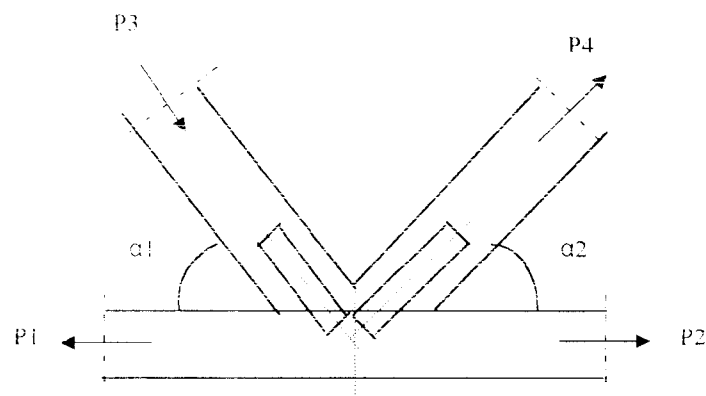
Alat Sambung Claw Nailplate



Gambar 3.3 Contoh spesifikasi Claw Nailplate 4C3

Pada contoh alat sambung 4C3 seperti diatas, dapat dihitung jumlah paku yang terdapat pada alat sambung tersebut. Dalam satu lubang terdapat 2 paku dengan kedalaman 8 mm. sedangkan dalam 1 inc, terdapat 2 lubang sehingga jumlah paku yang terdapat pada satu plat alat sambung tersebut adalah 48 buah. Seluruh alat sambung *claw nailplate* memiliki ketebalan plat sebesar 1 mm dan kedalaman 8 mm.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan plat sambung :



Gambar 3.4 Gaya Batang pada sambungan A Pada Gambar 3.1

$$\text{Lebar Plat/sisi} = \frac{\text{gaya batang terbesar}}{N_{tp} \times K} \times \frac{1}{2} \quad (3.2)$$

Untuk batang diagonal dan horizontal.

Digunakan rumus Hankinson untuk menentukan kekuatan satu paku pada αn :

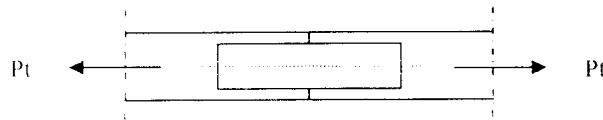
$$N_{\alpha n} = \frac{N_{psejajar} \times N_{ptegak \text{ lurus}}}{N_{psejajar} (\sin(\alpha n))^2 + N_{ptegak \text{ lurus}} (\cos(\alpha n))^2} \quad (3.3)$$

$$\text{Jumlah Paku/sisi} = \frac{P_s}{N_{\alpha n} \times K} \times \frac{1}{2} \quad (3.4)$$

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

$$Ns \alpha = \frac{Ns \text{ Longitudinal} \times Ns \text{ Lateral}}{Ns \text{ Longitudinal} (\sin \alpha)^2 + Ns \text{ Lateral} (\cos \alpha)^2} \quad (3.5)$$

$$\text{Gaya geser/sisi} > \frac{P_1 - P_2}{Ns \alpha} \times \frac{1}{2} \quad (3.6)$$



Gambar 3.5 Gaya Batang pada sambungan B pada Gambar 3.1

Paku yang digunakan:

$$\text{Jumlah paku/sisi} > \frac{1,15 \times Pt}{Np \times K} \times \frac{1}{2} \quad (3.7)$$

Lebar Plat:

$$\text{Lebar Plat/sisi} > \frac{Pt}{Ntp \times K} \times \frac{1}{2} \quad (3.8)$$

Keterangan:

P = Gaya batang (N)

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

K = Faktor lamanya pembebanan (1.0)

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

Ns = Perencanaan dasar pembebanan untuk geser (N / Paku)

α = Sudut antara batang diagonal dan horizontal

3.7 Kuat Tarik

Dari hitungan mekanika, gaya batang untuk merancang batang tarik dapat diketahui besarnya.

$$\sigma_{tr} = \frac{P_{tr}}{A_n} < \overline{\sigma_{tr}} \quad (3.15)$$

Reduksi luas tampang pada batang tarik disebabkan oleh pemakaian alat sambung. Alat sambung tersebut memerlukan lubang pada kayu, sehingga luas tampang batang tarik menjadi berkurang. Perlemahan akibat lubang oleh alat sambung tersebut berbeda-beda besarnya tergantung dari alat sambung, penempatan alat sambung, ukuran kayu, dan lain sebagainya.

Tabel 3.4 Perlemahan Tampang Akibat Alat Sambung

Jenis Alat Sambung	Angka Perlemahan
	(%)
Paku	10 – 15
Baut dan Gigi	20 – 25
Kokot dan Cincin Belah	20
Pasak Kayu	30
Perekat	0

3.8 Hubungan Beban – Lendutan

Lentur karena adanya beban akan menimbulkan lendutan secara langsung. Kayu tidak mempunyai batas kenyal melainkan batas proporsional dan dalam prakteknya, batas proporsional dianggap sebagai batas kenyal seperti pada baja (Suwarno, 1976).

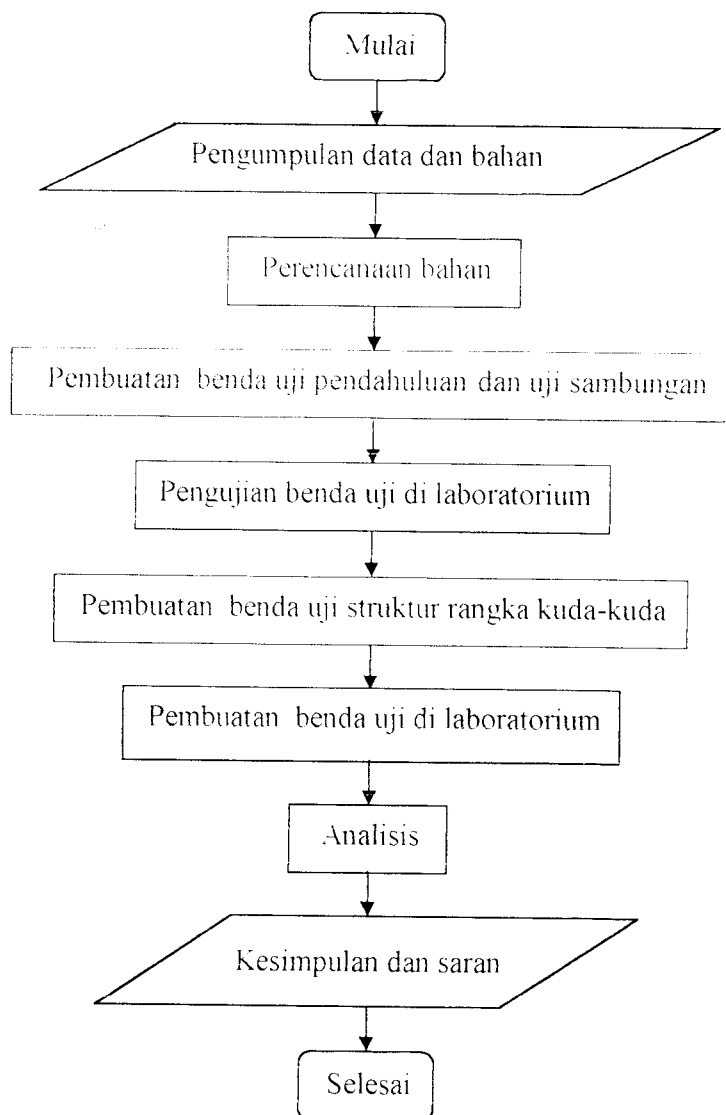
BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan umum

Penelitian yang akan dilakukan ini dibuat sample-sampel untuk uji pendahuluan, uji sambungan, sample benda uji kuda – kuda papan sebanyak 4 buah yang digabung menjadi 2 pasang kuda – kuda dengan jenis kayu meranti. Papan kayu yang digunakan direncanakan berdasarkan buku PKKI, 1961 dan buku Konstruksi Kayu (Suwarno,1976).

Jalannya penelitian dapat dilihat dari flowchart berikut ini :



Gambar 4.1 Flow chart

4.2 Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Kayu

Pada penelitian benda uji kuda-kuda papan digunakan papan kayu 3/20 dari kayu Meranti yang termasuk didalam jenis kayu Kalimantan dan reng 5/7 dengan jenis kayu yang sama.

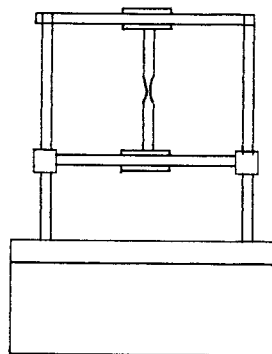
2. Claw Nailplate

Alat sambung yang digunakan adalah Claw Nailplate, alat sambung khusus yang dipakai dalam rangka atap sistim pryda. Dimana perhitungannya dilakukan oleh komputer dengan menggunakan perangkat lunak (softwear) jenis PCR-01.

4.3 Alat yang Digunakan

1. Mesin uji Kuat Tarik

Pada penelitian ini digunakan UNIVERSAL TESTING MATERIAL (UTM) merk SHIMATSU type UMH 30 yang kapasitasnya 30 ton seperti ditunjukkan pada gambar 4.2.



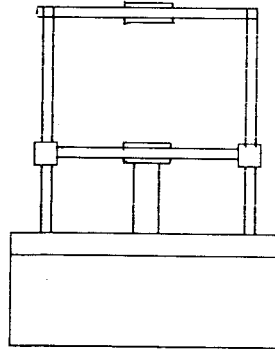
Gambar 4.2 Mesin uji Kuat Tarik

2. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur panjang benda uji dan jarak pengaku.

3. Mesin Uji Kuat Desak

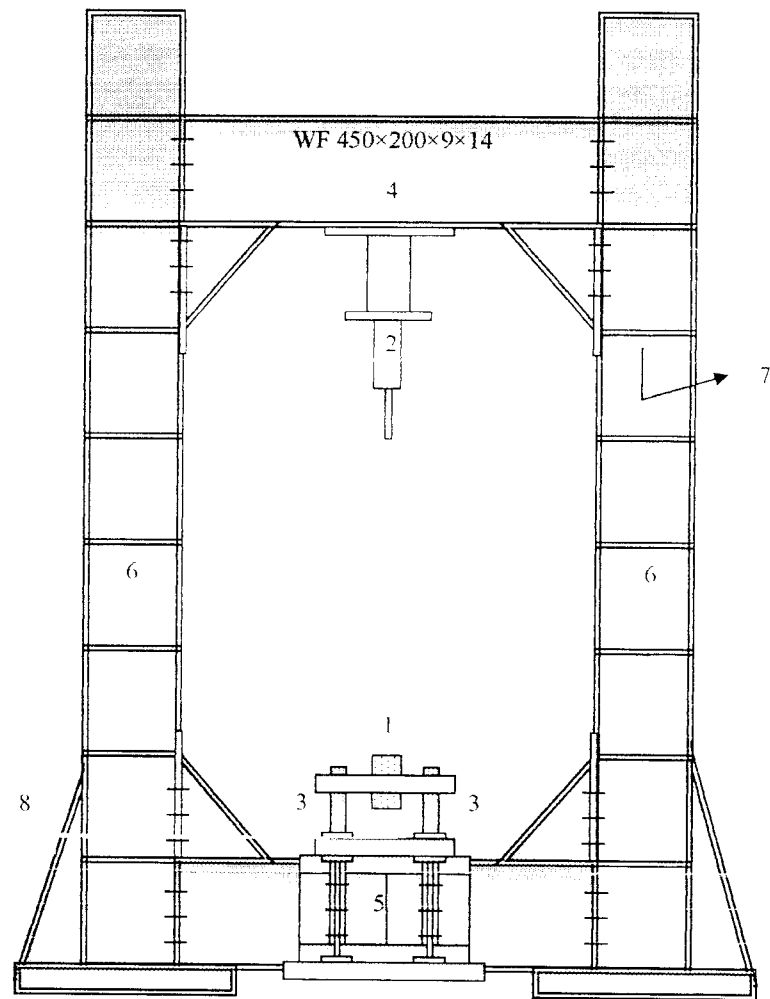
Digunakan mesin uji dengan merk CONTROL yang memiliki kapasitas 2000 KN seperti ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Mesin Uji Desak Kayu

4. Loading Frame

Alat ini digunakan untuk mengetahui beban optimal yang mampu didukung oleh benda uji. Alat ini terbuat dari baja profil WF 450x200x90x14 mm seperti ditunjukkan pada gambar 4.4.



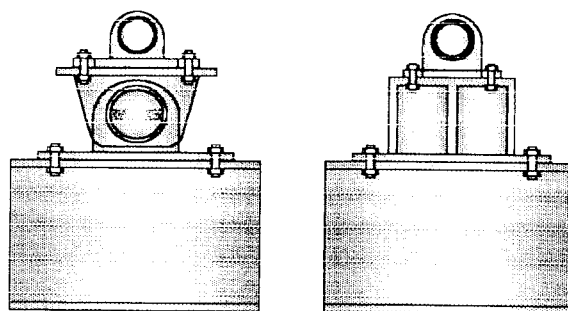
Keterangan :

1. Model Balok
2. Hydraulic Jack
3. Dukungan
4. Balok Portal (bisa digeser)
5. Balok Lintang
6. Kolom
7. Pengaku
8. Angkur
9. Plat Dasar

Gambar 4.4 Loading Frame

5. Dukungan sendi – rol

Dukungan ini dipasang pada ujung –ujung kuda-kuda seperti yang dilakukan pada pelaksanaan dilapangan seperti ditunjukkan pada gambar 4.5.



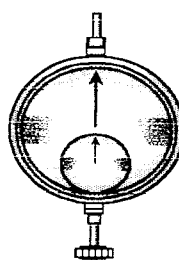
(a) Dukungan rol

(b) Dukungan sendi

Gambar 4.5 Dukungan Sendi - Rol

6. Dial Gauge

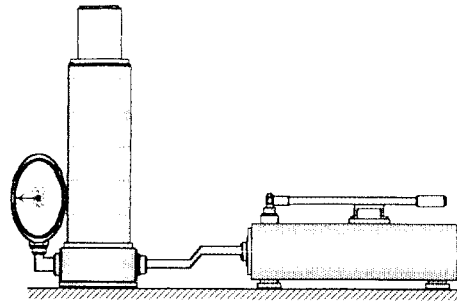
Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Alat ini mempunyai kapasitas lendutan maksimum 900 mm seperti ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Dial Gauge

7. Hydraulic Jack

Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur skala penuh. Alat ini memiliki kapasitas maksimum 25 ton seperti ditunjukkan pada gambar 4.7.

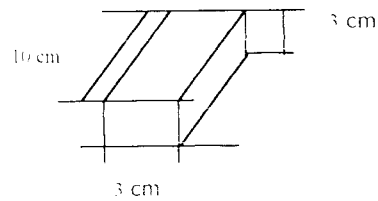


Gambar 4.7 Hydraulic Jack

4.4 Pengujian Pendahuluan

4.4.1 Pengujian Kadar Air dan Berat jenis Kayu

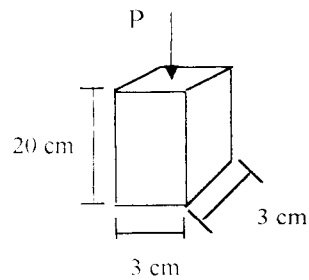
Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang dipakai pada pengujian kadar air dan berat jenis kayu adalah data volume dan berat kayu sebelum dan sesudah dimasukkan ke dalam oven. Kadar air diketahui dari pengurangan berat kayu sebelum dan sesudah di keluarkan dari oven. Berat jenis kayu diketahui dari pembagian berat jenis kayu setelah keluar oven dengan volume kayu setelah keluar dari oven. Sample yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak satu buah dengan bentuk dan ukuran seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.8 Model Benda Uji Berat Jenis

4.4.2 Pengujian Desak Kayu

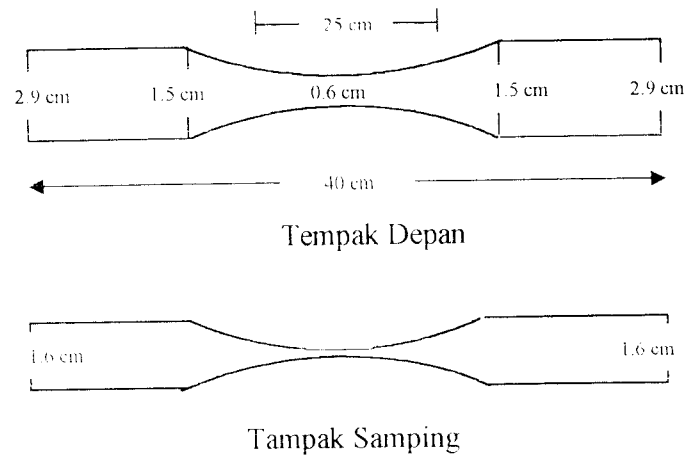
Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil adalah beban maksimum yang mampu ditahan oleh kayu dan lendutan yang terjadi akibat dari pembebanan. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 3 buah seperti gambar berikut:



Gambar 4.9 Benda Uji Kuat Desak

4.4.3 Pengujian Kuat Tarik Kayu

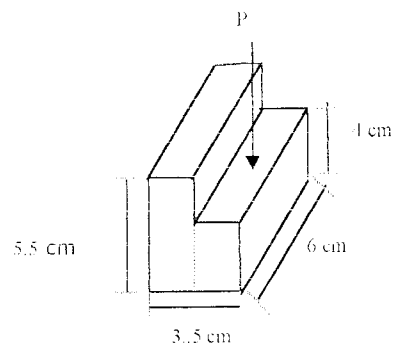
Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil adalah beban maksimum. Sample yang digunakan berjumlah 3 buah dengan ukuran 40 x 2,9 cm.



Gambar 4.10 Benda Uji Kuat Tarik

4.4.4 Pengujian Kuat Geser Kayu

Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang dipakai pada pengujian geser kayu adalah beban maksimum. Tegangan geser kayu didapatkan dari pembagian beban maksimum dengan luas penampang geser. Sample yang digunakan berjumlah 3 buah dengan ukuran seperti gambar berikut:

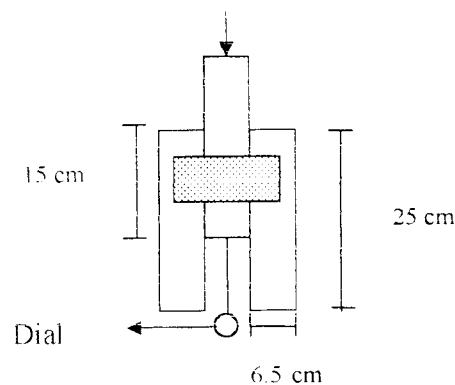


Gambar 4.11 Model Benda Uji Kuat Geser

4.5 Pengujian Sambungan¹

4.5.1 Pengujian Kuat Geser Pada Alat Sambung Claw Nailplate

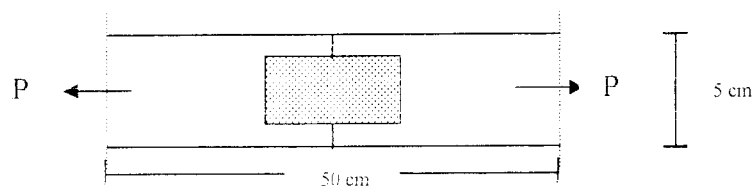
Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sampel yang digunakan berjumlah 3 buah, masing-masing sampel disambung dengan sepasang alat sambung yaitu 4C3, 6C3, 8C3.



Gambar 4.12 Model Benda Uji

4.5.2 Pengujian Kuat Tarik Pada Alat Sambung Claw Nailplate

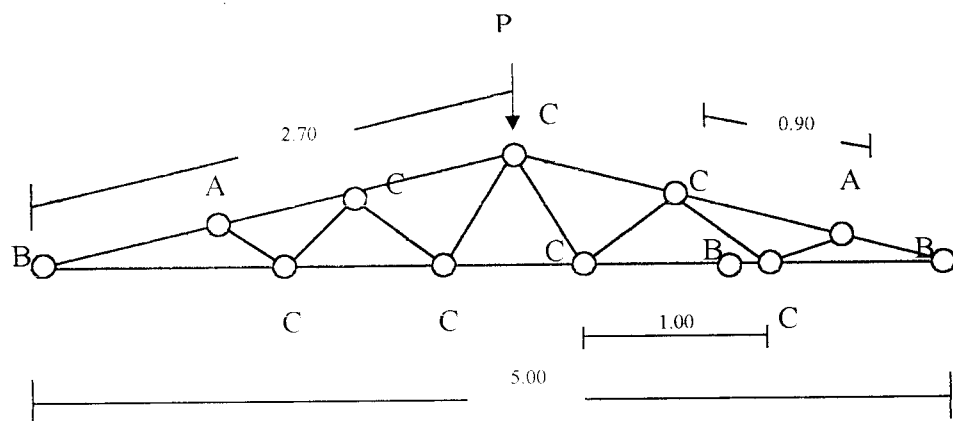
Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sampel yang digunakan berjumlah 3 buah, masing-masing sampel disambung dengan sepasang alat sambung yang sama yaitu 3C1H.



Gambar 4.13 Model Benda Uji

4.6 Pengujian Benda Uji

Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia. Benda uji dalam penelitian ini berbentuk kuda – kuda dengan panjang bentang 5 m dan tinggi 1.2 m. sample yang digunakan sebanyak 4 buah kuda – kuda papan dimana setiap dua sample diberi pengaku.



Gambar 4.14 Benda Uji

Pemasangan alat sambung disesuaikan dengan besarnya gaya aksial pada masing-masing batang dan kekuatan alat sambung claw berdasarkan tabel kekuatan pada claw nailplate.

Keterangan : A = alat sambung 6C2

B = alat sambung 6C3

C = alat sambung 6C4

Gambar detail sambungan dapat dilihat pada lampiran 4.

Pelaksanaan pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa dengan cara sebagai berikut :

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan sebelum pengujian kuda-kuda papan secara utuh. Pengujian pendahuluan terdiri dari pengujian kayu dan pengujian sambungan. Pengujian kayu meliputi pengujian kadar air dan berat jenis kayu, pengujian desak kayu, pengujian kuat tarik kayu dan pengujian kuat geser. Pengujian sambungan meliputi pengujian kuat geser pada alat sambung claw nailplate dan pengujian kuat tarik claw nailplate.

5.1.1 Hasil Pengujian Kadar Air dan Berat Jenis Kayu

Hasil pengujian kadar air dan berat jenis kayu yang dilakukan adalah seperti ditabelkan berikut ini:

Tabel 5.1 Hasil uji kadar air dan berat jenis kayu

Volume setelah dioven (cm ³)	Berat sebelum dioven (gr)	Berat sesudah dioven (gr)	Berat Jenis Kayu (gr/cm ³)	Kadar air (%)
58,189	34,5	28,9	0,497	19,377

5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat

Pengujian kuat desak kayu // serat dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dengan membuat 3 buah sample dengan luas (A) 9 cm dan tinggi (t) 20 cm. Dari data hasil pengujian kuat desak kayu dapat dicari tegangan desak // serat, grafik hubungan tegangan – regangan (dapat dilihat pada lampiran 2) dan modulus elastis yang hasilnya dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 5.2 Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat

Benda Uji	Beban Maksimal Kg	Luas Tampang (cm ²)	$\sigma_{ds//}$ (kg/cm ²)	Modulus Elastis (kg/cm ²)
1	2845	9	316,111	222222,222
2	2800	9	311,111	150659,134
3	3930	9	436,667	229390,680
Rata-Rata			354,630	200757,345

5.1.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian kuat tarik // serat dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dengan membuat 3 buah sample. Hasil pengujian kuat tarik kayu // serat ditampilkan pada table 5.3 berikut ini :

Tabel 5.3 Hasil uji tarik kayu // serat

Sample	Luas Rata-Rata (A) cm ²	P maks (Kg)	Teg Tarik maksimum (kg/cm ²)	Teg Tarik maksimum Rata-Rata
1	1,629	1035	635,3591	796,5406
2	1,227	1095	892,4205	
3	1,520	1310	861,8421	

5.1.4 Hasil Pengujian Kuat Geser Kayu // Serat

Pengujian kuat geser kayu // serat dilakukan dengan membuat 3 buah sample dari kayu meranti. Hasil pengujian kuat geser kayu // serat ditampilkan pada table 5.4 berikut ini:

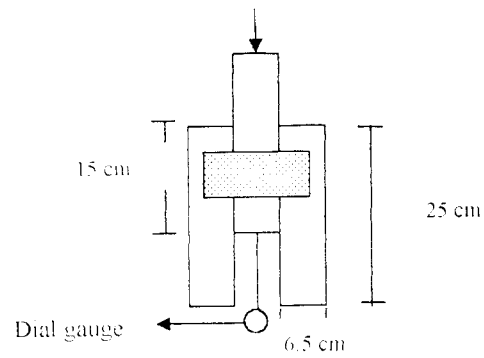
Tabel 5.4 Hasil uji kuat geser kayu

Sampel	P max (kg)	Luas (cm ²)	Kuat Geser maksimum (kg / cm ²)	Kuat geser maksimum rata - rata
1	910	24	37,9167	38,8889
2	865	24	36,0417	
3	1025	24	42,7083	

5.2 Hasil Pengujian Sambungan

Pengujian sambungan dilakukan dengan dua macam pengujian, yaitu pengujian kuat geser sambungan dimana pengujiannya dilakukan dengan cara benda uji didesak dan pengujian kuat tarik sambungan. Alat sambung yang digunakan pada kedua pengujian sambungan ini jenisnya sama yaitu alat sambung claw nailplate.

Hasil pengujian kuat geser pada alat sambung Claw Nailplate diperoleh beban maksimal yang dapat ditahan oleh alat sambung dan ditampilkan pada table 5.5 berikut ini :

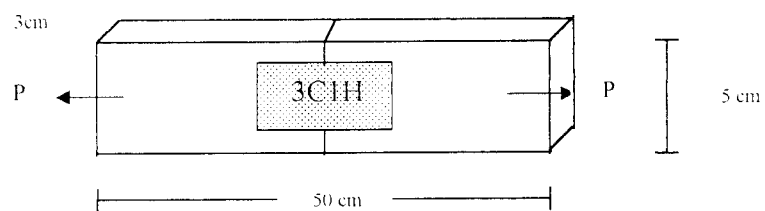


Gambar 5.1 Model Benda Uji Geser

Tabel 5.5 Beban maksimal alat sambung claw nailplate pada pengujian
kuat geser sambungan

Sampel	Nama	Jumlah	P maks (kg)
	Claw Nail	Paku	
1	2 x 4C3	96	3330
2	2 x 6C3	144	3370
3	2 x 8C3	192	3450

Hasil pengujian kuat tarik pada alat sambung Claw Nailplate dengan luas kayu masing-masing sebesar 15 cm^2 sehingga dapat diketahui berapa besar beban maksimum perpasang yang mampu ditahan oleh alat sambung tersebut.



Gambar 5.2 Model Benda Uji Tarik

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi teknik maka didapatkan beban maksimum pada masing – masing sample yang ditabelkan pada tabel 5.6 seperti berikut ini:

Tabel 5.6 Beban maksimal alat sambung claw nailplate pada pengujian kuat tarik sambungan

Sampel	Nama Claw Nail	Jumlah Paku	P maks (kg)	P rata-rata
1	2 x 3C1H	36	1140	1278
2	2 x 3C1H	36	1305	
3	2 x 3C1H	36	1390	

Dari hasil pengamatan kedua pengujian alat sambung diatas, yaitu kuat geser dan kuat tarik sambungan claw nailplate, sehingga jika dibandingkan dengan Pryda hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini :

Tabel 5.7 Perbandingan kuat geser alat sambung antara di Laboratorium dengan yang diijinkan Pryda :

No	Nama Claw Nail	Jumlah Paku	P max perpasang Lab (kg)	P ijin perpasang Pryda (kg)	Angka keamanan
1	2 x 3C1H	36	1278	484,404	2,638
2	2 x 4C3	96	3330	1291,743	2,578
3	2 x 6C3	144	3370	1937,615	1,739
4	2 x 8C3	192	3450	2583,486	1,335
Rata – rata					2,073

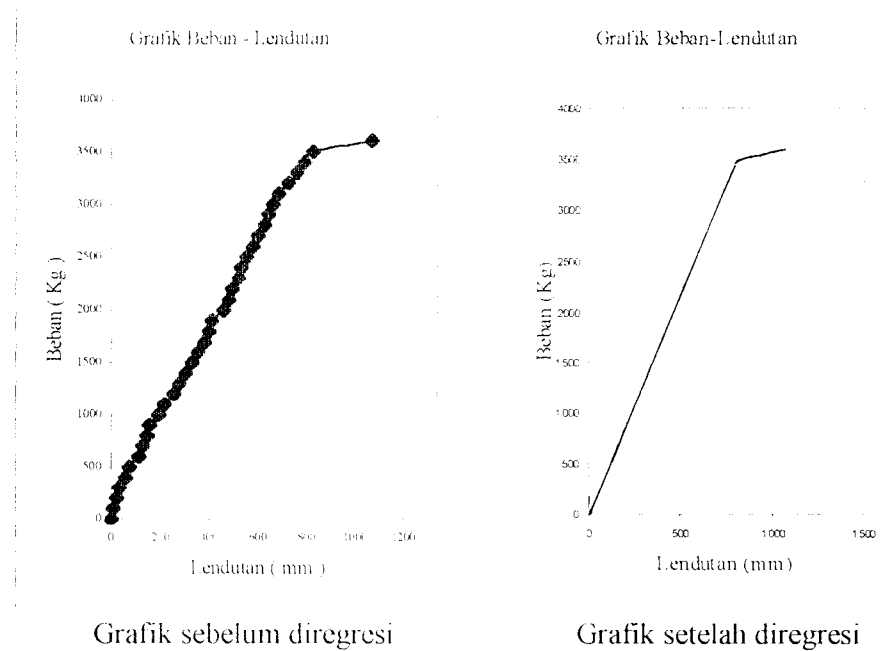
5.3 Hasil Pengujian Kuda-Kuda Papan

Penelitian perilaku kuda-kuda papan dengan sambung claw nailplate, dibuat 2 buah sample kuda-kuda dari kayu meranti yang dites secara bersamaan dengan jarak antar kuda-kuda 30 cm dan diberi pengaku berupa reng untuk menyesuaikan keadaan dilapangan serta dapat meminimalkan terjadinya lendutan kearah samping. Pembebanan dilakukan pada titik puncak kuda-kuda, kemudian dial gauge digunakan sebanyak 6 buah yang masing-masing kuda-kuda dipasang 3 buah dial yang diletakkan pada batang bagian bawah dengan jarak antar dial 125 cm. Dari hasil pembacaan dial dapat diketahui hubungan beban dan lendutan dan mengetahui besarnya kekakuan struktur (dapat dilihat pada tabel 5.9).

Tabel 5.8 Hubungan Beban - Lendutan Maksimum Rata-Rata

Kuda-Kuda Papan

Beban (kg)	Lendutan maks rata-rata (x 0.01mm)	Beban (kg)	Lendutan maks rata-rata (x 0.01mm)
0	0	1800	395,3125
100	7,7625	1900	409,125
200	22	2000	455,5
300	33,625	2100	479,625
400	58,75	2200	493,25
500	73,375	2300	518
600	112,3125	2400	528,125
700	125,95	2500	552,125
800	144,25	2600	578,3125
900	156,25	2700	596,5625
1000	190	2800	626,875
1100	214,25	2900	643,125
1200	253,25	3000	659,5
1300	273,75	3100	684,8125
1400	300,875	3200	723,5
1500	327,5	3300	759,375
1600	350,5	3400	788,75
1700	376,25	3500	823,875
		3800	1066



Tabel 5.9 Kekakuan Struktur

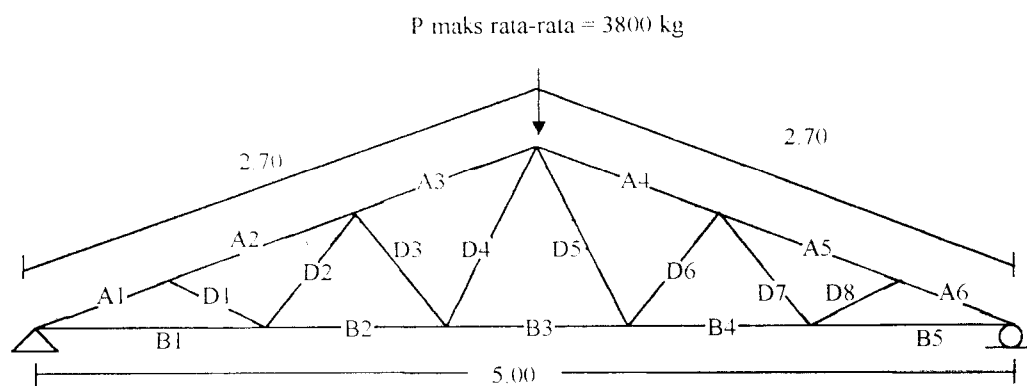
Benda uji	P		Lendutan (10^{-2} mm)	Kekakuan (KN/mm)	Kekakuan rata-rata
	Kg	KN			
Kuda-kuda 1	3600	35,316	1183	3,000	3,200
Kuda-kuda 1'	3600	35,316	1065	3,300	
Kuda-kuda 2	4000	39,240	921	4,30	4,250
Kuda-kuda 2'	4000	39,240	927	4,20	

Gambar grafik 5.8 merupakan hasil dari rata-rata antara beban dan lendutan maksimal yang terjadi pada pengujian benda uji kuda-kuda 1 dan 2. Pada pengujian benda uji kuda-kuda 1 beban maksimal yang mampu ditahan sebesar 3600 kg, sedangkan pada pengujian benda uji kuda-kuda 2 mampu menahan beban hingga 4000 kg (dapat dilihat pada lampiran 5). Gaya batang kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate dapat dicari menggunakan program

SAP 2000 dengan beban sebesar beban maksimal rata-rata dari hasil pengujian kedua benda uji kuda-kuda tersebut (3800 kg).

Tabel 5.9 menunjukkan nilai kekakuan pada kuda – kuda papan dengan alat sambung claw nailplate dimana nilai kekakuan rata-rata terbesar terjadi pada benda uji kuda-kuda papan ke-2 sebesar 4,250 KN/mm.

Perbandingan antara gaya batang dengan beban kritis dan kekuatan sambungan kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate dapat dilihat pada tabel 5.10.



Gambar 5.3 Model Kuda-Kuda Papan Dengan Alat Sambung Claw Nailplate

Tabel 5.10 Perbandingan antara Gaya Batang dengan Pcr dan Kekuatan Sambungan pada Pmaks = 3800 kg

Batang	Gaya Batang (Kg)	Pcr (Kg)	Nama Claw Nail	Kekuatan Sambungan (Kg)	Keterangan
A1 = A6	- 4389.975	4386.491	2 x 6 C 3	1937.615	Rusak pada batang dan sambungan
A2 = A5	- 4389.527	4386.491	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada batang dan sambungan
A3 = A4	- 4389.938	4386.491	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada batang dan sambungan
B1 = B5	3957.583	40623.571	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan
B2 = B4	3957.543	40623.571	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan
B3	3957.762	40623.571	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan

Lanjutan tabel 5.10 Perbandingan antara Gaya Batang dengan Per dan Kekuatan Sambungan pada Pmaks = 3800 kg

Batang	Gaya Batang (Kg)	Per (Kg)	Nama Claw Nail	Kekuatan Sambungan (Kg)	Keterangan
D1 - D8	- 0.159	18280.607	2 x 6 C 2	1291.743	Aman pada batang dan sambungan
D2 - D7	- 0.5258	1775.343	2 x 6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan
D3 - D6	- 0.3028	18280.607	2 x 6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan
D4 - D5	- 0.357	1256.598	2 x 6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan

Keterangan :

1. Gaya batang

Gaya batang didapat dari gaya aksial hasil pembebanan dengan menggunakan SAP 2000, beban yang digunakan merupakan beban maksimum rata-rata dari hasil pengujian benda uji kuda-kuda papan 1 dan 2 di laboratorium.

2. Per

Per merupakan beban kritis yang didapat dari perhitungan rumus:

1) Batang Desak

- a. untuk $\lambda > 100$, digunakan rumus Euler sebagai berikut:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (\text{Bab III, pers 3.9})$$

- b. untuk $\lambda < 100$, digunakan rumus Tetmayer sebagai berikut:

$$\sigma_{cr} = \sigma_{ds \text{ maks}} \cdot (1 - 0.00662 \cdot \lambda) \quad (\text{Bab III, pers 3.13})$$

$$P_{cr} = \sigma_{cr} \times A \quad (\text{Bab III, pers 3.14})$$

$\sigma_{ds \text{ maks}} = 354.630 \text{ kg}$ (didapat dari tabel 5.2. data $\sigma_{ds \text{ maks}}$ rata-rata hasil pengujian pendahuluan uji desak // serat).

Ket: $\pi = 3,14$

E = Modulus Elastis, dalam penelitian ini diambil $E// = 80.000 \text{ kg/cm}^2$ (diambil dari data terkecil antara E hasil pengujian pendahuluan desak kayu // serat (tabel 5.2) dan $E//$ PKKI 1961, Bab III, tabel 3.2, kelas kuat III)

λ = Angka kelangsingan = $\frac{L}{i_{\min}}$

$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}$; $I_{\min}$ merupakan inersia minimum yang

dirumuskan $I_{\min} = \frac{1}{12} b^3 h$ dan A = Luas tampang (cm)

Perhitungan dengan rumus tersebut digunakan pada batang desak A1 sampai dengan A6, D2, D4, D5 dan D7.

2) Batang Tarik

$$P_{cr} = \sigma_{tr} \times A_n \quad \text{..... (Bab III, pers 3.15)}$$

$\sigma_{tr} = 796.5406 \text{ kg}$ (didapat dari tegangan tarik maksimum rata-rata serat hasil pengujian pendahuluan).

Perhitungan dengan rumus pada persamaan 3.15 tersebut digunakan pada batang tarik B1 sampai dengan B5, D1, D3, D6 dan D8.

3. Kekuatan sambungan

Kekuatan sambungan didapat dari data pengujian pendahuluan pada alat sambung. dalam penelitian ini alat sambung yang digunakan adalah alat sambung claw nailplate. Data yang digunakan adalah data kekuatan claw nailplate yang diijinkan Pryda.

5.4 Analisa Kerusakan Pada Benda Uji

Tabel 5.10 menunjukkan adanya kerusakan - kerusakan yang terjadi pada pengujian kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate. Saat mencapai beban maksimum terjadi kerusakan pada batang atas dari A4 sampai A6 yang berupa retak, hal ini dikarenakan beban kritis (P_{cr}) pada batang-batang tersebut kurang dari gaya batang yang terjadi akibat beban maksimal. Hasil analisa pada table 5.10 juga menunjukkan bahwa pada batang atas (A) terjadi kerusakan pada sambungan yang ditunjukkan dari nilai kekuatan sambungan kurang dari gaya batang yang terjadi akibat beban maksimal, secara visual kerusakan pada sambungan tidak terlihat. Pada batang bawah dan diagonal tidak terlihat adanya kerusakan batang sesuai dengan hasil analisa pada tabel 5.10. Kerusakan sambungan terlihat pada sambungan perpanjangan batang pada batang bawah B4, hal ini dikarenakan kekuatan sambungan kurang dari gaya batang yang terjadi akibat pembebanan. Disamping itu, saat pengujian kuda-kuda papan terjadi defleksi kearah bawah dan kearah samping. Hal tersebut terjadi dikarenakan material yang digunakan adalah kayu papan yang tipis dan panjang.

5.5 Pembahasan

5.5.1 Pengujian Pendahuluan

5.5.1.1 Pengujian Kadar Air dan Berat Jenis Kayu

Hasil pengujian kadar air dan berat jenis kayu pada tabel 5.1 jika dibandingkan dengan tabel 3.1 kekuatan kayu, PKKI 1961, bab III, kayu meranti yang digunakan pada pengujian pendahuluan memiliki berat jenis sebesar 0.497 gr cm^{-3} , maka kayu meranti yang dipakai dalam pengujian termasuk kayu kelas kuat III.

Berdasar PKKI 1961, kadar air berdasarkan pada keadaan iklim setempat. Di Indonesia kadar air berkisar antara 12-20%. dari hasil pengujian pendahuluan diperoleh kadar air untuk kayu meranti sebesar 19,377%, hal ini berarti bahwa kayu tersebut sudah cukup kering untuk digunakan dalam perencanaan.

5.5.1.2 Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat

Pengujian kuat desak kayu // serat yang dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik menghasilkan $\sigma_{ds} // \text{serat}$ rata-rata 354.630 kg/cm^2 dan $E // \text{serat}$ rata-rata $200757.345 \text{ kg/cm}^2$. Berdasarkan buku PKKI 1961, tabel 3.1, bab III, $\sigma_{ds} // \text{serat}$ dengan nilai 354.630 Kg/cm^2 termasuk pada kelas kuat kayu III.

Pada tabel 3.3 tegangan ijin kayu, PKKI 1961, bab III, $\sigma_{ds} //$ ijin sebesar 60 kg/cm^2 dan $E //$ ijin sebesar 80.000 kg/cm^2 , sehingga kayu yang akan digunakan dapat dipakai dalam perencanaan. Dari hasil pengujian kuat desak kayu tersebut juga didapat tegangan kritis kayu yang digunakan sebagai tegangan rencana dan beban rencana dari kuda – kuda papan .

5.5.1.3 Pengujian Kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian kuat tarik kayu // serat yang dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik menghasilkan σ_{tr} // rata-rata 796,5406 kg/cm². Berdasarkan buku PKKI 1961, tabel 3.3 tegangan ijin kayu, bab III, untuk kayu dengan kelas kuat III memiliki σ_{tr} // ijin sebesar 60 kg/cm², sehingga kayu yang akan digunakan dapat dipakai dalam perencanaan.

5.5.1.4 Pengujian Kuat Geser Kayu // Serat

Pengujian kuat geser kayu // serat yang dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik menghasilkan τ // rata-rata 38,8889 kg/cm². Berdasarkan buku PKKI 1961, tabel 3.3 tegangan ijin kayu, bab III, untuk kayu dengan kelas kuat III memiliki τ // ijin sebesar 8 kg/cm², sehingga kayu yang akan digunakan dapat dipakai dalam perencanaan.

5.5.2 Pengujian Sambungan

Dari data hasil pengujian sambungan dengan alat sambung claw nailplate dan setelah dibandingkan dengan Pryda seperti pada tabel 5.7 dapat disimpulkan bahwa alat sambung yang digunakan memenuhi syarat keamanan jika dipakai dalam perencanaan dengan nilai angka keamanan rata-rata 2.

Pada tabel 5.10 dapat diketahui perbandingan gaya batang pada kuda-kuda papan yang terjadi akibat beban maksimal dengan kekuatan sambungan. Gaya batang ini tidak boleh melebihi kekuatan sambungan. Jika gaya batang lebih besar dari kekuatan sambungan, maka sambungan tersebut mengalami kerusakan.

5.5.3 Pengujian Kuda-Kuda Papan

Beban rencana sebelum benda uji kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate diuji di laboratorium didapat sebesar 3,604 ton, pada penelitian perilaku kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate, beban maksimal terjadi pada pengujian benda uji 2 sebesar 4 ton. Dari grafik hubungan beban – lendutan pada percobaan ini, diperoleh hasil benda uji 2 dapat menahan beban lebih besar dengan lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan benda uji 1. Hal ini kemungkinan disebabkan antara lain pada benda uji 1 memiliki cacat kayu yang dapat mengurangi kekakuan bahan (kekuatan), factor human error misalnya pada saat pengerjaan pemasangan sambungan pada kuda – kuda papan, sambungan tidak benar – benar rapat sehingga alat sambung tidak dapat menempel dengan sempurna saat pengepresan, kesalahan perletakan sample benda uji yang bias mengakibatkan benda uji melentur kesamping, sebelum dilakukan pembebanan, kesalahan perletakan beban yang tidak benar – benar simetris, kurangnya ketelitian pada saat pembacaan dial.

Dilihat dari tabel 5.9 kekakuan struktur kuda-kuda papan, nilai kekakuan rata-rata terbesar terjadi pada benda uji kuda-kuda papan ke 2 sebesar 4,250 KN/mm. Perbedaan nilai kekakuan dikarenakan pembebanan beban dan lendutan yang terjadi pada masing – masing benda uji, hal ini dilihat dari hubungan beban dan lendutan yaitu beban maksimum benda uji 2 lebih besar dari benda uji 1. Tetapi lendutan yang terjadi pada benda uji 2 lebih kecil dari pada benda uji 1 (dapat dilihat pada grafik hubungan beban dan lendutan, lampiran 5). sehingga dapat disimpulkan kekakuan benda uji 2 lebih besar, Besarnya nilai kekakuan

pada benda uji 2 dapat disebabkan karena kondisi kayu benda uji 2 lebih baik dari benda uji 1 yang ditunjukkan dengan tidak adanya cacat pada kayu seperti terdapat mata kayu dan arah serat tidak aksial yang dapat mengurangi kekuatan.

Pada saat beban mencapai maksimum, benda uji mengalami tekuk kesamping, sehingga beban maksimum hingga benda uji runtuh tidak tercapai meskipun alat sambung belum mengalami kerusakan.

Akan tetapi berdasarkan perhitungan pada tabel 5.10, sambungan kuda-kuda papan telah mengalami kerusakan walaupun secara visual tidak terlihat adanya kerusakan pada alat sambung. Kerusakan sambungan terlihat pada analisis tabel 5.10 yang menunjukkan bahwa gaya batang yang terjadi telah melampaui kekuatan sambungan. Disamping terjadi lendutan kearah samping, ada beberapa bagian pada kayu terjadi retak, hal ini dikarenakan beban kritis batang tersebut kurang dari gaya batang yang terjadi akibat pembebanan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan tentang perilaku kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate sebagai berikut:

1. Kuda-Kuda papan dengan alat sambung claw nailplate mampu menahan beban lebih besar dari 4 ton karena dilihat secara visual alat sambung yang digunakan belum rusak.
2. Dari grafik hubungan beban dan lendutan didapat kesimpulan bahwa pada penelitian kuda – kuda papan dengan alat sambung Claw Nailplate ini, faktor human error juga berpengaruh besar terhadap keberhasilan penelitian terutama kecermatan dalam pembuatan benda uji dan tingkat ketelitian pada saat pengujian benda uji. Hal ini dapat dilihat pada hasil pengujian pada penelitian kuda-kuda papan ini, meskipun dari bentuk kuda – kuda, ukuran dan mutu kayu yang sama, akan tetapi hasil yang didapat berbeda..
3. Kekakuan terbesar terjadi pada kuda-kuda papan benda uji ke-2, yaitu 4,250 KN/mm, hal ini dikarenakan pada sampel tersebut secara fisik, kayu papan yang digunakan tidak terdapat cacat kayu seperti mata

kayu dan arah serat yang tidak searah / sejajar serat, yang bisa mengurangi kekuatan.

4. Pada saat kuda-kuda papan mencapai beban maksimum kuda-kuda papan mengalami tekuk kearah samping. Hal ini dikarenakan papan merupakan material yang tipis dan panjang, sehingga rawan terhadap bahaya tekuk. Disamping itu, terjadinya tekuk kearah samping juga disebabkan karena pengaku yang digunakan kurang mampu menahan beban yang terjadi.

6.2 Saran

1. Perlu diadakan lagi penelitian lebih lanjut mengenai perilaku kuda-kuda papan dengan jenis kayu papan, alat sambung, dimensi ukuran papan dan variasi bentuk yang berbeda.
2. Pilih papan dengan jenis kayu yang memiliki kembang – susut relative kecil.
3. Dalam memilih papan untuk perencanaan dalam penelitian sebaiknya papan jangan dalam kondisi basah ataupun terlalu lama terkena sinar matahari.
4. Perlu dicoba penelitian dengan menggandakan papan, yang disambung dengan alat sambung yang dapat mengatasi bahaya tekuk kearah samping.



DAFTAR PUSTAKA

- DPU & TENAGA LISTRIK DIREKTORAT JENDRAL CIPTAKARYA 1961,
PERATURAN KONSTRUKSI KAYU INDONESIA, Yayasan
Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Fitriana Budi P, Pipit Emiyati, 2001, **PENELITIAN LABORTORIUM
KUDA - KUDA PAPAN**, Jogjakarta
- Heinz Frick, 1982, **ILMU KONSTRUKSI BANGUNAN KAYU**, Penerbit
Kanesius
- Isheru Aryadi, Rahmadi Budiman, 2001, **PENELITIAN LABORATORIUM
PERILAKU KUDA-KUDA DENGAN ALAT SAMBUNG CLAW
NAILPLATE**, Jogjakarta
- Keith F. Faherty and Thomas G. Williamson, 1989, **WOOD ENGINEERING
AND CONSTRUCTION HAND BOOK**, USA
- Lynn S. Beedle, 1958, **PLASTIC DESIGN OF STEEL FRAMES**, Jhon wiley
& Sons Inc
- Pryda, 1990, **PRYDA CLAW NAILPLATE HANDBOOK**
- Suwarno W, 1976, **KONSTRUKSI KAYU**, Universitas Gajah Mada,
Yogyakarta

LAMPIRAN 1

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Dhespy Rosmei Lina	98511143	Teknik Sipil
2	Ibnu Nugroho	98511002	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR :

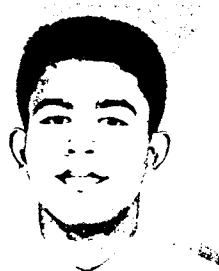
"Perilaku kuda - kuda papan dengan alat sambung Claw Nailplate"

PERIODE II : DESEMBER - MEI
TAHUN : 2002 / 2003

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
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

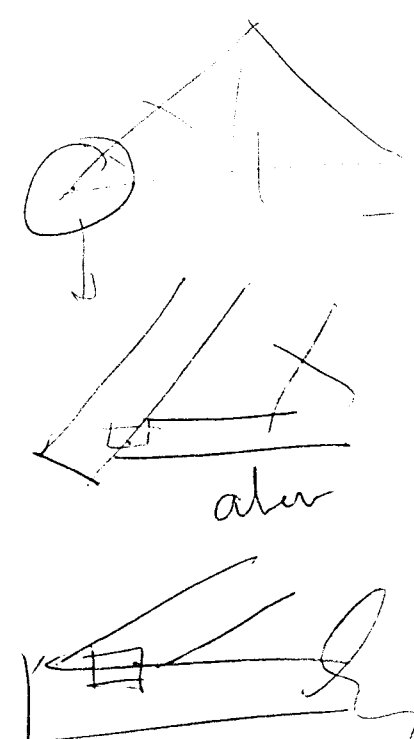
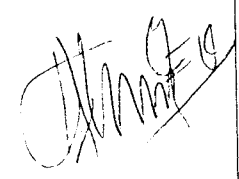
Ir. Iri Fajar Budiono, MT.
 Ir. H. Suharyatno, MT



Yogyakarta, 08 Jan 2003
 a.n. Dekan,
 (.....)
 Ir. H. Muqadim, MS

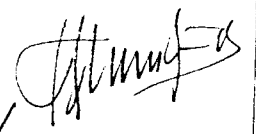
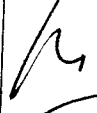
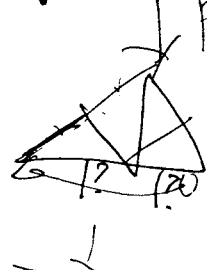
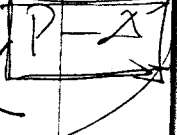
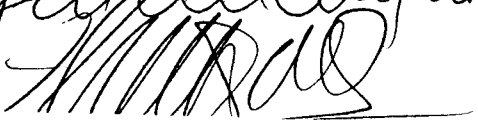
Catatan.

Seminar : ..20..februari..2003.....
 Sidang :
 Pendadaran :

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan
	3/7/03	<p>- pembahasan dilengkapi dengan P >> Hp << } ?</p> <p>- gambar detail sambungan</p> 	
	7/7/03 10/7/03	<p>Pembahasan dilengkapi</p> <p>Siaphan Sidang</p>	

LAMPIRAN 2

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

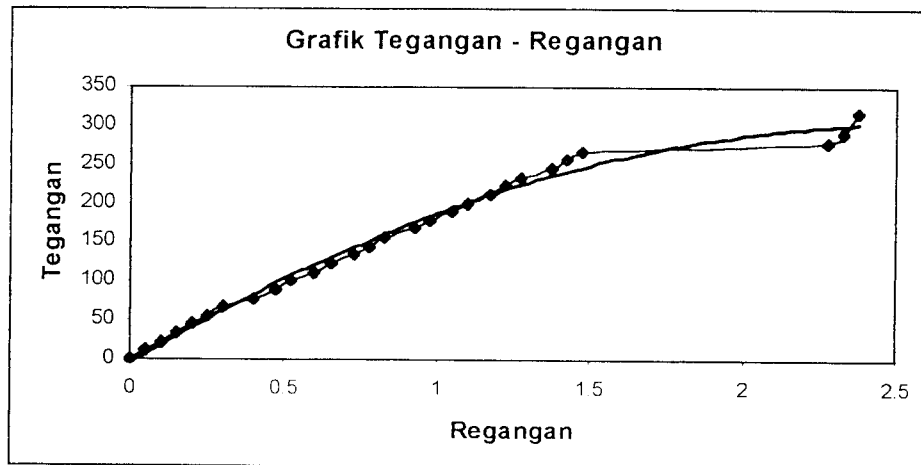
NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
	3/2/03	- perbaikan: tinjauan pustaka - penyajian tabel min popom karyu	
	5/2/03	- perbaikan: batasan masalah - bag ke DPT	
	13/2/03	- upi slumer. ?	
	14/2/03	Perbaiki. K	
	17/2/03	K. Siaphan Semina K	
	5/3/03	Lanjutan	
	31/3/03	Lanjutan Perbaiki - O	
	21/5/03	Lanjutan 2 Perbaiki - K	
	22/5/03	Perbaiki - P	
	24/5/03		
	12/6/03	Perbaiki & Bembaleasa di Perbaiki	
	16/6/03	Perbaiki	
	17/6/03	Perbaiki - K	
	1/7/03	@@ Japadikaujwh ke DPT	

gaya = Btg ?
- banyu mai ?
Sambuyar ?
x Perbaiki ?
(K - K)

P - A

Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat Sampel 1

Beban (kg)	AL ($\times 10^{-3} \text{Cm}$)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/Cm ²)	Regangan $\epsilon = \Delta L/t$ ($\times 10^{-3}$)	X ($\times 10^{-3}$)	Reg. Terkoreksi ($\times 10 \text{E}-3$)	E (Kg/Cm ²)
0	0	0	0	0	0	
100	1.5	11.11111111	0.075	-0.025	0.05	
200	2.5	22.22222222	0.125	-0.025	0.1	
300	3.5	33.33333333	0.175	-0.025	0.15	
400	4.5	44.44444444	0.225	-0.025	0.2	
500	5.5	55.55555556	0.275	-0.025	0.25	
600	6.5	66.66666667	0.325	-0.025	0.3	222222.222
700	8.5	77.77777778	0.425	-0.025	0.4	
800	10	88.88888889	0.5	-0.025	0.475	
900	11	100	0.55	-0.025	0.525	
1000	12.5	111.1111111	0.625	-0.025	0.6	
1100	13.5	122.2222222	0.675	-0.025	0.65	
1200	15	133.3333333	0.75	-0.025	0.725	
1300	16	144.4444444	0.8	-0.025	0.775	
1400	17	155.5555556	0.85	-0.025	0.825	
1500	19	166.6666667	0.95	-0.025	0.925	
1600	20	177.7777778	1	-0.025	0.975	
1700	21.5	188.8888889	1.075	-0.025	1.05	
1800	22.5	200	1.125	-0.025	1.1	
1900	24	211.1111111	1.2	-0.025	1.175	
2000	25	222.2222222	1.25	-0.025	1.225	
2100	26	233.3333333	1.3	-0.025	1.275	
2200	28	244.4444444	1.4	-0.025	1.375	
2300	29	255.5555556	1.45	-0.025	1.425	
2400	30	266.6666667	1.5	-0.025	1.475	
2500	46	277.7777778	2.3	-0.025	2.275	
2600	47	288.8888889	2.35	-0.025	2.325	
2845	48	316.1111111	2.4	-0.025	2.375	



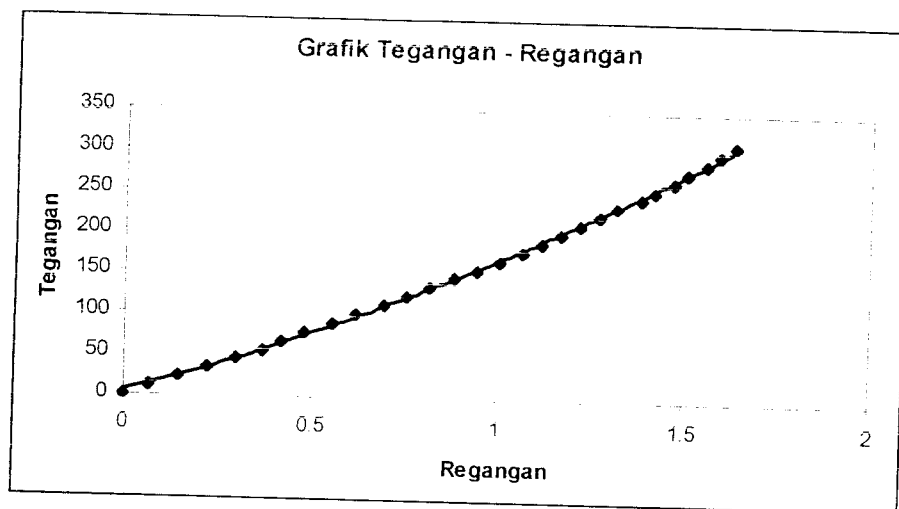
Gambar Grafik Tegangan – Regangan hasil uji desak kayu // serat Sampel 1

Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat Sampel 2

Beban (kg)	AL ($\times 10^{-3} \text{Cm}$)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/Cm^2)	Regangan $\epsilon = \Delta L/t$ ($\times 10^{-3}$)	X ($\times 10^{-3}$)	Reg. Terkoreksi ($\times 10^{-3}$)	E (Kg/Cm^2)
0	0	0	0	0	0	
100	3	11.11111111	0.15	-0.08125	0.06875	
200	4.5	22.22222222	0.225	-0.08125	0.14375	
300	6	33.33333333	0.3	-0.08125	0.21875	
400	7.5	44.44444444	0.375	-0.08125	0.29375	
500	9	55.55555556	0.45	-0.08125	0.36875	150659.133
600	10	66.66666667	0.5	-0.08125	0.41875	
700	11.25	77.77777778	0.5625	-0.08125	0.48125	
800	12.75	88.88888889	0.6375	-0.08125	0.55625	
900	14	100	0.7	-0.08125	0.61875	
1000	15.5	111.1111111	0.775	-0.08125	0.69375	
1100	16.75	122.2222222	0.8375	-0.08125	0.75625	
1200	18	133.3333333	0.9	-0.08125	0.81875	
1300	19.25	144.4444444	0.9625	-0.08125	0.88125	
1400	20.5	155.5555556	1.025	-0.08125	0.94375	
1500	21.75	166.6666667	1.0875	-0.08125	1.00625	
1600	23	177.7777778	1.15	-0.08125	1.06875	
1700	24	188.8888889	1.2	-0.08125	1.11875	
1800	25	200	1.25	-0.08125	1.16875	
1900	26	211.1111111	1.3	-0.08125	1.21875	
2000	27	222.2222222	1.35	-0.08125	1.26875	

Lanjutan tabel Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat Sampel 2

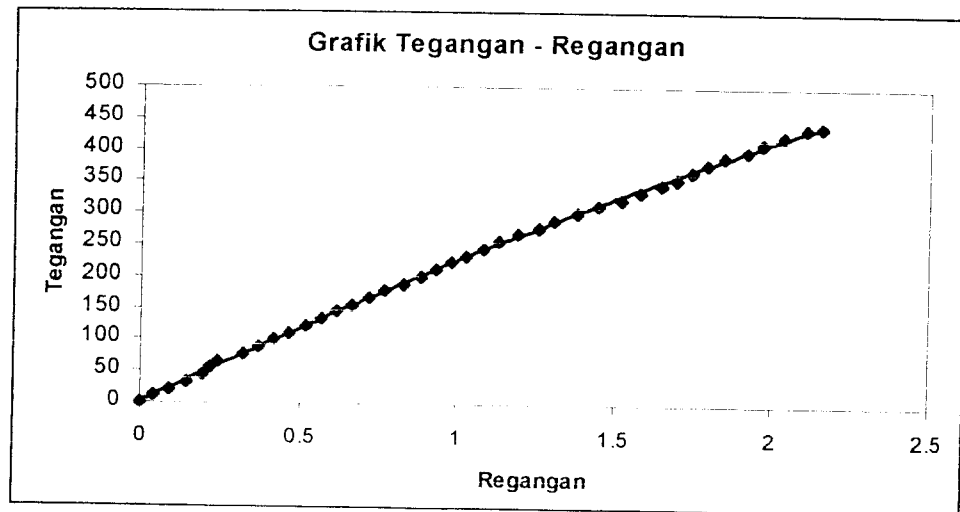
Beban (kg)	AL ($\times 10^{-3}$ Cm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/Cm ²)	Regangan $\epsilon = \Delta L/t$ ($\times 10^{-3}$)	X ($\times 10^{-3}$)	Reg. Terkoreksi ($\times 10^{-3}$)	E (Kg/Cm ²)
2100	28	233.3333333	1.4	-0.08125	1.31875	
2200	29.25	244.4444444	1.4625	-0.08125	1.38125	
2300	30	255.5555556	1.5	-0.08125	1.41875	
2400	31	266.6666667	1.55	-0.08125	1.46875	
2500	31.75	277.7777778	1.5875	-0.08125	1.50625	
2600	32.75	288.8888889	1.6375	-0.08125	1.55625	
2700	33.5	300	1.675	-0.08125	1.59375	
2800	34.25	311.1111111	1.7125	-0.08125	1.63125	



Gambar Grafik Tegangan – Regangan hasil uji desak kayu // serat Sampel 2

Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat Sampel 3

Beban (kg)	AL ($\times 10^{-3} \text{Cm}$)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/Cm^2)	Regangan $\epsilon = \Delta L/l$ ($\times 10^{-3}$)	X ($\times 10^{-3}$)	Reg. Terkoreksi ($\times 10^{-3}$)	E (Kg/Cm^3)
0	0	0	0	0	0	
100	2	11.11111111	0.1	-0.05625	0.04375	
200	3	22.22222222	0.15	-0.05625	0.09375	
300	4	33.33333333	0.2	-0.05625	0.14375	
400	5	44.44444444	0.25	-0.05625	0.19375	229390.681
500	5.5	55.55555556	0.275	-0.05625	0.21875	
600	6	66.66666667	0.3	-0.05625	0.24375	
700	7.5	77.77777778	0.375	-0.05625	0.31875	
800	8.5	88.88888889	0.425	-0.05625	0.36875	
900	9.5	100	0.475	-0.05625	0.41875	
1000	10.5	111.1111111	0.525	-0.05625	0.46875	
1100	11.5	122.2222222	0.575	-0.05625	0.51875	
1200	12.5	133.3333333	0.625	-0.05625	0.56875	
1300	13.5	144.4444444	0.675	-0.05625	0.61875	
1400	14.5	155.5555556	0.725	-0.05625	0.66875	
1500	15.5	166.6666667	0.775	-0.05625	0.71875	
1600	16.5	177.7777778	0.825	-0.05625	0.76875	
1700	17.75	188.8888889	0.8875	-0.05625	0.83125	
1800	18.75	200	0.9375	-0.05625	0.88125	
1900	19.75	211.1111111	0.9875	-0.05625	0.93125	
2000	20.75	222.2222222	1.0375	-0.05625	0.98125	
2100	21.75	233.3333333	1.0875	-0.05625	1.03125	
2200	22.75	244.4444444	1.1375	-0.05625	1.08125	
2300	23.75	255.5555556	1.1875	-0.05625	1.13125	
2400	25	266.6666667	1.25	-0.05625	1.19375	
2500	26.25	277.7777778	1.3125	-0.05625	1.25625	
2600	27.25	288.8888889	1.3625	-0.05625	1.30625	
2700	28.75	300	1.4375	-0.05625	1.38125	
2800	30	311.1111111	1.5	-0.05625	1.44375	
2900	31.5	322.2222222	1.575	-0.05625	1.51875	
3000	32.75	333.3333333	1.6375	-0.05625	1.58125	
3100	34	344.4444444	1.7	-0.05625	1.64375	
3200	35	355.5555556	1.75	-0.05625	1.69375	
3300	36	366.6666667	1.8	-0.05625	1.74375	
3400	37	377.7777778	1.85	-0.05625	1.79375	
3500	38	388.8888889	1.9	-0.05625	1.84375	
3600	39.5	400	1.975	-0.05625	1.91875	
3700	40.5	411.1111111	2.025	-0.05625	1.96875	
3800	41.75	422.2222222	2.0875	-0.05625	2.03125	
3900	43.25	433.3333333	2.1625	-0.05625	2.10625	
3930	44.25	436.6666667	2.2125	-0.05625	2.15625	

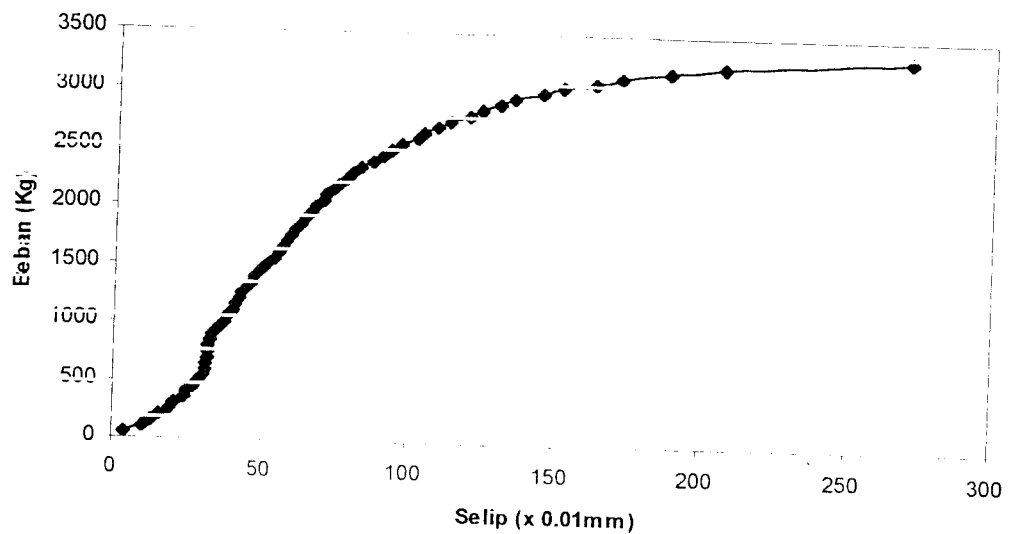


Gambar Grafik Tegangan – Regangan hasil uji desak kayu // serat Sampel 3

LAMPIRAN 3

Hasil Pengujian Kuat Gesar Claw Nailplate 4 C 3

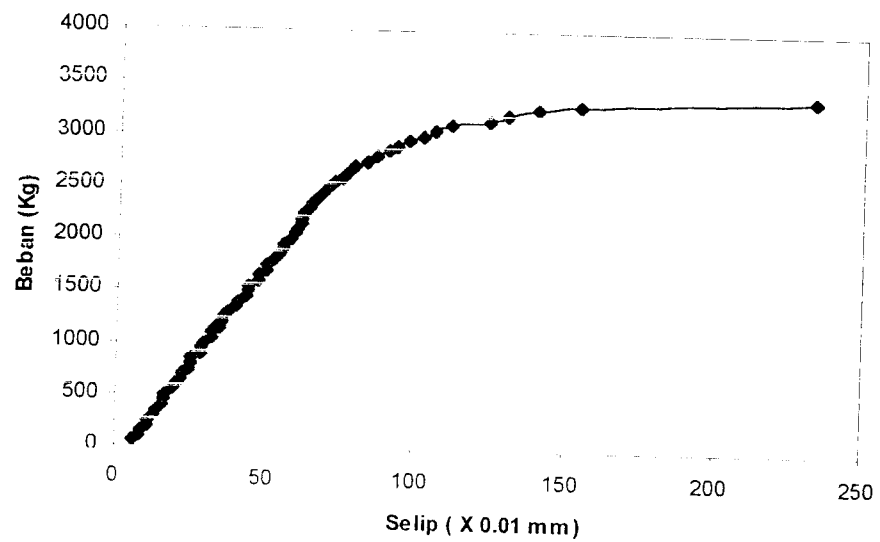
Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}	Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}	Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}
50	4	1150	40.5	2250	78
100	10	1200	42	2300	80
150	13	1250	43	2350	83
200	16	1300	45	2400	87
250	19	1350	46	2450	90
300	21	1400	47	2500	93
350	24	1450	49	2550	96.5
400	25	1500	51	2600	102
450	27	1550	54	2650	104
500	28	1600	55	2700	109
550	30	1650	56.5	2750	113
600	31	1700	58	2800	120
650	31	1750	59	2850	124
700	31.5	1800	61	2900	130
750	32	1850	63	2950	135
800	32	1900	64	3000	145
850	32.5	1950	66	3050	152
900	33	2000	67.5	3100	163
950	35.5	2050	70	3150	172
1000	37.5	2100	71	3200	188
1050	38	2150	73.5	3250	207
1100	40	2200	75	3330	271



Gambar Grafik Hubungan Beban – Selip alat sambung Claw Nailplate 4 C 3

Hasil Pengujian Kuat Geser Claw Nailplate 6 C 3

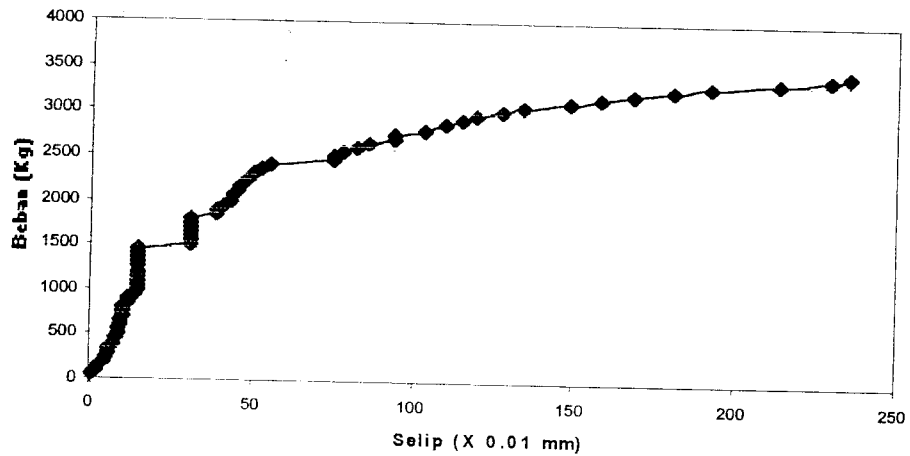
Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}	Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}	Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}
50	6	1150	34.5	2300	64
100	8	1200	35.25	2350	65
150	9	1250	36	2400	67
200	10.5	1300	37	2450	69
250	11	1350	40	2500	70
300	12.5	1400	40.5	2550	72
350	13.5	1450	43	2600	75
400	15.5	1500	43.5	2650	77
450	16	1550	44	2700	79
500	16.5	1600	47.5	2750	83
550	19	1650	47.5	2800	86
600	19.5	1700	50	2850	90
650	21.5	1750	50	2900	93
700	22	1800	52	2950	97
750	24.5	1850	54	3000	102
800	25	1900	55	3050	106
850	25.25	1950	55	3100	111
900	28	2000	58	3150	124
950	28.5	2050	59	3200	130
1000	29.25	2100	60	3250	140
1050	31.5	2150	61	3300	154
1100	32	2200	61	3370	233
1150	33	2250	62		



Gambar Grafik Hubungan Beban – Selip alat sambung Claw Nailplate 6 C 3

Tabel Hasil Pungujian Kuat Geser Claw Nailplate 8 C 3

Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}	Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}	Beban (Kg)	Δ (mm) 10^{-2}
50	0.5	1200	14.25	2400	55.5
100	2.5	1250	14.25	2450	74.5
150	3	1300	14.25	2500	74.5
200	4	1350	14.25	2550	77.5
250	5	1400	14.25	2600	82
300	5.5	1450	14.25	2650	85.5
350	6	1500	30.25	2700	94
400	7.5	1550	30.25	2750	94
450	8	1600	30.25	2800	103
500	8.5	1650	30.25	2850	110
550	9	1700	30.25	2900	115
600	9.5	1750	30.25	2950	119.5
650	9.5	1800	30.25	3000	127
700	10	1850	38.8	3050	134
750	10	1900	38.8	3100	148
800	10	1950	41	3150	158
850	11.5	2000	43	3200	168
900	11.5	2050	43.25	3250	180
950	14	2100	45	3300	192
1000	14.25	2150	46	3350	213
1050	14.25	2200	47	3400	229
1100	14.25	2250	49	3450	235
1150	14.25	2300	50		
1150	14.25	2350	52.5		



Gambar Grafik Hubungan Beban – Selip alat sambung Claw Nailplate 8 C 3

LAMPIRAN 4

Data Spesifikasi *Claw Nailplate*
yang Digunakan dalam Penelitian

Seluruh plat yang digunakan merupakan plat baja galvanis dengan ketebalan 1mm dan tinggi paku 8 mm.

Data *Claw NailPlate* pada Pengujian Sambungan Per-Pasang

No	Nama Claw Nail	Jumlah Paku	Kekuatan	
			(KN)	(Kg)
1	2 x 3C1H	36	4,752	484,404
2	2 x 4C3	96	12,672	1291,743
3	2 x 6C3	144	19,008	1937,615
4	2 x 8C3	192	25,344	2583,486

Data *Claw NailPlate* pada Pengujian Kuda-Kuda Papan Per-Pasang

No	Nama Claw Nail	Jumlah Paku	Kekuatan	
			(KN)	(Kg)
1	2 x 6C2	96	12,672	1291,743
2	2 x 6C3	144	19,008	1937,615
3	2 x 6C4	192	25,344	2583,486

Beban Perpaku

Dasar Perencanaan Pembebanan (N / Paku)						
	J4		J3		J2	
Kondisi Basah	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering
Sejajar serat	85	110	100	140	140	175
Tegak lurus serat	60	75	75	100	100	125

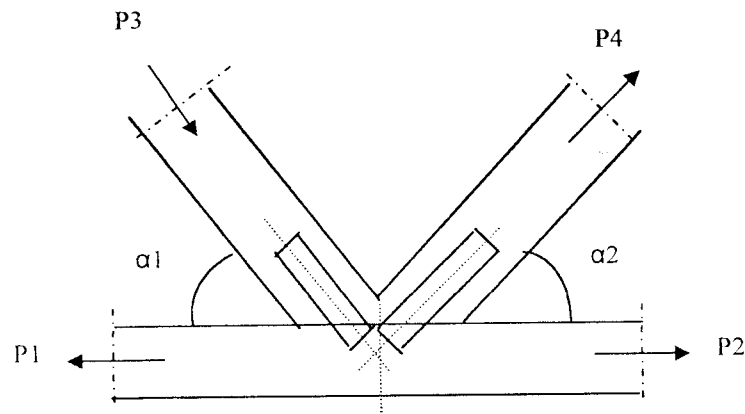
Tabel Kekuatan Baja Claw NailPlate

Beban Ijin Pada Baja (N / mm) / Plat			
Gaya Geser		Gaya Desak	
Memanjang	Menyamping	Memanjang	Menyamping
36	79	137	48

Keterangan:

- J2 : Balau (merah), Kapur, Kempas, Keruing, Merbau / Kliwa
- J3 : Mengkulang, Mersawa, Ramin, Sepetir
- J4 : Meranti (Bakau, Merah tua, Merah muda, Putih, Kuning)

Perencanaan Join Nailplate :



$$\text{Lebar Plat/sisi} = \frac{\text{gaya batang terbesar}}{N_{tp} \times K} \times \frac{1}{2}$$

Untuk batang diagonal dan horizontal:

Menggunakan rumus Hankinson untuk menentukan kekuatan satu paku pada α_n :

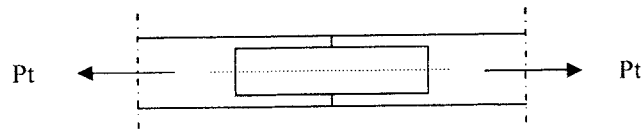
$$N_{\alpha n} = \frac{N_{psejajar} \times N_{ptegak \text{ lurus}}}{N_{psejajar} (\sin \alpha n)^2 + N_{ptegak \text{ lurus}} (\cos \alpha n)^2}$$

$$\text{Jumlah Paku/sisi} = \frac{P_3}{N_{\alpha n} \times K} \times \frac{1}{2}$$

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

$$N_{s\alpha n} = \frac{N_s \text{ Longitudinal} \times N_s \text{ Lateral}}{N_s \text{ Longitudinal} (\sin \alpha n)^2 + N_s \text{ Lateral} (\cos \alpha n)^2}$$

$$\text{Gaya geser/sisi} > \frac{P_1 - P_2}{N_{s\alpha n}} \times \frac{1}{2}$$



Paku yang digunakan:

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

Lebar Plat:

$$\text{Lebar Plat/sisi} > \frac{P_t}{N_{tp} \times K} \times \frac{1}{2}$$

Keterangan:

P = Gaya batang (N)

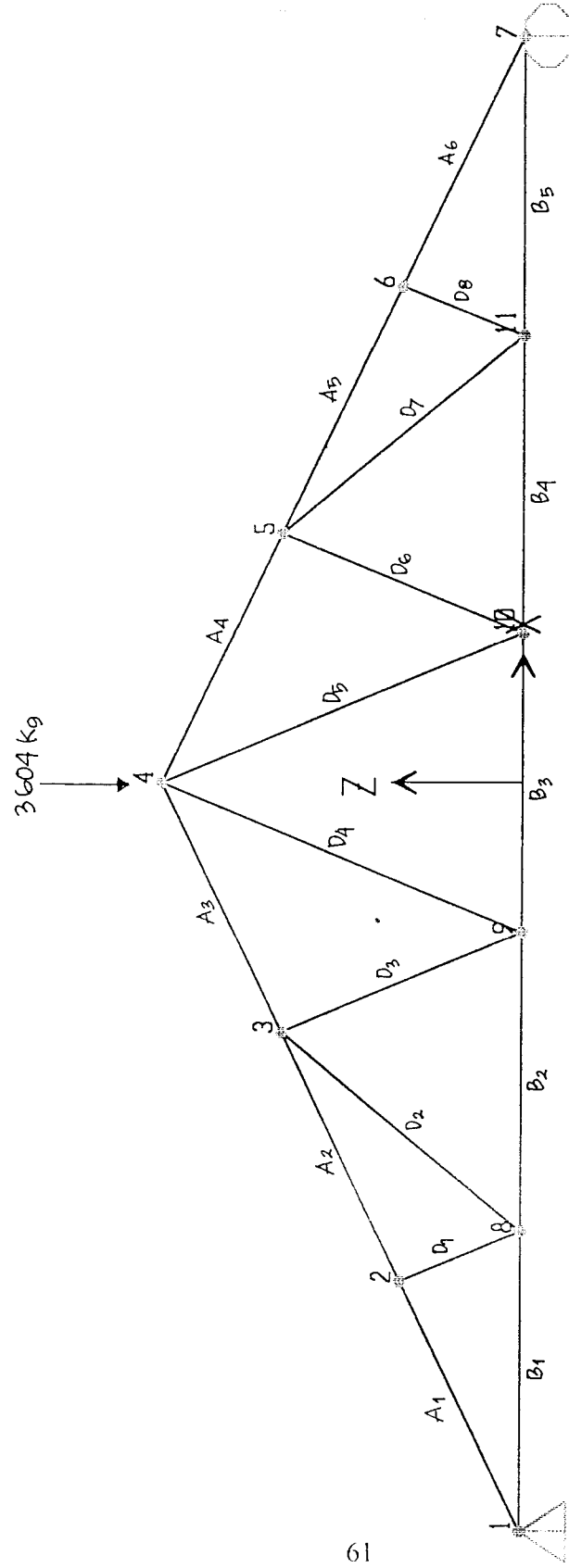
N_{tp} = Kekuatan yang diijinkan pada plat (N/mm)

K = Faktor lamanya pembebanan (1.0)

N_p = Perencanaan dasar pembebanan untuk desak (N / Paku)

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

α = Sudut antara batang diagonal dan horizontal



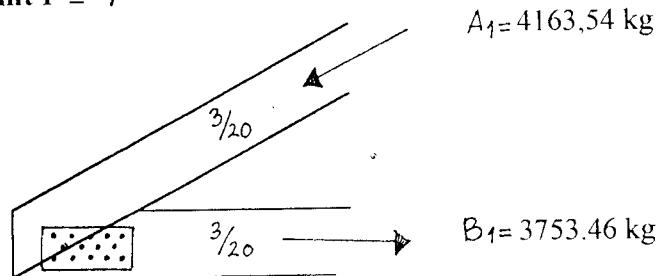
FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T
M2	M3					
A1	3604KG					
	0.00	-4163.54	-1.763E-01	0.00	0.00	
0.00	-8.146E-02					
	9.2E-01	-4163.54	-1.763E-01	0.00	0.00	
0.00	8.146E-02					
A2	3604KG					
	0.00	-4163.12	-4.908E-02	0.00	0.00	
0.00	-2.268E-02					
	9.2E-01	-4163.12	-4.908E-02	0.00	0.00	
0.00	2.268E-02					
A3	3604KG					
	0.00	-4163.51	-6.296E-03	0.00	0.00	
0.00	-2.910E-03					
	9.2E-01	-4163.51	-6.296E-03	0.00	0.00	
0.00	2.910E-03					
A4	3604KG					
	0.00	-4163.51	6.296E-03	0.00	0.00	
0.00	2.910E-03					
	9.2E-01	-4163.51	6.296E-03	0.00	0.00	
0.00	-2.910E-03					
A5	3604KG					
	0.00	-4163.12	4.908E-02	0.00	0.00	
0.00	2.268E-02					
	9.2E-01	-4163.12	4.908E-02	0.00	0.00	
0.00	-2.268E-02					
A6	3604KG					
	0.00	-4163.54	1.763E-01	0.00	0.00	
0.00	8.146E-02					
	9.2E-01	-4163.54	1.763E-01	0.00	0.00	
0.00	-8.146E-02					
B1	3604KG					
	0.00	3753.46	-1.452E-01	0.00	0.00	
0.00	-7.262E-02					
	1.00	3753.46	-1.452E-01	0.00	0.00	
0.00	7.262E-02					
B2	3604KG					
	0.00	3753.42	-3.656E-02	0.00	0.00	
0.00	-1.828E-02					

	1.00	3753.42	-3.656E-02	0.00	0.00
0.00	1.828E-02				
B3	3604KG				
	0.00	3753.62	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00				
	1.00	3753.62	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00				
B4	3604KG				
	0.00	3753.42	3.656E-02	0.00	0.00
0.00	1.828E-02				
	1.0E+00	3753.42	3.656E-02	0.00	0.00
0.00	-1.828E-02				
B5	3604KG				
	0.00	3753.46	1.452E-01	0.00	0.00
0.00	7.262E-02				
	1.0E+00	3753.46	1.452E-01	0.00	0.00
0.00	-7.262E-02				
D1	3604KG				
	0.00	1.508E-01	-4.174E-01	0.00	0.00
0.00	-9.043E-02				
	4.3E-01	1.508E-01	-4.174E-01	0.00	0.00
0.00	9.043E-02				
D2	3604KG				
	0.00	-4.987E-01	-3.948E-02	0.00	0.00
0.00	-2.055E-02				
	1.04	-4.987E-01	-3.948E-02	0.00	0.00
0.00	2.055E-02				
D3	3604KG				
	0.00	2.872E-01	-3.201E-02	0.00	0.00
0.00	-1.387E-02				
	8.7E-01	2.872E-01	-3.201E-02	0.00	0.00
0.00	1.387E-02				
D4	3604KG				
	0.00	-3.386E-01	-3.702E-03	0.00	0.00
0.00	-2.406E-03				
	1.30	-3.386E-01	-3.702E-03	0.00	0.00
0.00	2.406E-03				
D5	3604KG				
	0.00	-3.386E-01	3.702E-03	0.00	0.00
0.00	2.406E-03				
	1.30	-3.386E-01	3.702E-03	0.00	0.00
0.00	-2.406E-03				

RENCANA PEMASANGAN ALAT SAMBUNG PADA KUDA-KUDA

Joint 1 = 7

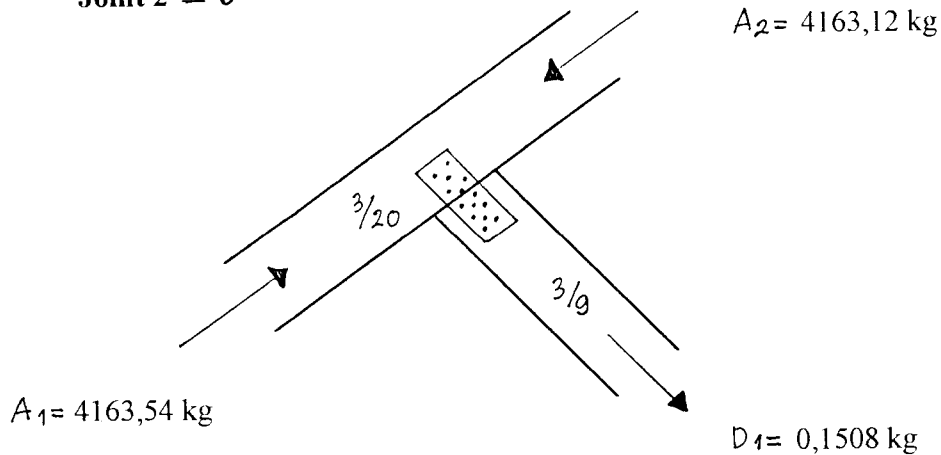


P per paku = $0.132 \text{ KN} = 13.456 \text{ Kg} \times 15 = 20.184 \text{ Kg}$

Jumlah paku yang dipakai : $\frac{1.15 \times 4163.54}{20.184} \times (1/2) = 118.610 \text{ bh}$

digunakan 144 bh paku (6C3)

Joint 2 = 6

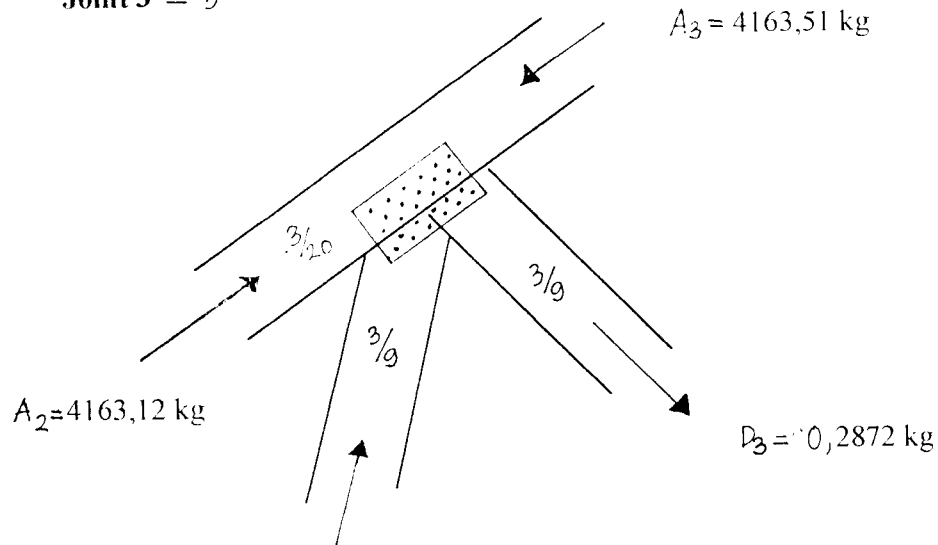


Jumlah paku yang dipakai : $\frac{1.15 \times 4163}{20.184} \times (1/2) = 118.610 \text{ bh}$

digunakan 144 bh paku (6C3)

Pada sambungan ini digunakan sambungan 6C2, jika dipakai samb 6C3 dikuatirkan saat pemasangan alat sambung batang diagonal (D1) mengalami kerusakan (pecah), disebabkan lebar batang (D1) = 9 cm

Joint 3 = 5

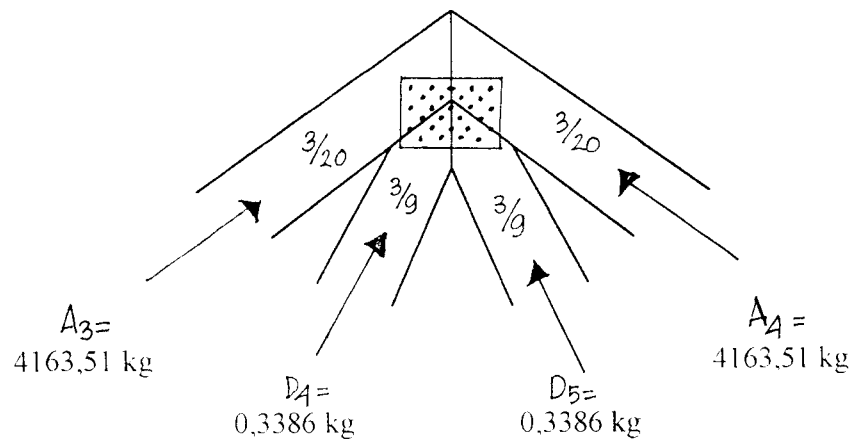


$$D_2 = 0,4987 \text{ kg}$$

Jumlah paku yang dipakai $\frac{1,15 \times 4163,51}{20,184} \times \left(\frac{1}{2} \right) = 118,609 \text{ bh}$

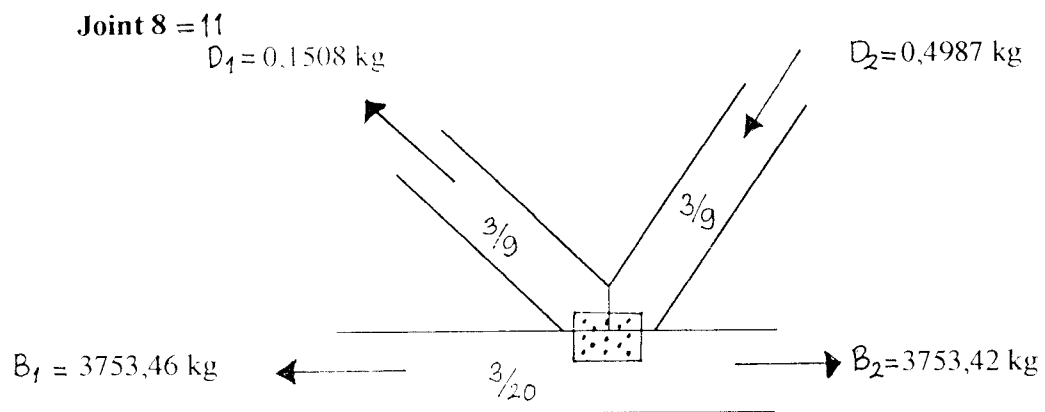
paku yang digunakan 192 (6C4)

Joint 4



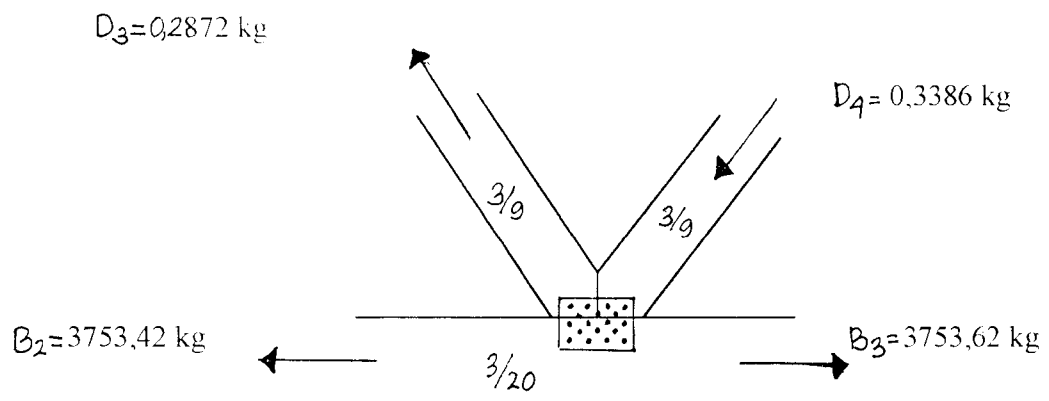
Jumlah paku yang dipakai : $\frac{1,15 \times 4163,51}{20,184} \times \left(\frac{1}{2} \right) = 118,609 \text{ bh}$

digunakan 192 bh paku



Jumlah paku yang dipakai : $\frac{1,15 \times 3753,46}{20,184} \times \left(\frac{1}{2} \right) = 106,928 \text{ bh}$
 digunakan 192 bh paku (6C4)

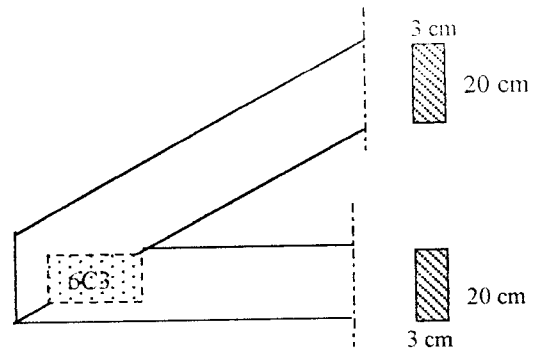
Joint 9 = 10



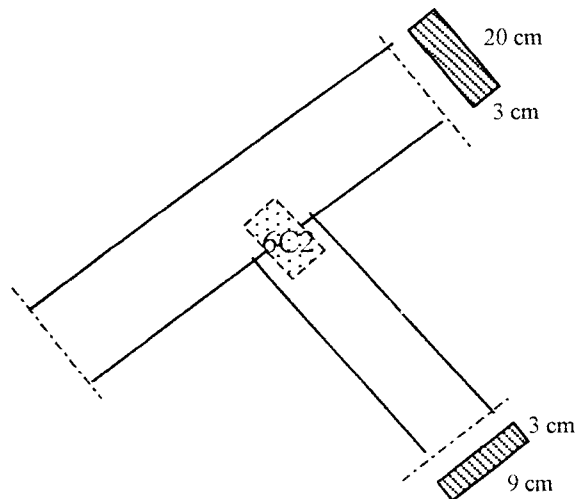
Jumlah paku yang dipakai $\frac{1,15 \times 3753,62}{20,184} \times \left(\frac{1}{2} \right) = 106,932 \text{ bh}$
 paku yang digunakan 192 (6C4)

RENCANA PEMASANGAN ALAT SAMBUNG PADA KUDA-KUDA

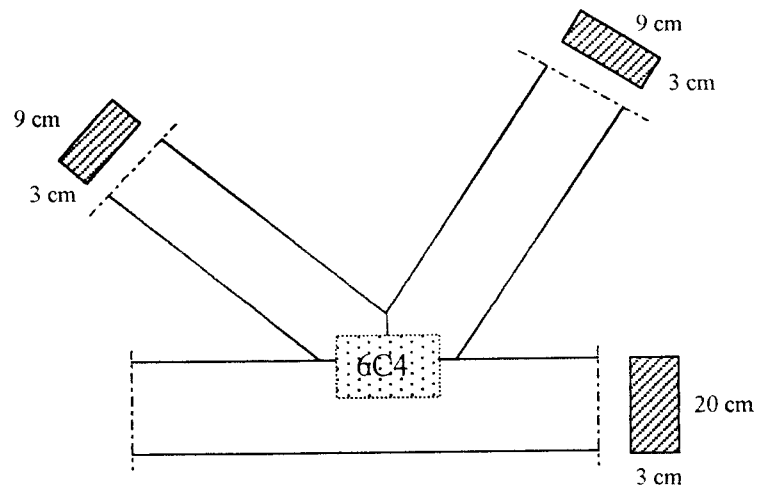
Joint 1



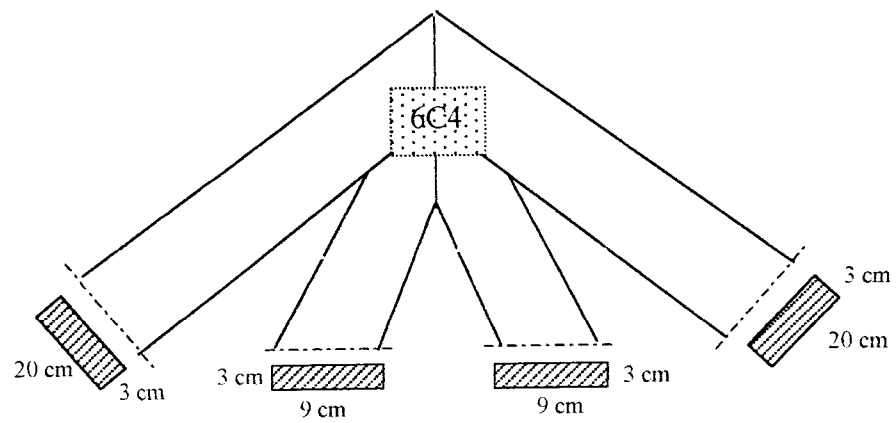
Joint 2



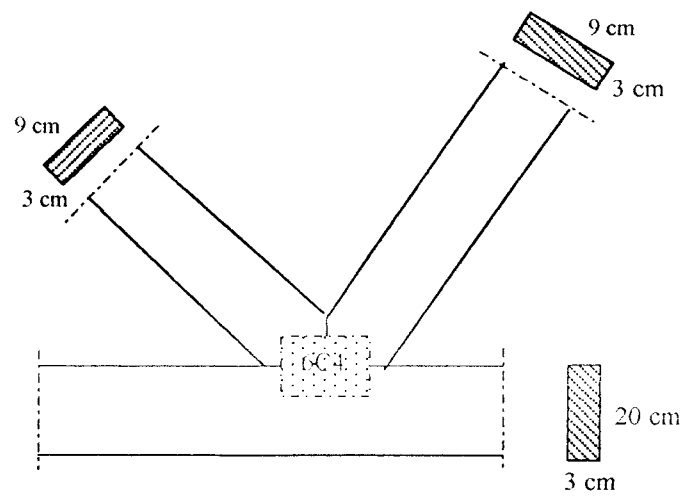
Joint 9



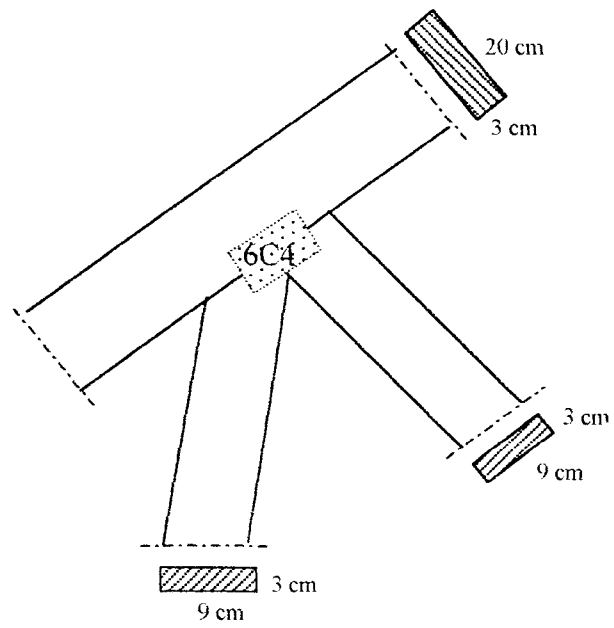
Joint 4



Joint 8



Joint 3



LAMPIRAN 5

Perencanaan Beban Rencana Kuda-Kuda Papan dengan Alat

Sambung Claw Nailplate

Beban rencana direncanakan berdasarkan hasil pengujian kuat desak kayu

// serat, dengan tahap pengerjaan sebagai berikut :

Dik : Beban maks 1 (P1) = 2845 kg

Beban maks 2 (P2) = 2800 kg

Beban maks 3 (P3) = 3930 kg

Luas tampang (A) = 9 cm²

Penyelesaian :

$$\sigma = P/A$$

$$\sigma_1 = 2845 / 9 = 316,111 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2800 / 9 = 311,111 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_3 = 3930 / 9 = 436,667 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{rata-rata}} = \frac{316,111 + 311,111 + 436,667}{3} = 354,630 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_{\min} = 1/12 \cdot b^3 \cdot h = 1/12 (3^3) (20) = 45 \text{ cm}^4$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = 0,289b = 0,289 (3) = 0,867 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{Lk}{i_{\min}} = \frac{20}{0,867} = 23,068$$

Berdasarkan tabel faktor tekuk, Daftar III, PKKI 1961, $\lambda = 23,068$ didapat

$\omega = 1,181$ maka :

$$\sigma = \frac{P.\omega}{A}$$

$$P = \frac{\sigma.A}{\omega} = \frac{354,630 \times (3 \times 20)}{1,181} = 18016,765 \text{ kg}$$

$$P_{\text{renc}} = \frac{P}{SF} = \frac{18016,765}{5} = 3604 \text{ kg}$$

Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji 1

DIAL 1					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	22	2100	465
2	100	0	23	2200	483
3	200	0	24	2300	505
4	300	11	25	2400	517
5	400	32	26	2500	543
6	500	53	27	2600	573
7	600	104	28	2700	588
8	700	118	29	2800	600
9	800	132	30	2900	613
10	900	152	31	3000	635
11	1000	165	32	3100	668
12	1100	204	33	3200	702
13	1200	244	34	3300	767
14	1300	274	35	3400	784
15	1400	294	36	3500	839
16	1500	332	37	3600	926
17	1600	347	38	3600	1025
18	1700	365	39	3600	1128
19	1800	388	40	3600	1164
20	1900	405	41	3600	1198
21	2000	446	42	3600	1210

DIAL 2					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	22	2100	735
2	100	6.3	23	2200	738
3	200	12	24	2300	768
4	300	17	25	2400	777
5	400	76	26	2500	791
6	500	88	27	2600	807
7	600	167	28	2700	822
8	700	178	29	2800	880
9	800	189	30	2900	883
10	900	201	31	3000	892
11	1000	289	32	3100	915
12	1100	302	33	3200	978
13	1200	390	34	3300	1008.5
14	1300	419	35	3400	1071
15	1400	475	36	3500	1090
16	1500	509	37	3600	1183
17	1600	527	38	3600	1282
18	1700	591	39	3600	1389
19	1800	599	40	3600	1412
20	1900	608	41	3600	1483
21	2000	700	42	3600	1515

DIAL 3					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	22	2100	822.5
2	100	7.25	23	2200	839
3	200	14	24	2300	850
4	300	27.5	25	2400	873.5
5	400	48	26	2500	899.5
6	500	73	27	2600	925
7	600	131.5	28	2700	941
8	700	150.25	29	2800	954
9	800	170	30	2900	967
10	900	206	31	3000	990
11	1000	255	32	3100	1022.5
12	1100	342.5	33	3200	1050
13	1200	429.5	34	3300	1096
14	1300	503	35	3400	1108
15	1400	528.5	36	3500	1149
16	1500	613	37	3600	1208
17	1600	630.5	38	3600	1277.5
18	1700	641	39	3600	1355
19	1800	713.5	40	3600	1387
20	1900	735.5	41	3600	1414
21	2000	803	42	3600	1442.5

DIAL 4					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	22	2100	465
2	100	0	23	2200	493
3	200	0	24	2300	535
4	300	0	25	2400	552
5	400	5	26	2500	595
6	500	19	27	2600	644
7	600	60	28	2700	669
8	700	72	29	2800	688
9	800	85	30	2900	711
10	900	104	31	3000	744
11	1000	112	32	3100	791
12	1100	148	33	3200	833
13	1200	190	34	3300	903
14	1300	222	35	3400	920
15	1400	247	36	3500	970
16	1500	291	37	3600	1061
17	1600	312	38	3600	1159
18	1700	325	39	3600	1252
19	1800	360	40	3600	1288
20	1900	392	41	3600	1321
21	2000	440	42	3600	1364

DIAL 5					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	22	2100	512.5
2	100	7.75	23	2200	537
3	200	15	24	2300	572
4	300	27.5	25	2400	588.5
5	400	49	26	2500	627.5
6	500	67.5	27	2600	669.25
7	600	113.25	28	2700	699.25
8	700	127.8	29	2800	712.5
9	800	142	30	2900	732.5
10	900	160	31	3000	764
11	1000	169	32	3100	806.25
12	1100	207	33	3200	842
13	1200	248	34	3300	907
14	1300	276	35	3400	925
15	1400	303	36	3500	977.5
16	1500	341	37	3600	1065
17	1600	363	38	3600	1197.5
18	1700	374	39	3600	1286
19	1800	407.25	40	3600	1327
20	1900	437.5	41	3600	1367
21	2000	506	42	3600	1412

DIAL 6					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	22	2100	407
2	100	10	23	2200	424
3	200	17.5	24	2300	446
4	300	35.25	25	2400	458
5	400	54.25	26	2500	482.25
6	500	73	27	2600	509
7	600	118	28	2700	520
8	700	130.5	29	2800	538.5
9	800	143	30	2900	551
10	900	157	31	3000	572
11	1000	163.5	32	3100	601
12	1100	190	33	3200	625
13	1200	219	34	3300	670
14	1300	240	35	3400	680
15	1400	260	36	3500	715
16	1500	284	37	3600	771.5
17	1600	300	38	3600	838
18	1700	308	39	3600	908
19	1800	322	40	3600	934
20	1900	353.5	41	3600	958.5
21	2000	382	42	3600	986

Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji 2

DIAL 1					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	23	2200	361.5
2	100	5	24	2300	380
3	200	27	25	2400	388
4	300	44	26	2500	400
5	400	52	27	2600	422
6	500	72	28	2700	438
7	600	89	29	2800	451.5
8	700	107	30	2900	462
9	800	132	31	3000	483
10	900	142	32	3100	499
11	1000	159	33	3200	519
12	1100	182	34	3300	540
13	1200	194	35	3400	555.5
14	1300	206.5	36	3500	581
15	1400	220.5	37	3600	624
16	1500	239	38	3700	654
17	1600	265	39	3800	692
18	1700	281	40	3900	740
19	1800	300	41	4000	882
20	1900	306	42	4000	989
21	2000	318.5	43	4000	1089
22	2100	348.5	44	4000	1172

DIAL 2					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	23	2200	382
2	100	12	24	2300	400
3	200	39	25	2400	408
4	300	52	26	2500	420
5	400	55	27	2600	445
6	500	63	28	2700	460
7	600	81	29	2800	477
8	700	97	30	2900	485
9	800	123	31	3000	510
10	900	133	32	3100	527
11	1000	152	33	3200	549
12	1100	177	34	3300	571
13	1200	192	35	3400	589
14	1300	206	36	3500	626
15	1400	221	37	3600	666
16	1500	242	38	3700	705
17	1600	273	39	3800	743
18	1700	289	40	3900	807
19	1800	310	41	4000	921
20	1900	320	42	4000	1098
21	2000	335	43	4000	1158
22	2100	366	44	4000	1277

DIAL 3					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	23	2200	330
2	100	6	24	2300	345.5
3	200	22	25	2400	352.5
4	300	37	26	2500	363
5	400	43.5	27	2600	384
6	500	59	28	2700	397
7	600	73	29	2800	409.5
8	700	87	30	2900	418.5
9	800	108.5	31	3000	437
10	900	116	32	3100	451
11	1000	130	33	3200	470
12	1100	151	34	3300	487
13	1200	164	35	3400	502.5
14	1300	170	36	3500	534
15	1400	188.5	37	3600	566
16	1500	206	38	3700	604.5
17	1600	234.5	39	3800	628
18	1700	250.5	40	3900	674
19	1800	268	41	4000	743
20	1900	276	42	4000	804.5
21	2000	290.5	43	4000	882.5
22	2100	318	44	4000	947

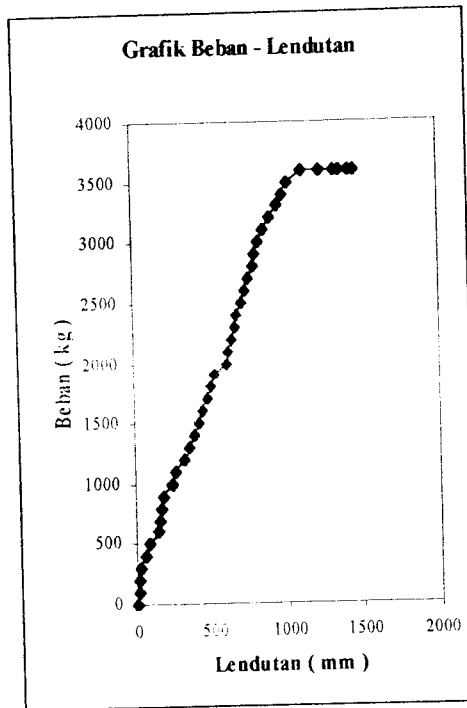
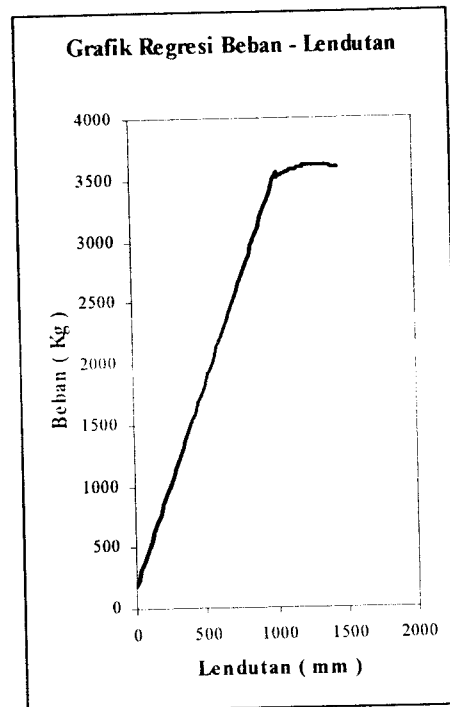
DIAL 4					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	23	2200	308
2	100	0	24	2300	325
3	200	13.5	25	2400	333
4	300	25	26	2500	344.5
5	400	38.5	27	2600	368
6	500	56	28	2700	384
7	600	71	29	2800	399
8	700	86	30	2900	408
9	800	108	31	3000	430
10	900	115	32	3100	447
11	1000	130	33	3200	469
12	1100	150	34	3300	495
13	1200	161	35	3400	518
14	1300	172	36	3500	530
15	1400	183.5	37	3600	635
16	1500	199.5	38	3700	683
17	1600	225	39	3800	733
18	1700	236	40	3900	798
19	1800	250	41	4000	935
20	1900	259	42	4000	1040
21	2000	269	43	4000	1144
22	2100	296	44	4000	1235

DIAL 5					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	23	2200	316
2	100	5	24	2300	332
3	200	22	25	2400	339
4	300	38	26	2500	370
5	400	55	27	2600	392
6	500	75	28	2700	405
7	600	88	29	2800	438
8	700	101	30	2900	472
9	800	123	31	3000	472
10	900	131	32	3100	491
11	1000	150	33	3200	525
12	1100	171	34	3300	551
13	1200	183	35	3400	570
14	1300	194	36	3500	602
15	1400	204.5	37	3600	671
16	1500	218	38	3700	716.5
17	1600	239	39	3800	765
18	1700	251	40	3900	819
19	1800	265	41	4000	927
20	1900	271	42	4000	1044
21	2000	281	43	4000	1181
22	2100	305	44	4000	1423

DIAL 6					
No	P (kg)	ΔL (mm)	No	P (kg)	ΔL (mm)
1	0	0	23	2200	321
2	100	5.5	24	2300	336.5
3	200	28.5	25	2400	343
4	300	48	26	2500	353
5	400	55	27	2600	373
6	500	74	28	2700	387.5
7	600	90	29	2800	399
8	700	106.5	30	2900	406.5
9	800	130.5	31	3000	423
10	900	138	32	3100	436
11	1000	153	33	3200	455
12	1100	172	34	3300	473
13	1200	184	35	3400	487
14	1300	195	36	3500	508
15	1400	207	37	3600	549
16	1500	223	38	3700	578
17	1600	245.5	39	3800	607.5
18	1700	258.5	40	3900	644
19	1800	272	41	4000	714
20	1900	278	42	4000	784
21	2000	288.5	43	4000	862
22	2100	310	44	4000	924.5

Tabel Hasil Pembacaan Dial Beban – Lendutan Benda Uji 1

BEBAN (Kg)	Dial (x 0.01) mm		
	A (1,4) rata-rata	B (2 , 5) rata-rata	C (3 , 6) rata-rata
0	0	0	0
100	0	7.025	8.5125
200	0	13.5	15.5
300	5.5	22.25	28.75
400	18.5	62.5	58.375
500	36	77.75	75.375
600	82	140.125	129.0625
700	95	152.9	141.7
800	108.5	165.5	154.25
900	128	180.5	168.75
1000	138.5	229	196.25
1100	176	254.5	222.25
1200	217	319	269
1300	248	347.5	293.75
1400	270.5	389	324.5
1500	311.5	425	354.5
1600	329.5	445	372.5
1700	345	482.5	395.25
1800	374	503.125	412.5625
1900	398.5	522.75	438.125
2000	443	603	492.5
2100	465	623.75	515.375
2200	488	637.5	530.75
2300	520	670	558
2400	534.5	682.75	570.375
2500	569	709.25	595.75
2600	608.5	738.125	623.5625
2700	628.5	760.625	640.3125
2800	644	796.25	667.375
2900	662	807.75	679.375
3000	689.5	828	700
3100	729.5	860.625	730.8125
3200	767.5	910	767.5
3300	835	957.75	813.875
3400	852	998	839
3500	904.5	1033.75	874.375
3600	993.5	1124	989.75
3600	1092	1239.75	1057.75
3600	1190	1337.5	1131.5
3600	1226	1369.5	1160.5
3600	1259.5	1425	1186.25
3600	1237	1463.5	1214.25

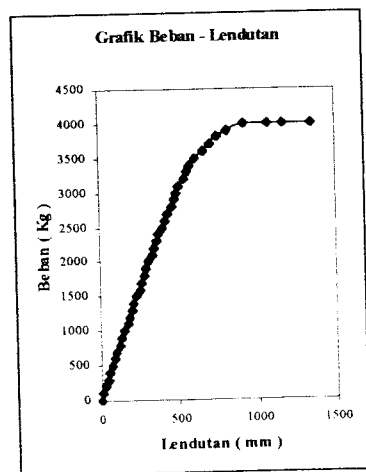
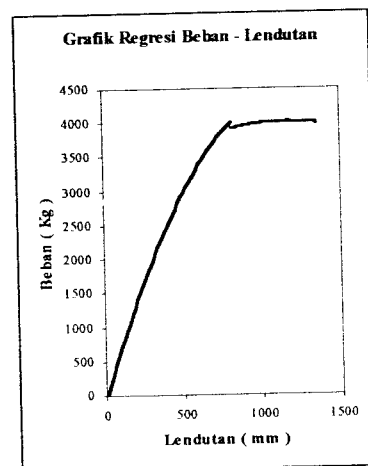


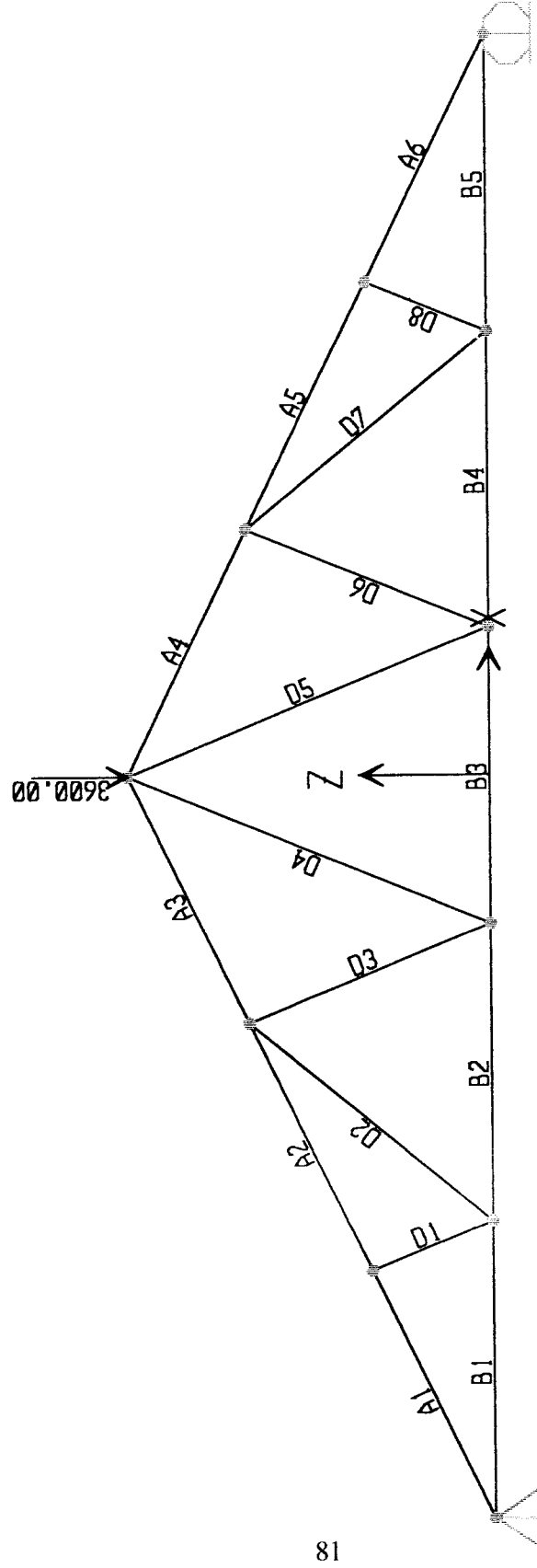
Tabel Hasil Pembacaan Dial Beban – Lendutan Benda Uji 2

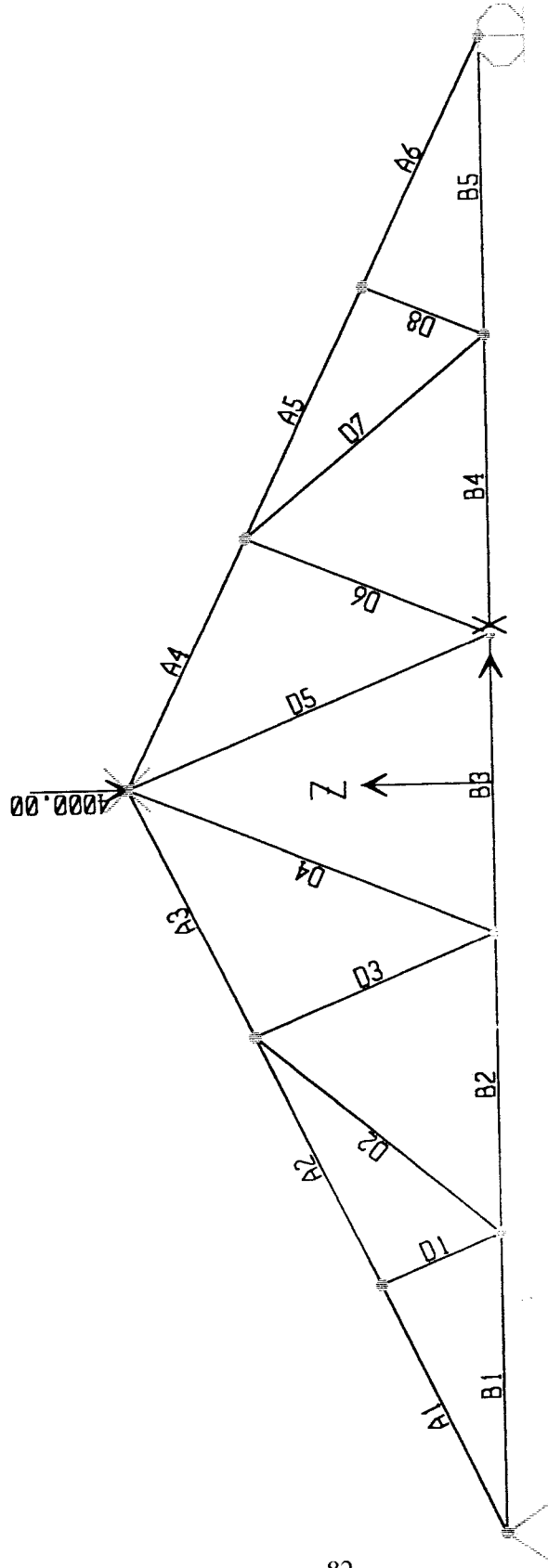
BEBAN (Kg)	Dial (x 0.01) mm		
	A (1,4) rata-rata	B (2 , 5) rata-rata	C (3 , 6) rata-rata
0	0	0	0
100	2.5	8.5	5.75
200	20.25	30.5	25.25
300	34.5	45	42.5
400	45.25	55	49.25
500	64	69	66.5
600	80	84.5	81.5
700	96.5	99	96.75
800	120	123	119.5
900	128.5	132	127
1000	144.5	151	141.5
1100	166	174	161.5
1200	177.5	187.5	174
1300	189.25	200	182.5
1400	202	212.75	197.75
1500	219.25	230	214.5
1600	245	256	240
1700	258.5	270	254.5

Lanjutan Hasil Pembacaan Dial Beban – Lendutan Benda Uji 2

BEBAN (Kg)	Dial (x 0.01) mm		
	A (1,4) rata-rata	B (2 , 5) rata-rata	C (2 , 5) rata-rata
1800	275	287.5	270
1900	282.5	295.5	277
2000	293.75	308	289.5
2100	322.25	335.5	314
2200	334.75	349	325.5
2300	352.5	366	341
2400	360.5	373.5	347.75
2500	372.25	395	358
2600	395	418.5	378.5
2700	411	432.5	392.25
2800	425.25	457.5	404.25
2900	435	478.5	412.5
3000	456.5	491	430
3100	473	509	443.5
3200	494	537	462.5
3300	518	561	480
3400	536.75	579.5	494.75
3500	555.5	614	521
3600	629.5	668.5	557.5
3700	668.5	710.75	591.25
3800	712.5	754	617.75
3900	769	813	659
4000	908.5	924	728.5
4000	1014.5	1071	794.25
4000	1116.5	1169.5	872.25
4000	1203.5	1350	935.75







SAP2000 v7.42 File: TA Kgf-m Units PAGE 1
6/26/03 7:10:48

UII - Statistic

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT	LOAD	U1	U2	U3	R1	R2	R3
1	3600KG	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	4000KG	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	3600KG	19.5276	0.0000	-96.2051	0.0000	0.0000	0.0000
2	4000KG	21.6974	0.0000	-106.8945	0.0000	0.0000	0.0000
3	3600KG	39.0553	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	4000KG	43.3948	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	3600KG	24.1216	0.0000	-68.7614	0.0000	0.0000	0.0000
4	4000KG	26.8017	0.0000	-76.4016	0.0000	0.0000	0.0000
5	3600KG	25.6283	0.0000	-90.4068	0.0000	0.0000	0.0000
5	4000KG	28.4759	0.0000	-100.4520	0.0000	0.0000	0.0000
6	3600KG	13.4270	0.0000	-90.4068	0.0000	0.0000	0.0000
6	4000KG	14.9188	0.0000	-100.4520	0.0000	0.0000	0.0000
7	3600KG	14.9337	0.0000	-68.7614	0.0000	0.0000	0.0000
7	4000KG	16.5930	0.0000	-76.4016	0.0000	0.0000	0.0000
8	3600KG	7.8110	0.0000	-75.5576	0.0000	0.0000	0.0000
8	4000KG	8.6789	0.0000	-83.9529	0.0000	0.0000	0.0000
9	3600KG	15.6220	0.0000	-94.5767	0.0000	0.0000	0.0000
9	4000KG	17.3577	0.0000	-105.0852	0.0000	0.0000	0.0000
10	3600KG	23.4333	0.0000	-94.5767	0.0000	0.0000	0.0000
10	4000KG	26.0370	0.0000	-105.0852	0.0000	0.0000	0.0000
11	3600KG	31.2443	0.0000	-75.5576	0.0000	0.0000	0.0000
11	4000KG	34.7159	0.0000	-83.9529	0.0000	0.0000	0.0000

SAP2000 v7.42 File: TA Kgf-m Units PAGE 2
6/26/03 7:10:48

UII - Statistic

JOINT REACTIONS

JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	3600KG	0.0000	0.0000	1800.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	4000KG	0.0000	0.0000	2000.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	3600KG	0.0000	0.0000	1800.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	4000KG	0.0000	0.0000	2000.0000	0.0000	0.0000	0.0000

SAP2000 v7.42 File: TA Kgf-m Units PAGE 3
6/26/03 7:10:48

UII - Statistic

FRAME ELEMENT FORCES

FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T	M2	M3
A1	3600KG							
	0.00	-4158.92	-1.761E-01	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.137E-02
	9.2E-01	-4158.92	-1.761E-01	0.00	0.00	0.00	0.00	9.137E-02
A1	4000KG							
	0.00	-4621.03	-1.956E-01	0.00	0.00	0.00	0.00	-9.042E-02
	9.2E-01	-4621.03	-1.956E-01	0.00	0.00	0.00	0.00	9.042E-02
A2	3600KG							

		0.00	-4158.50	-4.902E-02	0.00	0.00	0.00	-2.266E-02
		9.2E-01	-4158.50	-4.902E-02	0.00	0.00	0.00	2.266E-02
A2	4000KG	0.00	-4620.56	-5.447E-02	0.00	0.00	0.00	-2.517E-02
		9.2E-01	-4620.56	-5.447E-02	0.00	0.00	0.00	2.517E-02
A3	3600KG	0.00	-4158.89	-6.289E-03	0.00	0.00	0.00	-2.907E-03
		9.2E-01	-4158.89	-6.289E-03	0.00	0.00	0.00	2.907E-03
A3	4000KG	0.00	-4620.99	-6.988E-03	0.00	0.00	0.00	-3.230E-03
		9.2E-01	-4620.99	-6.988E-03	0.00	0.00	0.00	3.230E-03
A4	3600KG	0.00	-4158.89	6.289E-03	0.00	0.00	0.00	2.907E-03
		9.2E-01	-4158.89	6.289E-03	0.00	0.00	0.00	-2.907E-03
A4	4000KG	0.00	-4620.99	6.988E-03	0.00	0.00	0.00	3.230E-03
		9.2E-01	-4620.99	6.988E-03	0.00	0.00	0.00	-3.230E-03
A5	3600KG	0.00	-4158.50	4.902E-02	0.00	0.00	0.00	2.266E-02
		9.2E-01	-4158.50	4.902E-02	0.00	0.00	0.00	-2.266E-02
A5	4000KG	0.00	-4620.56	5.447E-02	0.00	0.00	0.00	2.517E-02
		9.2E-01	-4620.56	5.447E-02	0.00	0.00	0.00	-2.517E-02
A6	3600KG	0.00	-4158.92	1.761E-01	0.00	0.00	0.00	8.137E-02
		9.2E-01	-4158.92	1.761E-01	0.00	0.00	0.00	-8.137E-02
A6	4000KG	0.00	-4621.03	1.956E-01	0.00	0.00	0.00	9.042E-02
		9.2E-01	-4621.03	1.956E-01	0.00	0.00	0.00	-9.042E-02
B1	3600KG	0.00	3749.29	-1.451E-01	0.00	0.00	0.00	-7.253E-02
		1.00	3749.29	-1.451E-01	0.00	0.00	0.00	7.253E-02
B1	4000KG	0.00	4165.88	-1.612E-01	0.00	0.00	0.00	-8.059E-02
		1.00	4165.88	-1.612E-01	0.00	0.00	0.00	8.059E-02
B2	3600KG	0.00	3749.25	-3.652E-02	0.00	0.00	0.00	-1.826E-02
		1.00	3749.25	-3.652E-02	0.00	0.00	0.00	1.826E-02
B2	4000KG	0.00	4165.83	-4.057E-02	0.00	0.00	0.00	-2.029E-02
		1.00	4165.83	-4.057E-02	0.00	0.00	0.00	2.029E-02
B3	3600KG	0.00	3749.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.00	3749.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B3	4000KG	0.00	4166.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.00	4166.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B4	3600KG	0.00	3749.25	3.652E-02	0.00	0.00	0.00	1.826E-02
		1.0E+00	3749.25	3.652E-02	0.00	0.00	0.00	-1.826E-02
B4	4000KG	0.00	4165.83	4.057E-02	0.00	0.00	0.00	2.029E-02
		1.0E+00	4165.83	4.057E-02	0.00	0.00	0.00	-2.029E-02
B5	3600KG	0.00	3749.29	1.451E-01	0.00	0.00	0.00	7.253E-02
		1.0E+00	3749.29	1.451E-01	0.00	0.00	0.00	-7.253E-02
B5	4000KG	0.00	4165.88	1.612E-01	0.00	0.00	0.00	8.059E-02
		1.0E+00	4165.88	1.612E-01	0.00	0.00	0.00	-8.059E-02
D1	3600KG	0.00	1.506E-01	-4.169E-01	0.00	0.00	0.00	-9.033E-02
		4.3E-01	1.506E-01	-4.169E-01	0.00	0.00	0.00	9.033E-02
D1	4000KG	0.00	1.673E-01	-4.632E-01	0.00	0.00	0.00	-1.004E-01
		4.3E-01	1.673E-01	-4.632E-01	0.00	0.00	0.00	1.004E-01
D2	3600KG	0.00	-4.981E-01	-3.943E-02	0.00	0.00	0.00	-2.053E-02
		1.04	-4.981E-01	-3.943E-02	0.00	0.00	0.00	2.053E-02
D2	4000KG							

Batang	Gaya Batang		
	3600 Kg	4000 Kg	Rata-rata
A1	- 4158.9240	- 4621.0270	- 4389.9755
A2	- 4158.5000	- 4620.5550	- 4389.5275
A3	- 4158.8890	- 4620.9880	- 4389.9385
A4	- 4158.8890	- 4620.9880	- 4389.9385
A5	- 4158.5000	- 4620.5550	- 4389.5275
A6	- 4158.9240	- 4621.0270	- 4389.9755
B1	3749.2890	4165.8770	3957.5830
B2	3749.2510	4165.8340	3957.5425
B3	3749.4580	4166.0650	3957.7615
B4	3749.2510	4165.8340	3957.5425
B5	3749.2890	4165.8770	3957.5830
D1	0.1506	0.1673	0.1590
D2	- 0.4981	- 0.5535	- 0.5258
D3	0.2869	0.3188	0.3028
D4	- 0.3382	- 0.3758	- 0.3570
D5	- 0.3382	- 0.3758	- 0.3570
D6	0.2869	0.3188	0.3028
D7	- 0.4981	- 0.5535	- 0.5258
D8	0.1506	0.1673	0.1590

Tabel 5.10 Perbandingan antara Gaya Batang dengan Pcr dan Kekuatan Sambungan pada Pmaks = 3800 kg

Batang	Gaya Batang (Kg)	Pcr (Kg)	Nama Claw Nail	Kekuatan Sambungan (Kg)	Keterangan
A1 = A6	- 4389.975	4386.491	2 x 6 C 3	1937.615	Rusak pada batang dan sambungan
A2 = A5	- 4389.527	4386.491	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada batang dan sambungan
A3 = A4	- 4389.938	4386.491	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada batang dan sambungan
B1 = B5	3957.583	40623.571	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan
B2 = B4	3957.543	40623.571	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan
B3	3957.762	40623.571	2 x 6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan
D1 = D8	0.159	18280.607	2 x 6 C 2	1291.743	Aman pada batang dan sambungan
D2 = D7	- 0.5258	1775.343	2 x 6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan
D3 = D6	0.3028	18280.607	2 x 6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan
D4 = D5	- 0.357	1256.598	2 x 6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan

Perhitungan :

1. Batang atas (A)

$$L = 90 \text{ cm} ; b = 3 \text{ cm} ; h = 20 \text{ cm} ; E = 80000 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan PKKI 1961:

$$I_{\min} = \frac{1}{12} b^3 h = \frac{1}{12} (3)^3 (20) = 45 \text{ cm}^4$$

$$A = b \times h = 3 \times 20 = 60 \text{ cm}^2$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{45}{60}} = 0,866 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}} = \frac{90}{0,866} = 103,923 > 100 \text{ (rumus Euler)}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L^2} = \frac{\pi^2 (80000) (45)}{90^2} = 4389,975 \text{ kg}$$

2. Batang bawah (B)

$$b = 3 \text{ cm} ; h = 20 \text{ cm} ; \sigma_{tr} = 796.5406 \text{ kg/cm}^2$$

$A_n = 0,85 \times b \times h \rightarrow$ diambil nilai perlemahan tampang akibat alat sambung paku sebesar 15 %.

$$A_n = 0,85 \times 3 \times 20 = 51 \text{ cm}^2$$

$$P_{tr} = \sigma_{tr} \times A_n = 796.5406 \times 51 = 40623.571 \text{ kg}$$

3. Batang Diagonal D1 = D3 = D6 = D8

$$b = 3 \text{ cm} ; h = 9 \text{ cm} ; \sigma_{tr} = 796.5406 \text{ kg/cm}^2$$

$A_n = 0,85 \times b \times h \rightarrow$ diambil nilai perlemahan tampang akibat alat sambung paku sebesar 15 %.

$$A_n = 0,85 \times 3 \times 9 = 22,95 \text{ cm}^2$$

$$P_{tr} = \sigma_{tr} \times A_n = 796.5406 \times 22,95 = 18280.607 \text{ kg}$$

4. Batang D2 = D7

$$L = 94,9 \text{ cm} ; b = 3 \text{ cm} ; h = 9 \text{ cm} ; E = 80000 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan PKKI 1961:

$$I_{\min} = \frac{1}{12} b^3 h = \frac{1}{12} (3)^3 (9) = 20,25 \text{ cm}^4$$

$$A = b \times h = 3 \times 9 = 27 \text{ cm}^2$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{20,25}{27}} = 0,866 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}} = \frac{94,9}{0,866} = 109,584 > 100 \text{ (rumus Euler)}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L^2} = \frac{\pi^2 (80000)(20,25)}{94,9^2} = 1775.343 \text{ kg}$$

5. Batang D4 = D5

$$L = 112,8 \text{ cm} ; b = 3 \text{ cm} ; h = 9 \text{ cm} ; E = 80000 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan PKKI 1961:

$$I_{\min} = \frac{1}{12} b^3 h = \frac{1}{12} (3)^3 (9) = 20,25 \text{ cm}^4$$

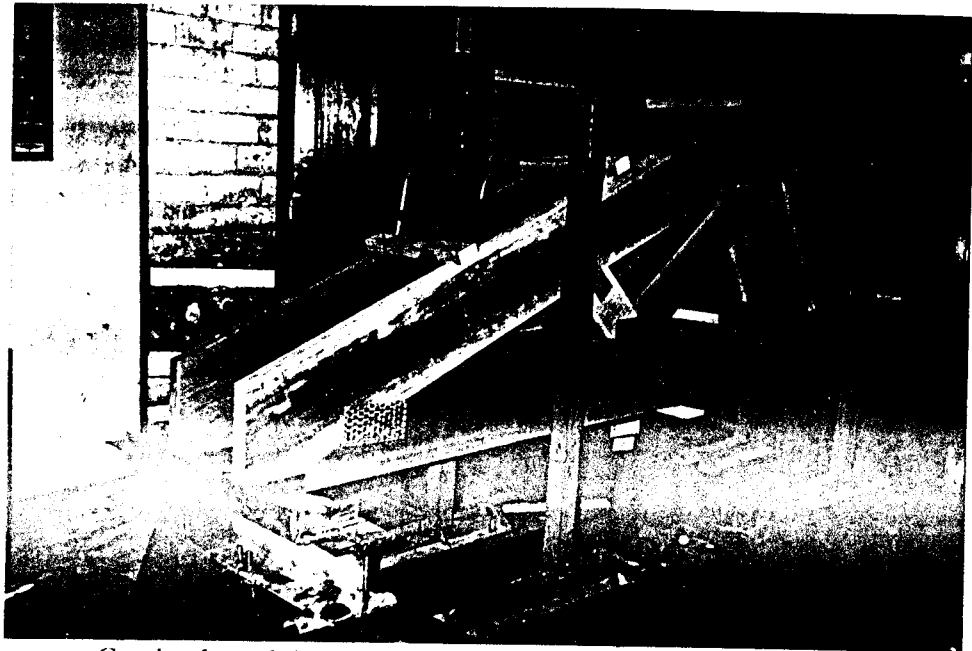
$$A = b \times h = 3 \times 9 = 27 \text{ cm}^2$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{20,25}{27}} = 0,866 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}} = \frac{112,8}{0,866} = 130,254 > 100 \text{ (rumus Euler)}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L^2} = \frac{\pi^2 (80000)(20,25)}{112,8^2} = 1256.598 \text{ kg}$$

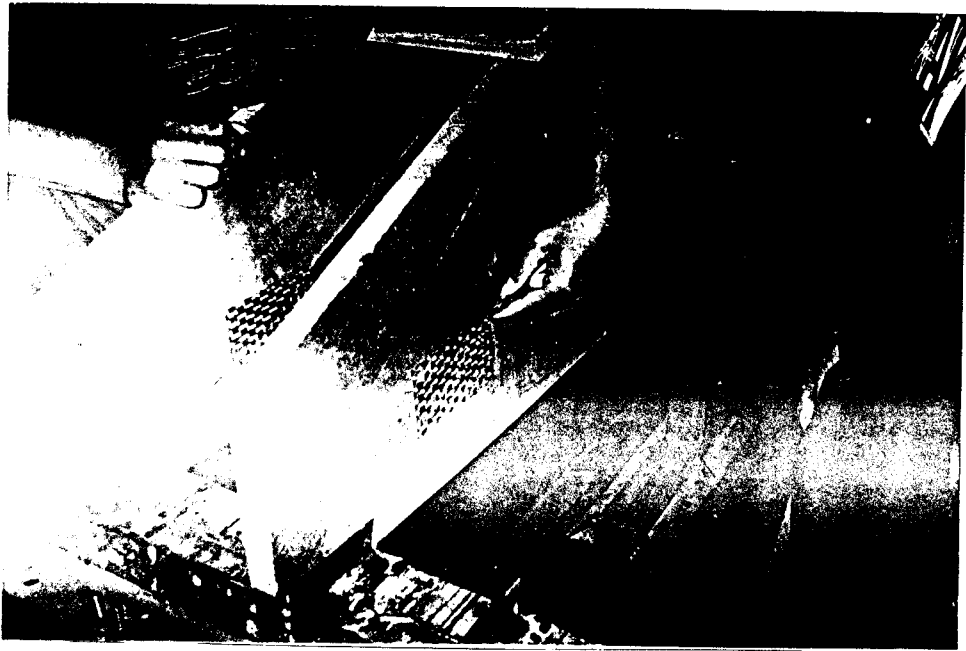
LAMPIRAN 7



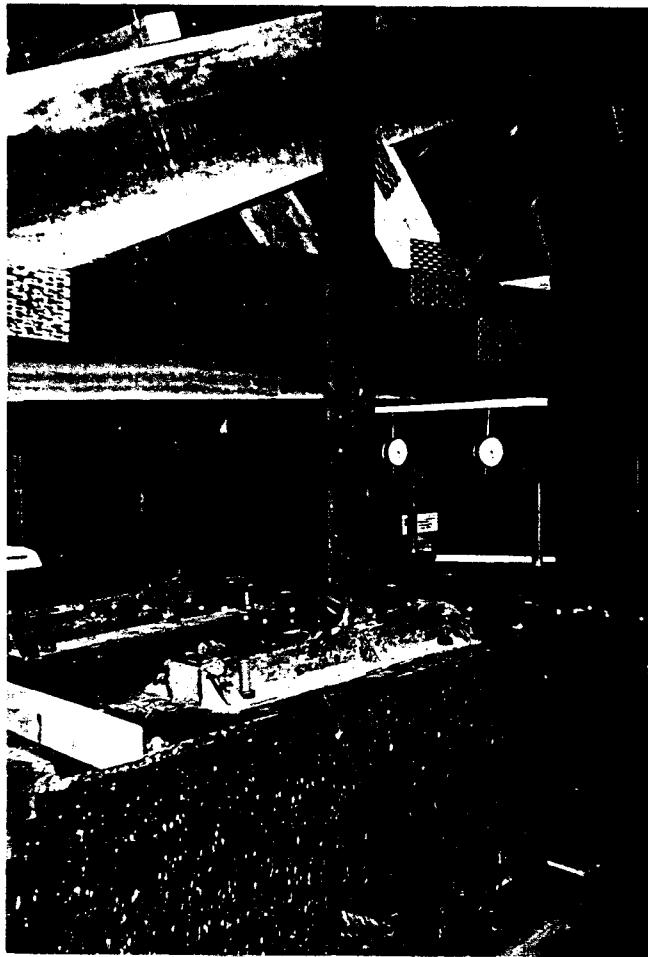
Gambar bentuk kuda –kuda dengan alat sambung claw nailplate



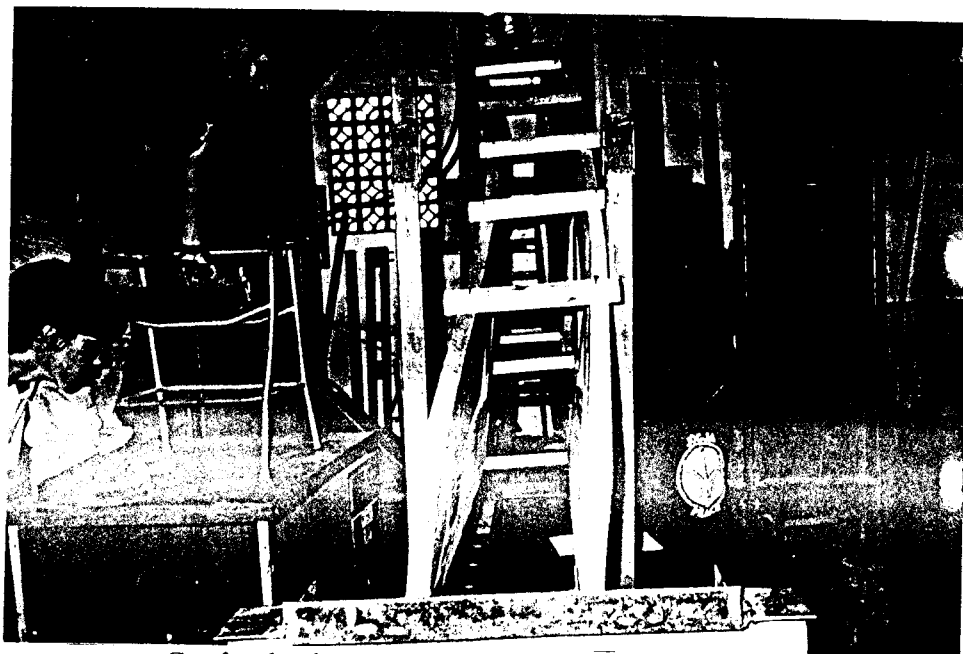
Gambar pengujian pembebanan kuda –kuda dengan alat sambung claw nailplate



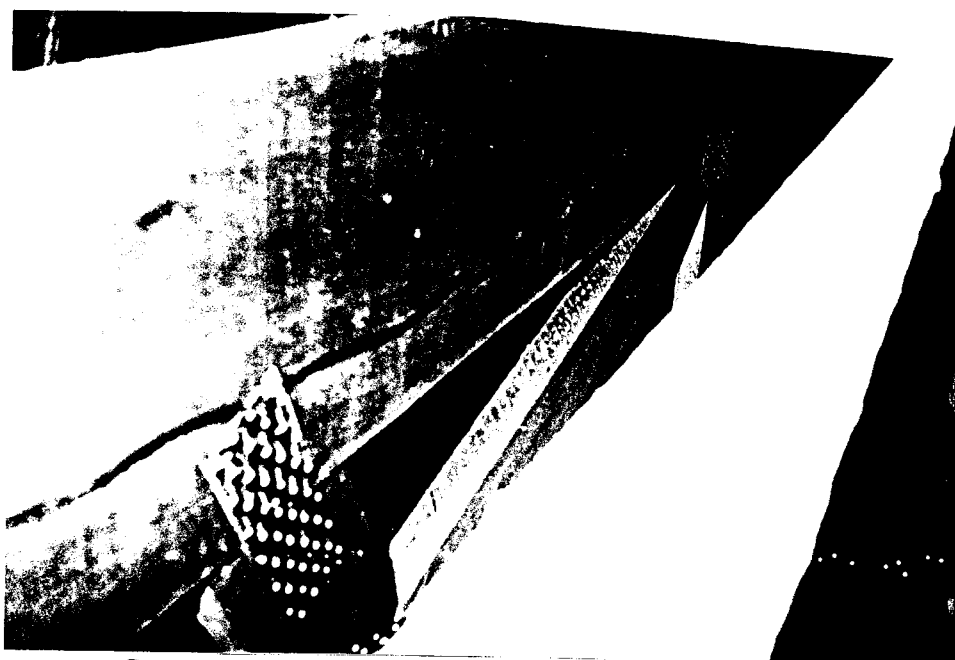
Gambar bentuk alat sambung claw nailplate



Gambar pemasangan dial gauge



Gambar lendutan yang terjadi pada saat pengujian



Gambar kerusakan yang terjadi pada batang saat pengujian