

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT GESER SAMBUNGAN KAYU DENGAN PAKU



Disusun oleh :

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UJI YOGYAKARTA

Nama : Puhita Dwiananta
No. Mhs : 95 310 111
NIRM : 950051013114120109

Nama : Dedi Arman
No. Mhs : 95 310 297
NIRM : 950051013114120294

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001**

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**STUDI EKSPERIMENTAL KUAT GESER
SAMBUNGAN KAYU DENGAN PAKU**

**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 :

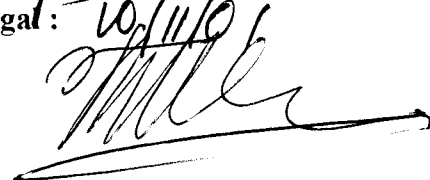
Nama : PURHITA DWIANANTA
No. Mhs. : 95 310 111
NIRM : 950051013114120109
Nama : DEDI ARMAN
No. Mhs. : 95 310 297
NIRM : 950051013114120294

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Suharyatmo, MT
Dosen Pembimbing I

Ir. Fatkhurrohman N, MT
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 10/11/16


Tanggal :

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul "STUDI EKSPERIMENTAL KUAT GESER SAMBUNGAN KAYU DENGAN PAKU", dengan baik.

Penelitian yang merupakan salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana S-1 ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dengan selesainya laporan penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ide-ide dasar dan bimbingan hingga selesainya penelitian.
2. Bapak Ir. Fatkhurrohman N, MT selaku Dosen Pembimbing II yang dengan penuh kesabaran dan ketekunan telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
3. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS selaku Dosen Penguji.
4. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

5. Bapak Ir. H. Widodo MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. Segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Bapak dan Ibu, serta anggota keluarga yang selama ini telah banyak memberikan dorongan, semangat dan do'a.
8. Teman-teman yang telah membantu kelancaran tugas akhir ini.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa hasil penelitian tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu penulis berharap agar hasil penelitian ini bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Amin.

Wassalamu 'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, Oktober 2001

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	x
Daftar Lampiran	xii
Daftar Notasi	xiii
Intisari	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Rumusan Masalah	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 4
 BAB III LANDASAN TEORI	 8
3.1 Sifat-sifat Kayu	8
3.1.1 Sifat Fisik	8
3.1.2 Sifat Mekanik	9
3.2 Alat Sambung Paku	13
3.3 Sifat-sifat Sambungan Paku	14
3.4 Kekuatan Sambungan Paku	16

3.5 Jumlah Paku dalam Sambungan	24
3.6 Hipotesis	26
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN	27
4.1 Tinjauan Umum	27
4.2 persiapan Bahan dan Alat	27
4.2.1 Bahan	28
4.2.2 Alat yang digunakan	28
4.3 Benda Uji	30
4.4 Pembuatan Benda Uji	31
4.5 Jumlah Benda Uji	32
4.6 Pengesetan Benda Uji pada Alat Uji	32
4.7 Metode Pelaksanaan Uji Sambungan	33
4.8 Uji Pendahuluan	33
4.8.1 Uji Pendahuluan Kuat Tarik Kayu // serat	34
4.8.2 Uji Pendahuluan Kuat Desak Kayu // serat	34
4.8.3 Uji Pendahuluan Kuat Geser Kayu // serat	34
4.8.4 Uji Pendahuluan Kadar Air dan Berat Jenis Kayu	35
4.8.5 Uji Pendahuluan Kuat Geser Paku	35
4.9 Uji Sambungan	36
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	38
5.1 Hasil Penelitian	38
5.1.1 Hasil Uji Kuat Geser Kayu // Serat	38
5.1.2 Hasil Uji Kuat Tarik Kayu // serat	39
5.1.3 Hasil Uji Kuat Desak Kayu // serat	41
5.1.4 Hasil Uji Kuat Geser Paku	48
5.1.5 Hasil Uji Berat Jenis Kayu	48
5.1.6 Hasil Uji Kuat Geser Sambungan Paku	49

5.1.6.1 Hubungan Beban – Slip	49
5.1.6.2 Perhitungan Kekuatan Paku	54
5.2 Pembahasan	58
5.2.1 Hubungan Beban-Slip Hasil Penelitian	58
5.2.2 Hubungan Kekuatan Sambungan-Jumlah Paku	60
5.2.3 Hubungan Kekakuan Sambungan-Jumlah Paku	62
5.2.4 Kekuatan Sambungan Paku Hasil Penelitian-PKKI	63
 BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	 66
6.1 Kesimpulan	66
6.2 Saran	67
 Daftar Pustaka.....	 68
Lampiran	69

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 3.1 Arah Gaya Pada Kayu	9
Gambar 3.2 Grafik σ/ϵ	10
Gambar 3.3 Tegangan-Regangan untuk gaya tarik, desak dan lentur kayu ...	10
Gambar 3.4 Hubungan lama pembebanan – Tegangan ijin / tegangan biasa..	12
Gambar 3.5 Model Paku	13
Gambar 3.6 Rusak Akibat Geser Sejajar Arah Serat	15
Gambar 3.7 Grafik Hubungan T_k – Berat jenis kayu (G)	18
Gambar 3.8 Kekuatan Macam-macam Sambungan Kayu	22
Gambar 4.1 Universal Testing Material Shimatzu UMH 30	29
Gambar 4.2 Dial Gauge	30
Gambar 4.3 Jenis Paku yang Digunakan	31
Gambar 4.4 Tampak Samping Benda Uji (Tebal Kayu 20 mm, paku 2” BWG 12)	36
Gambar 4.5 Tampak Depan Benda Uji (Tebal Kayu 20 mm, paku 2” BWG 12)	37
Gambar 5.1 Bentuk Benda Uji Geser Kayu // serat	39
Gambar 5.2 Bentuk Sampel Benda Uji Tarik Kayu // serat	40
Gambar 5.3 Bentuk Sampel Benda Uji Desak Kayu // serat	42
Gambar 5.4 Grafik Tegangan-Regangan Sampel 1	44
Gambar 5.5 Grafik Tegangan-Regangan Sampel 2	45
Gambar 5.6 Grafik Tegangan-Regangan Sampel 3	47
Gambar 5.7 Bentuk Sampel untuk Pengujian Berat Jenis Kayu	48
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Beban-Slip Paku 2,5”, tebal kayu 25 mm	51
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kekuatan perpaku sambungan kayu dengan berat jenis kayu 0,8 – Jumlah Paku	59
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kekakuan Sambungan keadaan elastis	

dengan jumlah paku dalam sambungan	60
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kekuatan Sambungan - Jumlah Paku	62
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kekakuan Sambungan keadaan elastis - Jumlah Paku	63

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Pembagian Klas Kuat Kayu	5
Tabel 3.1 Kuat Perpaku yang diijinkan per 10 mm kedalaman paku	20
Tabel 3.2 Konstanta untuk beban ijin sejajar serat sambungan paku	21
Tabel 5.1 Ukuran Sampel Uji dan Hasil Uji Geser Kayu // Serat	39
Tabel 5.2 Ukuran Sampel Uji Tarik Kayu // serat	40
Tabel 5.3 Hasil Uji Tarik Kayu // serat	41
Tabel 5.4 Ukuran Sampel Uji Desak Kayu // serat	42
Tabel 5.5 Hasil Uji Desak Kayu // Serat Sampel 1	43
Tabel 5.6 Hasil Uji Desak Kayu // Serat Sampel 2	45
Tabel 5.7 Hasil Uji Desak Kayu // Serat Sampel 3	46
Tabel 5.8 Hasil Analisis Uji Desak Kayu // serat	47
Tabel 5.9 Hasil Analisis Uji Geser Paku	48
Tabel 5.10 Ukuran Benda Uji Berat Jenis Kayu	49
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Jenis Kayu	49
Tabel 5.12 Hasil Uji Geser Sambungan paku 2,5", Tebal Kayu 25mm	50
Tabel 5.13 Analisa Beban Maksimum Perpaku	52
Tabel 5.14 Analisa Kekakuan Sambungan dalam keadaan elastis	53
Tabel 5.15 Perhitungan Kekuatan Sambungan Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Nilai $\bar{P} = 1/3 P_{max}$	55
Tabel 5.16 Perhitungan Kekuatan Sambungan Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Nilai $\bar{P} = P_{1,5mm}$	56
Tabel 5.17 Kekuatan Sambungan Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Nilai $\bar{P} = 1/3 P_{max}$	57
Tabel 5.18 Kekuatan Sambungan Berdasarkan Hasil Pengujian dengan Nilai $\bar{P} = P_{1,5mm}$	57
Tabel 5.19 Tabel PKKI yang telah dilengkapi hasil Penelitian dengan Nilai $\bar{P} = 1/3 P_{max}$	64

Tabel 5.20 Tabel PKKI yang telah dilengkapi hasil Penelitian

dengan Nilai $\bar{P} = P_{1,5mm}$ 64

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kartu Peserta Tugas Akhir
- Lampiran 2 Tabel Kekuatan Paku menurut PKKI
- Lampiran 3 Tabel dan Grafik Hasil Pengujian Kuat Geser Sambungan Paku
- Lampiran 4 Grafik untuk Perhitungan Kekuatan Paku dengan $P = P_{ijin}$
- Lampiran 5 Grafik untuk perhitungan Kekakuan Sambungan
- Lampiran 6 Perhitungan Nilai Tk
- Lampiran 7 Perhitungan nilai Kekuatan Paku berdasarkan Berat Jenis 0,8
- Lampiran 8 Foto-foto Penelitian

DAFTAR NOTASI

A	: luas, cm^2
b	: lebar, cm
d	: diameter paku, cm
E	: modulus elastis, kg/cm^2
F_n	: luas netto, cm^2
F_{br}	: luas broto, cm^2
G	: berat jenis
K	: konstanta kekakuan
l	: tebal kayu muka, cm
l_1	: jarak minimum paku ke paku, cm
l_p	: panjang paku, cm
m	: tebal kayu tengah, cm
n	: faktor jumlah paku
n_1	: faktor perlemahan sambungan
P	: beban, kg
$\bar{P}$	: Kekuatan paku, kg
p	: panjang, cm
R	: Kekuatan paku, KN
T_b	: Konstanta kuat baja, kg/cm^2
T_k	: Konstanta kuat kayu, kg/cm^2
t	: tebal, cm
σ_{ds}	: tegangan desak, kg/cm^2
σ_{tr}	: tegangan tarik, kg/cm^2
τ	: Tegangan geser, kg/cm^2
σ_p	: Tegangan proporsional, kg/cm^2
ε_p	: regangan proporsional
δ	: sesaran, mm
λ	: angka kelangsingan
γ	: faktor jenis pembebanan
β	: faktor jenis konstruksi
Δy	: slip pada kayu, mm
ΔL	: perpanjangan/perpendekan pada kayu, mm

INTISARI

Kayu banyak digunakan sebagai material struktur bangunan sipil seperti rumah, jembatan, bantalan kereta api dan masih banyak lagi yang lain. Sambungan kayu dapat dilaksanakan menggunakan pasak, baut, paku, gigi, lem ataupun dengan plat penyambung. Sambungan paku merupakan sambungan yang cukup banyak digunakan karena memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain perlemahan kekuatan pada sambungan paku relatif kecil dan biaya yang dibutuhkan relatif murah. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961 NI-5 menginformasikan kekuatan sambungan paku dengan berat jenis kayu lebih kecil dari 0,6, padahal kayu dengan berat jenis 0,8 banyak tersedia dipasaran. Oleh karena itu dipandang perlu dilakukan penelitian guna memperoleh nilai kekuatan paku dengan berat jenis kayu 0,8 yang belum tersedia dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961 NI-5.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Benda uji dibuat sebanyak 39 sampel dengan ketebalan dan diameter paku sesuai tabel PKKI, kemudian di set pada alat uji untuk dilakukan pengujian dengan diberi beban secara bertahap dan dicatat nilai slip yang terjadi.

Dari hasil penelitian dapat diketahui kekuatan sambungan dengan paku yang menggunakan berat jenis kayu 0,8. Pengaruh jumlah paku yang digunakan terhadap perilaku sambungan kayu dengan paku adalah semakin banyak paku yang digunakan maka kekuatan dan kekakuan sambungan menjadi semakin besar, tetapi kenaikan nilai kekuatan dan kekakuan yang terjadi pada sambungan tidak linier seiring dengan bertambahnya jumlah paku yang digunakan pada sambungan. Apabila sambungan 8 paku dijadikan pembanding, maka penurunan kekuatan perpaku untuk sambungan 16 paku adalah 6,10 % dan penurunan perpaku untuk sambungan 24 paku adalah 17,86 %.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kayu banyak digunakan sebagai material struktur bangunan sipil. Panjang kayu yang tersedia di pasaran pada umumnya sekitar 3 sampai 4 meter, padahal penggunaannya sering membutuhkan ukuran yang lebih panjang dari yang tersedia. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dibuat sambungan yang mempunyai kekuatan cukup.

Sambungan pada kayu dapat dilaksanakan menggunakan pasak, baut, paku, gigi, lem ataupun dengan plat penyambung. Akibat sambungan yang dibuat, maka sering terjadi perlemahan kekuatan pada konstruksi tersebut.

Sambungan paku merupakan sambungan yang cukup banyak digunakan karena memiliki sifat-sifat yang menguntungkan dibandingkan dengan alat sambung yang lain, yaitu perlemahan kekuatan pada sambungan paku relatif kecil dan biaya yang dibutuhkan relatif murah. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961 NI-5 menginformasikan kekuatan sambungan paku dengan berat jenis kayu lebih kecil dari 0,6, padahal kayu dengan berat jenis 0,8 banyak tersedia dipasaran. Oleh karena itu dipandang perlu untuk dilakukan penelitian guna memperoleh nilai kekuatan paku dengan berat jenis kayu 0,8 yang belum tersedia dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961 NI-5.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian eksperimental sambungan kayu dengan alat sambung paku adalah untuk mengetahui perilaku dan kekuatan sambungan paku untuk kayu dengan berat jenis 0,8 yang datanya belum tercantum dalam PKKI.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan masukan atau informasi kepada semua pihak yang berkepentingan, khususnya kepada perencana struktur rangka kayu sehingga dapat diketahui kekuatan sambungan tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat faktor yang terkait dalam penelitian ini cukup banyak sehingga subyek penelitian perlu dibatasi, batasan-batasan tersebut meliputi hal-hal berikut.

1. Digunakan papan kayu Kruing dengan ketebalan 20 mm, 25 mm, 30mm, 35 mm, dan 40 mm, sesuai dengan ketebalan kayu pada data kekuatan sambungan paku yang tercantum dalam PKKI.
2. Alat sambung yang digunakan adalah paku bulat dengan ukuran diameter/panjang 2,8mm/51mm, 3,1mm/63mm, 3,4mm/76mm, 3,8mm/89mm, 4,2mm/102mm dan 5,2mm/126mm.
3. Beban yang bekerja melalui pusat berat kelompok paku, sehingga sambungan paku tidak menerima momen.
4. Penelitian dilakukan untuk menguji kekuatan sambungan dalam menahan kuat geser sejajar arah serat kayu.

5. Kekakuan sambungan dihitung berdasarkan kondisi sambungan dalam keadaan elastis.
6. Sambungan yang diteliti adalah sambungan paku tampang dua, dengan arah gaya sejajar arah serat.
7. Kondisi sambungan terlindung dan beban yang diterima yaitu beban tetap.
8. Jarak paku yang digunakan telah memenuhi syarat jarak minimum yang ditentukan dalam PKKI, yaitu sebagai berikut di bawah ini.

Jarak antar baris sejajar arah gaya untuk sampel 8 paku adalah 80 mm, untuk sampel 16 paku adalah 50 mm, dan untuk sampel 24 paku adalah 40 mm. Jarak antar baris tegak lurus arah gaya untuk sampel 8 paku adalah 60 mm, untuk sampel 16 paku adalah 50 mm, dan untuk sampel 24 paku adalah 50 mm.

1.5 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. beban maksimum yang dapat didukung oleh sekelompok paku,
2. beban maksimum yang diijinkan perpaku dengan berat jenis kayu 0,8, dan
3. kekakuan sambungan paku dalam keadaan elastis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat-sifat kayu ada beberapa macam, antara lain sifat fisik dan sifat mekanik. Kayu mempunyai dua sumbu, yaitu sejajar arah serat (*axial*) dan tegak lurus arah serat (*tangensial* dan *radial*). Kayu tidak mempunyai batas kenyal tetapi mempunyai batas proporsional. Jika kayu mendapat desakan menurut arah panjangnya, sel-selnya mendapat gaya desak menurut sumbu panjangnya (Suwarno, 1976).

Di Indonesia paku yang banyak dipergunakan adalah paku tampang bulat, walaupun daya dukungnya kecil. Keuntungan menggunakan konstruksi kayu dengan paku adalah sebagai berikut (Suwarno, 1976).

1. Konstruksinya kaku (berarti sambungan baik), karena sesaran-sesaran di dalam sambungan hanya kecil.
2. Pembuatan konstruksi beserta sambungannya tidak memerlukan tenaga ahli.
3. Pekerjaan dapat dijalankan dengan cepat.
4. Perlemahan kayu karena paku-paku itu kecil.

Sambungan harus sanggup mentransfer gaya dari batang ke batang tanpa terjadi kerusakan pada material sambungan itu sendiri dan juga tanpa merusak

join batang kayu tersebut. Kekuatan sambungan paku dipengaruhi oleh berat jenis dan diameter paku (Stalnaker, 1989).

Berat jenis kayu dapat ditentukan berdasarkan kadar lengas kayu dalam keadaan kering udara, sehingga berat jenis yang digunakan adalah berat jenis kering udara. Berat jenis dan mutu kayu menentukan kekuatan kayu (Tjoa Pwee Hong, 1994).

Klas kuat digunakan untuk menggolongkan jenis kayu berdasarkan berat jenisnya. Hubungan antara klas kuat dan berat-jenis kayu ditunjukkan pada Tabel 2.1 di bawah ini (Felix, 1964).

Tabel 2.1 Pembagian Klas Kuat Kayu

Klas-Kuat	I	II	III	IV	V
Berat-Jenis	> 0,90	0,60-0,89	0,40-0,59	0,30-0,39	<0,30

Dibutuhkan jarak paku minimum untuk mencegah agar kayu tidak mengalami pecah pada saat dilakukan pemakuan, faktor-faktor lain yang mempengaruhi terjadinya pecah pada kayu adalah kadar lengas kayu, arah serat, diameter dan mata paku (Faherty, 1989).

Semakin dekat jarak antar paku maka bahaya terjadinya retak pada kayu akan semakin besar (Karlsen, 1967).

Kekuatan sambungan paku dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis paku, diameter paku, kedalaman pemakuan, kerapatan kayu, kadar lengas kayu dan berat jenis kayu (Ram Chandra, 1992).

Kekuatan sambungan paku dipengaruhi oleh berat jenis dan diameter paku, semakin besar berat jenis kayu maka kekuatannya semakin besar pula (Ram Chandra, 1992).

Paku digunakan pada bermacam-macam sambungan, beban yang dipikul sambungan paku relatif kecil, sehingga untuk menahan gaya yang lebih besar digunakan tipe sambungan yang lain (Breyer, 1980).

Perbedaan jenis paku ditentukan oleh beberapa karakteristik, yaitu kepala paku, leher paku, ujung paku, tipe material dan kondisi permukaan paku (Breyer, 1980).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan sambungan paku adalah sebagai berikut ini (Breyer, 1980).

1. Jumlah, ukuran dan jenis paku yang dipakai.
2. Jenis dan ketebalan kayu yang dipakai.
3. Berat jenis kayu yang dipakai.
4. Gaya yang diterima sambungan.
5. Arah pemakuan (sisi serat, ujung serat atau punggung serat).
6. Kondisi penggunaan (jumlah kandungan air saat pemakuan dan saat pemakaian).
7. Jenis plate pengaku dan jarak antar paku.
8. Lama pembebanan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Sifat-sifat Kayu

Sifat-sifat kayu ada beberapa macam, antara lain yaitu sifat fisik dan sifat mekanik (Suwarno, 1976).

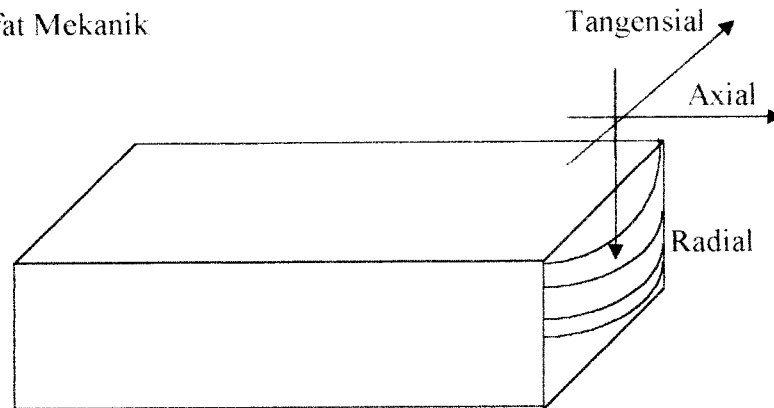
3.1.1 Sifat Fisik

Berat jenis kayu banyak dipengaruhi oleh kadar lengasnya, oleh karena itu agak sukar dalam membicarakan berat jenis kayu, dalam hubungan sifat mekanik dan lainnya. Dalam hal ini akan lebih baik membicarakan berat tiap satuan isi atau kerapatan. Angka rapat adalah hasil bagi berat kering tungku (*oven dry*) dan isi potongan kayu itu. Kerapatan ini merupakan indikator yang terbaik tentang kekuatan kayu meskipun sifat-sifat lain juga ada pengaruhnya, seperti kadar lengas, arah serat, adanya mata kayu dan sebagainya.

Angka rapat itu tergantung daripada banyaknya zat dinding sel tiap-tiap satuan isi. Kayu yang berserat kasar mengandung sedikit sel-sel tiap-tiap satuan isi, yang berarti sedikit dinding selnya, jadi rapatnya rendah pula. Semakin kecil angka rapat sesuatu kayu, semakin kuat kekuatan kayu. Pada temperatur biasa, angka mulai linier kayu dalam arah sejajar serat adalah rendah sekali dibandingkan dengan besi, dan lain-lain. Untuk arah serat adalah

besar tetapi lebih besar lagi perubahannya karena pengaruh kadar lengas kayu, sehingga untuk arah serat akibat perubahan temperatur dapat diabaikan.

3.1.2 Sifat Mekanik



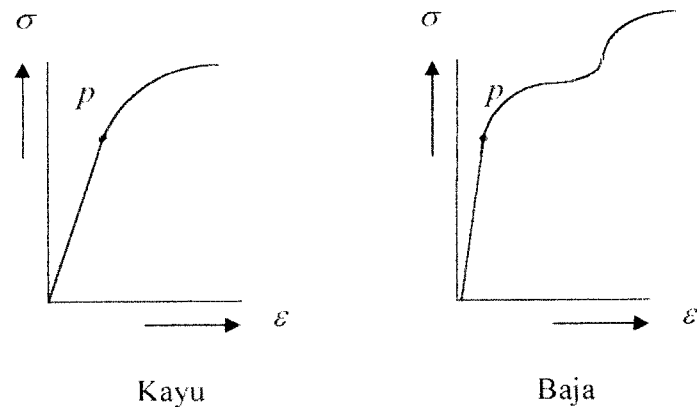
Gambar 3.1 Arah gaya pada kayu

1. Hubungan arah serat dengan arah gaya

Kayu adalah benda anisotrop dan karenanya sifat mekanik ke berbagai arah tidak sama. Untuk membedakan sifat mekanik kayu, kayu mempunyai tiga arah sumbu yang tegak lurus sesamanya, yaitu *axial* (sejajar arah serat), *radial* (menuju ke pusat) dan *tangensial* (menurut arah garis singgung) seperti terlihat pada Gambar 3.1. Sifat-sifat mekanik ke arah *tangensial* dan *radial* tidak banyak bedanya, sehingga tinggal dua sumbu yang menentukan, yaitu sejajar arah serat (*axial*) dan tegak lurus arah serat (*tangensial* dan *radial*).

Kayu tidak mempunyai batas kenyal yang terang seperti baja tetapi diagram $\sigma \varepsilon$ untuk suatu arah (sejajar atau tegak lurus) mempunyai bagian yang lurus sebelum membengkok seperti terlihat pada Gambar 3.2.

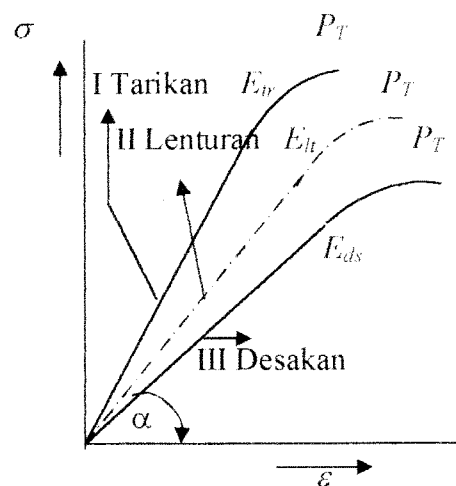
Oleh karena itu kayu tidak mempunyai batas kenyal, tetapi mempunyai batas proporsional, yaitu suatu titik pertemuan pada diagram $\sigma \varepsilon$ antara bagian yang lurus dan yang membengkok (titik P). Di dalam praktek batas proporsional itu dianggap sebagai batas kenyal seperti pada konstruksi baja (Suwarno, 1976).



Gambar 3.2 Grafik $\sigma \varepsilon$

2. Diagram Tegangan - Regangan

Daya dukung kayu terhadap lenturan akan lebih besar daripada terhadap desakan, tetapi lebih kecil daripada tarikan, seperti terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tegangan-regangan gaya tarik, desak dan lentur kayu

Seperti terlihat pada Gambar 3.3, boleh dikatakan tidak ada batas kenyal pada batang yang tertarik. Untuk batang terdesak dan terlentur batas kenyal teletak kira-kira 65 dan 75 % dari tegangan patah P_t .

Pada balok terlentur, yaitu yang menahan momen, serat-serat terluar akan menderita tegangan yang terbesar. Dibagian yang terdesak serat-serat ini dibantu oleh serat-serat dibagian dalam yang menahan tegangan yang lebih kecil.

Modulus kenyal menurut arah serat baik untuk batang tarik, batang desak, dan batang terlentur dianggap sama, karena perbedaannya hanya kecil.

3. Pengaruh Kadar Lengas Kayu

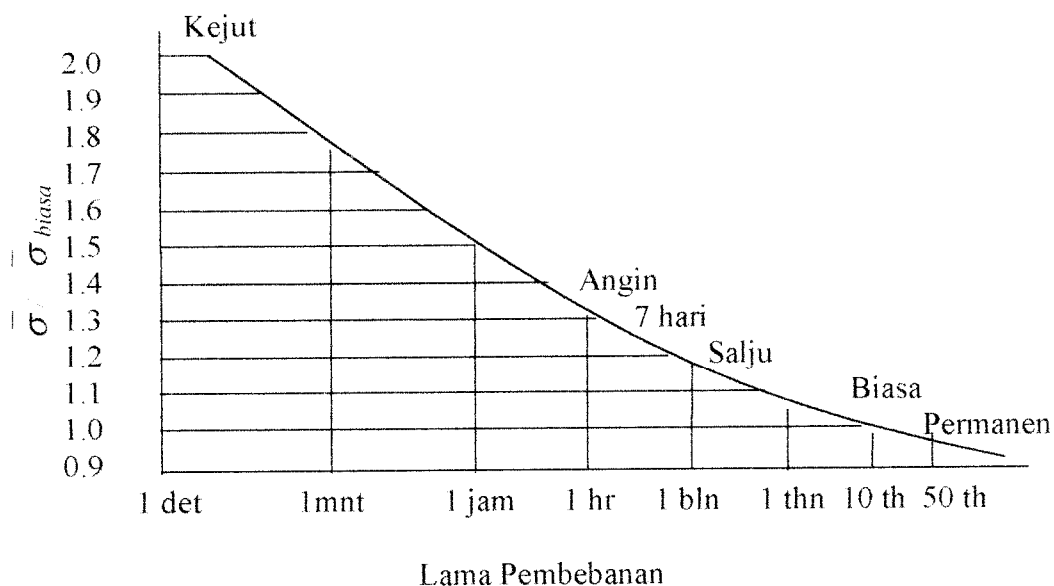
Kadar lengas kayu sangat berpengaruh pada kekuatan daya dukung kayu, semakin kecil kadar lengas kayu maka daya dukung kayu menjadi semakin kuat. Sebelum kayu dipergunakan pada suatu bangunan perlu dilakukan pengeringan pada kayu untuk menambah kekuatan daya dukungnya.

4. Pengaruh Cara dan Lama Pembebanan

Kayu dapat dibebani dengan beberapa cara, yaitu :

1. dengan sekonyong-konyong seperti pada halnya pada tiang tumbuk, jadi pembebanan itu terjadi dalam beberapa detik saja (pembebanan kejut),
2. dalam jangka pendek, artinya pembebanan dilakukan dalam beberapa menit seperti halnya dalam pengujian-pengujian kekuatan kayu dilaboratorium, yang memakan waktu ± 4 menit untuk setiap benda uji,

3. dalam jangka sedang, dimana kayu dibebani selama setahun atau lebih, misalnya pada pekerjaan perancah, dan
4. dalam jangka panjang, dimana kayu dibebani dalam waktu yang lama, lebih dari 10 tahun, seperti dalam bangunan-bangunan biasa.



Gambar 3.4 Hubungan Lama Pembebanan – Tegangan ijin/tegangan biasa

Sifat yang khusus bagi kayu adalah, semakin cepat kayu itu dibebani (semakin pendek waktu pembebanan), semakin besar tegangan yang dapat didukungnya. Kayu yang dibebani selama 1 jam akan dapat mendukung tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan kayu yang dibebani selama 1 tahun. Oleh karena itu, kayu merupakan bahan yang sangat baik untuk mendukung tegangan-tegangan yang timbul dalam waktu yang pendek, seperti tegangan yang ditimbulkan oleh angin dan salju (untuk daerah-daerah dingin), seperti terlihat pada Gambar 3.4.

Berdasarkan sifat khusus kayu yang telah disebutkan di atas, kayu sangat baik apabila digunakan untuk konstruksi-konstruksi berikut:

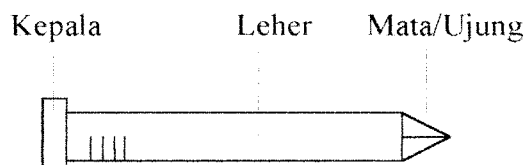
- a. kuda-kuda, menara, hangar dan sebagainya, dimana gaya tekanan angin merupakan faktor penting di dalam bangunan itu, dan
- b. rantai, yang dibebani hanya dalam waktu yang pendek saja.

Cara pembebanan pada alat-alat sambung menurut Stalnaker, 1989 dapat dibagi menjadi 4 macam yaitu :

1. dibebani geseran, misalnya perekat, baut, paku dan pasak kayu, dapat juga dibebani geseran,
2. dibebani bengkokan atau lenturan diantaranya adalah baut, paku dan pasak,
3. dibebani jungkitan, diantaranya adalah pasak, dan
4. dibebani desakan, misalnya kokot, cicin belah dan sebagainya.

3.2 Alat Sambung Paku

Perbedaan jenis paku ditentukan oleh beberapa karakteristik, yaitu kepala paku, leher paku, ujung paku, jenis material dan kondisi permukaan paku (Breyer, 1980).



Gambar 3.5 Model paku

Paku yang digunakan dalam penelitian ini adalah paku tampang bulat. Dalam praktek angka langsing paku umumnya besar, sehingga paku-paku itu ikut membengkok jika gaya yang didukungnya melampaui batas kekuatan sambungan.

3.3 Sifat-sifat Sambungan Paku

Diameter paku dan ketebalan kayu mempengaruhi pecah pada kayu saat dilakukan pemakuan. Semakin besar diameter paku dan semakin tipis kayu yang digunakan maka semakin besar bahaya pecah yang akan terjadi pada kayu saat dilakukan pemakuan, sehingga diameter paku tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{4}$ tebal kayu (Karlsen, 1967).

Sifat-sifat sambungan paku pada konstruksi kayu ada beberapa hal seperti yang ditunjukkan oleh Felix, 1964 antara lain :

1. memiliki efisiensi yang cukup baik dibanding dengan sambungan baut, yaitu kira-kira 50%,
2. memberi perlemahan yang cukup kecil, yaitu kira-kira 10%,
3. kekuatan tidak tergantung arah serat, dan cacat-cacat kayu juga kurang berpengaruh,
4. sambungan cukup kaku ,
5. beban-beban pada penampang lebih merata, dan
6. untuk kayu yang tidak terlalu keras dan tebal tidak perlu dibor.

Menurut Faherty, 1989 jenis pembebanan pada paku adalah sebagai berikut:

1. beban geser yang disebabkan gaya atau komponen gaya yang bekerja tegak lurus poros paku,

2. beban tarik yang disebabkan gaya atau komponen gaya yang bekerja sejajar poros paku,
3. paku sebaiknya dibebani geser, tidak dibebani tarik jika mungkin, dan
4. ujung serat tertarik tidak disarankan. Jika tetap ingin digunakan sebaiknya berdasarkan data hasil riset.

Menurut Ram Chandra, 1992 kekuatan paku terhadap geser dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut:

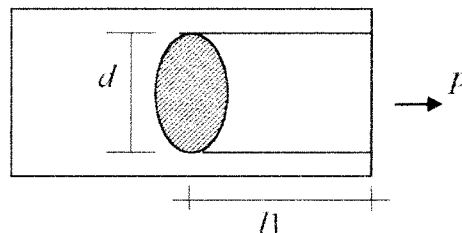
$$P_s = \frac{\pi}{4} d^2 \tau \quad (1)$$

Kekuatan paku terhadap tarik adalah

$$P_b = d t \sigma_u \quad (2)$$

dengan, P_s = Kekuatan sambungan dalam menahan gaya geser

P_b = Kekuatan sambungan dalam menahan gaya tarik



Gambar 3.6 Rusak akibat geser sejajar arah serat

$$P = 2 \left(\frac{\pi}{4} d t \tau \right) + d t \sigma_u = 0,25 \pi d^2 \tau \quad (3)$$

$$l = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 \tau // - d t \sigma_u}{2 t \tau //} \quad (4)$$

Menurut Suwarno, 1976 $\sigma_{//} = 150.g$ (5)

$\tau_{//} = 20.g$ (6)

Sehingga Persamaan 4 dapat dinyatakan dengan,

$$l_1 = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 \tau_{//} - d.t.150.g}{2.t.20.g}$$

$$l_1 = \frac{\pi}{160.g.t} d^2 \tau_{//} - d.3,75 \quad (7)$$

dengan, l_1 = Panjang bidang geser, d = Diameter paku, g = Berat jenis,

t = Tebal kayu, τ = Tegangan geser, σ = Tegangan sejajar arah serat

Apabila digunakan kayu dengan ketebalan dan jenis yang sama maka t dan g konstan, sehingga diameter paku berpengaruh terhadap jarak aman paku. Apabila jarak paku lebih kecil dari jarak l_1 maka sambungan akan mengalami perlemahan kekuatan.

3.4 Kekuatan Sambungan Paku

Kekuatan paku untuk sambungan tampang satu ditunjukkan dalam tabel PKKI. Apabila pada sambungan digunakan paku yang memenuhi syarat untuk sambungan tampang dua, maka kekuatan paku pada tabel tersebut dapat dikalikan dua. Tabel kekuatan paku tersebut belum memuat kekuatan paku dengan menggunakan berat jenis kayu 0,8 sehingga untuk jenis kayu tersebut belum diketahui kekuatan pakunya.

Rumus-rumus sambungan paku pada dasarnya sama dengan rumus-rumus sambungan baut tanpa mur. Kekuatan sambungan paku tampang satu adalah sebagai berikut (Suwarno, 1976).

$$\bar{P} = 0,443.d^2.\sqrt{T_k.T_b} \quad (8)$$

dengan, $\bar{P}$ = kekuatan per paku T_k = konstanta kuat kayu

T_b = konstanta kuat baja d = diameter paku

Panjang paku untuk tampang satu biasanya diambil sebagai berikut (Tjoa Pwee Hong, 1994).

$$lp \geq 2,5.l \quad (l = \text{tebal kayu muka}) \quad (9)$$

sedangkan untuk sambungan tampang dua,

$$lp \geq 2.m + l \quad (m = \text{tebal kayu tengah}) \quad (10)$$

Dari tabel PKKI tampak bahwa tebal kayu muka tempat awal kayu masuk dibatasi 2 - 4 cm. Sehingga apabila tebal kayu muka lebih dari 4 cm, maka tebal kayu tidak dapat dihitung berdasarkan tabel PKKI tersebut.

Jadi apabila tidak menggunakan tabel PKKI, kekuatan paku dapat juga dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Tampang satu : } \bar{P} = 0,5.l.T_k \quad \text{untuk } l \leq 7.d \quad (11)$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.T_k \quad \text{untuk } l \geq 7.d \quad (12)$$

$$\text{Tampang dua : } \bar{P} = d.m.T_k \quad \text{untuk } m \leq 7.d \quad (13)$$

$$\bar{P} = 7.d^2.T_k \quad \text{untuk } m \geq 7.d \quad (14)$$

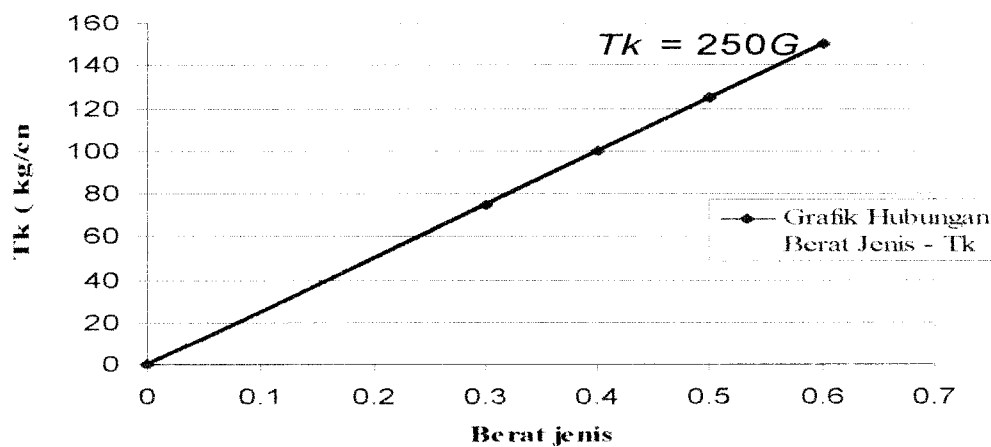
dengan, $\bar{P}$ = Kekuatan Paku, d = diameter paku, l = Tebal kayu muka,

m = Tebal kayu tengah, T_k = Konstanta kuat kayu.

Berdasarkan rumus kekuatan sambungan paku tampang satu dan tampang dua dapat diketahui bahwa sambungan paku dengan tebal kayu lebih besar dari 7d (kayu tebal) kekuatan sambungan tidak dipengaruhi oleh ketebalan kayu, tetapi dipengaruhi oleh kelangsingan paku.

Harga T_k untuk berat jenis 0,3, 0,4, 0,5 dan 0,6 ditunjukkan pada Tabel PKKI (lampiran 2), sedangkan untuk kayu dengan berat jenis kayu 0,8 nilai T_k yang dipakai masih harus diteliti lebih lanjut.

Berdasarkan Tabel kekuatan sambungan paku pada PKKI, maka dapat dibuat Grafik hubungan konstanta kuat kayu (T_k) dengan berat jenis kayu (G).



Gambar 3.7 Grafik Hubungan T_k - Berat Jenis Kayu (G) dari PKKI

Dari Gambar 3.7 tersebut, diketahui bahwa T_k dan BJ merupakan fungsi linier, sehingga dapat dinyatakan dengan Persamaan berikut:

$$T_k = 250.G \quad (15) *$$

dengan, T_k = Konstanta kuat kayu dalam Kg/cm^2 ; G = Berat jenis kayu

Berdasarkan Persamaan 15* dapat disimpulkan bahwa semakin besar berat jenis kayu maka nilai Tk semakin besar pula. Nilai Tk dapat ditulis sebagai fungsi berat jenis.

$$Tk = f(G) \quad (16)$$

sehingga rumus 11, 12, 13 dan 14 menjadi Persamaan berikut:

$$\text{Tampang satu : } \bar{P} = 0,5 \cdot d \cdot l \cdot f(G) \quad \text{untuk } l \leq 7 \cdot d \quad (17)$$

$$\bar{P} = 3,5 \cdot d^2 \cdot f(G) \quad \text{untuk } l \geq 7 \cdot d \quad (18)$$

$$\text{Tampang dua : } \bar{P} = d \cdot m \cdot f(G) \quad \text{untuk } m \leq 7 \cdot d \quad (19)$$

$$\bar{P} = 7 \cdot d^2 \cdot f(G) \quad \text{untuk } m \geq 7 \cdot d \quad (20)$$

Apabila tebal kayu dan diameter paku dianggap konstan maka berdasarkan rumus 17, 18, 19 dan 20 dapat diketahui bahwa semakin besar berat jenis kayu, kekuatan sambungan paku semakin bertambah.

Karena diketahui kelangsingan adalah $\lambda = lp/d$, maka rumus 17, 18, 19 dan 20 dapat ditulis dalam bentuk lain, yaitu:

$$\text{Tampang satu : } \bar{P} = 0,5 \cdot \frac{lp}{\lambda} \cdot l \cdot f(G) \quad \text{untuk } l \leq 7 \cdot d \quad (21)$$

$$\bar{P} = 3,5 \cdot \left(\frac{lp}{\lambda}\right)^2 \cdot f(G) \quad \text{untuk } l \geq 7 \cdot d \quad (22)$$

$$\text{Tampang dua : } \bar{P} = \frac{lp}{\lambda} \cdot m \cdot f(G) \quad \text{untuk } m \leq 7 \cdot d \quad (23)$$

$$\bar{P} = 7 \cdot \left(\frac{lp}{\lambda}\right)^2 \cdot f(G) \quad \text{untuk } m \geq 7 \cdot d \quad (24)$$

dengan, $\bar{P}$ = Kekuatan sambungan kayu, lp = Panjang paku,

λ = Angka kelangsingan, $f(G)$ = Berat jenis kayu.

Apabila berat jenis dianggap sama maka berdasarkan Persamaan 21, 22, 23 dan 24 kekuatan sambungan akan semakin kecil bila angka kelangsingan bertambah.

Kekuatan sambungan paku merupakan fungsi dari berat jenis kayu dan diameter paku (Ram Chandra, 1992).

$$R = K.G^{2.5}.D \quad (25)$$

dengan, R = Kekuatan perpaku dalam KN,

K = Konstanta ($972,5/1000$) = 0,9725,

G = berat jenis kayu, D = diameter paku dalam mm.

Kekuatan paku untuk macam-macam berat jenis kayu ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kuat per paku yang diijinkan per 10 mm kedalaman paku.

No.	Jenis kayu	Berat jenis kayu (G)	Kuat ijin $0,9725G^{2.5}$ (KN)
1	Fir	0.465	0.143
2	Babul	0.835	0.619
3	Kala Siris	0.735	0.449
4	Deodar	0.561	0.228
5	Eucalyptus	0.850	0.646
6	Dhaman	0.755	0.482
7	Mango	0.655	0.339
8	Chir	0.575	0.244
9	Sandan	0.865	0.674
10	Oak	0.865	0.674
11	Sal	0.800	0.556
12	Jamun	0.850	0.647
13	Teak	0.625	0.300
14	White Chuglam	0.690	0.382
15	Black Chuglam	0.835	0.619
16	Sain	0.880	0.705

Faherty, 1989 mengatakan bahwa kekuatan sambungan paku merupakan fungsi dari berat jenis kayu dan diameter paku.

$$P = K.D^{1.5} \quad (26)$$

$$P = 1380.G^{0.2}.D \quad (27)$$

dengan, K = Konstanta penetrasi, G = berat jenis kayu,

P = Kuat sambungan paku per inchi kedalaman paku,

D = diameter paku dalam inchi.

Nilai K pada Persamaan 26 sesuai dengan Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Konstanta untuk Beban ijin sejajar serat sambungan paku

Kelompok kayu	Kedalaman pemakuan (in)	K
I	10	2040
II	11	1650
III	13	1350
IV	14	1080

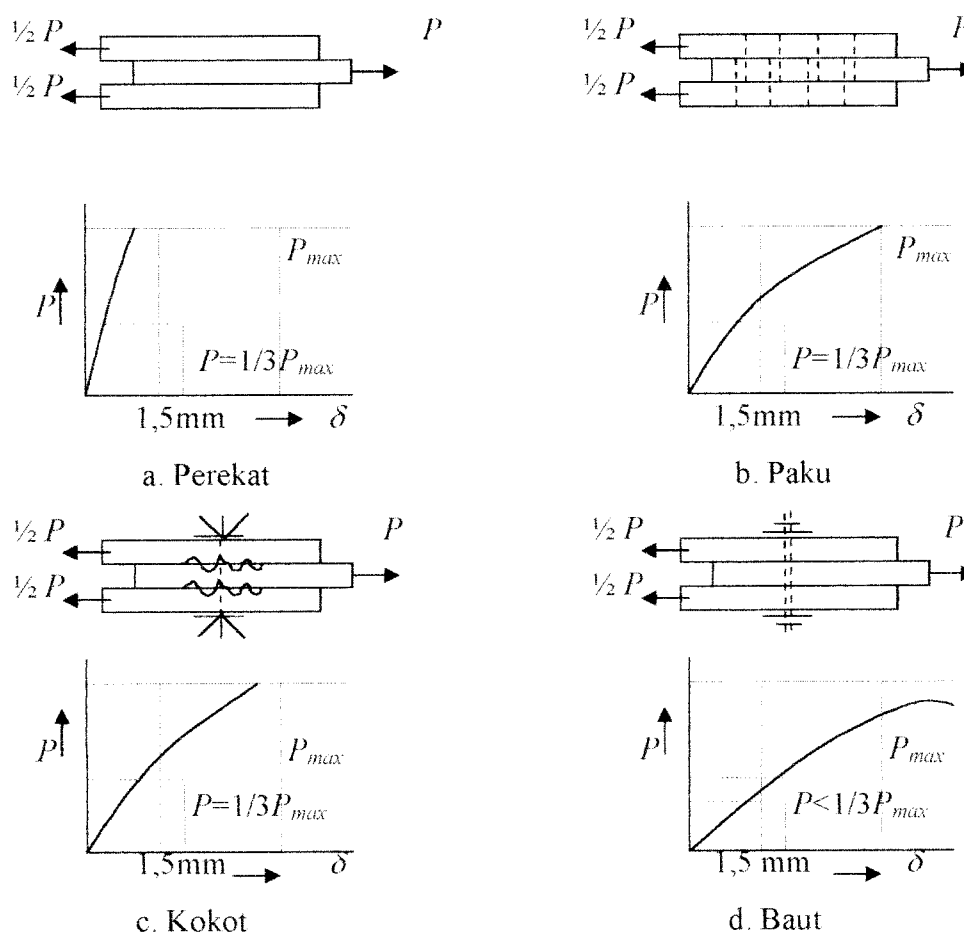
Berdasarkan Persamaan 25 dan 27, bila nilai D dianggap konstan, maka dapat diketahui bahwa semakin besar berat jenis kayu, kekuatan sambungan paku juga semakin besar.

Dengan menganggap diameter paku konstan, Tabel 3.2 menunjukkan bahwa semakin panjang paku (angka langsing bertambah) maka koefisien K semakin kecil, sehingga Persamaan 26 menunjukkan bahwa kekuatan sambungan paku semakin kecil.

Untuk membandingkan alat sambung apa yang paling baik maka dilakukan pengujian dengan 4 macam alat sambung, yaitu perekat, paku, kokot dan baut.

Dari masing-masing pengujian dibuatlah diagram gaya sesaran ($p - \delta$) dan didalam hal ini besarnya gaya yang diizinkan ($\bar{P}$) diambil $1/3 \times$ beban maximum atau beban patah.

Sambungan dengan menggunakan paku termasuk baik, karena sesaran yang terjadi pada saat beban mencapai maksimum relatif tidak terlalu besar dibandingkan dengan sesaran yang terjadi pada sambungan dengan menggunakan kokot maupun baut. Hal ini dapat dilihat pada hasil pengujian empat macam alat sambung pada Gambar 3.8 (Suwarno, 1976).



Gambar 3.8 Kekuatan macam-macam sambungan kayu

Dalam penyambungan dengan paku harus memperhatikan beberapa aturan di bawah ini (PKKI, 1961).

1. Paku yang dipergunakan dapat mempunyai tampang melintang yang berbentuk bulat, persegi atau beralur lurus.
2. Apabila dalam 1 barisan terdapat lebih dari 10 batang paku, maka kekuatan paku harus dikurangi dengan 10%. Dan jika lebih dari 20 batang harus dikurangi dengan 20%.
3. Sambungan dengan paku, paling sedikit harus menggunakan 4 batang paku.
4. Jarak paku minimum harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.
 - a. Dalam arah gaya
 - 12 d untuk tepi kayu yang terbebani.
 - 5 d untuk tepi kayu yang tidak terbebani.
 - 10 d jarak antara paku dalam satu barisan.
 - b. Dalam arah tegak lurus arah gaya.
 - 5 d untuk jarak sampai tepi kayu.
 - 5 d untuk jarak barisan paku.
5. Apabila paku dipergunakan pada konstruksi dalam keadaan konstruksi terendam air dan tidak terlindung, maka di dalam perhitungan, perhitungannya harus dikalikan dengan $\frac{2}{3}$. Apabila paku digunakan pada konstruksi tidak terlindung tetapi kayu itu dapat mengering dengan cepat, kekuatan harus dikalikan dengan $\frac{5}{6}$.

6. Jika konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan tidak tetap, maka kekuatan sambungan dapat dinaikkan dengan 25%, kecuali untuk beban-beban dinamis seperti pada jembatan-jembatan, keran-keran dan sebagainya.
7. Jika sesuatu konstruksi dengan paku berbentuk lengkung, maka jari-jari lengkungannya paling kecil harus $400b$, dimana b adalah tebal papan kayu yang dipergunakan dalam konstruksi tersebut.
8. Ujung paku yang keluar dari sambungan sebaiknya dibengkokkan tegak lurus arah serat.

3.5 Jumlah Paku dalam sambungan

Jumlah alat sambung mempunyai pengaruh yang penting. Semakin banyak alat sambung maka semakin kuat sambungan, apabila terlalu banyak alat sambung yang digunakan dapat menimbulkan ketidakefektifan pada sambungan, yaitu terjadi penurunan kemampuan mulai 100% sampai 15% dari kekuatan sebenarnya (Stalnaker, 1989).

Jumlah paku yang digunakan dalam suatu sambungan bergantung dari besar gaya yang harus dipikul dan kekuatan perpaku dalam menahan beban. Jumlah paku yang digunakan dapat dihitung berdasarkan rumus dibawah ini (Suwarno, 1976).

$$n = \frac{P}{\bar{P} \cdot \beta \cdot \gamma}$$

$$\text{atau} \quad P = n \cdot \bar{P} \cdot \beta \cdot \gamma \quad (28)$$

dengan, n = Jumlah paku yang dibutuhkan, P = Besar gaya yang dipikul,

$\bar{P}$ = Kekuatan per paku, γ = Faktor jenis pembebanan,

β = Faktor jenis konstruksi

$$Fn = \frac{P}{\sigma_{tr}} \quad (29)$$

$$Fbr = (1 + nl)Fn \quad (30)$$

dengan Fn = Luas penampang netto, Fbr = Luas penampang bruto,

nl = faktor perlemahan sambungan

Apabila Persamaan 29 di substitusi ke Persamaan 30 maka Persamaan menjadi sebagai berikut:

$$P = \frac{Fbr}{(1 + nl)} \cdot \bar{\sigma}_{tr} \quad (31)$$

Jika Persamaan 28 di substitusi ke Persamaan 31, dengan menganggap faktor keadaan (β) adalah terlindung dan faktor pembebanan (γ) adalah tetap, maka Persamaan menjadi sebagai berikut:

$$n\bar{P} = \frac{Fbr}{(1 + nl)} \cdot \bar{\sigma}_{tr} \quad (32)$$

Persamaan 32 dapat dinyatakan dengan,

$$\bar{P} = \frac{Fbr}{(1 + nl) \cdot n} \cdot \bar{\sigma}_{tr} \quad (33)$$

Berdasarkan Persamaan 33 dapat diketahui kekuatan perpaku dipengaruhi oleh luas bruto dan jumlah paku, semakin banyak jumlah paku maka perlemahan sambungan bertambah besar.

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

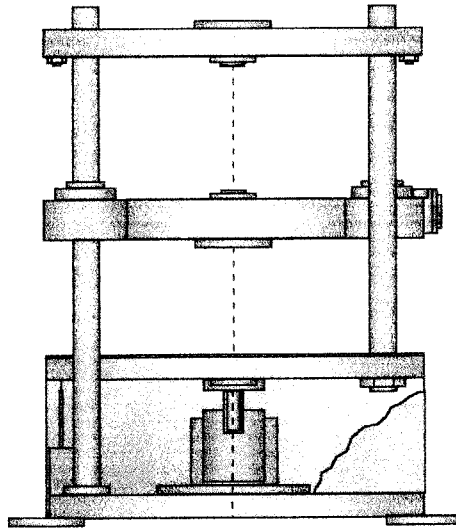
4.1 Tinjauan Umum

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan benda uji desak kayu dengan alat sambung paku sebanyak 39 sampel pengujian, yaitu 3 model sampel pengujian untuk masing-masing diameter paku dan masing-masing ketebalan yang tercantum dalam tabel kekuatan paku pada PKKI 1961 NI-5. Tiap model dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan jumlah paku yang berbeda, yaitu 8, 16, dan 24 batang paku.

Metode penelitian yang digunakan berupa serangkaian pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

Pekerjaan persiapan yang dilakukan meliputi pembuatan benda uji, pengujian pendahuluan meliputi uji geser paku, berat jenis, geser, tarik dan desak kayu, yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.



Gambar 4.1 Universal Testing Material Shimadzu UMH 30

3. Mesin Uji kuat desak

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak uji kayu pendahuluan. Sedangkan kapasitas mesin uji kuat desak yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta adalah 2000 KN merk CONTROL.

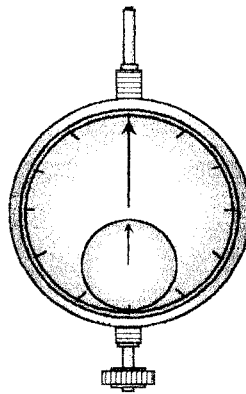
4. Oven merek “United”

Oven digunakan untuk mengetahui berat jenis benda uji, yaitu dengan cara menguapkan kandungan air yang terdapat di dalam sampel yang diuji.

5. Dial Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur besar slip yang terjadi pada kayu. Untuk pengujian kekuatan sambungan paku menggunakan dial gauge merk TECLOCK dengan kapasitas lendutan maksimum 20 mm, 30 mm dan

ketelitian 0,01 mm. Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan *dial gauge* sebanyak dua buah pada masing-masing sisi sambungan, bentuk *dial gauge* seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Dial Gauge

6. Mistar dan kaliper

Mistar dari logam digunakan untuk mengukur dimensi model benda uji, sedangkan kaliper untuk mengukur diameter paku.

7. Timbangan

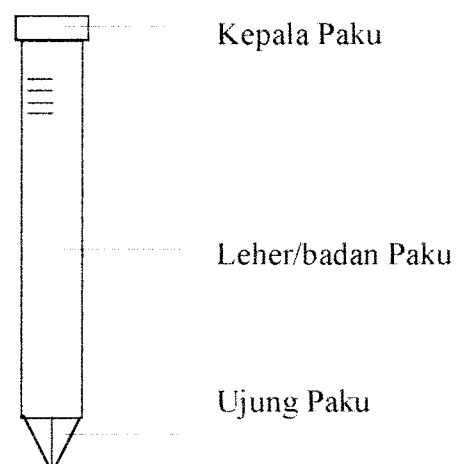
Timbangan halus merk *O'house* kapasitas 20 kg dan 5 kg digunakan untuk menimbang berat kayu ketika melakukan uji berat jenis dan uji kadar air pada kayu.

4.3 Benda Uji

Benda uji dalam penelitian ini berupa sambungan kayu dengan panjang papan 50 mm dengan ketebalan kayu yang bervariasi mulai 20, 25, 30, 35 dan 40 mm. Sambungan kayu ini menggunakan alat sambung paku dengan ukuran

panjang dan diameter paku yang bervariasi mulai dari 2", 2,5", 3", 3,5", 4" dan 5" seperti terlihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, sesuai dengan ukuran yang telah ada pada tabel kekuatan paku pada Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, 1961 NI-5. Untuk tiap sambungan kayu dengan ketebalan kayu yang sama dan jenis paku yang sama dibuat 3 model dengan membuat variasi pada jumlah paku yang digunakan.

Sebelum pengujian pada benda uji, terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan pada kayu yang dipakai untuk membuat benda uji, yaitu meliputi uji Berat Jenis kayu, uji tarik, uji geser, dan uji desak kayu, serta uji geser paku. Setelah itu baru dilaksanakan pengujian pada benda uji, yang dilakukan secara bertahap, disesuaikan dengan jumlah benda yang akan diuji.



Gambar 4.3 Jenis paku yang digunakan

4.4 Pembuatan Benda Uji

Setelah persiapan selesai, selanjutnya pembuatan benda uji dilakukan melalui beberapa tahapan berikut ini.

4.7 Metode Pelaksanaan Uji Sambungan

Pelaksanaan uji sambungan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan urutan pekerjaan sebagai berikut :

1. memasang model uji pada alat uji desak,
2. pembebanan pada benda uji secara bertahap dengan skala kenaikan beban sebesar 250 kg,
3. mencatat nilai beban yang terjadi selama pengujian hingga sambungan mengalami kerusakan,
4. mencatat slip yang terjadi pada kayu sampai sambungan mengalami kerusakan,
5. mengamati bagian yang mengalami kerusakan akibat gaya yang diterima oleh sambungan,
6. menggambar kerusakan yang terjadi pada sambungan, dan
7. mengamati perubahan yang terjadi pada paku akibat gaya yang bekerja.

Gambar Pengujian benda uji dapat dilihat pada lampiran 8.

4.8 Uji Pendahuluan

Pembuatan benda uji ini berdasarkan syarat-syarat yang ada pada Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia 1961 NI-5, masing-masing benda uji tersebut diambil dari ukuran kayu 5/7 cm, panjang 300 cm dan ukurannya menyesuaikan kapasitas alat uji.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 buah benda uji untuk tiap-tiap jenis pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik, kuat desak, kuat geser, berat jenis dan kadar air dari kayu, serta kuat geser paku yang akan digunakan.

4.8.1 Uji Pendahuluan Kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian kekuatan tarik kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian tarik kayu adalah beban maksimum. Tegangan tarik kayu dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas rata-rata. Dalam pengujian tarik kayu, sampel yang diuji sebanyak 3 buah.

4.8.2 Uji Pendahuluan Kuat Desak Kayu // serat

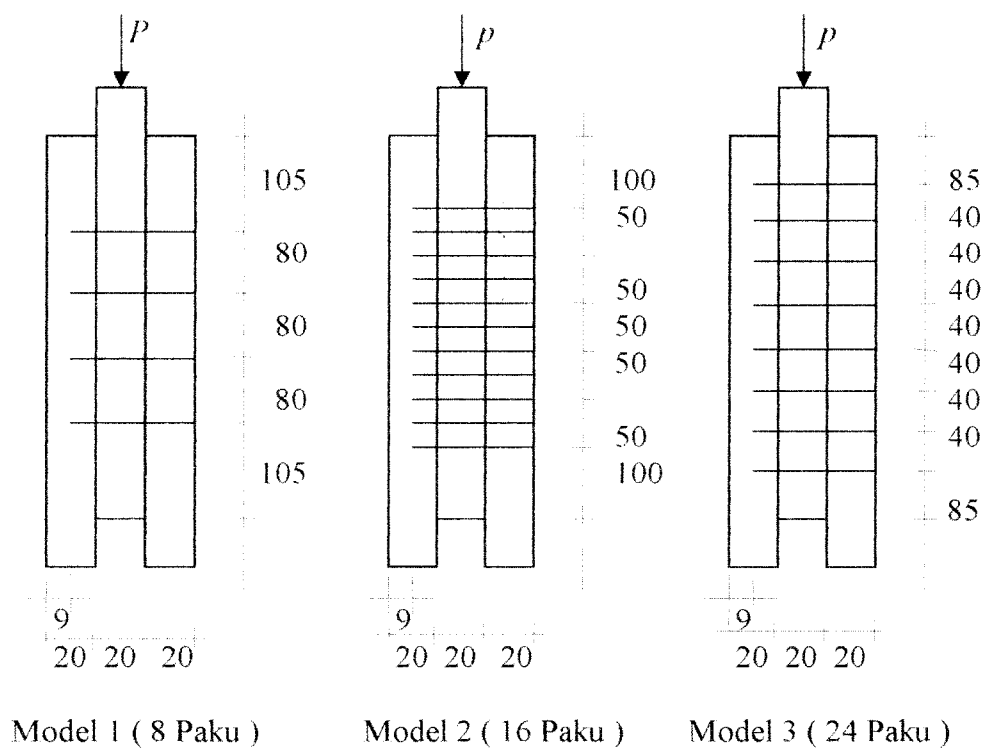
Pengujian kekuatan desak kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian desak kayu adalah beban maksimum. Tegangan desak kayu dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang. Dalam pengujian desak kayu, sampel yang diuji sebanyak 3 buah.

4.8.3 Uji Pendahuluan Kuat Geser Kayu // serat

Pengujian kekuatan geser kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian geser kayu adalah beban maksimum. Tegangan geser kayu dapat

4.9 Uji Sambungan

Benda uji dalam penelitian ini berupa sambungan kayu dengan alat sambung paku, untuk setiap diameter paku yang digunakan dibuat tiga model benda uji dengan jumlah paku yang berbeda pada tiap modelnya. Bentuk model benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Tampak samping benda uji (Tebal kayu 20mm, Paku 2" BWG 12)

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

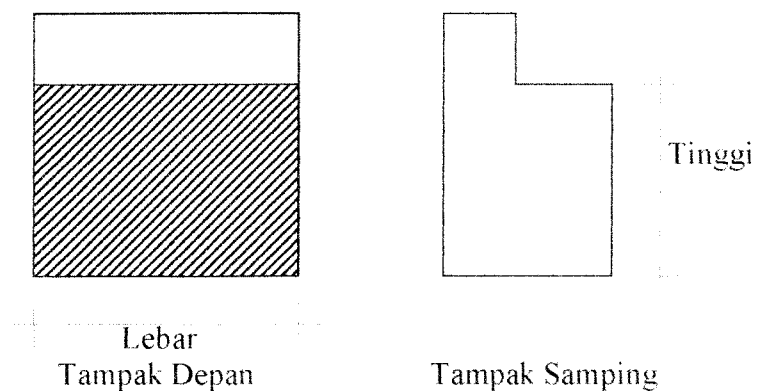
5.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, sebelum dilakukan pengujian pada papan sambungan paku, terlebih dahulu dilakukan beberapa uji pendahuluan, yaitu meliputi uji geser, uji tarik, uji desak, uji kadar air dan uji berat jenis kayu yang digunakan, sehingga dari hasil uji tersebut didapatkan kekuatan yang sesungguhnya dari kayu yang dipakai untuk membuat sampel.

Setelah itu dilakukan pengujian pada sampel sambungan papan yang telah dibuat, yang hasilnya berupa kekuatan maksimum sambungan dalam menerima gaya desak sejajar arah serat. Kemudian data tersebut dianalisa untuk melengkapi tabel kekuatan paku yang terdapat pada Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961 NI-5.

5.1.1 Hasil Uji Kuat Geser Kayu // Serat

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



Gambar 5.1 Bentuk Benda Uji Geser kayu // serat

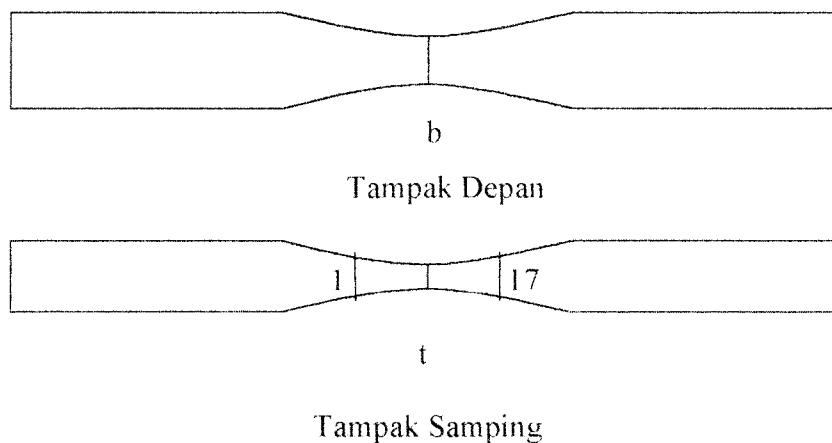
Setelah dilakukan pengujian, didapat beban geser maksimal (τ_{geser}). Kemudian dihitung tegangan geser kayu, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5.1.

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

Sampel	Lebar (B) (cm)	Tinggi (T) (cm)	Luas Geser (A) (cm ²)	τ_{geser} (Kg)	Teg. Geser $\tau = P/A$ (Kg/cm ²) (6) = (5)/(4)	$\tau_{\text{rata-rata}}$ (Kg/cm ²) (7)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
1	5,50	4,00	22,00	1640	74,54	75,60
2	5,50	4,00	22,00	1610	73,18	
3	5,50	4,00	22,00	1740	79,09	

5.1.2 Hasil Kuat Tarik Kayu // Serat

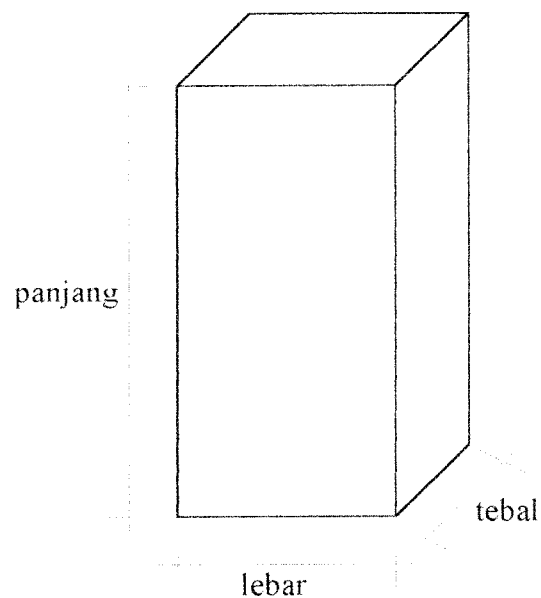
Pengujian tarik kayu // serat juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuknya seperti terlihat pada Gambar 5.2. Dalam penelitian ini, ukuran sampel uji tarik kayu // serat ditunjukkan pada Tabel 5.2.



Gambar 5.2 Bentuk sampel benda uji tarik kayu // serat

Tabel 5.2 Ukuran sampel uji tarik kayu // serat

No. Titik (1)	Sampel 1			Sampel 2			Sampel 3		
	Lebar (b) (cm)	Tebal (t) (cm)	Luas (A) (cm ²)	Lebar (b) (cm)	Tebal (t) (cm)	Luas (A) (cm ²)	Lebar (b) (cm)	Tebal (t) (cm)	Luas (A) (cm ²)
	(2)	(3)	(4) = (2)*(3)	(5)	(6)	(7) = (5)*(6)	(8)	(9)	(10) = (8)*(9)
1	3.0500	1.9700	6.0085	3.0300	1.9700	5.9691	3.0000	1.9500	5.8500
2	3.0300	1.9700	5.9691	2.9700	1.9300	5.7321	2.9500	1.9500	5.7525
3	2.7700	1.8500	5.1245	2.7500	1.9300	5.3075	2.7500	1.9000	5.2250
4	2.4300	1.6000	3.8880	2.4700	1.8300	4.5201	2.4500	1.6000	3.9200
5	2.1400	1.3500	2.8890	2.2100	1.5700	3.4697	2.1500	1.3500	2.9025
6	1.9000	1.1300	2.1470	1.9000	1.2700	2.4130	1.8500	1.2000	2.2200
7	1.6100	0.9900	1.5939	1.7500	0.9500	1.6625	1.6500	1.0500	1.7325
8	1.5600	0.9300	1.4508	1.6000	0.9300	1.4880	1.5500	0.9500	1.4725
9	1.5300	0.9500	1.4535	1.5500	0.8500	1.3175	1.3500	0.8500	1.1475
10	1.6100	1.0500	1.6905	1.6000	0.8700	1.3920	1.5000	0.9500	1.4250
11	1.7700	1.2000	2.1240	1.7300	0.9100	1.5743	1.6000	1.0500	1.6800
12	2.0300	1.3700	2.7811	1.9300	1.0700	2.0651	1.7500	1.1500	2.0125
13	2.3500	1.6500	3.8775	2.1700	1.3000	2.8210	1.9500	1.2500	2.4375
14	2.6700	1.8500	4.9395	2.5000	1.5500	3.8750	2.2500	1.6000	3.6000
15	2.9100	1.9700	5.7327	2.7500	1.8500	5.0875	2.5500	1.8000	4.5900
16	3.0700	1.9700	6.0479	2.9700	1.9700	5.8509	2.7500	1.9400	5.3350
17	3.1100	1.9700	6.1267	3.0300	1.9700	5.9691	2.8500	2.0000	5.7000

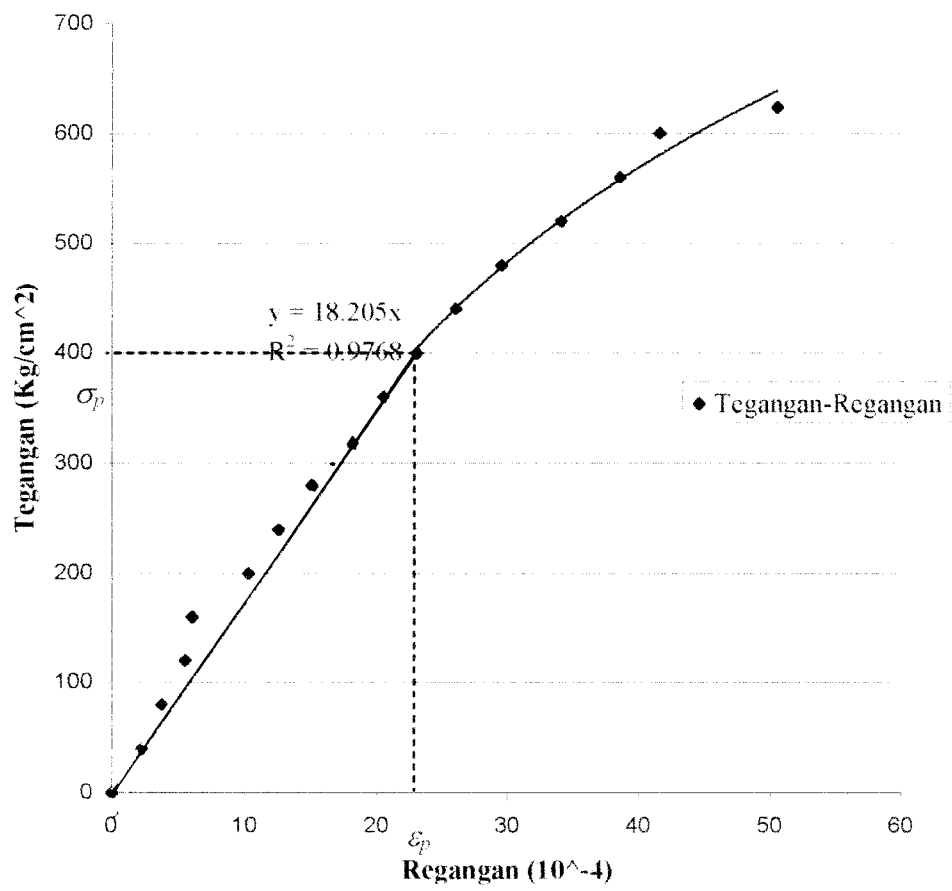


Gambar 5.3 Bentuk sampel uji desak kayu // serat

Tabel 5.4 Ukuran sampel uji desak kayu // serat

	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Panjang = p (cm)	20,00	20,00	20,00
Lebar = b (cm)	6,10	6,10	6,10
Tebal = t (cm)	4,10	4,10	4,10
Luas = $A = b \times t(\text{cm}^2)$	25,01	25,01	25,01

Hasil pengujian kuat desak kayu // serat untuk masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 5.5, Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 serta grafik hasil pengujian seperti terlihat pada Gambar 5.4, Gambar 5.5 dan Gambar 5.6.

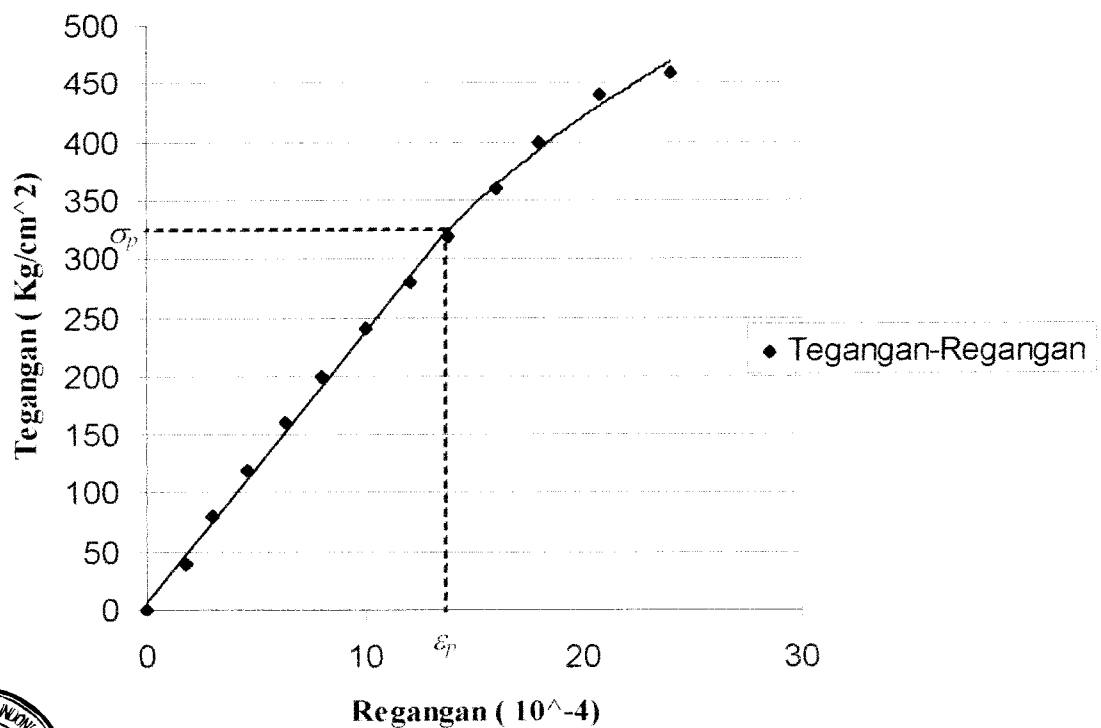


Gambar 5.4 Grafik Tegangan-Regangan sampel 1

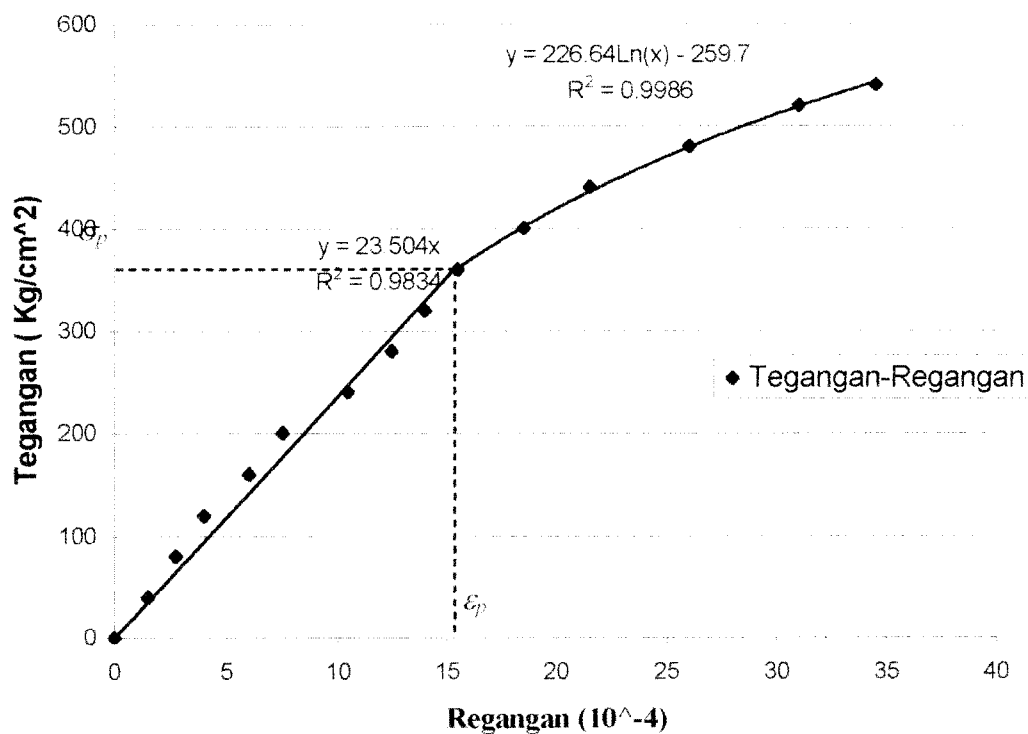
- Sampel 2 ($A = 25,01 \text{ cm}^2$)

Tabel 5.6 Hasil uji desak kayu // serat sampel 2

No.	Beban $P \text{ (Kg)}$	Panjang Batang $p \text{ (cm)}$	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan $\sigma_{ds} = P/A \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$	Regangan $\varepsilon = \Delta L/p \text{ (} 10^{-4}\text{)}$
1	0	20	0.0000	0.0000	0.0000
2	1000	20	0.3500	39.9840	1.7500
3	2000	20	0.6000	79.9680	3.0000
4	3000	20	0.9000	119.9520	4.5000
5	4000	20	1.2500	159.9360	6.2500
6	5000	20	1.6000	199.9200	8.0000
7	6000	20	2.0000	239.9040	10.0000
8	7000	20	2.4000	279.8880	12.0000
9	8000	20	2.7500	319.8721	13.7500
10	9000	20	3.2000	359.8561	16.0000
11	10000	20	3.6000	399.8401	18.0000
12	11000	20	4.1500	439.8241	20.7500
13	11500	20	4.8000	459.8161	24.0000



Gambar 5.5 Grafik Tegangan-Regangan Sampel 2



Gambar 5.6 Grafik Tegangan-Regangan Sampel 3

Dari hasil penelitian didapat beban desak maksimal (P_{desak}), kemudian dihitung tegangan desak kayu untuk masing-masing sampel seperti ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil analisis uji desak kayu // serat

Sampel	Luas A (cm ²)	P_{desak} (Kg)	Teg. Desak $\sigma_{ds} = P/A$ (Kg/cm ²)	σ_p (Kg/cm ²)	ϵ_p (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas $E = \sigma_p / \epsilon_p$ (Kg/cm ²)
1	25,01	15600	623,75	399,84	23,00	173843,52
2	25,01	11500	459,81	319,87	13,50	232634,26
3	25,01	13500	539,78	359,86	15,00	232165,23
	$\sigma_{rata-rata}$ (Kg/cm ²)		541,11	$E_{rata-rata}$ (Kg/cm ²)		212881,00

Tabel 5.10 Tabel ukuran benda uji berat jenis kayu

	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Tebal = t (cm)	5,00	5,00	5,00
Panjang = p (cm)	5,00	5,00	5,00
Lebar = b (cm)	4,70	4,70	4,70
Volume = $V = p \times b \times t$ (cm^3)	117,50	117,50	117,50

Setelah sampel dikeluarkan dari oven, kemudian ditimbang dan dihitung berat jenisnya, untuk masing-masing sampel seperti ditunjukkan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Tabel hasil pengujian berat jenis kayu

Benda uji	Volume (cm^3)	Berat kering Kayu (gr)	Berat Jenis Kayu	Berat Jenis Kayu rata-rata
Sampel 1	117,50	94,00	0,80	0,80
Sampel 2	117,50	95,00	0,80	
Sampel 3	117,50	93,20	0,79	

5.1.6 Hasil Uji Kuat Geser Sambungan Paku

5.1.6.1 Hubungan Beban - Slip

1. Hubungan Beban – Slip Hasil Penelitian

Pengujian tekan sambungan papan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pada sampel sambungan papan kayu tersebut diberi beban pada satu titik secara bertahap. Dipasang *dial gauge* sebanyak dua buah yang diletakkan pada sisi kiri dan kanan sambungan untuk mengetahui slip yang terjadi pada papan kayu yang diberi tekanan. Slip yang terjadi dicatat, yang hasilnya

ditunjukkan pada Tabel 5.12, sedangkan untuk hasil selengkapnya disajikan dalam lampiran 3.

Tabel 5.12 Hasil uji geser sambungan paku 2,5", tebal kayu 25 mm

Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1	Dial 2	slip	P (Kg)	Dial 1	Dial 2	slip	P (Kg)	Dial 1	Dial 2	slip
(1)	(mm)	(mm)	(mm)	(5)	(mm)	(mm)	(mm)	(9)	(mm)	(mm)	(mm)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
250	0.25	0.06	0.15	250	0.01	0.01	0.01	250	0.15	0.06	0.11
500	0.48	0.12	0.30	500	0.03	0.12	0.07	500	0.20	0.10	0.15
750	0.72	0.21	0.47	750	0.05	0.24	0.14	750	0.25	0.12	0.19
1000	1.01	0.43	0.72	1000	0.08	0.33	0.21	1000	0.30	0.15	0.22
1250	1.77	0.87	1.32	1250	0.13	0.44	0.29	1250	0.36	0.17	0.27
1500	3.56	2.60	3.08	1500	0.20	0.56	0.38	1500	0.49	0.21	0.35
1750	5.25	4.27	4.76	1750	0.39	0.73	0.56	1750	0.55	0.25	0.40
2000	7.91	6.76	7.34	2000	0.55	0.97	0.76	2000	0.69	0.31	0.50
2000	11.62	11.25	11.44	2250	0.69	1.22	0.95	2250	0.78	0.38	0.58
				2500	1.10	1.74	1.42	2500	0.92	0.45	0.69
				2750	1.60	2.21	1.91	2750	1.10	0.53	0.81
				3000	2.35	3.07	2.71	3000	1.30	0.65	0.97
				3250	2.77	3.59	3.18	3250	1.42	0.77	1.10
				3500	3.72	4.60	4.16	3500	1.68	0.96	1.32
				3750	4.68	5.57	5.13	3750	2.02	1.18	1.60
				4000	5.76	6.66	6.21	4000	2.47	1.52	2.00
				4250	6.94	7.87	7.41	4250	2.97	1.89	2.43
				4425	11.35	11.21	11.28	4500	3.48	2.29	2.89
								4750	4.15	2.77	3.46
								5000	4.65	3.24	3.94
								5250	5.37	3.78	4.58
								5500	5.88	4.28	5.08
								5750	6.58	4.90	5.74
								6000	7.35	5.50	6.43
								6250	8.45	7.57	8.01
								6450	11.46	11.46	11.46

2. Grafik Hubungan Beban – Slip

Dari hasil pengujian ke-39 sampel sambungan paku yang diuji, maka dapat dibuat grafik hubungan beban – Slip untuk tiap ketebalan kayu dan jenis paku yang digunakan. Grafik hubungan beban – slip dapat dilihat pada Gambar 5.8, sedangkan untuk grafik selengkapnya disajikan pada lampiran 3.

Tabel 5.13 Analisa beban maksimum perpaku

Tebal kayu (mm)	Jenis paku	Pmax 8paku samp1 (kg) (3)	Pmax 10paku samp2 (kg) (4)	Pmax 24paku samp3 (kg) (5)	Pmax 1paku samp1 (kg) (6)=(3)/8	Pmax 1paku samp2 (kg) (7)=(4)/16	Pmax 1paku samp3 (kg) (8)=(5)/24	Pmax 1paku samp1 % (9)	Pmax 1paku samp2 % (10)	Pmax 1paku samp3 % (11)
20	2"	1520.00	2990.00	4725.00	190.00	186.88	196.88	100.00	98.35	103.60
	2.5"	2750.00	5800.00	6830.00	343.75	362.50	284.58	100.00	105.45	82.79
	3"	5250.00	8525.00	8900.00	656.25	532.56	370.83	100.00	81.15	56.50
25	2.5"	2000.00	4425.00	6450.00	250.00	276.56	269.75	100.00	110.62	100.79
	3"	3987.50	6925.00	9525.00	498.44	432.81	397.88	100.00	86.83	79.82
	3.5"	5362.50	8375.00	8750.00	670.31	523.44	364.58	100.00	78.09	54.39
30	3"	2962.50	5487.50	8350.00	370.31	342.97	347.96	100.00	92.62	93.96
	3.5"	4487.50	7862.50	10250.00	560.94	491.41	347.92	100.00	87.60	62.02
	4"	6100.00	8975.00	11150.00	762.50	560.94	464.58	100.00	73.56	60.93
35	3.5"	2900.00	6100.00	8150.00	362.50	381.25	381.25	100.00	105.52	105.17
	4"	5925.00	10762.00	15125.00	740.63	672.63	630.21	100.00	90.82	93.69
40	4"	3825.00	8800.00	11600.00	478.75	550.00	483.33	100.00	114.88	100.95
	5"	8150.00	15525.00	17900.00	1018.75	970.31	745.83	100.00	95.24	73.21
Rata-rata		4247.70	7734.80	9823.50	531.00	483.40	406.58	100.00	93.90	82.14

Tabel 5.14 Analisa kekakuan sambungan keadaan elastis

Tebal kayu (mm)	Jenis paku	P _y 8 (kg)	P _y 16 (kg)	P _y 24 (kg)	Δ _y 8 (mm)	Δ _y 16 (mm)	Δ _y 24 (mm)	K ₈ (P/Δ) (kg/m) ×10 ⁻³	K ₁₆ (P/Δ) (kg/m) ×10 ⁻³	K ₂₄ (P/Δ) (kg/m) ×10 ⁻³	K _{1S1} (P/Δ) (kg/m) ×10 ⁻³	K _{1S2} (P/Δ) (kg/m) ×10 ⁻³	K _{1S3} (P/Δ) (kg/m) ×10 ⁻³	K _{1S1} %	K _{1S2} %	K _{1S2} %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)=(3)/(6)	(10)=(4)/(7)	(11)=(5)/(8)	(12)=(9)/8	(13)=(10)/16	(14)=(11)/24	(15)	(16)	(17)
20	2"	600	1400	2500	0,76	0,56	1,19	794,70	1854,3	2092,05	99,34	115,89	87,17	100,00	116,67	87,75
	2,5"	1250	2250	2600	1,55	0,94	0,88	806,45	2393,62	2954,55	100,81	149,60	123,11	100,00	148,40	122,12
	3"	1250	2000	3250	0,61	0,65	0,89	2066,11	3076,92	3631,28	258,26	192,31	151,30	100,00	74,40	58,58
25	2,5"	1000	1750	2750	0,72	0,56	0,81	1388,89	3125,00	3384,61	173,61	195,31	141,03	100,00	112,46	81,23
	3"	1250	2500	3500	1,16	1,66	0,93	1077,58	1706,48	3763,44	134,70	106,65	156,81	100,00	79,18	116,42
	3,5"	2000	3000	5000	1,71	1,27	2,56	1169,59	2371,54	1953,12	146,20	148,22	81,38	100,00	101,38	55,66
30	3"	1250	2500	3000	1,52	1,47	0,71	822,37	1706,48	4210,53	102,80	106,65	175,44	100,00	103,75	170,67
	3,5"	1500	3250	3500	0,81	1,33	0,53	1863,35	2439,02	6572,77	232,92	152,44	273,86	100,00	65,45	117,58
	4"	1750	2750	3750	0,68	0,94	0,68	2583,03	2934,90	5555,55	322,88	183,43	231,43	100,00	56,81	71,69
35	3,5"	1250	2250	4000	1,13	0,54	0,65	1111,11	4205,61	6130,27	138,89	262,85	255,43	100,00	189,25	183,91
	4"	2000	4500	6250	0,93	1,29	2,65	1544,40	3571,43	2356,27	193,05	223,21	98,18	100,00	115,62	50,86
40	4"	1250	3000	3750	1,05	1,26	1,03	1190,47	2380,95	3640,78	148,81	148,81	162,87	100,00	100,00	101,94
	5"	2500	5000	6000	1,40	1,58	1,54	1788,91	3174,60	3908,79	223,61	223,61	162,87	100,00	87,73	72,83
						Rata-rata		1400,53	2687,56	3858,00	175,07	167,98	160,75	100,00	104,01	99,33

Keterangan : P_y8 = Beban fasel pada sambungan 8 paku, P_y16 = Beban fasel pada sambungan 16 paku, P_y24 = Beban fasel pada sambungan 24 paku, Δ_y8 = Slip fasel pada sambungan 8 paku, Δ_y16 = Slip fasel pada sambungan 16 paku, Δ_y24 = Slip fasel pada sambungan 24 paku, K₈ = Kekakuan sambungan 8 paku, K₁₆ = Kekakuan sambungan 16 paku, K₂₄ = Kekakuan sambungan 24 paku, K_{1S1} = Kekakuan 1 paku sampel 1, K_{1S2} = Kekakuan 1 paku sampel 2, K_{1S3} = Kekakuan 1 paku sampel 3.

4. Analisa Kerusakan pada Sampel Uji

Kerusakan yang terjadi pada ke-39 sampel yang diuji pada penelitian ini adalah pada sebagian sampel terjadi retak pada plat kayu dan sebagian sampel yang lain plat kayu tidak rusak. Kerusakan pada sampel ini terjadi karena sebagian sampel kayu lebih dulu retak dan pada sebagian sampel yang lain paku lebih dulu patah. Kerusakan yang terjadi pada benda uji dapat dilihat pada lampiran 8.

5.1.6.2 Perhitungan Kekuatan Paku

1. Kekuatan Paku Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian tekan terhadap sambungan papan dengan alat sambung paku yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari kekuatan paku seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.16.

Tabel 5.15 Kekuatan sambungan berdasarkan hasil pengujian dengan BJ = 0,8, nilai $\bar{P} = 1/3 P_{max}$

Tebal Kayu (mm)	Jenis Paku	Sampel1 (8 paku)	Sampel2 (16 paku)	Sampel3 (24 paku)	Sampel1 (1 paku)	Sampel2 (1 paku)	Sampel3 (1 paku)	Kekuatan Rata-rata (1 paku, tampang 2) (9) = ((6)+(7)+(8))/3	Kekuatan Rata-rata (1 paku, tampang 1) (10) = (9)/2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3)/8	(7) = (4)/16	(8) = (5)/24		(10) = (9)/2
20	2"	506.67	996.67	1575.00	63.33	62.29	65.63	63.75	31.87
	2.5"	917.67	1933.30	2276.67	114.58	120.83	94.86	110.09	55.05
	3"	1750.00	2841.67	2966.67	218.75	117.60	123.61	153.32	76.66
25	2.5"	666.67	1475.00	2150.00	83.33	92.187	89.58	88.37	44.18
	3"	1329.17	2308.30	3175.00	166.14	144.27	132.29	147.57	73.78
	3.5"	1787.50	2791.67	2916.67	223.44	174.48	121.53	173.15	86.57
30	3"	987.50	1829.17	2783.30	123.44	114.32	115.97	117.91	58.95
	3.5"	1495.83	2620.83	3416.67	186.98	163.80	142.36	164.38	82.20
	4"	2033.33	2991.67	3716.67	254.16	186.98	154.86	198.67	99.33
35	3.5"	966.67	2033.33	2716.67	120.83	127.08	113.19	120.37	60.18
	4"	1975.00	3587.33	5041.67	246.88	224.21	210.07	227.05	113.52
40	4"	1275.00	2933.33	3866.67	159.38	183.33	161.11	167.94	83.97
	5"	2716.67	5175.00	5966.67	339.58	323.44	248.61	303.88	151.94

Berdasarkan Tabel 5.15, maka nilai Tk rata-rata dapat di hitung menggunakan rumus 3 atau 4. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut ini, sedangkan perhitungan selengkapnya disajikan pada lampiran 6.

$$1. m = 20 \text{ mm}, 7.0,28 = 1,96 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 63.748 &= 7.0,28^2.Tk \\ Tk &= 116.16 \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$2. m = 20 \text{ mm}, 7.0,31 = 2,17 \rightarrow m \leq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= d.m.Tk \\ 110.09 &= 0,31.2.Tk \\ Tk &= 177.56 \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

2. Beban Maksimum Hasil Perhitungan

Nilai kekuatan paku pada sambungan dapat dicari secara teoritis menggunakan nilai Tk hasil dari penelitian. Hasil perhitungan sambungan paku secara teoritis ditunjukkan pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18, dan untuk perhitungan selengkapnya disajikan pada lampiran 7.

Tabel 5.17 Kekuatan sambungan berdasarkan hasil pengujian dengan nilai $P=1/3P_{max}$

Tebal Kayu (mm)	Jenis paku	Kekuatan 1 paku tampang 1 (Kg) $Tk = 160 \text{ kg/cm}^2$ $Bj = 0,8$
20	2"	44
	2.5"	50
	3"	54
25	2.5	54
	3"	65
	3.5"	76
30	3"	65
	3.5"	81
	4"	99
35	3.5"	81
	4"	99
40	4"	99
	4.5"	151

Tabel 5.18 Kekuatan sambungan berdasarkan hasil pengujian dengan nilai $\bar{P}=P_{1.5mm}$

Tebal Kayu (mm)	Jenis paku	Kekuatan 1 paku tampang 1 (Kg) $Tk = 200 \text{ kg/cm}^2$ $Bj = 0,8$
(1)	(2)	(3)
20	2"	55
	2.5"	62
	3"	68
25	2.5	67
	3"	81
	3.5"	95

Lanjutan Tabel 5.18

(1)	(2)	(3)
30	3"	81
	3.5"	101
	4"	124
35	3.5"	101
	4"	124
40	4"	124
	4.5"	189

5.2 Pembahasan

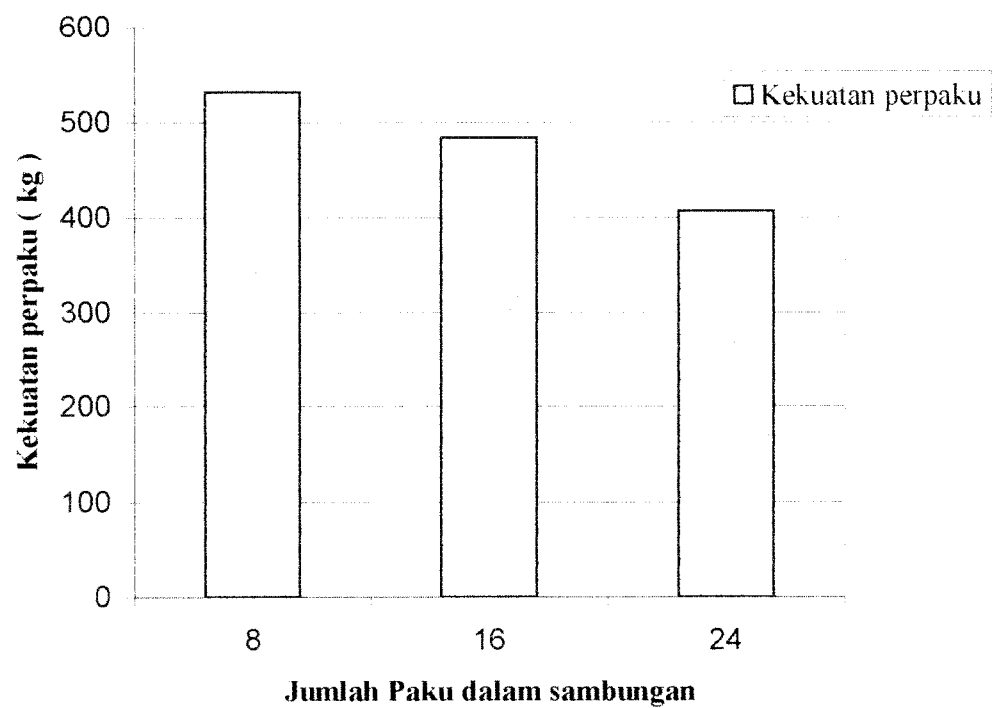
5.2.1 Hubungan Beban – Slip Hasil Penelitian

Dengan mengamati gambar-gambar Grafik hubungan beban-slip pada lampiran 3, dapat dilihat bahwa sambungan memiliki kecenderungan yang sama, yaitu grafik beban-slip berbentuk kurva melengkung

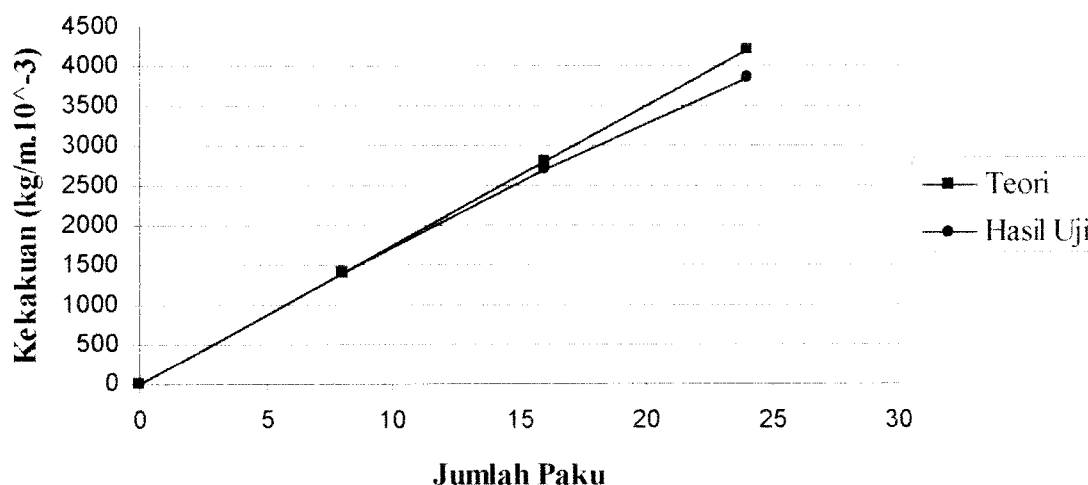
Dari hasil penelitian di dapat hubungan beban-slip ($P-\Delta$), kemudian dapat dicari nilai kekuatan dan kekakuan dari sambungan. Nilai kekuatan sambungan dapat diketahui berdasarkan catatan nilai gaya yang ditanggung oleh sambungan, sedangkan nilai kekakuan dicari dengan menggunakan persamaan P/Δ . Dalam pengujian ini, nilai kekakuan dari sampel berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat pada pola grafik beban-slip hasil pengujian pada lampiran 5.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan (ditunjukkan pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14), maka telah diketahui bahwa untuk sambungan variasi 1 dengan jumlah paku 8 batang, beban maksimum rata-rata perpaku sebesar 531,01 kg dan rata-rata kekakuan pada keadaan elastis sebesar 1400,535. Untuk sambungan variasi 2 dengan jumlah paku 16 batang, beban maksimum yang dapat ditahan rata-rata perpaku sebesar 483,40 kg dan kekakuan dalam keadaan elastis

sebesar 2687,758, sedangkan untuk sambungan variasi 3 dengan jumlah paku 24 batang, beban maksimum rata-rata perpakunya mengalami slip sebesar 406,58 Kg dan kekakuan dalam keadaan elastisnya sebesar 3858.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kekuatan perpaku sambungan kayu dengan berat jenis kayu 0,8 dengan Jumlah Paku



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kekakuan sambungan keadaan elastis dengan Jumlah paku dalam sambungan

Dari Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 tampak bahwa telah terjadi penurunan nilai kekuatan dan kekakuan perpaku untuk setiap penambahan jumlah paku yang dipakai dalam sambungan, hal ini disebabkan karena semakin banyak paku yang dipakai dalam sambungan maka semakin besar pula perlemahan yang terjadi karena pola perletakan paku yang digunakan menyebabkan semakin kecilnya luas netto pada sambungan dengan jumlah paku yang lebih banyak..

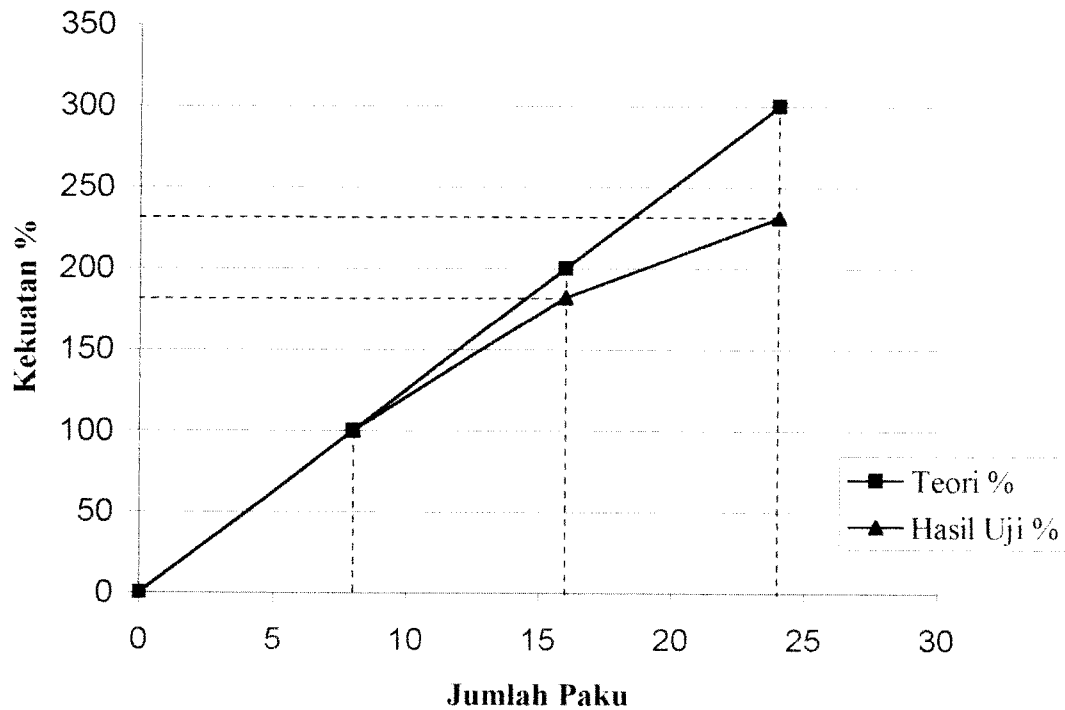
5.2.2 Hubungan Kekuatan sambungan – Jumlah paku

Apabila sambungan dengan 8 paku dijadikan sebagai pembandingnya, maka berdasarkan Tabel 5.13 dapat diketahui bahwa pada sambungan 16 paku mengalami peningkatan kekuatan pada sambungan sebesar 182,09 %, sedangkan sambungan 24 paku mengalami peningkatan kekuatan pada sambungan sebesar 231,27 %, peningkatan kekuatan yang terjadi pada sambungan tidak linier karena

terjadi penurunan nilai kekuatan perpaku, yaitu sebesar 6,10 % untuk sambungan 16 paku dan 17,86 % untuk sambungan 24 paku, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.11.

Penurunan nilai kekuatan perpaku yang terjadi antara lain disebabkan oleh beberapa hal berikut.

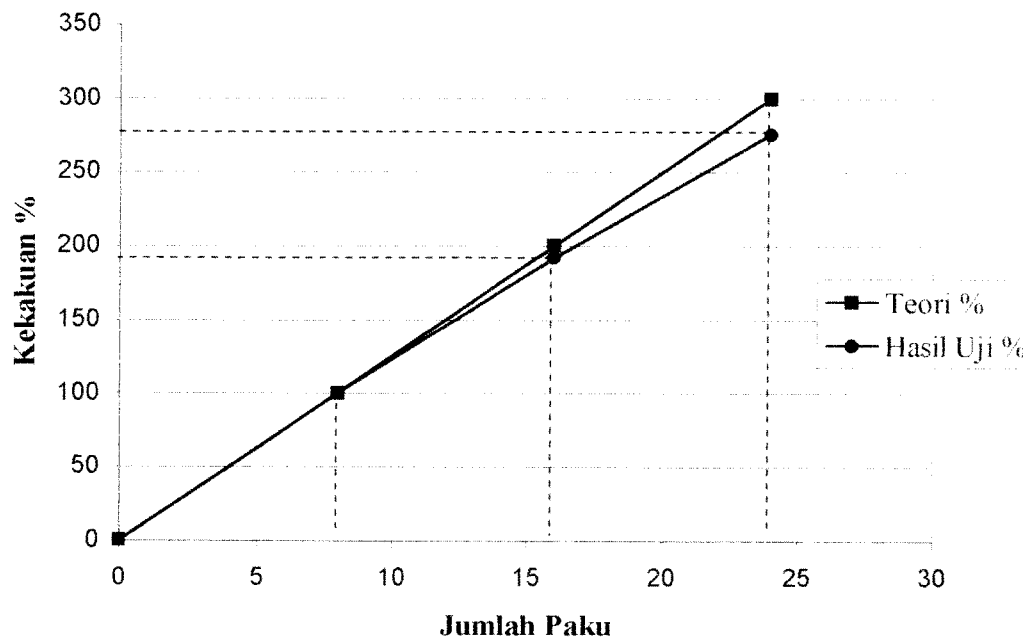
1. Paku yang digunakan adalah paku yang tersedia dipasaran, ternyata berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium kekuatan perpaku untuk satu jenis paku yang sama, kekuatannya tidak sama besar. Akibat ketidakseragaman kekuatan paku ini dapat menyebabkan penyimpangan kekuatan pada sambungan, sehingga kekuatan sambungan hasil pengujian tidak sesuai dengan kekuatan sambungan yang diharapkan berdasarkan teori.
2. Pada beberapa sampel dengan jumlah paku 24 buah dengan diameter paku yang besar, pola kerusakan yang terjadi adalah sesar pada kayu. Hal ini menunjukkan kekuatan paku pada sambungan dengan jumlah paku 24 buah belum mencapai nilai maksimal namun kayu sudah mengalami rusak.
3. Beberapa sampel tidak memenuhi syarat panjang paku minimal untuk sambungan tampang dua.
4. Model/pola perletakan paku.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kekuatan Sambungan - Jumlah Paku

5.2.3 Hubungan Kekakuan Sambungan – Jumlah paku

Apabila sambungan dengan 8 paku dijadikan sebagai pembandingnya, maka berdasarkan Tabel 5.14 dapat diketahui bahwa pada sambungan 16 paku mengalami peningkatan nilai kekakuan pada sambungan sebesar 191,91 %, sedangkan sambungan 24 paku mengalami peningkatan nilai kekakuan pada sambungan sebesar 275,47 %, peningkatan kekuatan yang terjadi pada sambungan tidak linier karena terjadi slip pada sambungan, selisih nilai kekakuan perpaku relatif kecil yaitu kurang dari 5 %, seperti terlihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kekakuan Sambungan keadaan elastis - Jumlah Paku

Semakin banyak jumlah paku yang digunakan dalam sambungan akan mengakibatkan peningkatan nilai kekakuan, namun peningkatan tersebut tidak linier. Hal ini disebabkan karena pada saat pelaksanaan beberapa paku tidak masuk dengan lurus, sehingga mengurangi jarak antar paku yang telah direncanakan, terutama sambungan dengan jumlah paku 24 batang yang jarak antar pakunya cukup rapat.

5.2.4 Kekuatan Sambungan Paku Hasil Penelitian - PKKI

Berdasarkan hasil penelitian maka data beban yang dapat ditahan oleh sambungan paku dapat diketahui, kekuatan paku tampang satu pada Tabel PKKI yang telah dilengkapi dengan kekuatan paku berdasarkan hasil penelitian, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20.

Berdasarkan kekuatan paku hasil penelitian, maka nilai Tk dapat dicari dengan menggunakan rumus 3 dan 4, sehingga dengan nilai Tk yang baru tersebut besar kekuatan sambungan paku dapat dihitung secara teoritis.

Tabel 5.19 Tabel PKKI yang telah dilengkapi hasil penelitian dengan nilai $P=1/3P_{max}$

No	Tebal kayu b (mm)	Diameter paku $d=(1/10 \text{ mm})$ Panjang paku l (mm)	Kelang singan $\lambda = h \cdot d$	$L \cdot b$	Kekuatan l paku tampang l (kg)				
					BJ Kayu = 0.3 g/cm ² $Tk = 75$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0.4 g/cm ² $Tk = 100$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0.5 g/cm ² $Tk = 125$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0.6 g/cm ² $Tk = 150$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0.8 g/cm ² $Tk = 160$ kg/cm ²
1	20	28/51 (2" BWG 12)	7.2	2.5	20	27	34	41	32
		31/63 (2½" BWG 11)	6.5	3.2	23	31	38	46	55
		34/76 (3" BWG 10)	5.9	3.8	25	34	42	51	77
2	25	31/63 (2½" BWG 11)	8.1	2.5	24	33	42	50	44
		34/76 (3" BWG 10)	7.4	3.0	32	40	50	60	74
		38/89 (3½" BWG 9)	6.6	3.6	35	47	59	70	87
3	30	34/76 (3" BWG 10)	8.8	2.5	30	40	50	60	59
		38/89 (3½" BWG 9)	7.9	3.0	38	50	63	75	82
		42/102 (4" BWG 8)	6.5	3.4	47	63	78	94	99
4	35	38/89 (3½" BWG 9)	9.2	2.5	38	50	63	75	60
		42/102 (4" BWG 8)	8.3	2.9	46	61	77	92	114
5	40	42/102 (4" BWG 8)	9.5	2.5	46	61	77	92	84
		52/114 (4½" BWG 6)	7.6	2.9	70	94	118	142	152

Tabel 5.20 Tabel PKKI yang telah dilengkapi hasil penelitian dengan nilai $\bar{P}=P_{1.5mm}$

No	Tebal kayu b (mm)	Diameter paku $d=(1/10 \text{ mm})$ Panjang paku l (mm)	Kelang singan $\lambda = h \cdot d$	$L \cdot b$	Kekuatan l paku tampang l (kg)				
					BJ Kayu = 0.3 g/cm ² $Tk = 75$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0.4 g/cm ² $Tk = 100$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0.5 g/cm ² $Tk = 125$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0.6 g/cm ² $Tk = 150$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0.8 g/cm ² $Tk = 200$ kg/cm ²
1	20	28/51 (2" BWG 12)	7.2	2.5	20	27	34	41	57
		31/63 (2½" BWG 11)	6.5	3.2	23	31	38	46	76
		34/76 (3" BWG 10)	5.9	3.8	25	34	42	51	95
2	25	31/63 (2½" BWG 11)	8.1	2.5	24	33	42	50	78
		34/76 (3" BWG 10)	7.4	3.0	32	40	50	60	84
		38/89 (3½" BWG 9)	6.6	3.6	35	47	59	70	93
3	30	34/76 (3" BWG 10)	8.8	2.5	30	40	50	60	81
		38/89 (3½" BWG 9)	7.9	3.0	38	50	63	75	109
		42/102 (4" BWG 8)	6.5	3.4	47	63	78	94	119
4	35	38/89 (3½" BWG 9)	9.2	2.5	38	50	63	75	100
		42/102 (4" BWG 8)	8.3	2.9	46	61	77	92	124
5	40	42/102 (4" BWG 8)	9.5	2.5	46	61	77	92	96
		52/114 (4½" BWG 6)	7.6	2.9	70	94	118	142	153

Kekuatan sambungan paku dengan menggunakan nilai $\bar{P} = 1/3 P_{max}$ ternyata kurang sesuai dengan nilai kekuatan sambungan paku pada tabel PKKI, hal ini disebabkan karena pada beberapa sampel uji paku belum mencapai kekuatan maksimum, sudah terjadi rusak geser sejajar arah serat, selain itu ada beberapa sampel uji paku tidak memenuhi syarat panjang minimum untuk sambungan tampang dua, sehingga nilai kekuatan ijin yang diambil terlalu kecil dari yang seharusnya.

Karena beberapa sampel belum mencapai nilai maksimum, maka sebaiknya nilai kekuatan yang diusulkan untuk melengkapi tabel PKKI adalah kekuatan sambungan pada saat sesaran mencapai 1,5 mm, yaitu kekuatan sambungan paku yang ditunjukkan pada Tabel 5.20.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan tentang kekuatan sambungan paku dengan menggunakan kayu kruing yang memiliki berat jenis rata-rata 0,8 yaitu sebagai berikut :

1. Kekuatan sambungan paku dengan berat jenis kayu 0,8 lebih kuat dari sambungan paku dengan berat jenis yang lebih kecil.
2. Kekuatan dan kekakuan sambungan dalam keadaan elastis meningkat apabila jumlah paku diperbanyak, tetapi kekuatan dan kekakuan perpakunya semakin berkurang.
3. Pola kerusakan pada sambungan paku 8 batang, 16 batang dan 24 batang terjadi patah/bengkok pada paku, sedangkan untuk sambungan paku 24 batang dengan diameter paku yang besar terjadi sesaran pada kayu.
4. Besar slip yang terjadi pada saat beban mencapai maksimum tidak dipengaruhi oleh jumlah paku yang digunakan pada sambungan.

6.2 Saran

1. Perlu diteliti nilai kekuatan sambungan paku dengan berat jenis kayu 0,9 untuk memperoleh data kekuatan sambungan paku yang lebih lengkap.
2. Perlu diuji kekuatan sambungan dengan pola perletakan paku yang berbeda dengan jumlah paku yang sama untuk mengetahui pengaruh pola perletakan paku terhadap kekuatan sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

Breyer D.E., 1980, DESIGN OF WOOD STRUCTURES, McGraw-Hill Book Company, USA.

Departemen Pekerjaan Umum, 1961, PERATURAN KONSTRUKSI KAYU UNTUK INDONESIA (PKKI), Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Faherty K.F dan Willianson R.G., 1989, WOOD ENGINEERING AND CONSTRUCTION HANDBOOK, McGraw-Hill Publishing Company, New York.

Felix Yap.K.H., 1964, KONSTRUKSI KAYU, Binacipta, Bandung.

Karlsen, G.G, 1967, WOODEN STRUCTURES, Mir Publishers, Moscow.

Ram Chandra, 1992, DESIGN OF STEEL STRUCTURES, Standard Book House, Delhi.

Stalnaker J.J dan Haris E.C., 1989, STRUCTURAL DESIGN IN WOOD, Van Nostrand Reinhold, New York.

Suwarno W, 1976, KONSTRUKSI KAYU, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tjoa Pwee Hong. dan Djokowahjono.FH, 1994, KONSTRUKSI KAYU, Universitas Atmajaya, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1	PURHITA DWIANANTA	95 310 111	STRUKTUR
2	DEDI ARMAN	95 310 297	STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT GESER DAN KUAT LENTUR SAMBUNGAN KAYU DENGAN PAKU

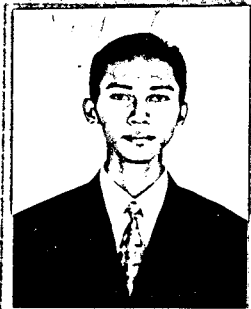
PERIODE III : MARET – AGUSTUS

TAHUN : 2000 / 2001

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

DOSEN PEMBIMBING I
DOSEN PEMBIMBING II

IR. H. SUHA
IR. FATMA



Yogyakarta, 05 MEI 2001

IR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS

Catatan :

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :

Lampiran 2

Lampiran 2

Tabel 1. Beban yang dipekenankan per paku menurut PKK

No	Tebal kayu b (mm)	Diameter paku $d = (1/10 \text{ mm})$ Panjang paku l (mm)	Kelang singan λ	h	Kekuatan l paku tampang l (kg)			
					BJ Kayu =0,3 g/cm ² $Ik = 75$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0,4 g/cm ² $Ik = 100$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0,5 g/cm ² $Ik = 125$ kg/cm ²	BJ Kayu = 0,6 g/cm ² $Ik = 150$ kg/cm ²
1	20	28/51 (2" BWG 12)	7,2	2,5	20	27	34	41
		31/63 (2½" BWG 11)	6,5	3,2	23	31	38	46
		34/76 (3" BWG 10)	5,9	3,8	25	34	42	51
2	25	31/63 (2½" BWG 11)	8,1	2,5	24	33	42	50
		34/76 (3" BWG 10)	7,4	3,0	32	40	50	60
		38/89 (3½" BWG 9)	6,6	3,6	35	47	59	70
3	30	34/76 (3" BWG 10)	8,8	2,5	30	40	50	60
		38/89 (3½" BWG 9)	7,9	3,0	38	50	63	75
		42/102 (4" BWG 8)	6,5	3,4	47	63	78	94
4	35	38/89 (3½" BWG 9)	9,2	2,5	38	50	63	75
		42/102 (4" BWG 8)	8,3	2,9	46	61	77	92
5	40	42/102 (4" BWG 8)	9,5	2,5	46	61	77	92
		52/114 (4½" BWG 6)	7,6	2,9	70	94	118	142

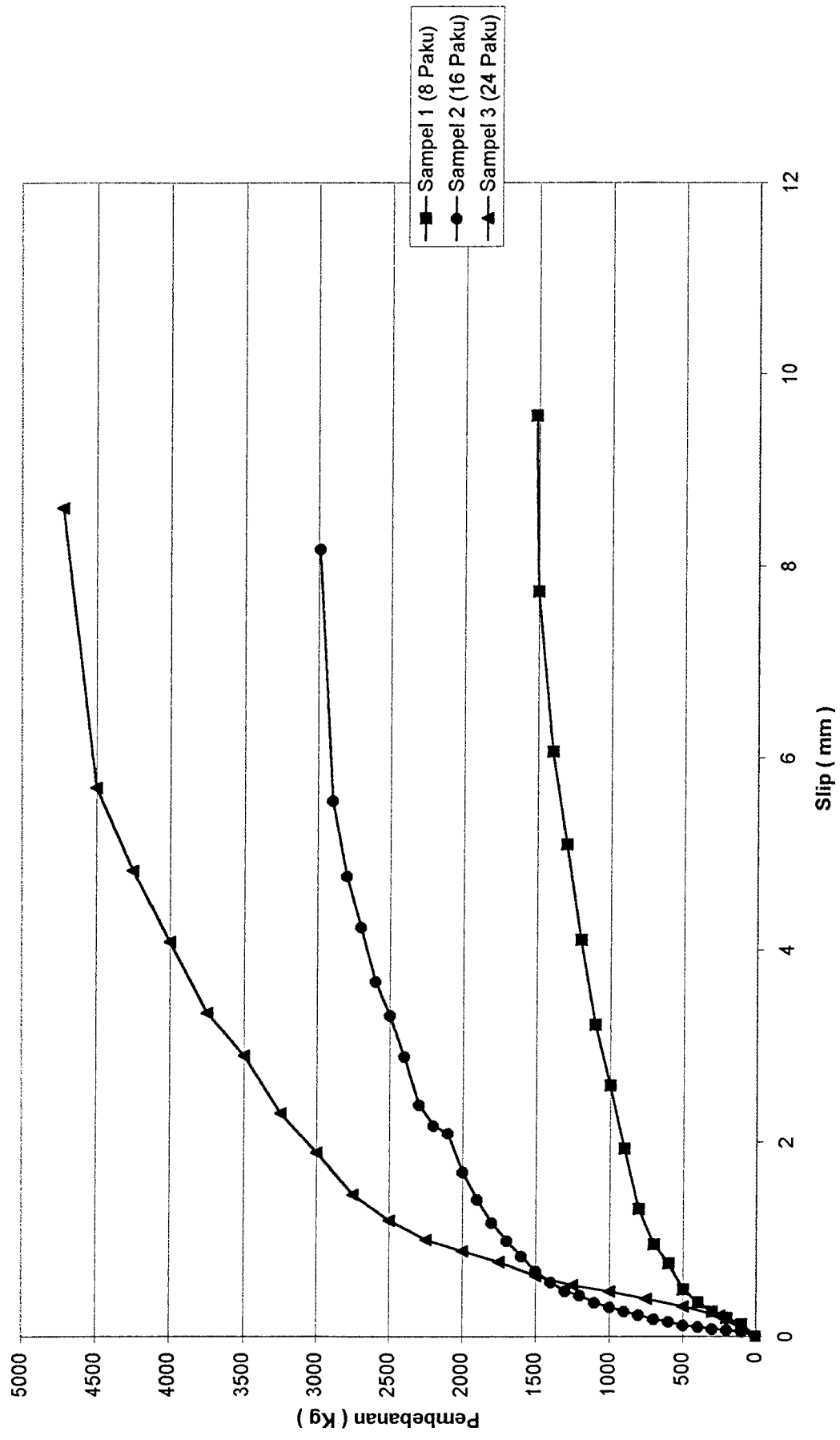
Lampiran 3

Lampiran 3

Hasil pengujian kuat geser sambungan paku.

Tabel L3.1 Hasil uji geser sambungan paku 2", tebal kayu 20 mm

Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0.11	0.15	0.13	100	0.02	0.09	0.055	250	0.41	0.02	0.215
200	0.18	0.2	0.19	200	0.02	0.115	0.0675	500	0.58	0.035	0.3075
300	0.26	0.25	0.255	300	0.03	0.13	0.08	750	0.71	0.07	0.39
400	0.38	0.33	0.355	400	0.05	0.155	0.1025	1000	0.83	0.1	0.465
500	0.53	0.445	0.4875	500	0.06	0.175	0.1175	1250	0.95	0.11	0.53
600	0.84	0.67	0.755	600	0.08	0.225	0.1525	1500	1.13	0.12	0.625
700	1.01	0.895	0.9525	700	0.1	0.265	0.1825	1750	1.39	0.145	0.7675
800	1.36	1.28	1.32	800	0.13	0.32	0.225	2000	1.58	0.18	0.88
900	1.99	1.89	1.94	900	0.15	0.37	0.26	2250	1.75	0.245	0.9975
1000	2.63	2.56	2.595	1000	0.18	0.43	0.305	2500	2.04	0.35	1.195
1100	3.22	3.23	3.225	1100	0.21	0.49	0.35	2750	2.44	0.485	1.4625
1200	4.09	4.12	4.105	1200	0.25	0.6	0.425	3000	3.02	0.77	1.895
1300	5.08	5.13	5.105	1300	0.26	0.68	0.47	3250	3.59	1.02	2.305
1400	6.04	6.1	6.07	1400	0.32	0.8	0.56	3500	4.37	1.44	2.905
1500	7.75	7.73	7.74	1500	0.4	0.95	0.675	3750	4.9	1.8	3.35
1520	9.58	9.57	9.575	1600	0.53	1.13	0.83	4000	5.81	2.36	4.085
				1700	0.67	1.31	0.99	4250	6.7	2.97	4.835
				1800	0.88	1.47	1.175	4500	7.71	3.68	5.695
				1900	1.1	1.73	1.415	4725	10.97	6.25	8.61
				2000	1.33	2.07	1.7				
				2100	1.7	2.5	2.1				
				2200	2.15	2.21	2.18				
				2300	2.45	2.33	2.39				
				2400	2.97	2.82	2.895				
				2500	3.35	3.29	3.32				
				2600	3.68	3.67	3.675				
				2700	4.27	4.21	4.24				
				2800	4.76	4.79	4.775				
				2900	5.52	5.6	5.56				
				2990	8.15	8.21	8.18				

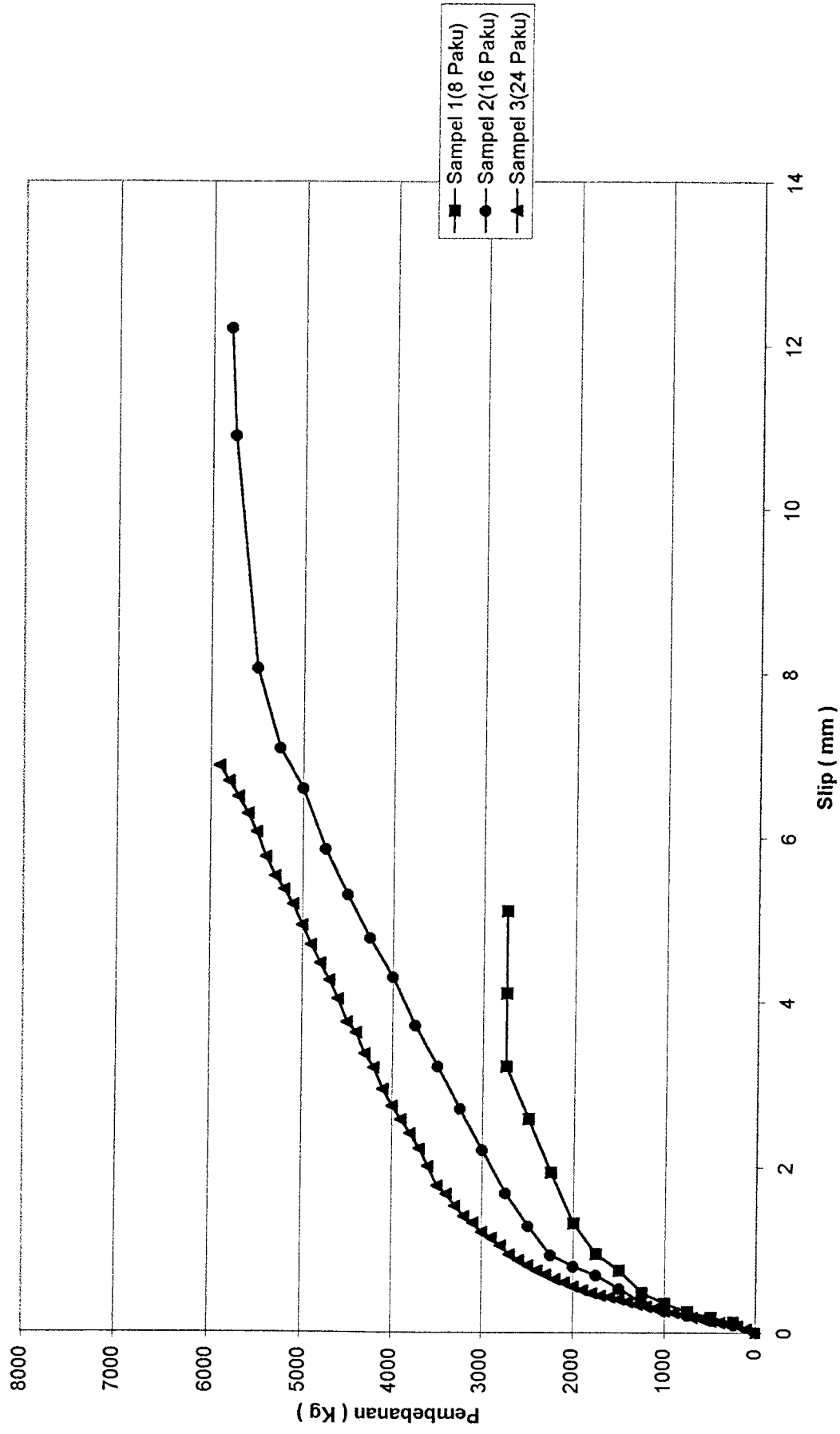


Grafik L3.1 Beban - Slip, paku 2", tebal kayu 20 mm

Tabel L3.2 Hasil uji geser sambungan paku 2,5", tebal kayu 20 mm

Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.11	0.11	0.11	250	0.1	0.1	0.1	100	0	0.1	0.05
500	0.27	0.195	0.2325	500	0.16	0.15	0.155	200	0.02	0.15	0.085
750	0.54	0.39	0.465	750	0.21	0.21	0.21	300	0.03	0.17	0.1
1000	1.01	0.74	0.875	1000	0.24	0.29	0.265	400	0.05	0.2	0.125
1250	1.72	1.38	1.55	1250	0.39	0.35	0.37	500	0.07	0.22	0.145
1500	2.3	2.98	2.64	1500	0.6	0.47	0.535	600	0.09	0.245	0.1675
1750	3.61	4.29	3.95	1750	0.75	0.65	0.7	700	0.11	0.27	0.19
2000	5.09	5.72	5.405	2000	0.86	0.75	0.805	800	0.135	0.295	0.215
2250	6.54	7.2	6.87	2250	0.95	0.93	0.94	900	0.16	0.32	0.24
2500	8.42	10.1	9.26	2500	1.38	1.195	1.2875	1000	0.185	0.342	0.2635
2750	13.09	13.33	13.21	2750	1.845	1.53	1.6875	1100	0.21	0.37	0.29
2750	16.42	17.18	16.8	3000	2.38	2.04	2.21	1200	0.24	0.4	0.32
2750	18.52	20.25	19.385	3250	2.91	2.52	2.715	1300	0.265	0.425	0.345
				3500	3.48	2.98	3.23	1400	0.29	0.455	0.3725
				3750	3.95	3.49	3.72	1500	0.32	0.485	0.4025
				4000	4.58	4.02	4.3	1600	0.35	0.515	0.4325
				4250	5.03	4.51	4.77	1700	0.35	0.55	0.45
				4500	5.62	4.98	5.3	1800	0.375	0.585	0.48
				4750	6.15	5.58	5.865	1900	0.41	0.62	0.515
				5000	6.92	6.28	6.6	2000	0.46	0.66	0.56
				5250	6.93	7.25	7.09	2100	0.515	0.71	0.6125
				5500	7.47	8.66	8.065	2200	0.555	0.745	0.65
				5750	10.82	10.97	10.895	2300	0.61	0.795	0.7025
				5800	12.7	11.74	12.22	2400	0.665	0.845	0.755
								2500	0.73	0.9	0.815
								2600	0.8	0.96	0.88
								2700	0.87	1.02	0.945
								2800	1.01	1.09	1.05
								2900	1.12	1.175	1.1475
								3000	1.19	1.24	1.215
								3100	1.3	1.35	1.325
								3200	1.355	1.465	1.41
								3300	1.48	1.59	1.535
								3400	1.62	1.73	1.675
								3500	1.72	1.83	1.775
								3600	1.99	2.03	2.01
								3700	2.21	2.235	2.2225
								3800	2.36	2.46	2.41
								3900	2.52	2.635	2.5775
								4000	2.68	2.8	2.74
								4100	2.89	3	2.945
								4200	3.19	3.23	3.21
								4300	3.345	3.41	3.3775
								4400	3.56	3.7	3.63
								4500	3.69	3.83	3.76
								4600	4.01	4.07	4.04
								4700	4.23	4.29	4.26
								4800	4.39	4.54	4.465

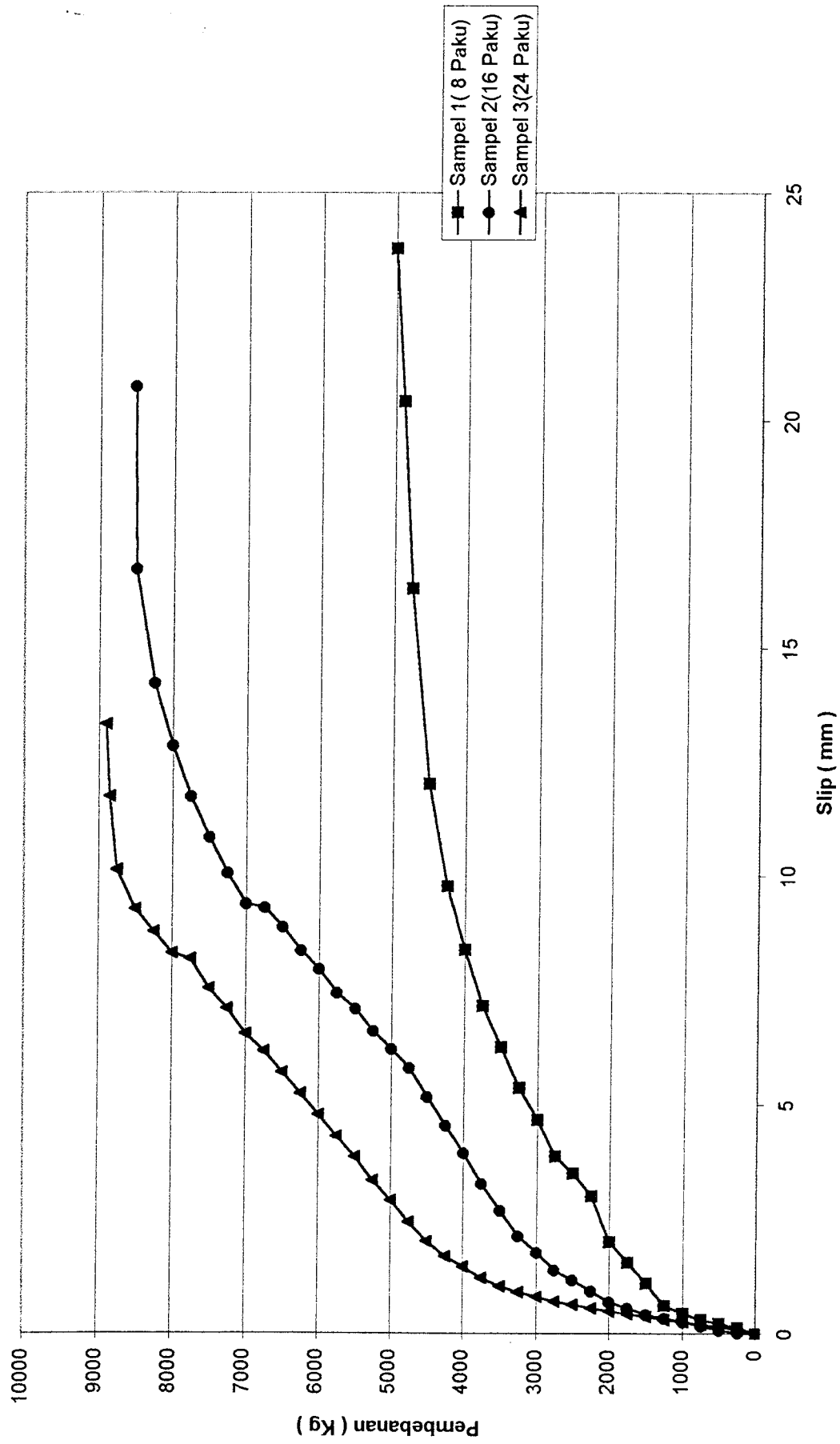
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
								4900	4.61	4.77	4.69
								5000	4.85	5.01	4.93
								5100	5.15	5.22	5.185
								5200	5.33	5.41	5.37
								5300	5.45	5.615	5.5325
								5400	5.69	5.85	5.77
								5500	6.04	6.1	6.07
								5600	6.27	6.32	6.295
								5700	6.43	6.57	6.5
								5800	6.65	6.725	6.6875
								5900	6.34	7.41	6.875
								6830			



Grafik L3.2 Beban - Slip, Paku 2.5", Tebal kayu 20 mm

Tabel L3.3 Hasil uji geser sambungan paku 3", tebal kayu 20 mm

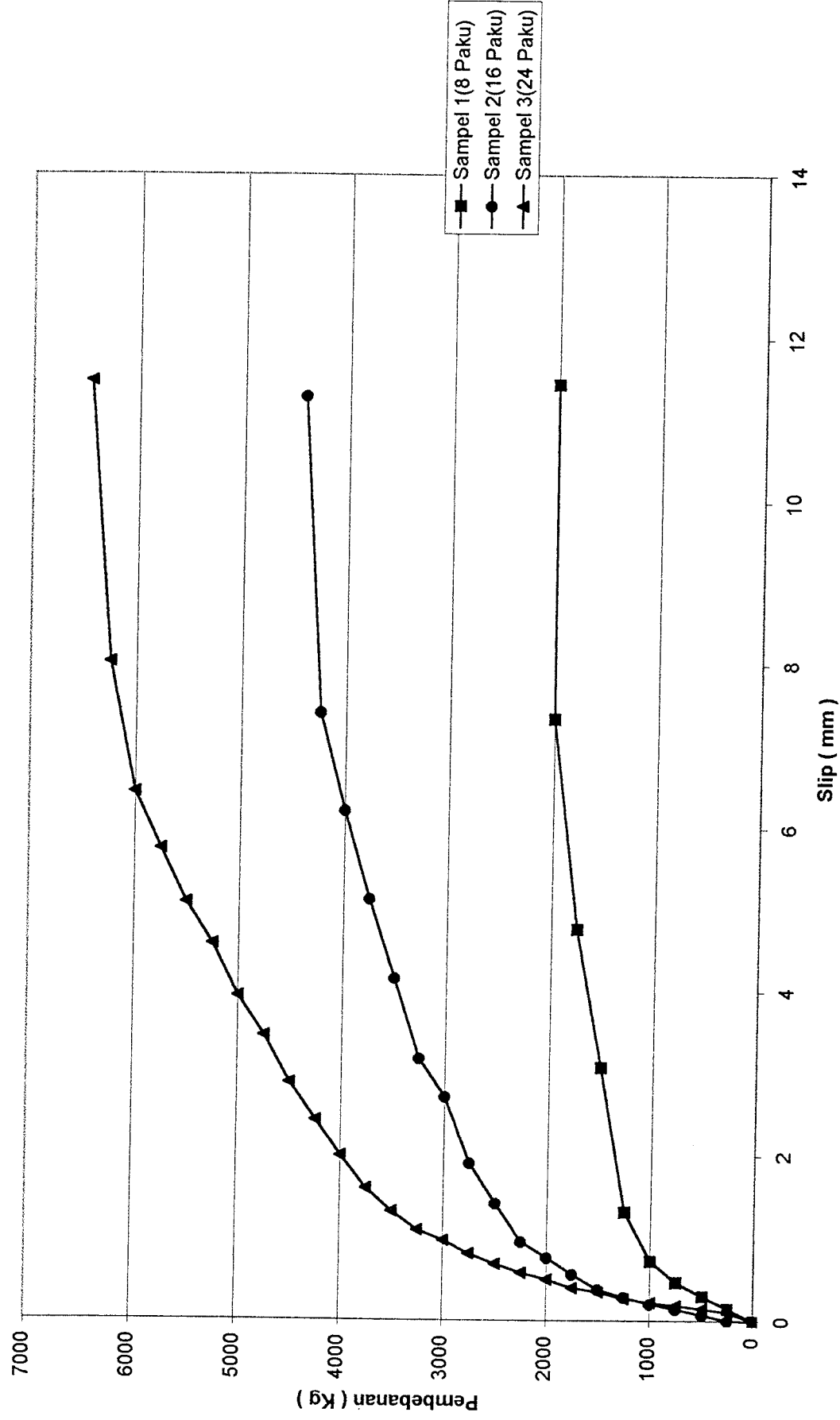
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.01	0.25	0.13	250	0.05	0	0.025	250	0	0.18	0.09
500	0.01	0.45	0.23	500	0.12	0.04	0.08	500	0	0.32	0.16
750	0.03	0.58	0.305	750	0.26	0.08	0.17	750	0	0.41	0.205
1000	0.05	0.83	0.44	1000	0.39	0.12	0.255	1000	0	0.52	0.26
1250	0.15	1.06	0.605	1250	0.49	0.19	0.34	1250	0	0.61	0.305
1500	0.53	1.64	1.085	1500	0.6	0.24	0.42	1500	0	0.74	0.37
1750	0.68	2.41	1.545	1750	0.74	0.36	0.55	1750	0	0.85	0.425
2000	0.78	3.19	1.985	2000	0.93	0.45	0.69	2000	0.02	0.95	0.485
2250	1.73	4.25	2.99	2250	1.27	0.58	0.925	2250	0.04	1.07	0.555
2500	1.94	5.02	3.48	2500	1.54	0.775	1.1575	2500	0.08	1.18	0.63
2750	2.04	5.68	3.86	2750	1.78	0.97	1.375	2750	0.11	1.29	0.7
3000	2.85	6.48	4.665	3000	2.24	1.26	1.75	3000	0.17	1.435	0.8025
3250	3.48	7.25	5.365	3250	2.57	1.65	2.11	3250	0.22	1.57	0.895
3500	4.35	8.15	6.25	3500	3.27	2.07	2.67	3500	0.31	1.74	1.025
3750	5.24	9.06	7.15	3750	3.77	2.74	3.255	3750	0.46	1.94	1.2
4000	6.45	10.29	8.37	4000	4.55	3.315	3.9325	4000	0.69	2.2	1.445
4250	7.88	11.66	9.77	4250	5.05	4.04	4.545	4250	0.91	2.45	1.68
4500	10.04	13.96	12	4500	5.67	4.64	5.155	4500	1.12	2.89	2.005
4750	14.3	18.33	16.315	4750	6.31	5.26	5.785	4750	1.51	3.32	2.415
4875	18.35	22.47	20.41	5000	6.6	5.8	6.2	5000	1.97	3.81	2.89
5000	20.12	27.44	23.78	5250	7.02	6.18	6.6	5250	2.33	4.33	3.33
5250				5500	7.59	6.58	7.085	5500	2.84	4.84	3.84
				5750	7.88	6.99	7.435	5750	3.23	5.37	4.3
				6000	8.48	7.42	7.95	6000	3.72	5.84	4.78
				6250	8.82	7.89	8.355	6250	4.12	6.36	5.24
				6500	9.4	8.335	8.8675	6500	4.55	6.84	5.695
				6750	9.8	8.79	9.295	6750	5	7.315	6.1575
				7000	9.47	9.285	9.3775	7000	5.35	7.74	6.545
				7250	10.26	9.86	10.06	7250	5.92	8.26	7.09
				7500	11.02	10.65	10.835	7500	6.3	8.77	7.535
				7750	11.96	11.49	11.725	7750	6.97	9.37	8.17
				8000	13.25	12.43	12.84	8000	7.03	9.56	8.295
				8250	14.79	13.62	14.205	8250	7.47	10.07	8.77
				8500	17	16.45	16.725	8500	7.98	10.55	9.265
				8525	21.01	20.45	20.73	8750	8.63	11.63	10.13
								8850	11.01	12.44	11.725
								8900	13.06	13.55	13.305



Grafik L3.3 Beban - Slip, Paku 3", Tebal kayu 20 mm

Tabel L3.4 Hasil uji geser sambungan paku 2,5", tebal kayu 25 mm

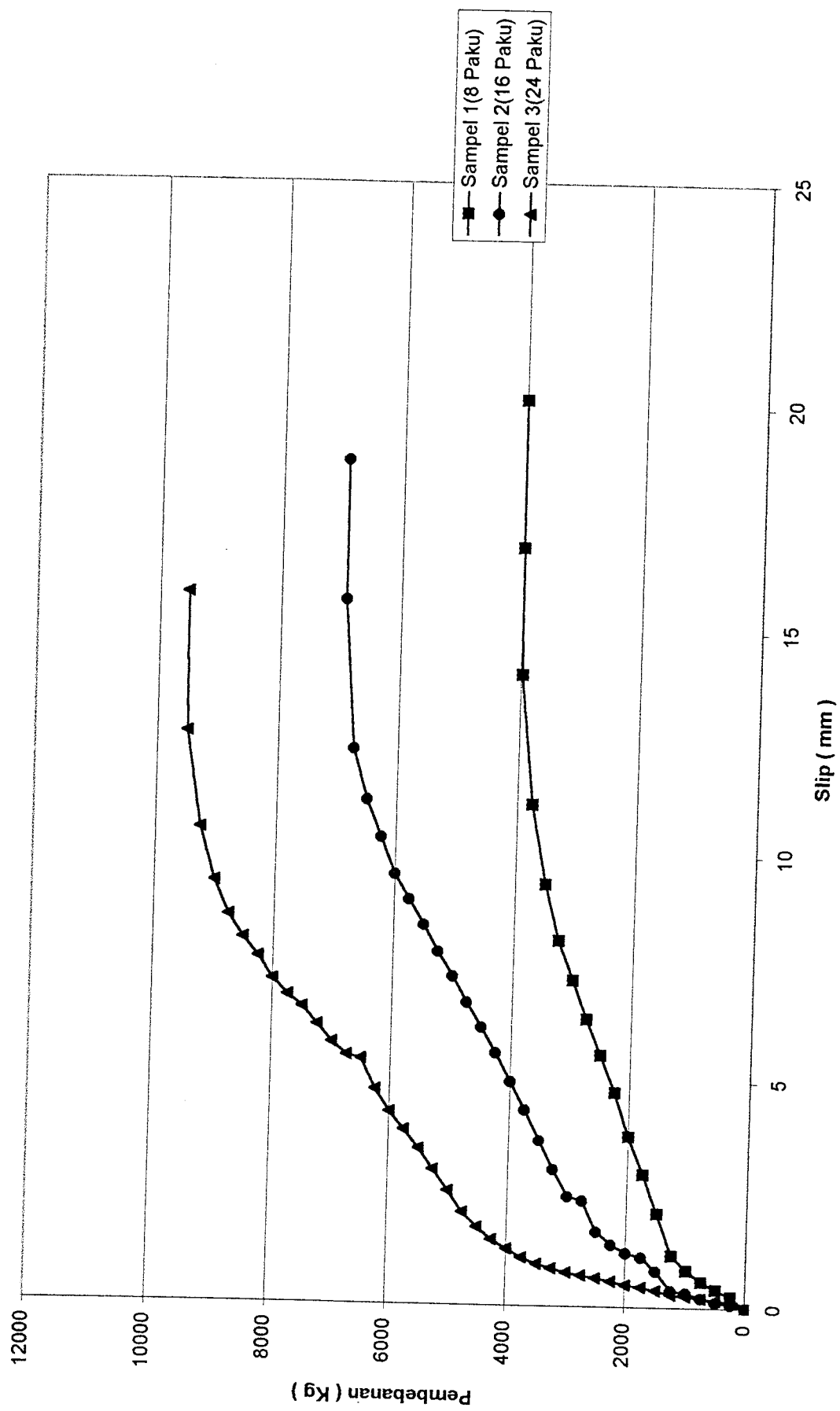
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.25	0.055	0.1525	250	0.01	0.005	0.0075	250	0.15	0.06	0.105
500	0.48	0.12	0.3	500	0.025	0.12	0.0725	500	0.2	0.1	0.15
750	0.72	0.21	0.465	750	0.045	0.24	0.1425	750	0.25	0.12	0.185
1000	1.01	0.43	0.72	1000	0.08	0.33	0.205	1000	0.3	0.145	0.2225
1250	1.77	0.87	1.32	1250	0.13	0.44	0.285	1250	0.36	0.17	0.265
1500	3.56	2.6	3.08	1500	0.2	0.56	0.38	1500	0.49	0.205	0.3475
1750	5.25	4.27	4.76	1750	0.39	0.73	0.56	1750	0.55	0.25	0.4
2000	7.91	6.76	7.335	2000	0.55	0.97	0.76	2000	0.69	0.31	0.5
2000	11.62	11.25	11.435	2250	0.685	1.22	0.9525	2250	0.78	0.38	0.58
				2500	1.1	1.74	1.42	2500	0.92	0.45	0.685
				2750	1.6	2.21	1.905	2750	1.1	0.525	0.8125
				3000	2.35	3.07	2.71	3000	1.3	0.645	0.9725
				3250	2.77	3.59	3.18	3250	1.42	0.77	1.095
				3500	3.72	4.6	4.16	3500	1.68	0.96	1.32
				3750	4.68	5.57	5.125	3750	2.02	1.18	1.6
				4000	5.76	6.66	6.21	4000	2.47	1.52	1.995
				4250	6.94	7.87	7.405	4250	2.97	1.89	2.43
				4425	11.35	11.21	11.28	4500	3.48	2.29	2.885
								4750	4.15	2.77	3.46
								5000	4.65	3.235	3.9425
								5250	5.37	3.78	4.575
								5500	5.88	4.275	5.0775
								5750	6.58	4.9	5.74
								6000	7.35	5.5	6.425
								6250	8.45	7.57	8.01
								6450	11.46	11.46	11.46



Grafik L3.4 Beban - Slip, Paku 2.5", Tebal kayu 25 mm

Tabel L3.5 Hasil uji geser sambungan paku 3", tebal kayu 25 mm

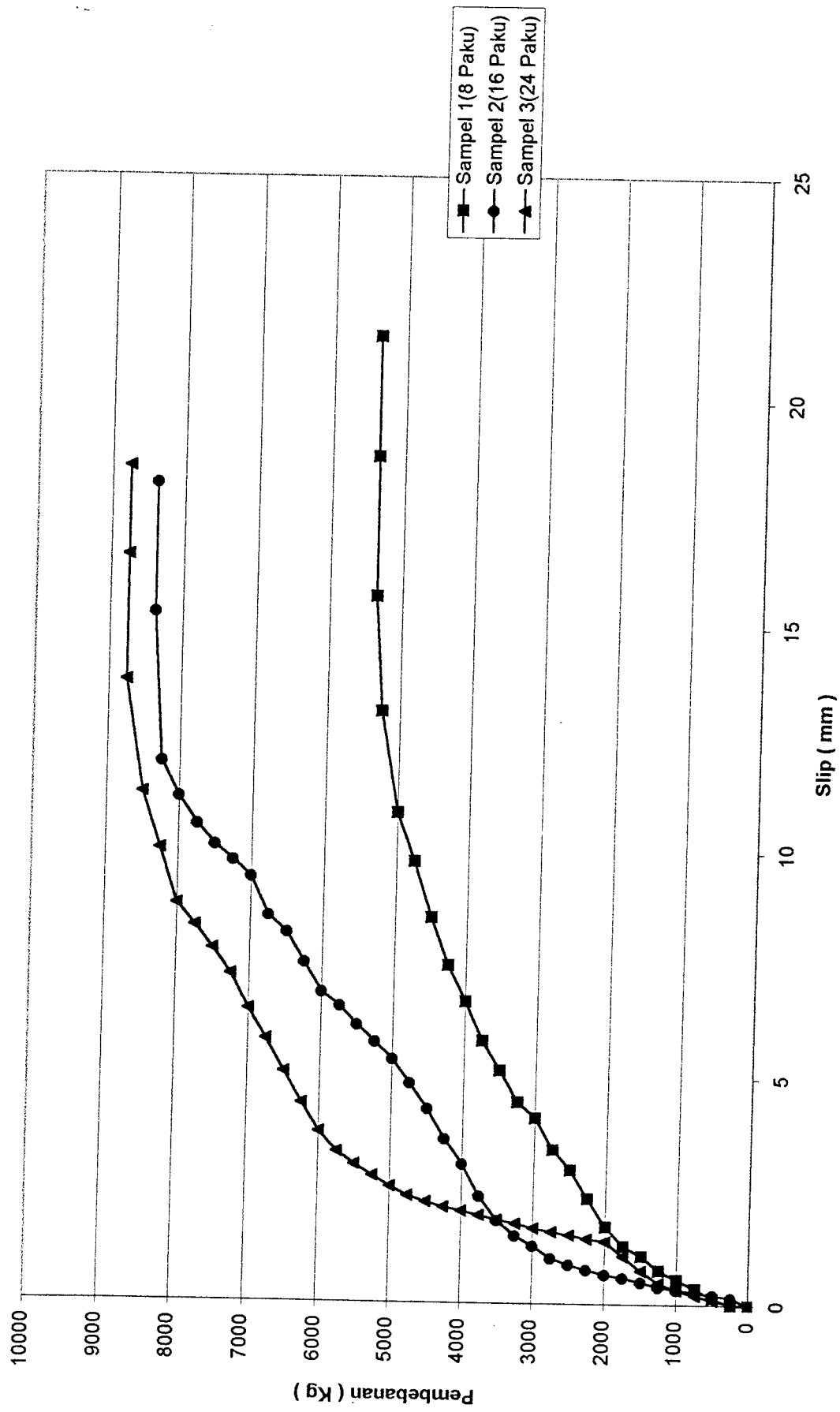
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.02	0.5	0.26	250	0.11	0.06	0.085	250	0.12	0.145	0.1325
500	0.13	0.7	0.415	500	0.18	0.095	0.1375	500	0.165	0.19	0.1775
750	0.28	0.9	0.59	750	0.28	0.16	0.22	750	0.2	0.22	0.21
1000	0.51	1.16	0.835	1000	0.48	0.19	0.335	1000	0.23	0.28	0.255
1250	0.86	1.46	1.16	1250	0.53	0.23	0.38	1250	0.27	0.32	0.295
1500	1.76	2.39	2.075	1500	1.31	0.31	0.81	1500	0.39	0.38	0.385
1750	2.63	3.26	2.945	1750	1.84	0.39	1.115	1750	0.45	0.44	0.445
2000	3.44	4.14	3.79	2000	1.92	0.48	1.2	2000	0.5	0.49	0.495
2250	4.41	5.13	4.77	2250	2.14	0.62	1.38	2250	0.58	0.565	0.5725
2500	5.22	5.95	5.585	2500	2.51	0.81	1.66	2500	0.65	0.63	0.64
2750	6.01	6.73	6.37	2750	2.9	1.8	2.35	2750	0.7	0.69	0.695
3000	6.9	7.55	7.225	3000	3.39	1.48	2.435	3000	0.72	0.79	0.755
3250	7.78	8.42	8.1	3250	4.07	2.01	3.04	3250	0.81	0.87	0.84
3500	9.01	9.72	9.365	3500	4.8	2.56	3.68	3500	0.89	0.97	0.93
3750	10.84	11.45	11.145	3750	5.51	3.18	4.345	3750	1.03	1.11	1.07
3975	14.2	13.85	14.025	4000	6.12	3.84	4.98	4000	1.22	1.3	1.26
3987.5	17.54	16.18	16.86	4250	6.83	4.39	5.61	4250	1.5	1.42	1.46
3987.5	20.82	19.5	20.16	4500	7.37	4.97	6.17	4500	1.715	1.75	1.7325
				4750	7.94	5.48	6.71	4750	2.01	2.11	2.06
				5000	8.58	5.99	7.285	5000	2.51	2.54	2.525
				5250	9.11	6.54	7.825	5250	2.93	3.06	2.995
				5500	9.77	7.06	8.415	5500	3.43	3.47	3.45
				5750	10.32	7.65	8.985	5750	3.81	3.94	3.875
				6000	10.91	8.21	9.56	6000	4.21	4.335	4.2725
				6250	11.81	8.95	10.38	6250	4.715	4.81	4.7625
				6500	12.66	9.76	11.21	6500	5.7	5.19	5.445
				6750	14.27	10.4	12.335	6750	5.51	5.52	5.515
				6925	17.68	13.65	15.665	7000	5.75	5.85	5.8
				6925	20.82	16.72	18.77	7250	6.13	6.23	6.18
								7500	6.58	6.56	6.57
								7750	6.78	6.86	6.82
								8000	7.14	7.2	7.17
								8250	7.69	7.64	7.665
								8500	8.08	8.09	8.085
								8750	8.64	8.53	8.585
								9000	9.43	9.27	9.35
								9250	10.63	10.44	10.535
								9500	13.2	12.13	12.665
								9525	16.22	15.35	15.785



Grafik L3.5 Beban - Slip, Paku 3", Tebal kayu 25 mm

Tabel L3.6 Hasil uji geser sambungan paku 3,5", tebal kayu 25 mm

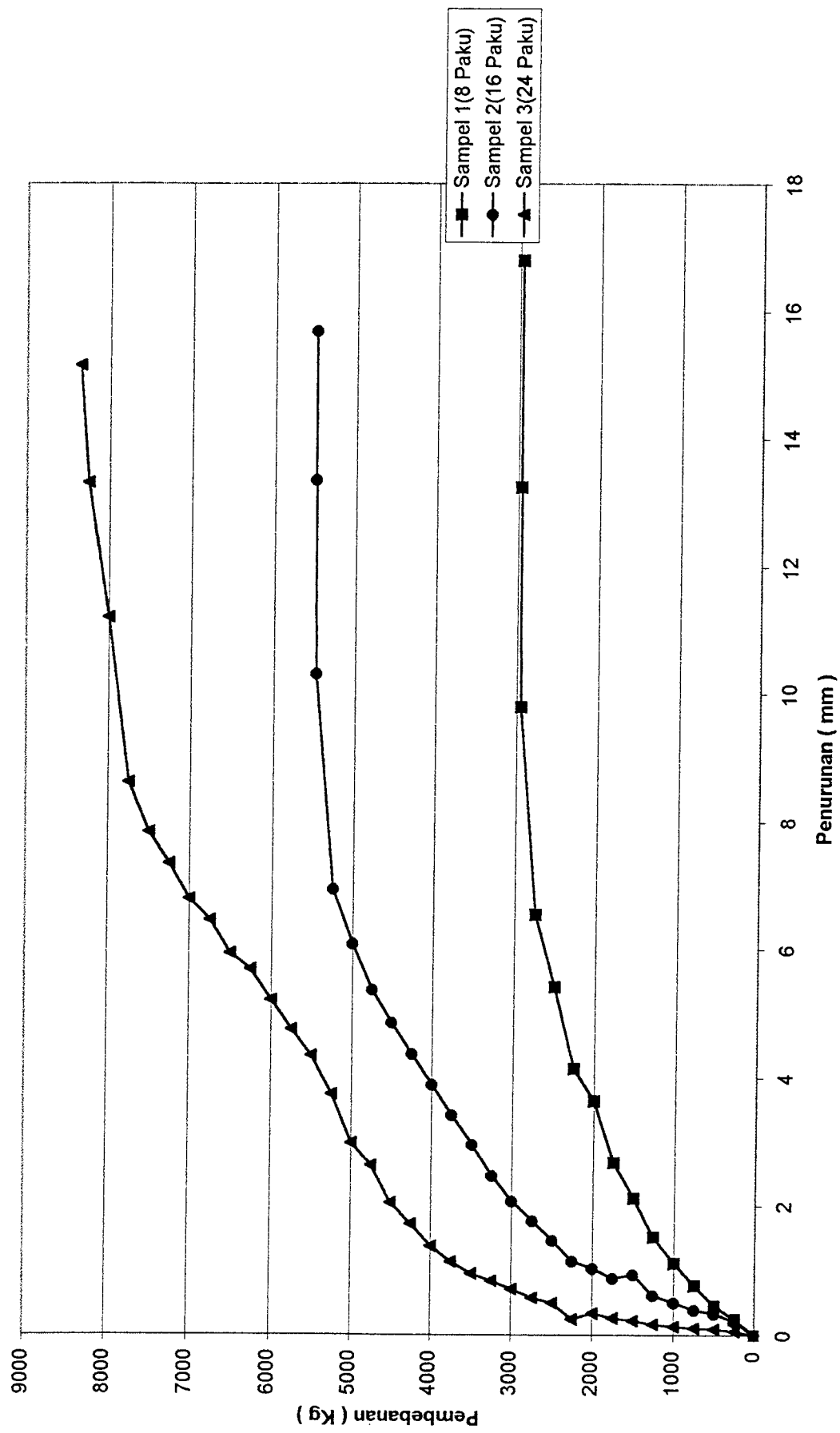
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0	0.01	0.005	250	0.08	0.25	0.165	250	0.015	0.04	0.0275
500	0.06	0.25	0.155	500	0.12	0.33	0.225	500	0.04	0.18	0.11
750	0.23	0.5	0.365	750	0.16	0.395	0.2775	750	0.09	0.33	0.21
1000	0.37	0.73	0.55	1000	0.22	0.465	0.3425	1000	0.16	0.49	0.325
1250	0.52	0.98	0.75	1250	0.26	0.525	0.3925	1250	0.25	0.69	0.47
1500	0.69	1.45	1.07	1500	0.36	0.635	0.4975	1500	0.44	1.04	0.74
1750	0.9	1.67	1.285	1750	0.43	0.73	0.58	1750	0.74	1.38	1.06
2000	1.34	2.08	1.71	2000	0.49	0.81	0.65	2000	1.05	1.705	1.3775
2250	1.85	2.81	2.33	2250	0.57	0.93	0.75	2250	1.15	1.73	1.44
2500	2.46	3.44	2.95	2500	0.69	1.05	0.87	2500	1.29	1.74	1.515
2750	2.83	3.97	3.4	2750	0.82	1.17	0.995	2750	1.42	1.75	1.585
3000	3.62	4.6	4.11	3000	1.14	1.39	1.265	3000	1.54	1.79	1.665
3250	3.79	5.13	4.46	3250	1.39	1.6	1.495	3250	1.69	1.84	1.765
3500	4.48	5.84	5.16	3500	1.71	1.96	1.835	3500	1.78	1.9	1.84
3750	5.04	6.57	5.805	3750	2.31	2.42	2.365	3750	1.89	1.99	1.94
4000	5.86	7.49	6.675	4000	3.01	3.12	3.065	4000	1.99	2.08	2.035
4250	6.62	8.33	7.475	4250	3.59	3.66	3.625	4250	2.045	2.19	2.1175
4500	7.63	9.42	8.525	4500	4.31	4.28	4.295	4500	2.15	2.3	2.225
4750	8.82	10.73	9.775	4750	4.83	4.87	4.85	4750	2.28	2.44	2.36
5000	10.38	11.31	10.845	5000	5.42	5.34	5.38	5000	2.47	2.65	2.56
5250	12.54	13.66	13.1	5250	5.77	5.76	5.765	5250	2.73	2.87	2.8
5350	14.56	16.77	15.665	5350	6.21	6.07	6.14	5500	2.95	3.13	3.04
5362.5	17.61	19.92	18.765	5750	6.59	6.51	6.55	5750	3.17	3.48	3.325
5362.5	20.74	22.13	21.435	6000	6.91	6.79	6.85	6000	3.58	3.97	3.775
				6250	7.83	7.18	7.505	6250	4.17	4.64	4.405
				6500	8.77	7.56	8.165	6500	4.84	5.34	5.09
				6750	8.97	8.11	8.54	6750	5.46	6.16	5.81
				7000	9.16	9.66	9.41	7000	6.08	6.86	6.47
				7250	9.58	9.95	9.765	7250	6.83	7.64	7.235
				7500	9.91	10.3	10.105	7500	7.31	8.29	7.8
				7750	10.12	10.98	10.55	7750	7.82	8.79	8.305
				8000	10.44	11.88	11.16	8000	8.2	9.37	8.785
				8250	11.76	12.1	11.93	8250	9.51	10.51	10.01
				8375	15.18	15.33	15.255	8500	11.13	11.37	11.25
				8375	18.19	18.08	18.135	8750	13.44	14.02	13.73
								8750	16.28	16.77	16.525
								8750	18.32	18.7	18.51



Grafik L3.6 Beban - Slip, Paku 3" , Tebal kayu 25 mm

Tabel L3.7 Hasil uji geser sambungan paku 3", tebal kayu 30 mm

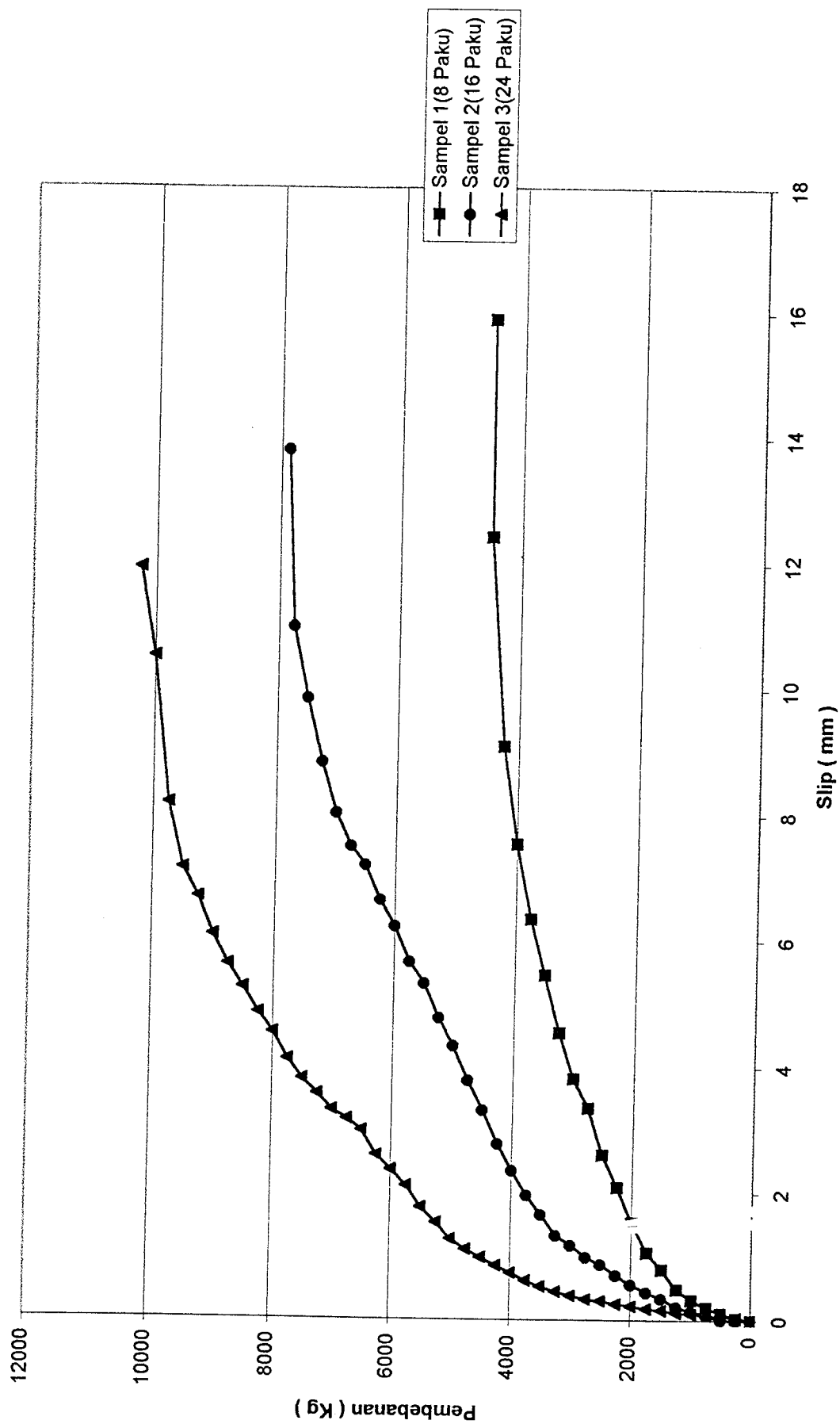
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.45	0.04	0.245	250	0.42	0.02	0.22	250	0.12	0.01	0.065
500	0.83	0.085	0.4575	500	0.63	0.05	0.34	500	0.14	0.045	0.0925
750	1.34	0.205	0.7725	750	0.72	0.06	0.39	750	0.16	0.065	0.1125
1000	1.75	0.48	1.115	1000	0.93	0.08	0.505	1000	0.19	0.09	0.14
1250	2.25	0.79	1.52	1250	1.14	0.1	0.62	1250	0.22	0.12	0.17
1500	2.46	1.78	2.12	1500	1.47	0.4	0.935	1500	0.28	0.17	0.225
1750	2.57	2.78	2.675	1750	1.66	0.11	0.885	1750	0.33	0.205	0.2675
2000	3.45	3.82	3.635	2000	1.86	0.215	1.0375	2000	0.41	0.27	0.34
2250	4.32	3.96	4.14	2250	2.02	0.28	1.15	2250	0.18	0.32	0.25
2500	5.36	5.47	5.415	2500	2.44	0.49	1.465	2500	0.59	0.4	0.495
2750	6.53	6.57	6.55	2750	2.78	0.76	1.77	2750	0.69	0.47	0.58
2950	9.75	9.84	9.795	3000	3.14	1.01	2.075	3000	0.86	0.565	0.7125
2962.5	13.2	13.3	13.25	3250	3.62	1.32	2.47	3250	1.01	0.665	0.8375
2962.5	16.89	16.7	16.795	3500	4.18	1.73	2.955	3500	1.12	0.79	0.955
				3750	4.66	2.17	3.415	3750	1.3	0.97	1.135
				4000	5.14	2.64	3.89	4000	1.57	1.19	1.38
				4250	5.66	3.08	4.37	4250	1.98	1.47	1.725
				4500	6.17	3.54	4.855	4500	2.3	1.81	2.055
				4750	6.72	4.02	5.37	4750	2.95	2.3	2.625
				5000	7.51	4.66	6.085	5000	3.16	2.81	2.985
				5250	8.4	5.49	6.945	5250	4.12	3.36	3.74
				5475	11.82	8.79	10.305	5500	4.77	3.92	4.345
				5487.5	14.94	11.77	13.355	5750	5.16	4.35	4.755
				5487.5	17.4	13.99	15.695	6000	5.62	4.8	5.21
								6250	6.175	5.21	5.6925
								6500	6.47	5.405	5.9375
								6750	6.95	5.975	6.4625
								7000	7.25	6.34	6.795
								7250	7.86	6.835	7.3475
								7500	8.31	7.36	7.835
								7750	9.12	8.105	8.6125
								8000	11.77	10.62	11.195
								8250	13.92	12.7	13.31
								8350	16.18	14.14	15.16



Grafik L3.7 Beban - Slip, Paku 3", Tebal Kayu 30 mm

Tabel L3.8 Hasil uji geser sambungan paku 3,5", tebal kayu 30 mm

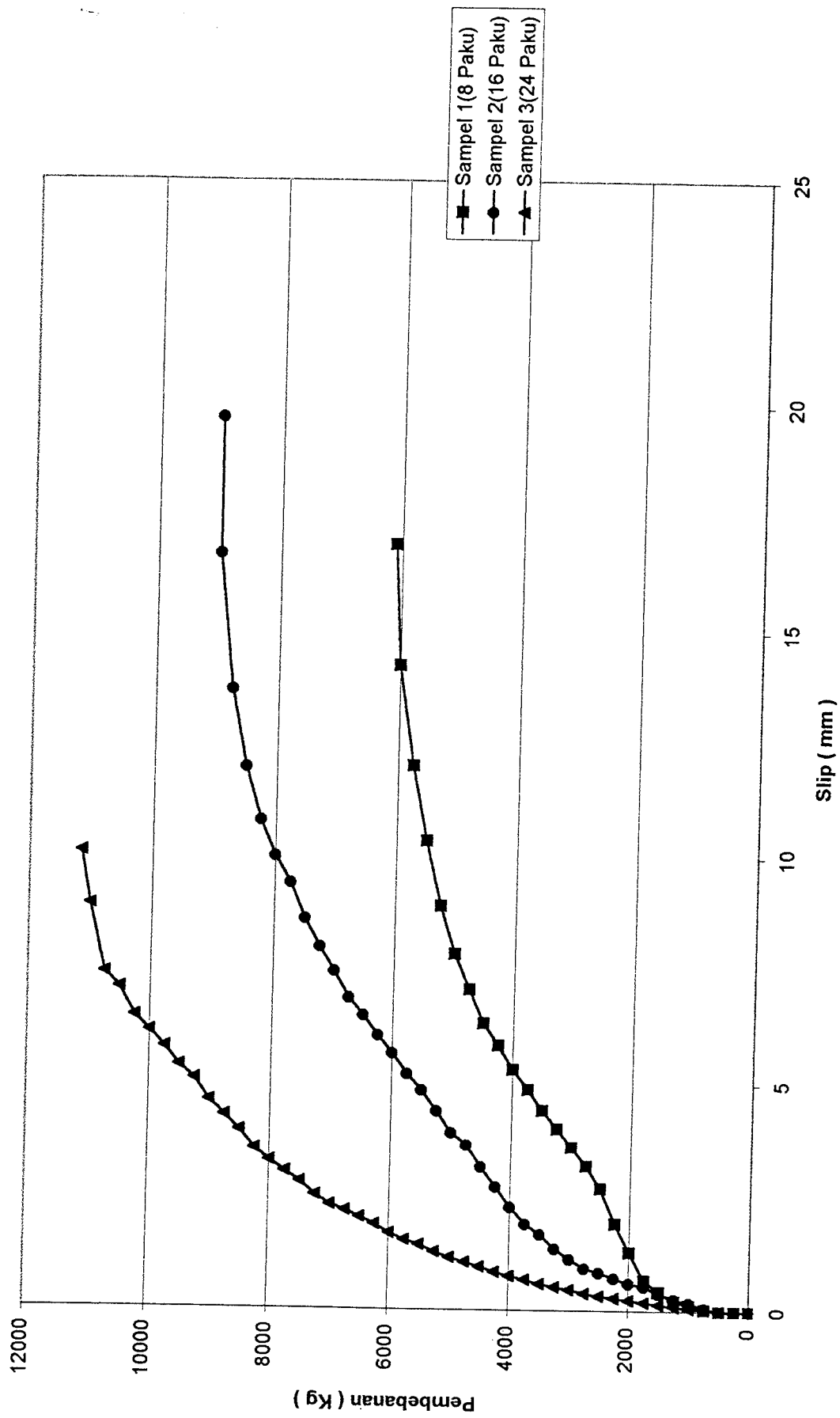
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.015	0.05	0.0325	250	0	0.0005	0.0003	250	0.04	0.05	0.045
500	0.06	0.17	0.115	500	0.015	0.002	0.0085	500	0.045	0.085	0.065
750	0.12	0.28	0.2	750	0.06	0.11	0.085	750	0.055	0.11	0.0825
1000	0.24	0.4	0.32	1000	0.09	0.195	0.1425	1000	0.07	0.145	0.1075
1250	0.45	0.54	0.495	1250	0.15	0.285	0.2175	1250	0.08	0.17	0.125
1500	0.78	0.83	0.805	1500	0.27	0.42	0.345	1500	0.105	0.215	0.16
1750	1.02	1.11	1.065	1750	0.36	0.525	0.4425	1750	0.125	0.245	0.185
2000	1.58	1.51	1.545	2000	0.475	0.65	0.5625	2000	0.155	0.3	0.2275
2250	2.14	2.07	2.105	2250	0.62	0.8	0.71	2250	0.185	0.34	0.2625
2500	2.81	2.44	2.625	2500	0.825	0.945	0.885	2500	0.225	0.385	0.305
2750	3.51	3.22	3.365	2750	0.925	1.06	0.9925	2750	0.25	0.42	0.335
3000	3.52	4.14	3.83	3000	1.08	1.28	1.18	3000	0.305	0.48	0.3925
3250	4.23	4.87	4.55	3250	1.165	1.5	1.3325	3250	0.36	0.54	0.45
3500	5.16	5.75	5.455	3500	1.48	1.85	1.665	3500	0.44	0.625	0.5325
3750	6.08	6.61	6.345	3750	1.8	2.15	1.975	3750	0.53	0.71	0.62
4000	7.31	7.78	7.545	4000	2.125	2.6	2.3625	4000	0.69	0.805	0.7475
4250	8.91	9.29	9.1	4250	2.52	3.06	2.79	4250	0.81	0.91	0.86
4487.5	12.32	12.54	12.43	4500	3.07	3.59	3.33	4500	0.94	1.04	0.99
4487.5	15.91	15.9	15.905	4750	3.475	4.12	3.7975	4750	1.035	1.2	1.1175
				5000	4.035	4.64	4.3375	5000	1.18	1.375	1.2775
				5250	4.41	5.14	4.775	5250	1.44	1.63	1.535
				5500	4.98	5.66	5.32	5500	1.72	1.845	1.7825
				5750	5.26	6.06	5.66	5750	2.03	2.21	2.12
				6000	5.86	6.59	6.225	6000	2.27	2.48	2.375
				6250	6.22	7.07	6.645	6250	2.5	2.705	2.6025
				6500	6.815	7.585	7.2	6500	2.935	3.07	3.0025
				6750	7.08	7.92	7.5	6750	3.08	3.28	3.18
				7000	7.58	8.48	8.03	7000	3.22	3.425	3.3225
				7250	8.34	9.33	8.835	7250	3.47	3.69	3.58
				7500	9.32	10.38	9.85	7500	3.7	3.93	3.815
				7750	9.965	12.04	11.003	7750	4.01	4.23	4.12
				7862.5	12.63	14.99	13.81	8000	4.42	4.655	4.5375
								8250	4.76	4.93	4.845
								8500	5.12	5.37	5.245
								8750	5.48	5.73	5.605
								9000	5.99	6.17	6.08
								9250	6.55	6.825	6.6875
								9500	7.03	7.27	7.15
								9750	8.025	8.325	8.175
								10000	10.18	10.825	10.503
								10250	11.57	12.28	11.925



Grafik L3.8 Beban - Slip, Paku 3,5", Tebal kayu 30 mm

Tabel L3.9 Hasil uji geser sambungan paku 4", tebal kayu 30 mm

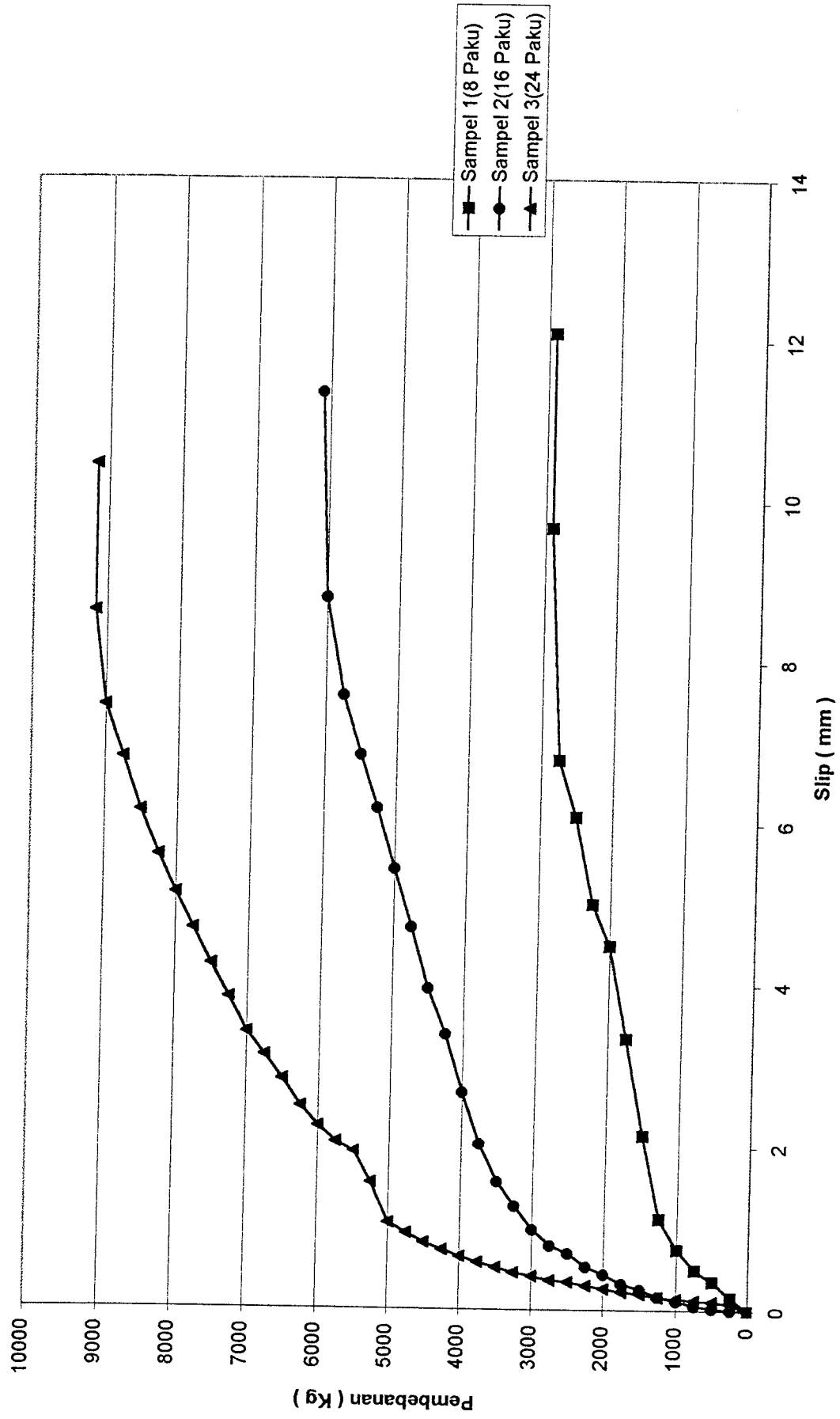
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0	0	0	250	0	0	0	250	0	0	0
500	0	0	0	500	0	0.005	0.0025	500	0.025	0	0.0125
750	0.05	0.035	0.0425	750	0.065	0.1	0.0825	750	0.06	0.02	0.04
1000	0.13	0.13	0.13	1000	0.16	0.22	0.19	1000	0.09	0.045	0.0675
1250	0.215	0.225	0.22	1250	0.24	0.305	0.2725	1250	0.13	0.075	0.1025
1500	0.45	0.405	0.4275	1500	0.37	0.41	0.39	1500	0.185	0.11	0.1475
1750	0.81	0.545	0.6775	1750	0.54	0.535	0.5375	1750	0.24	0.15	0.195
2000	1.8	0.79	1.295	2000	0.65	0.565	0.6075	2000	0.289	0.18	0.2345
2250	2.72	1.125	1.9225	2250	0.77	0.66	0.715	2250	0.35	0.22	0.285
2500	3.73	1.67	2.7	2500	0.9	0.795	0.8475	2500	0.405	0.255	0.33
2750	4.34	2.05	3.195	2750	0.97	0.905	0.9375	2750	0.47	0.3	0.385
3000	4.85	2.36	3.605	3000	1.17	1.095	1.1325	3000	0.545	0.37	0.4575
3250	5.36	2.66	4.01	3250	1.42	1.31	1.365	3250	0.605	0.42	0.5125
3500	5.82	3.01	4.415	3500	1.78	1.56	1.67	3500	0.68	0.49	0.585
3750	6.34	3.42	4.88	3750	1.97	1.825	1.8975	3750	0.74	0.61	0.675
4000	6.83	3.8	5.315	4000	2.36	2.18	2.27	4000	0.825	0.68	0.7525
4250	7.46	4.24	5.85	4250	2.85	2.58	2.715	4250	0.925	0.765	0.845
4500	7.95	4.71	6.33	4500	3.27	3.05	3.16	4500	1.04	0.86	0.95
4750	8.79	5.36	7.075	4750	3.81	3.47	3.64	4750	1.17	0.945	1.0575
5000	9.65	6.06	7.855	5000	4.05	3.78	3.915	5000	1.325	1	1.1625
5250	10.78	7.05	8.915	5250	4.57	4.2	4.385	5250	1.47	1.1	1.285
5500	12.25	8.45	10.35	5500	5.01	4.68	4.845	5500	1.64	1.24	1.44
5750	13.99	10.05	12.02	5750	5.38	5.02	5.2	5750	1.76	1.33	1.545
6000	15.82	12.67	14.245	6000	5.87	5.43	5.65	6000	1.905	1.47	1.6875
6100	18.46	15.4	16.93	6250	6.24	5.865	6.0525	6250	2.07	1.69	1.88
				6500	6.75	6.22	6.485	6500	2.223	1.85	2.0365
				6750	7.08	6.665	6.8725	6750	2.39	1.97	2.18
				7000	7.71	7.2	7.455	7000	2.54	2.08	2.31
				7250	8.21	7.77	7.99	7250	2.75	2.28	2.515
				7500	8.88	8.35	8.615	7500	3	2.62	2.81
				7750	9.68	9.14	9.41	7750	3.22	2.85	3.035
				8000	10.22	9.77	9.995	8000	3.485	3.06	3.2725
				8250	11.02	10.55	10.785	8250	3.76	3.33	3.545
				8500	12.19	11.74	11.965	8500	4.12	3.78	3.95
				8750	13.91	13.44	13.675	8750	4.46	4.08	4.27
				8975	16.92	16.46	16.69	9000	4.79	4.41	4.6
				8975	19.92	19.51	19.715	9250	5.21	4.92	5.065
								9500	5.55	5.17	5.33
								9750	5.9	5.63	5.765
								10000	6.26	5.98	6.12
								10250	6.625	6.26	6.4425
								10500	7.18	6.93	7.055
								10750	7.57	7.225	7.3975
								11000	9.05	8.76	8.905
								11150	10.35	9.8	10.075



Grafik L3.9 Beban - Slip, Paku 4", Tebal kayu 30 mm

Tabel L3.10 Hasil uji geser sambungan paku 3,5", tebal kayu 35 mm

Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.09	0.24	0.165	250	0.01	0.015	0.0125	250	0.03	0.14	0.085
500	0.18	0.54	0.36	500	0.04	0.017	0.0285	500	0.045	0.18	0.1125
750	0.21	0.79	0.5	750	0.11	0.02	0.065	750	0.045	0.21	0.1275
1000	0.37	1.13	0.75	1000	0.2	0.045	0.1225	1000	0.045	0.245	0.145
1250	0.66	1.59	1.125	1250	0.29	0.05	0.17	1250	0.045	0.28	0.1625
1500	1.47	2.83	2.15	1500	0.44	0.075	0.2575	1500	0.065	0.335	0.2
1750	2.45	4.25	3.35	1750	0.56	0.09	0.325	1750	0.075	0.375	0.225
2000	3.21	5.77	4.49	2000	0.77	0.11	0.44	2000	0.085	0.44	0.2625
2250	3.39	6.63	5.01	2250	0.93	0.14	0.535	2250	0.1	0.5	0.3
2500	4.37	7.81	6.09	2500	1.08	0.32	0.7	2500	0.12	0.57	0.345
2750	5.07	8.52	6.795	2750	1.19	0.4	0.795	2750	0.13	0.605	0.3675
2900	7.71	11.64	9.675	3000	1.41	0.56	0.985	3000	0.15	0.685	0.4175
2900	10.03	14.17	12.1	3250	1.75	0.8	1.275	3250	0.17	0.75	0.46
				3500	2.03	1.11	1.57	3500	0.205	0.84	0.5225
				3750	2.52	1.56	2.04	3750	0.24	0.93	0.585
				4000	3.18	2.17	2.675	4000	0.28	1.025	0.6525
				4250	3.96	2.82	3.39	4250	0.33	1.145	0.7375
				4500	4.5	3.42	3.96	4500	0.38	1.265	0.8225
				4750	5.26	4.17	4.715	4750	0.45	1.42	0.935
				5000	6.02	4.86	5.44	5000	0.535	1.59	1.0625
				5250	6.83	5.55	6.19	5250	1.315	1.795	1.555
				5500	7.49	6.22	6.855	5500	1.85	2.03	1.94
				5750	8.22	6.94	7.58	5750	1.935	2.175	2.055
				6000	9.54	8.07	8.805	6000	2.045	2.455	2.25
				6100	12.2	10.52	11.36	6250	2.24	2.75	2.495
								6500	2.53	3.13	2.83
								6750	2.83	3.43	3.13
								7000	3.04	3.78	3.41
								7250	3.41	4.27	3.84
								7500	3.81	4.68	4.245
								7750	4.17	5.21	4.69
								8000	4.59	5.675	5.1325
								8250	5.045	6.15	5.5975
								8500	5.52	6.77	6.145
								8750	6.135	7.48	6.8075
								9000	6.195	8.69	7.4425
								9150	6.98	10.26	8.62
								9150	8.51	12.37	10.44

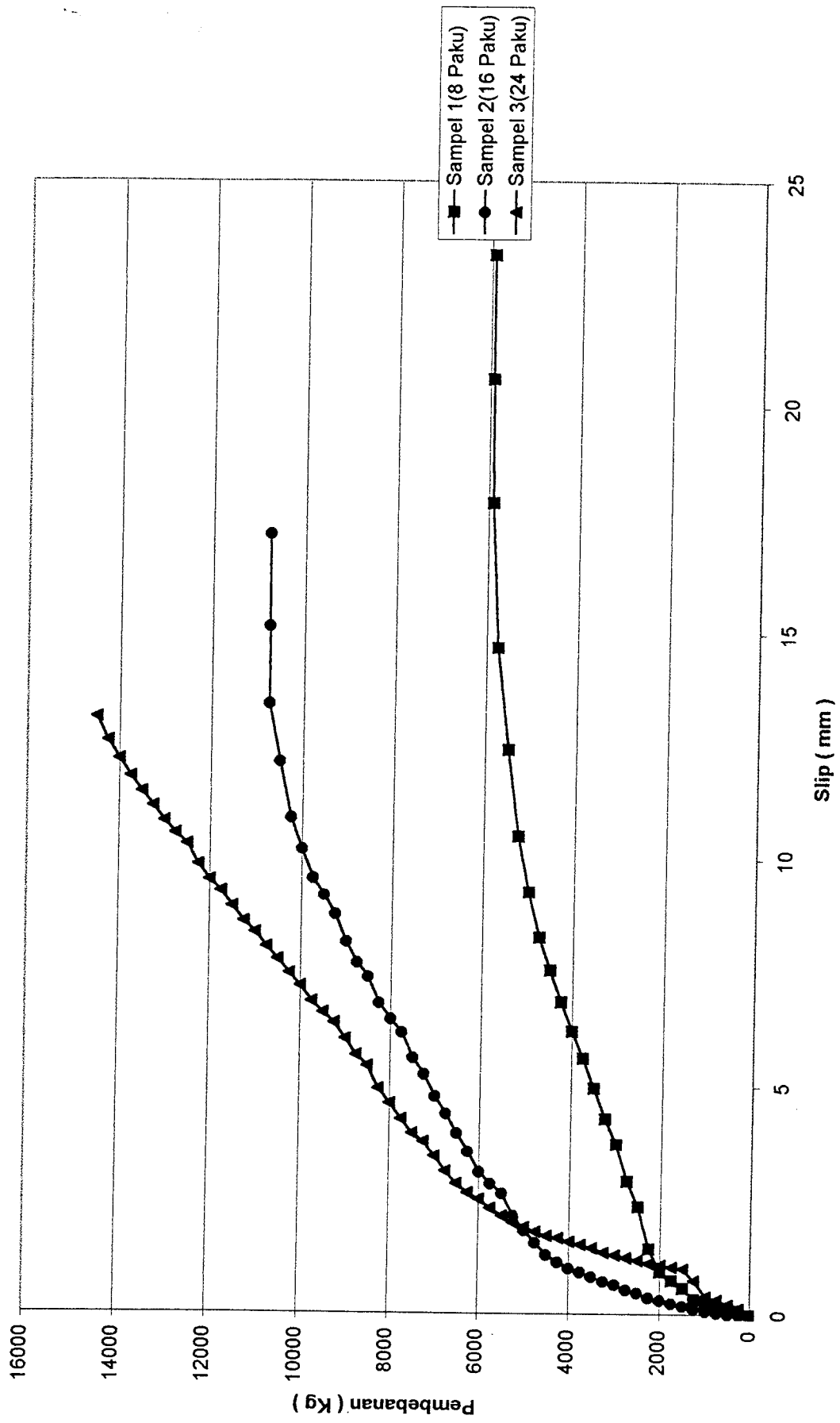


Grafik L3.10 Beban - Slip, Paku 3,5', Tebal kayu 35mm

Tabel L3.11 Hasil uji geser sambungan paku 4", tebal kayu 35 mm

Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.19	0.005	0.0975	250	0	0	0	250	0.27	0.02	0.145
500	0.24	0.03	0.135	500	0	0.015	0.0075	500	0.43	0.03	0.23
750	0.295	0.07	0.1825	750	0.025	0.055	0.04	750	0.62	0.035	0.3275
1000	0.36	0.135	0.2475	1000	0.065	0.1	0.0825	1000	0.74	0.04	0.39
1250	0.45	0.235	0.3425	1250	0.11	0.14	0.125	1250	1.44	0.045	0.7425
1500	0.715	0.44	0.5775	1500	0.175	0.21	0.1925	1500	1.95	0.055	1.0025
1750	0.87	0.615	0.7425	1750	0.23	0.265	0.2475	1750	2	0.06	1.03
2000	0.91	0.95	0.93	2000	0.3	0.335	0.3175	2000	2.08	0.07	1.075
2250	1.44	1.44	1.44	2250	0.36	0.39	0.375	2250	2.15	0.085	1.1175
2500	2.415	2.315	2.365	2500	0.46	0.475	0.4675	2500	2.26	0.105	1.1825
2750	2.97	2.87	2.92	2750	0.54	0.54	0.54	2750	2.34	0.125	1.2325
3000	3.82	3.645	3.7325	3000	0.695	0.615	0.655	3000	2.43	0.155	1.2925
3250	4.35	4.24	4.295	3250	0.77	0.675	0.7225	3250	2.52	0.185	1.3525
3500	5.03	4.915	4.9725	3500	0.89	0.76	0.825	3500	2.67	0.225	1.4475
3750	5.72	5.51	5.615	3750	0.99	0.845	0.9175	3750	2.76	0.27	1.515
4000	6.27	6.14	6.205	4000	1.065	0.945	1.005	4000	2.85	0.32	1.585
4250	6.92	6.775	6.8475	4250	1.215	1.05	1.1325	4250	2.94	0.38	1.66
4500	7.66	7.43	7.545	4500	1.405	1.185	1.295	4500	2.975	0.445	1.71
4750	8.35	8.2	8.275	4750	1.74	1.395	1.5675	4750	3.07	0.52	1.795
5000	9.36	9.18	9.27	5000	2	1.665	1.8325	5000	3.18	0.61	1.895
5250	10.65	10.37	10.51	5250	2.335	1.975	2.155	5250	3.3	0.71	2.005
5500	12.57	12.27	12.42	5500	2.89	2.39	2.64	5500	3.46	0.835	2.1475
5750	14.87	14.49	14.68	5750	3.08	2.62	2.85	5750	3.67	0.96	2.315
5900	18.05	17.7	17.875	6000	3.34	2.89	3.115	6000	3.88	1.15	2.515
5925	20.92	20.33	20.625	6250	3.88	3.24	3.56	6250	3.99	1.315	2.6525
5925	24.13	22.6	23.365	6500	4.27	3.66	3.965	6500	4.2	1.52	2.86
				6750	4.76	4.02	4.39	6750	4.48	1.77	3.125
				7000	5.13	4.42	4.775	7000	4.87	2.04	3.455
				7250	5.68	4.84	5.26	7250	5.16	2.39	3.775
				7500	6.025	5.21	5.6175	7500	5.35	2.56	3.955
				7750	6.72	5.63	6.175	7750	5.72	2.82	4.27
				8000	6.94	5.98	6.46	8000	6.04	3.21	4.625
				8250	7.27	6.36	6.815	8250	6.37	3.52	4.945
				8500	7.92	6.86	7.39	8500	6.93	3.95	5.44
				8750	8.19	7.2	7.695	8750	7.13	4.23	5.68
				9000	8.72	7.61	8.165	9000	7.49	4.57	6.03
				9250	9.29	8.24	8.765	9250	7.89	4.86	6.375
				9500	9.78	8.62	9.2	9500	8.08	5.12	6.6
				9750	10.12	9.03	9.575	9750	8.33	5.36	6.845
				10000	10.82	9.62	10.22	10000	8.72	5.64	7.18
				10250	11.46	10.34	10.9	10250	8.98	5.94	7.46
				10500	12.77	11.52	12.145	10500	9.29	6.25	7.77
				10750	13.01	13.83	13.42	10750	9.63	6.46	8.045
				10762	14.77	15.51	15.14	11000	9.955	6.78	8.3675
				10762	16.78	17.55	17.165	11250	10.17	7.06	8.615
								11500	10.51	7.37	8.94
								11750	10.92	7.65	9.285
								12000	11.12	7.94	9.53

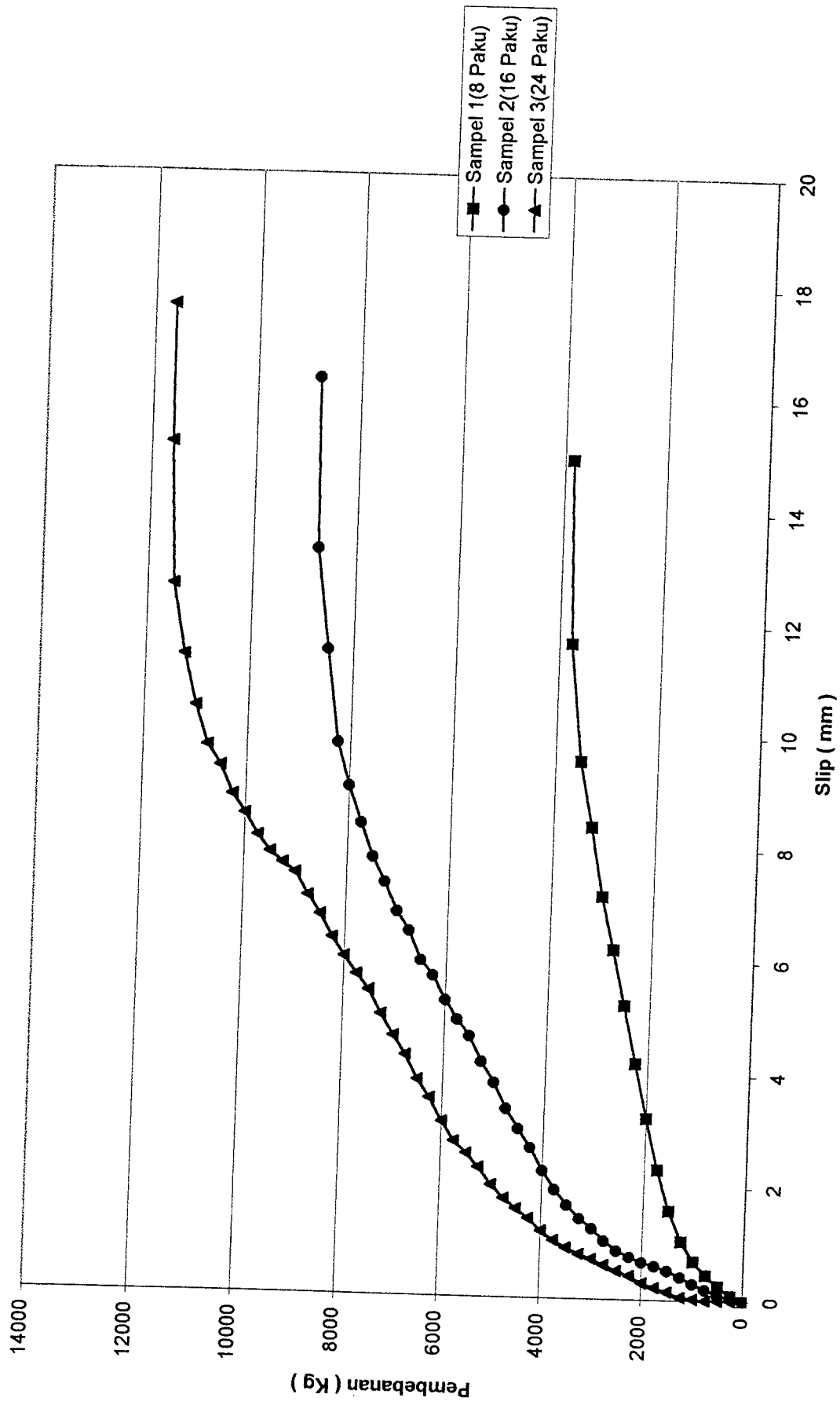
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
								12250	11.47	8.27	9.87
								12500	11.97	8.66	10.315
								12750	12.18	8.925	10.553
								13000	12.44	9.2	10.82
								13250	12.83	9.48	11.155
								13500	13.11	9.83	11.47
								13750	13.44	10.16	11.8
								14000	13.88	10.5	12.19
								14250	14.24	10.94	12.59
								14500	14.81	11.4	13.105
								15125			



Grafik L3.11 Beban - Slip, Paku 4", Tebal kayu 35 mm

Tabel L3.12 Hasil uji geser sambungan paku 4", tebal kayu 40 mm

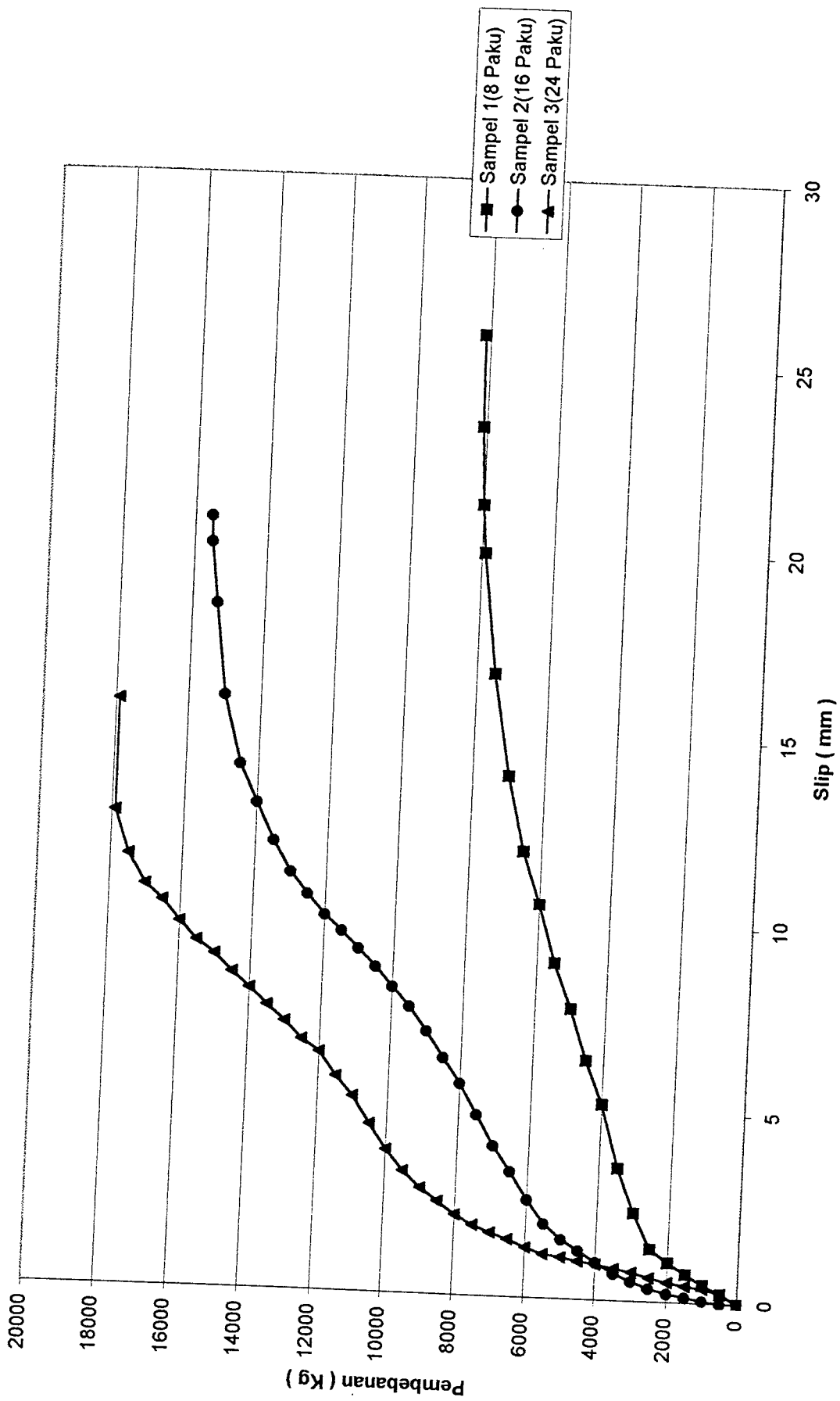
Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0.01	0.19	0.1	250	0.11	0	0.055	250	0.01	0	0.005
500	0.1	0.435	0.2675	500	0.22	0.01	0.115	500	0.01	0	0.005
750	0.245	0.68	0.4625	750	0.4	0.02	0.21	750	0.015	0	0.0075
1000	0.46	0.95	0.705	1000	0.59	0.025	0.3075	1000	0.08	0	0.04
1250	0.82	1.28	1.05	1250	0.81	0.04	0.425	1250	0.12	0	0.06
1500	1.28	1.91	1.595	1500	1.01	0.05	0.53	1500	0.3	0.005	0.1525
1750	1.995	2.64	2.3175	1750	1.15	0.08	0.615	1750	0.42	0.025	0.2225
2000	2.87	3.61	3.24	2000	1.26	0.09	0.675	2000	0.54	0.08	0.31
2250	3.79	4.63	4.21	2250	1.42	0.1	0.76	2250	0.72	0.135	0.4275
2500	4.77	5.7	5.235	2500	1.62	0.12	0.87	2500	0.83	0.195	0.5125
2750	5.72	6.72	6.22	2750	1.89	0.2	1.045	2750	0.95	0.27	0.61
3000	6.64	7.69	7.165	3000	2.15	0.37	1.26	3000	1.08	0.36	0.72
3250	7.83	8.96	8.395	3250	2.35	0.51	1.43	3250	1.15	0.45	0.8
3500	8.98	10.14	9.56	3500	2.64	0.69	1.665	3500	1.27	0.55	0.91
3750	11.01	12.32	11.665	3750	2.99	0.88	1.935	3750	1.4	0.66	1.03
3825	14.24	15.67	14.955	4000	3.33	1.2	2.265	4000	1.59	0.805	1.1975
				4250	3.82	1.53	2.675	4250	1.86	0.96	1.41
				4500	4.165	1.85	3.0075	4500	2.05	1.12	1.585
				4750	4.53	2.2	3.365	4750	2.2	1.315	1.7575
				5000	5.07	2.57	3.82	5000	2.45	1.535	1.9925
				5250	5.42	2.96	4.19	5250	2.82	1.79	2.305
				5500	5.93	3.34	4.635	5500	3.08	2.03	2.555
				5750	6.2	3.65	4.925	5750	3.26	2.27	2.765
				6000	6.56	3.98	5.27	6000	3.62	2.605	3.1125
				6250	7.05	4.34	5.695	6250	4.07	2.97	3.52
				6500	7.32	4.61	5.965	6500	4.35	3.34	3.845
				6750	7.89	5.09	6.49	6750	4.83	3.72	4.275
				7000	8.22	5.45	6.835	7000	5.13	4.11	4.62
				7250	8.81	5.9	7.355	7250	5.5	4.5	5
				7500	9.24	6.35	7.795	7500	5.97	4.875	5.4225
				7750	9.92	6.87	8.395	7750	6.2	5.19	5.695
				8000	10.58	7.52	9.05	8000	6.51	5.515	6.0125
				8250	11.39	8.26	9.825	8250	6.89	5.81	6.35
				8500	13.16	9.81	11.485	8500	7.23	6.265	6.7475
				8750	14.51	12.07	13.29	8750	7.56	6.62	7.09
				8800	17.18	15.5	16.34	9000	8.01	6.97	7.49
								9250	8.13	7.185	7.6575
								9500	8.32	7.38	7.85
								9750	8.61	7.66	8.135
								10000	9.045	7.99	8.5175
								10250	9.34	8.365	8.8525
								10500	9.92	8.82	9.37
								10750	10.23	9.22	9.725
								11000	10.97	9.875	10.423
								11250	11.87	10.81	11.34
								11500	13.1	12.12	12.61
								11600	15.52	14.77	15.145
								11613	17.23	17.97	17.6



Grafik L3.12 Beban - Slip, Paku 4" , Tebal kayu 40 mm

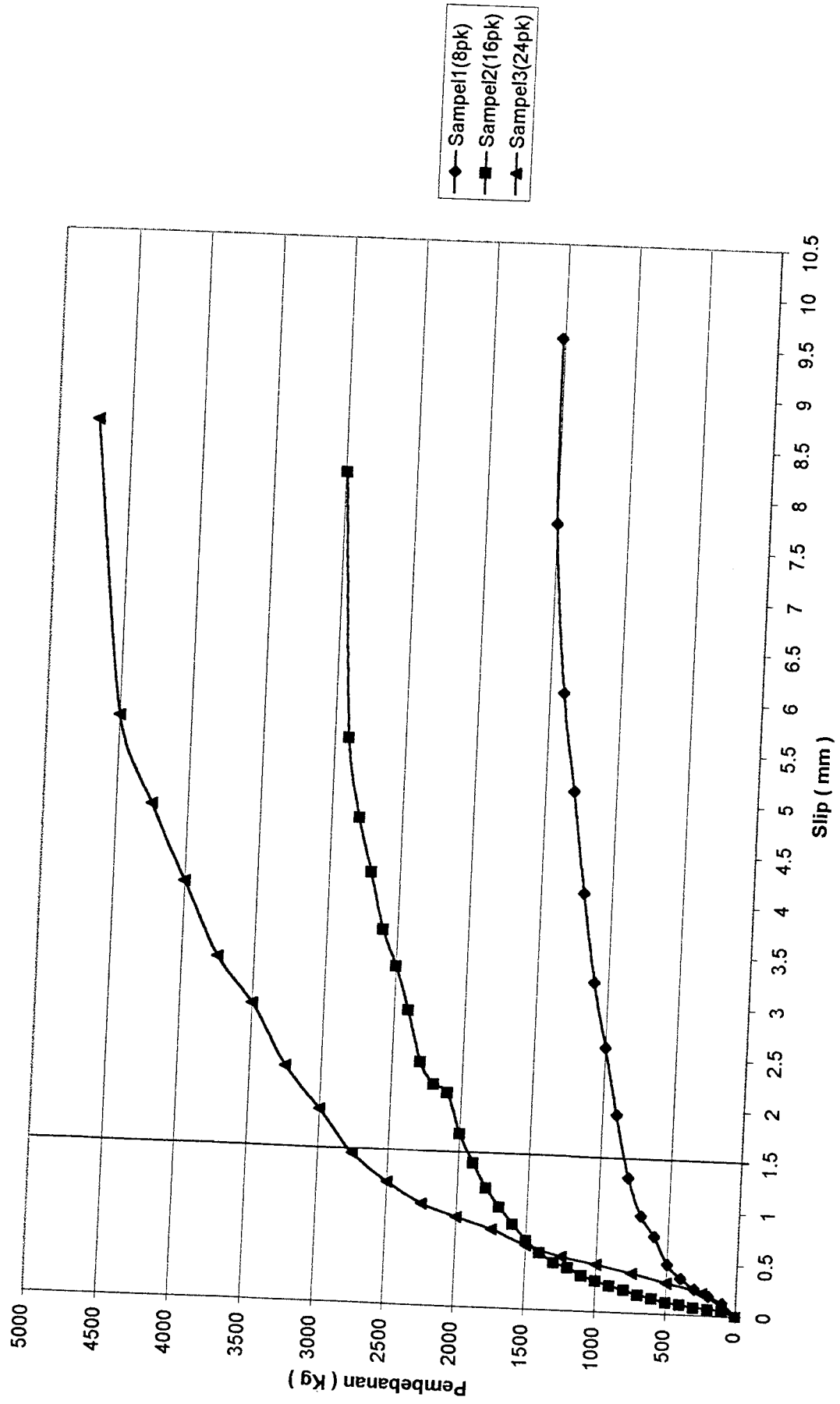
Tabel L3.13 Hasil uji geser sambungan paku 5", tebal kayu 40 mm

Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	0.13	0.38	0.255	500	0.01	0	0.005	500	0.53	0	0.265
1000	0.235	0.74	0.4875	1000	0.075	0.065	0.07	1000	0.77	0	0.385
1500	0.45	1.07	0.76	1500	0.125	0.17	0.1475	1500	0.89	0	0.445
2000	0.67	1.43	1.05	2000	0.16	0.31	0.235	2000	1.06	0	0.53
2500	0.915	1.88	1.3975	2500	0.23	0.47	0.35	2500	1.26	0	0.63
3000	1.78	2.92	2.35	3000	0.36	0.7	0.53	3000	1.54	0	0.77
3500	2.83	4.21	3.52	3500	0.51	0.93	0.72	3500	1.69	0.015	0.8525
4000	4.48	5.96	5.22	4000	0.77	1.23	1	4000	1.81	0.065	0.9375
4500	5.66	7.11	6.385	4500	1.01	1.57	1.29	4500	1.88	0.13	1.005
5000	6.94	8.57	7.755	5000	1.19	1.96	1.575	5000	2.03	0.18	1.105
5500	8.14	9.8	8.97	5500	1.52	2.45	1.985	5500	2.16	0.2	1.18
6000	9.76	11.3	10.53	6000	2.08	3.12	2.6	6000	2.36	0.31	1.335
6500	11.13	12.77	11.95	6500	2.69	3.98	3.335	6500	2.64	0.43	1.535
7000	13.14	14.78	13.96	7000	3.3	4.74	4.02	7000	2.82	0.57	1.695
7500	15.87	17.51	16.69	7500	4.08	5.59	4.835	7500	3.04	0.75	1.895
7900	19.14	20.77	19.955	8000	4.86	6.45	5.655	8000	3.33	0.95	2.14
8000	19.95	22.55	21.25	8500	5.46	7.2	6.33	8500	3.76	1.21	2.485
8100	22.03	24.64	23.335	9000	6.15	7.9	7.025	9000	4.09	1.55	2.82
8150	24.57	27.07	25.82	9500	6.82	8.53	7.675	9500	4.6	1.89	3.245
				10000	7.29	9.085	8.1875	10000	5.18	2.445	3.8125
				10500	7.87	9.56	8.715	10500	5.91	3.07	4.49
				11000	8.3	10.06	9.18	11000	6.74	3.7	5.22
				11500	8.81	10.48	9.645	11500	7.26	4.24	5.75
				12000	9.18	10.95	10.065	12000	7.94	4.81	6.375
				12500	9.76	11.48	10.62	12500	8.31	5.11	6.71
				13000	10.28	12.12	11.2	13000	8.82	5.52	7.17
				13500	11.12	12.93	12.025	13500	9.28	5.9	7.59
				14000	12.08	13.985	13.033	14000	9.81	6.26	8.035
				14500	13.49	14.62	14.055	14500	10.24	6.68	8.46
				15000	15.27	16.52	15.895	15000	10.79	7.06	8.925
				15300	17.18	19.56	18.37	15500	11.13	7.42	9.275
				15500	18.85	21.18	20.015	16000	11.71	7.81	9.76
				15525	19.52	21.92	20.72	16500	12.51	8.18	10.345
								17000	12.78	8.75	10.765
								17500	13.58	9.53	11.555
								17900	14.75	10.7	12.725
								17900	17.61	13.82	15.715

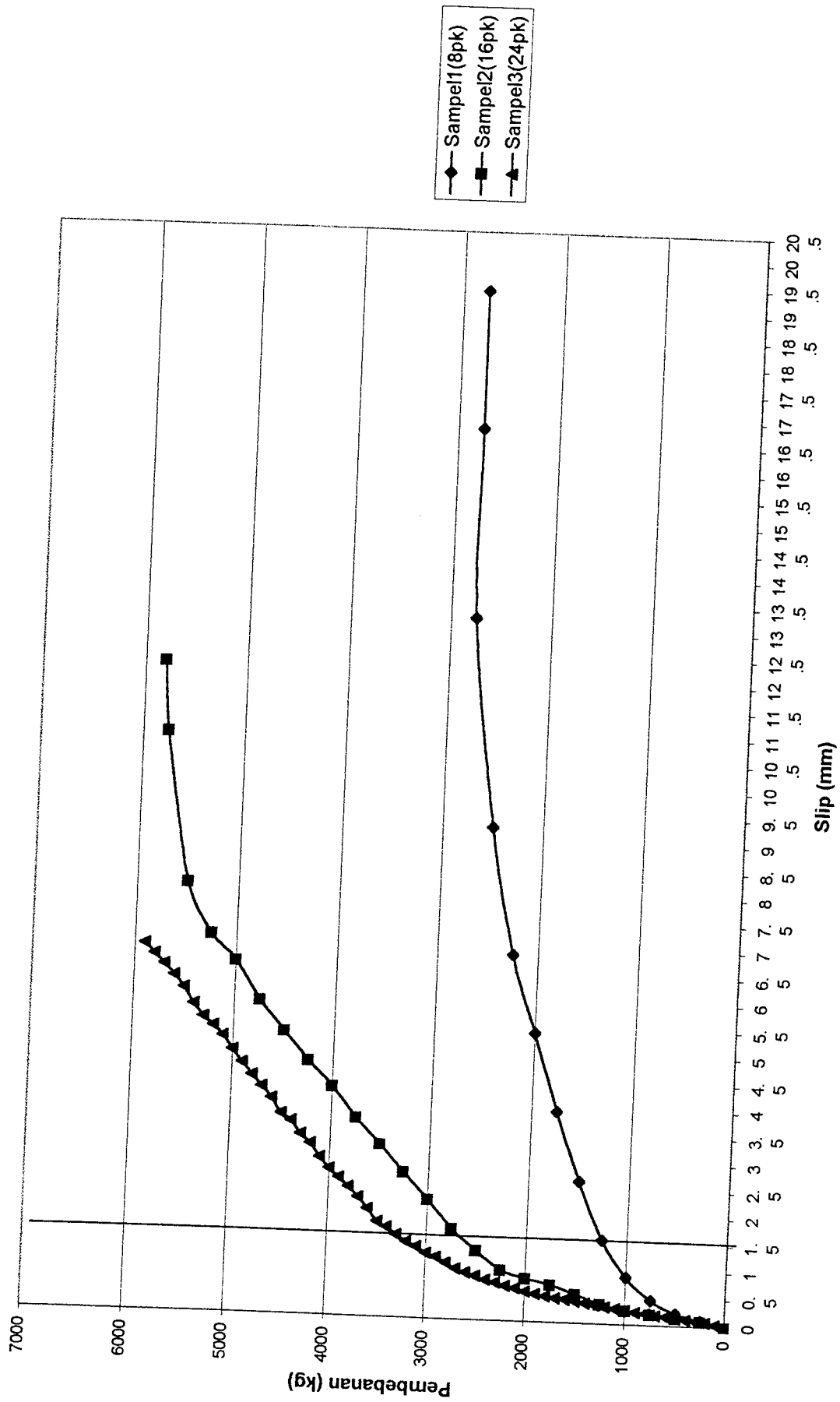


Grafik L3.13 Beban - Slip, Paku 5", Tebal kayu 40 mm

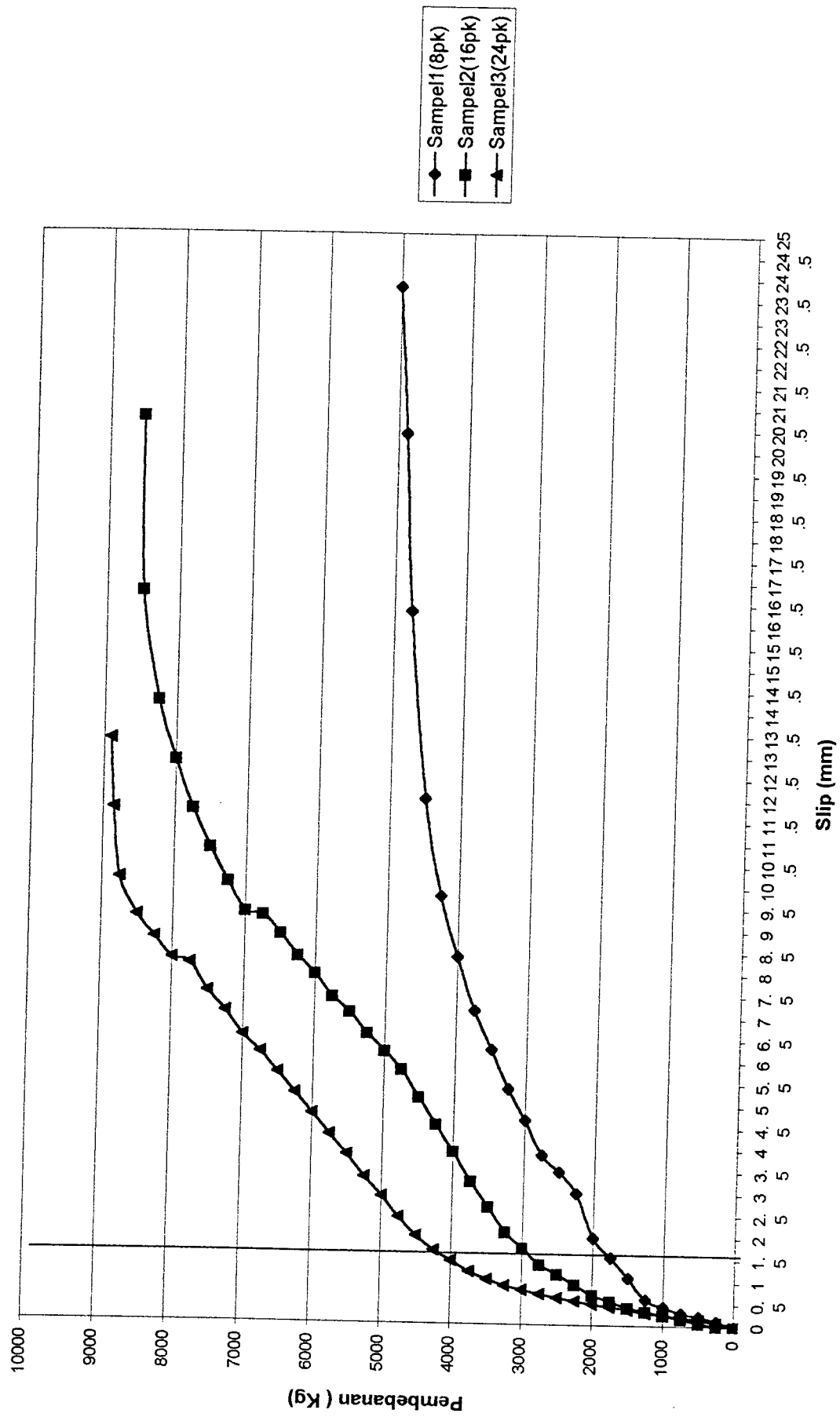
Lampiran 4



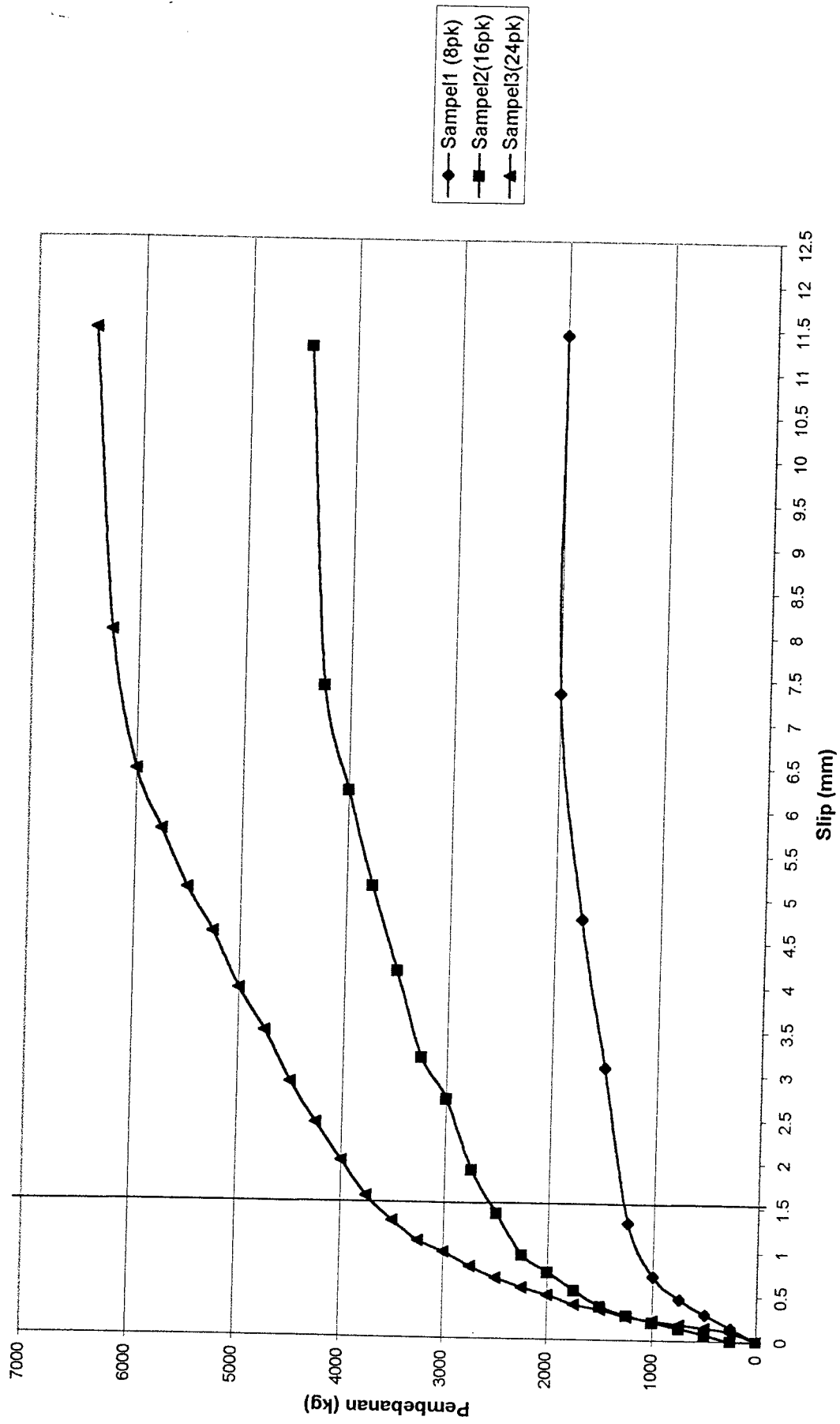
Grafik L4.1 $P=P_{1,5mm}$, Paku 2", Tebal kayu 20mm



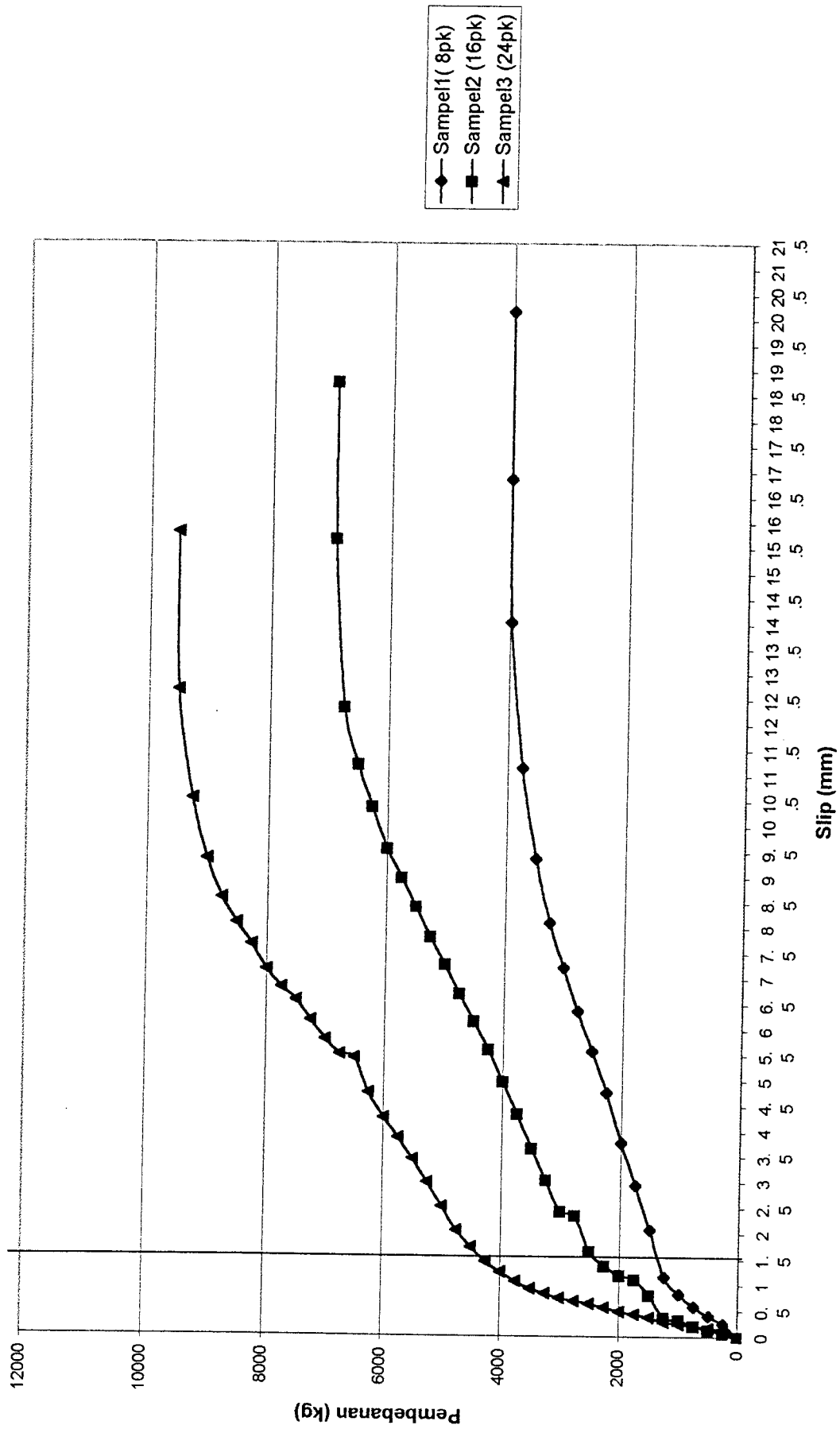
Grafik L4.2 P = $P_{1,5mm}$, Paku 2,5", Tebal kayu 20mm



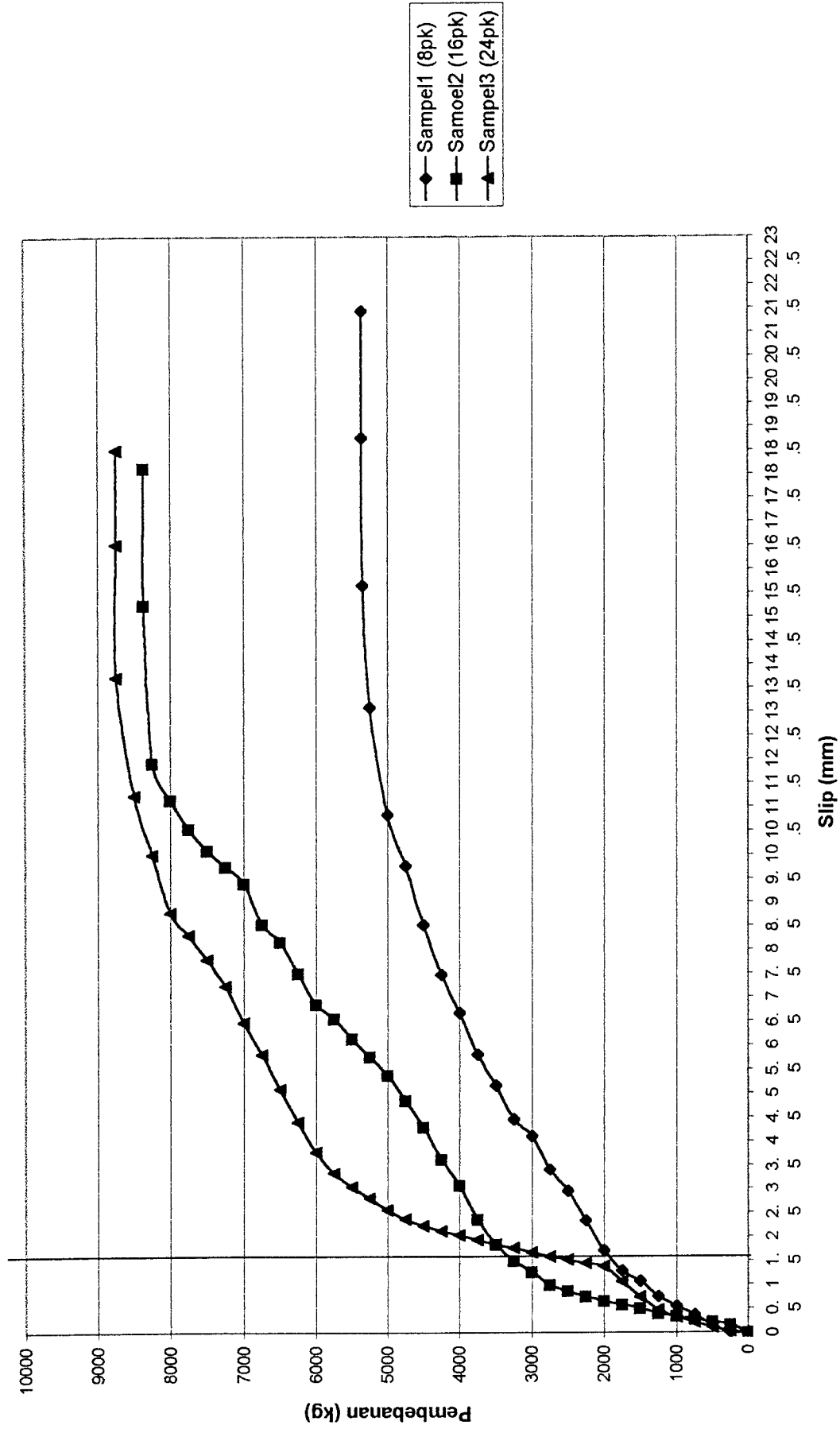
Grafik L4.3 $P = P_{1.5mm}$, Paku 3", Tebal kayu 20mm



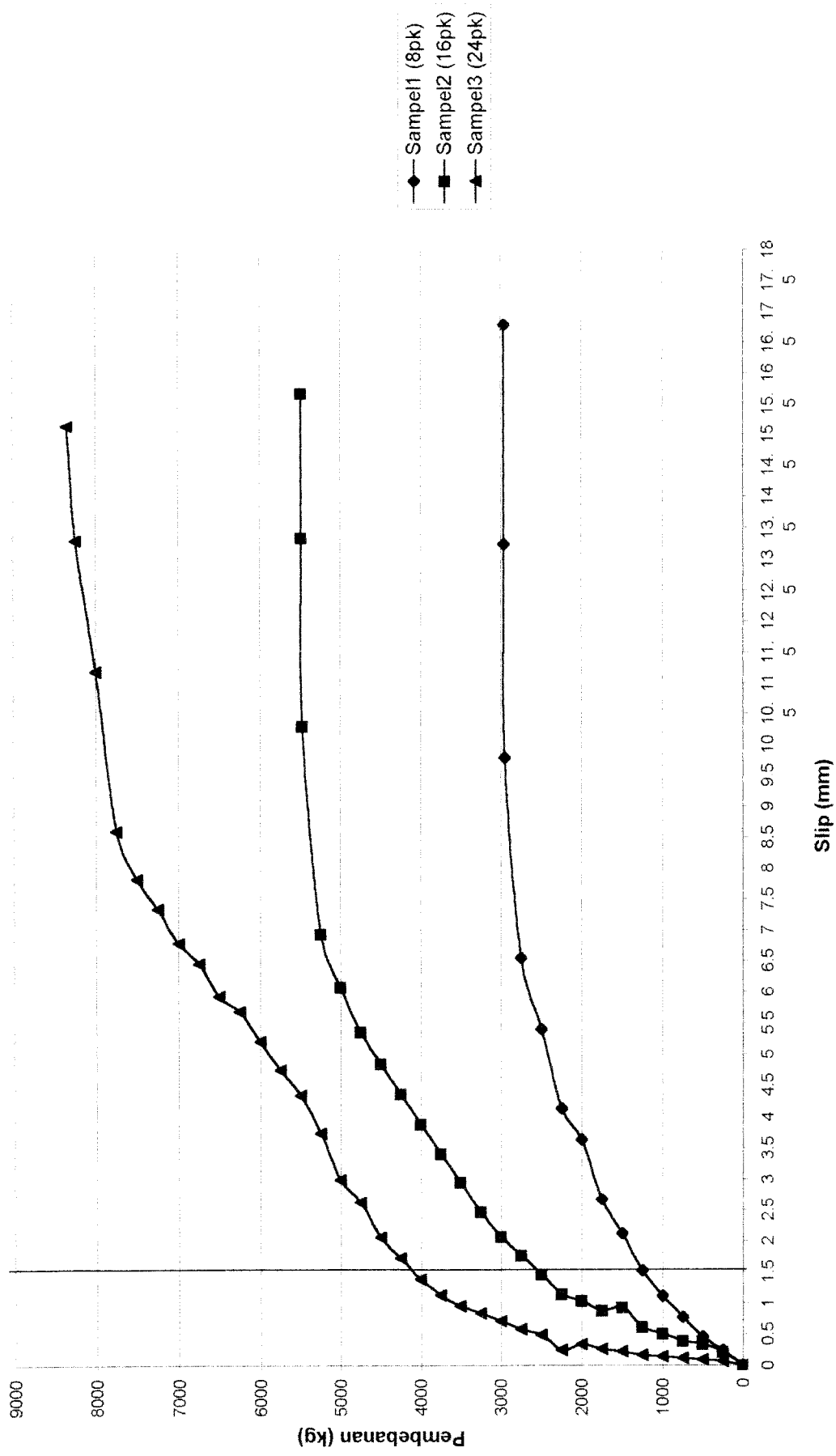
Grafik L4.4 P = $P_{1,5mm}$ Paku 2,5", Tebal kayu 25mm



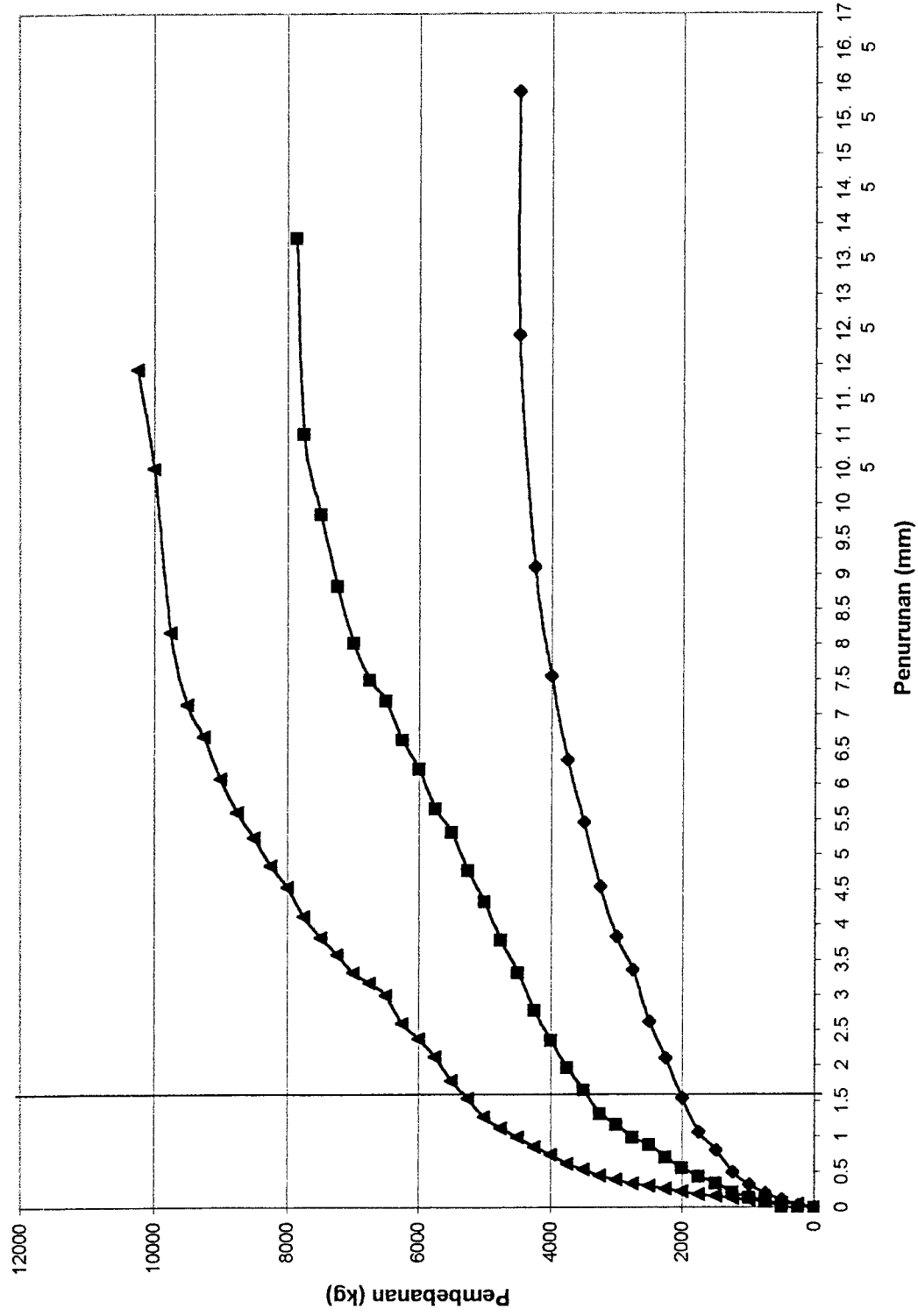
Grafik L4.5 P = P_{1,5mm}, Paku 3", Tebal kayu 30mm



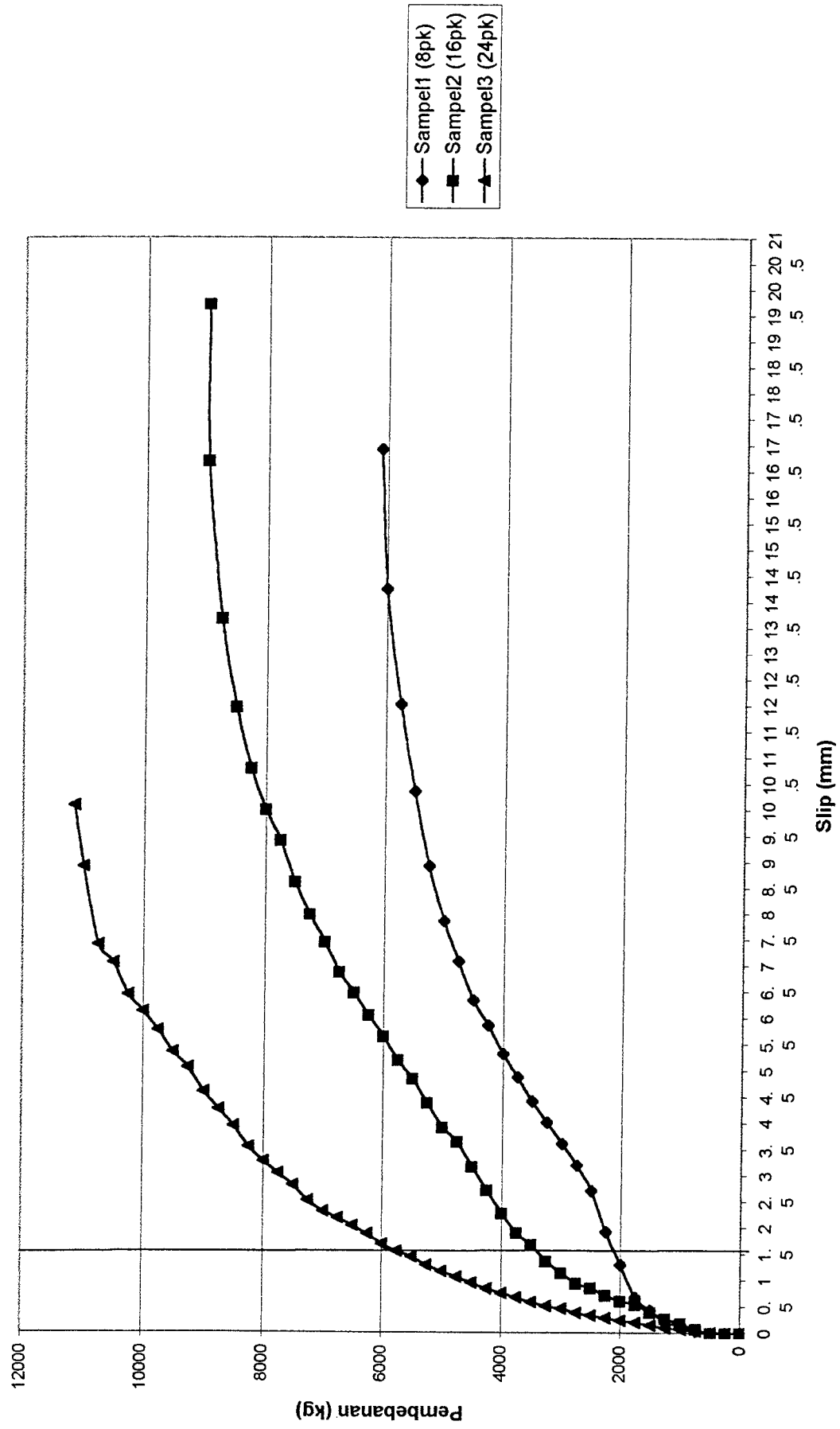
Grafik L4.6 P = P_{1,5mm}, Paku 3,5", Tebal kayu 25mm



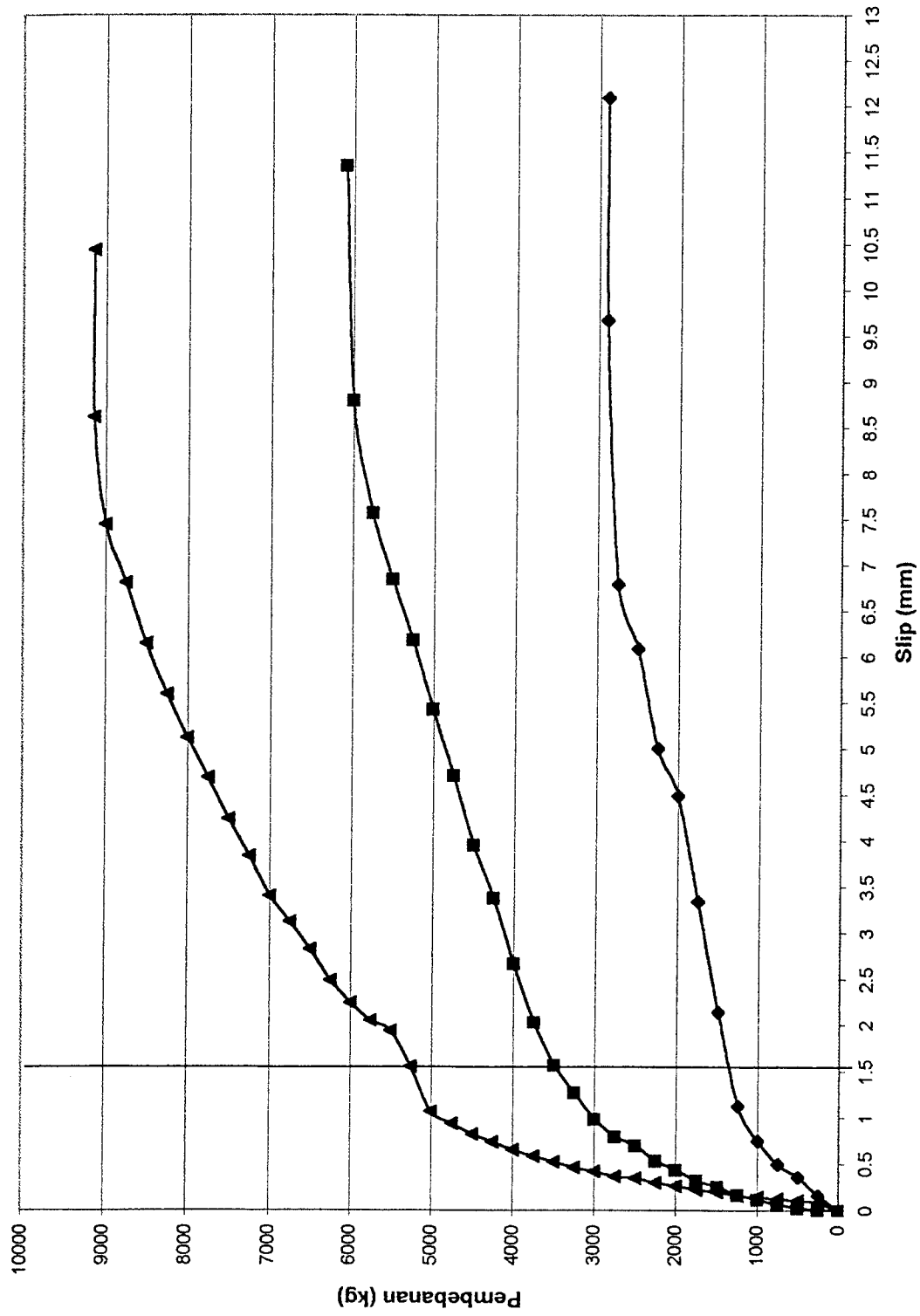
Grafik 4.7 $P = P_{1,5mm}$, Paku 3", Tebal kayu 30mm



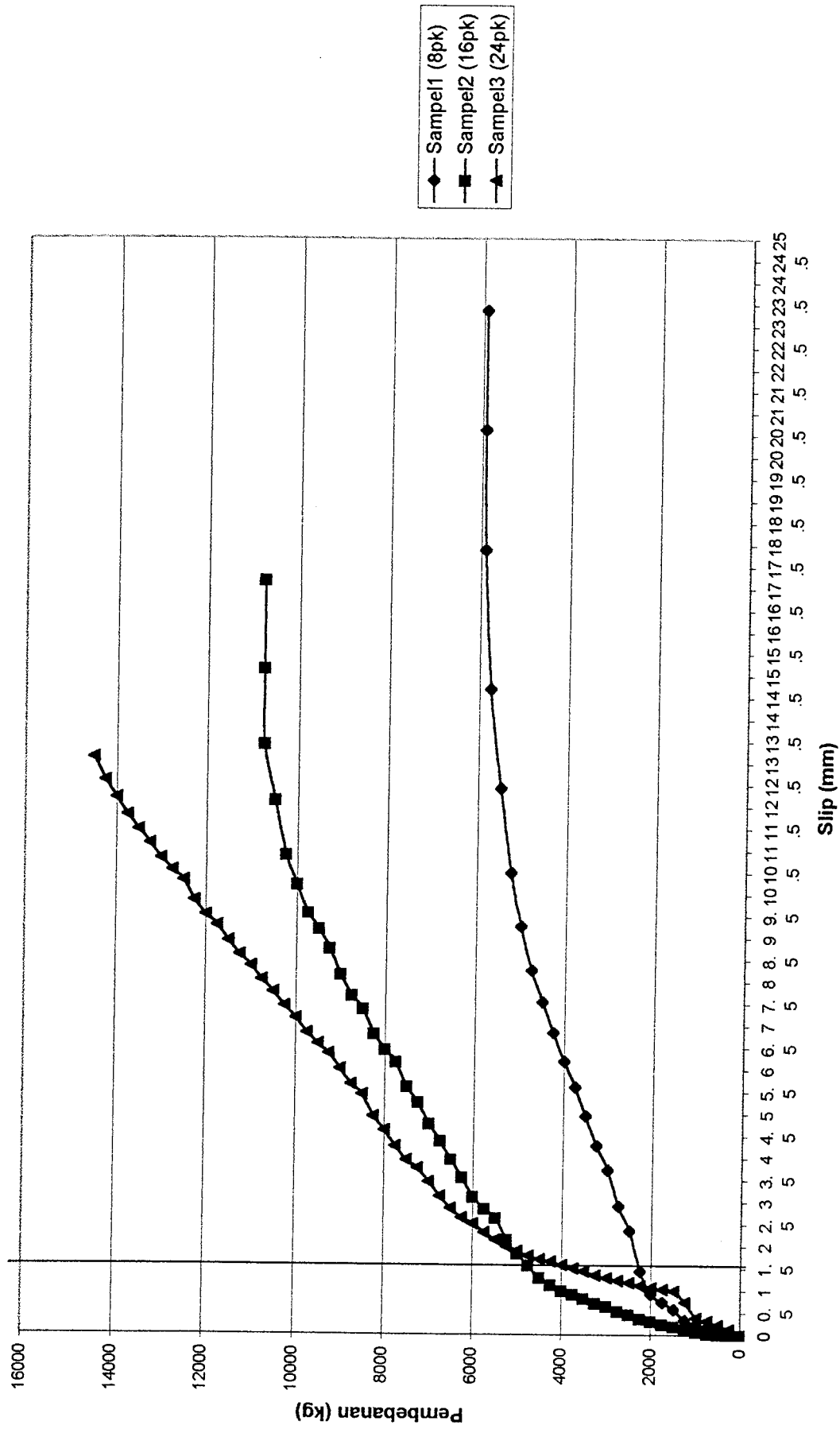
Grafik L4.8 P = P_{1,5mm}, Paku 3,5", Tebal kayu 30mm



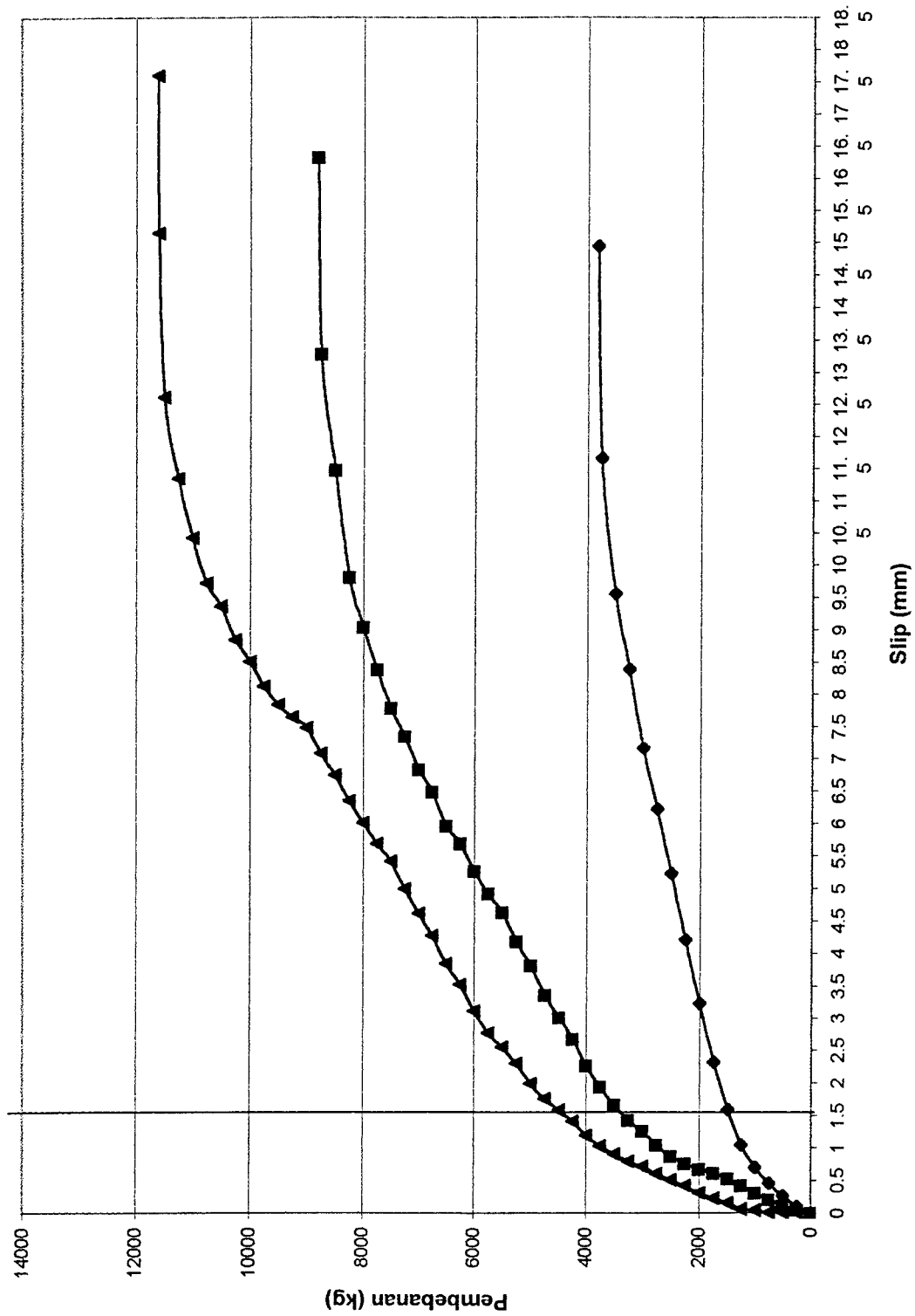
Grafik L4.9 P = $P_{1.5mm}$, Paku 4", Tebal kayu 30mm



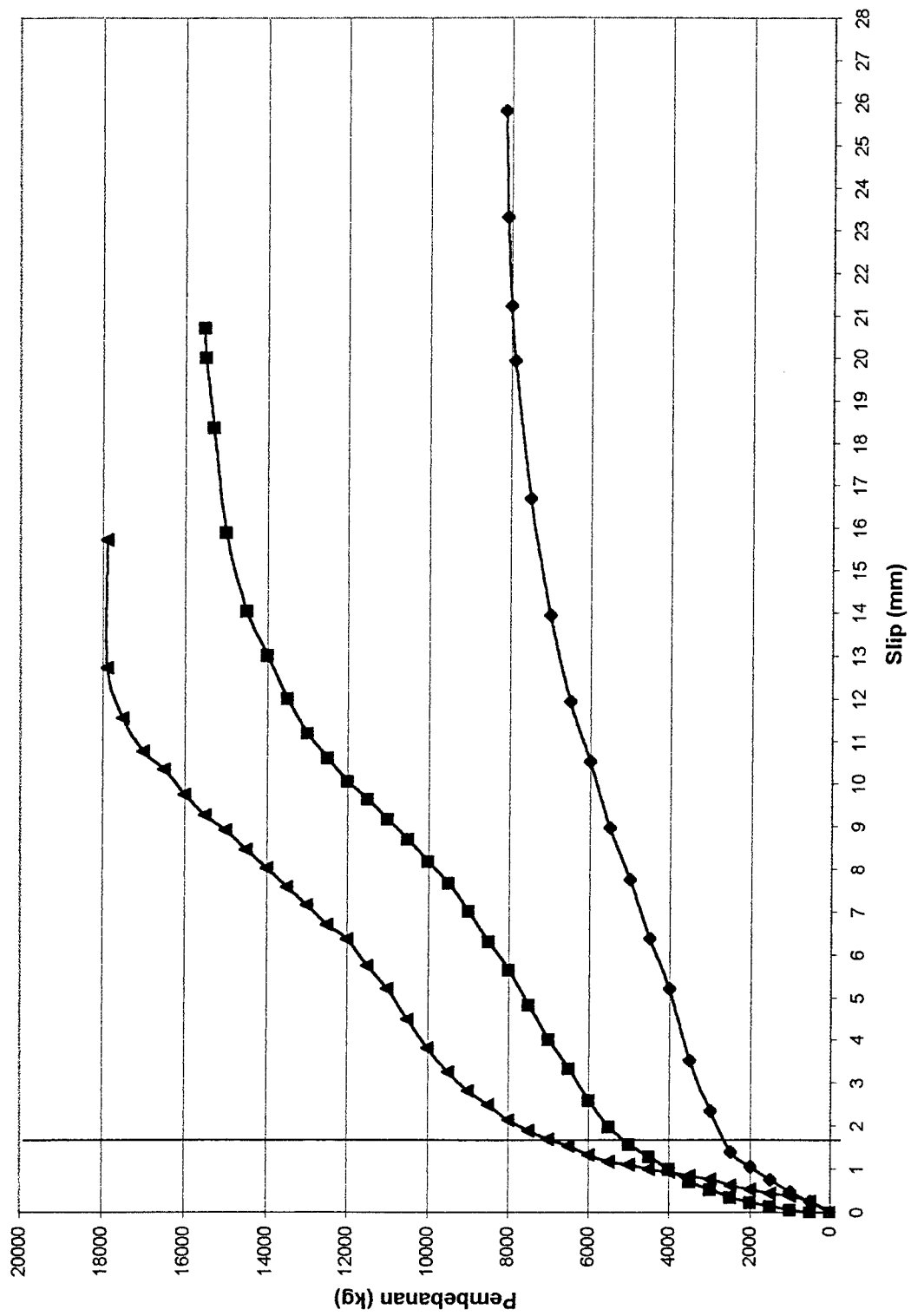
Grafik L4.10 P = P_{1,5mm}, Paku 3,5", Tebal kayu 35mm



Grafik L4.11 P = P_{1,5mm}, Paku 4", Tebal kayu 35mm

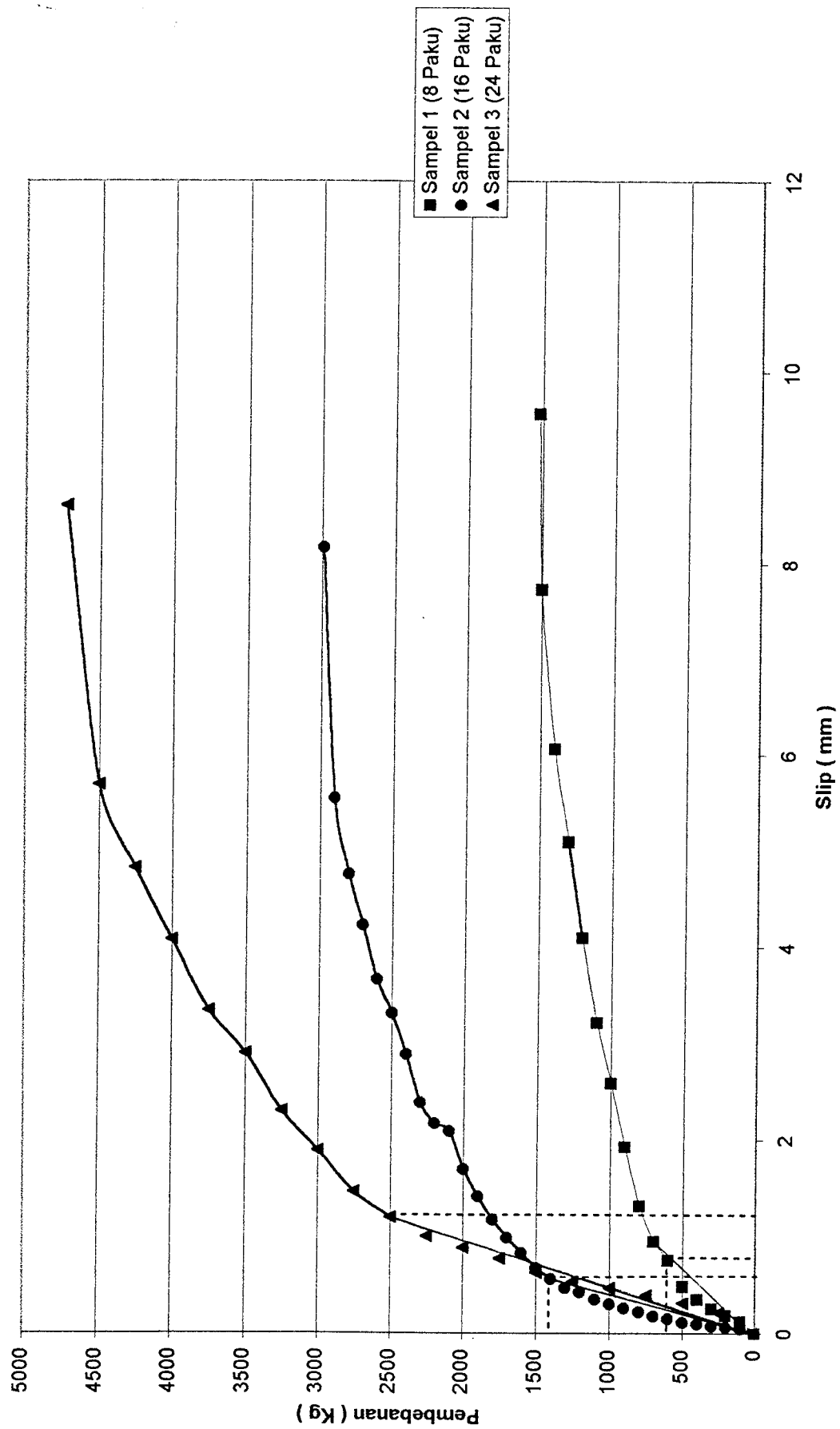


Grafik L4.12 P = P_{1,5mm}, Paku 4", Tebal kayu 40mm

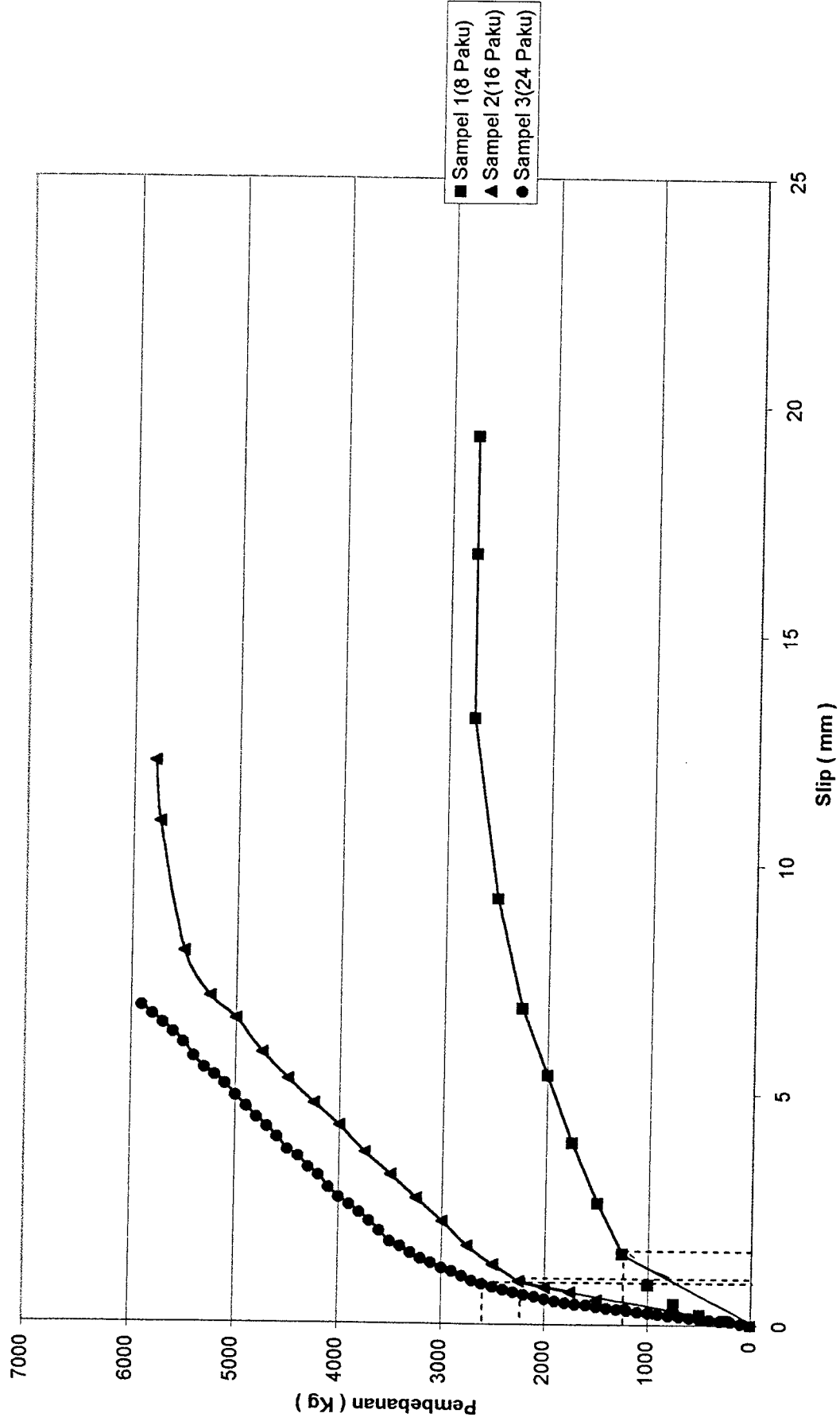


Grafik L4.13 $P = P_{1.5mm}$, Paku 5", Tebal kayu 40mm

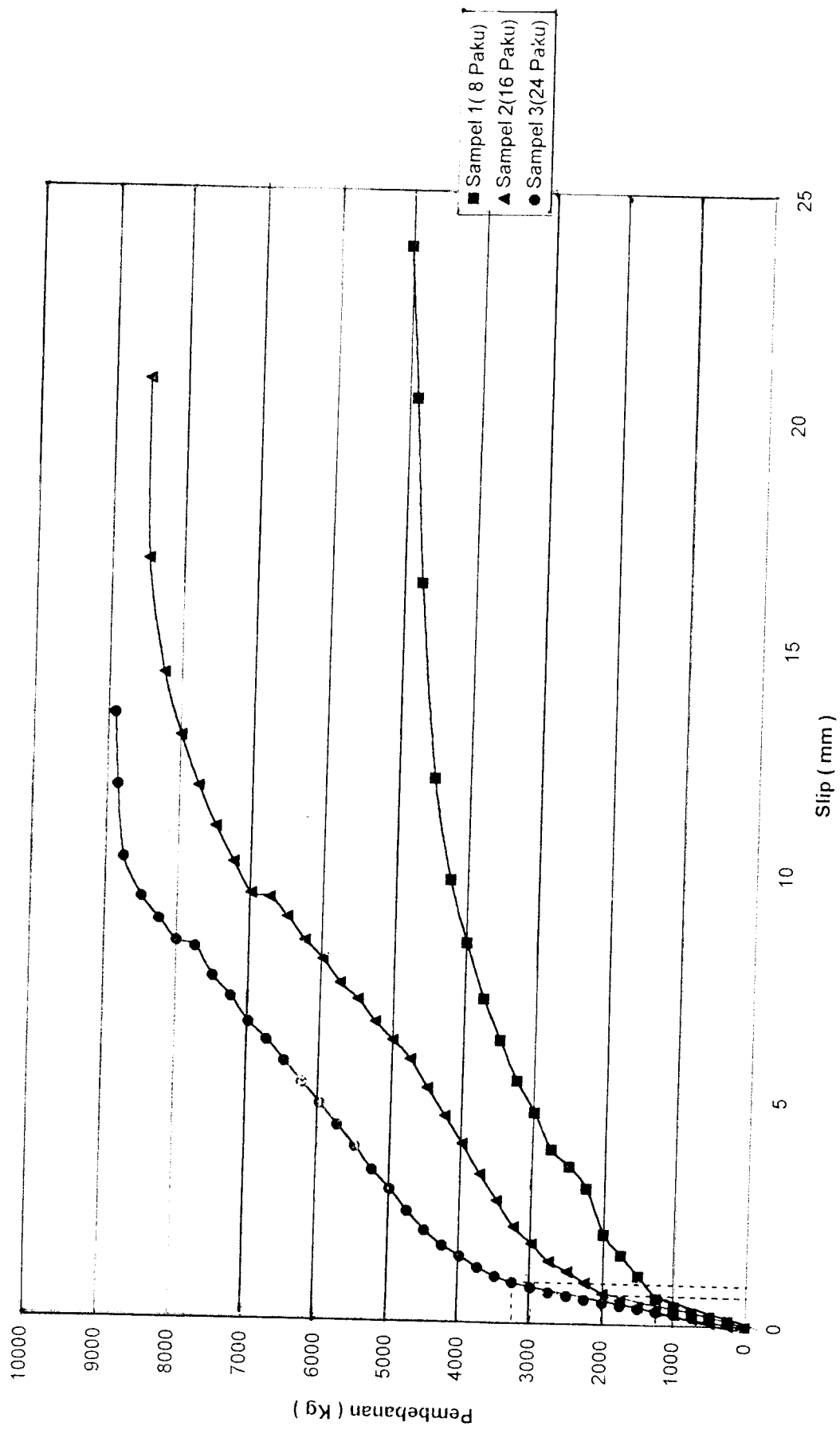
Lampiran 5



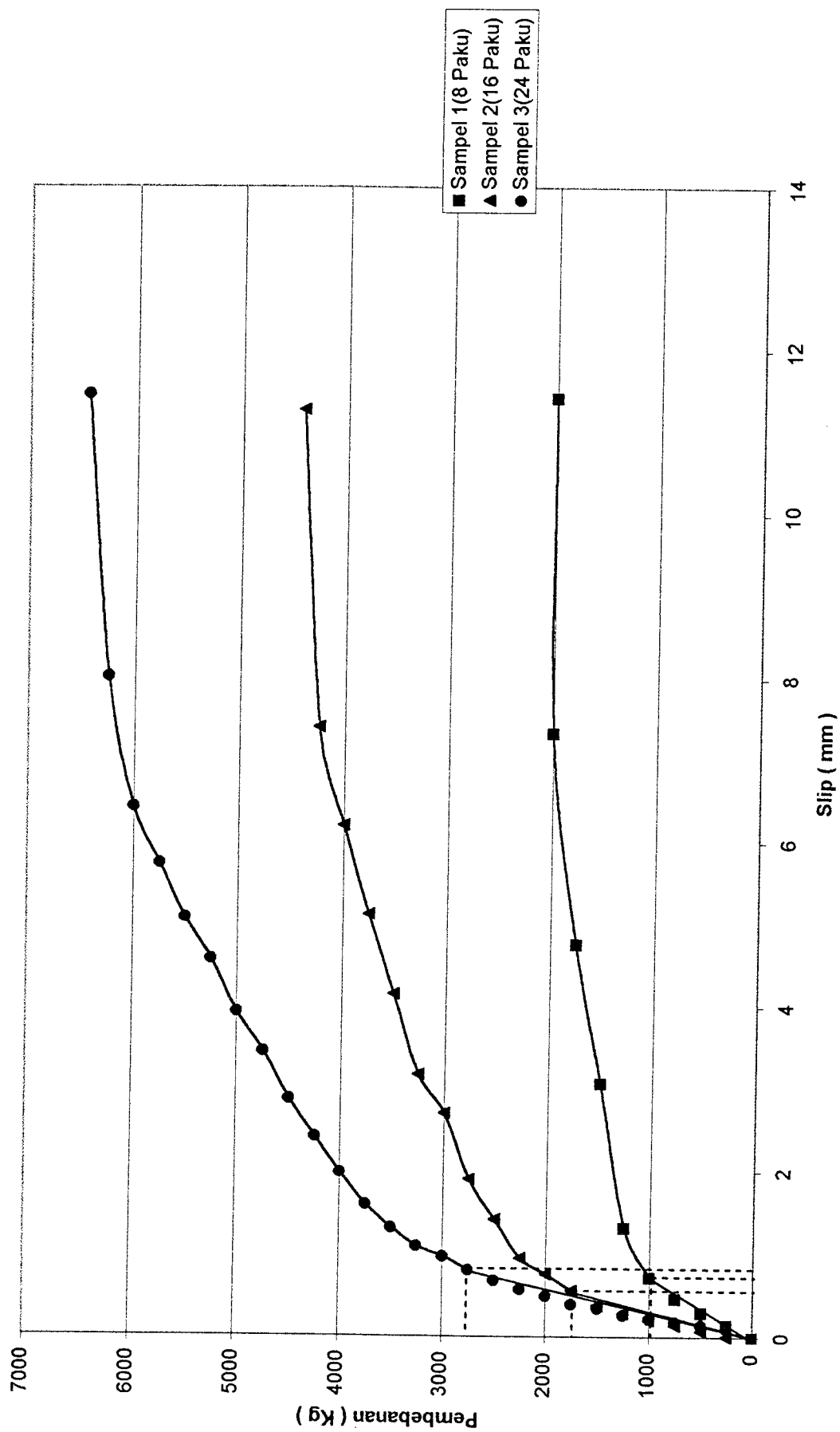
Grafik L5.1 Kekakuan fase elastis, 2", tebal kayu 20 mm



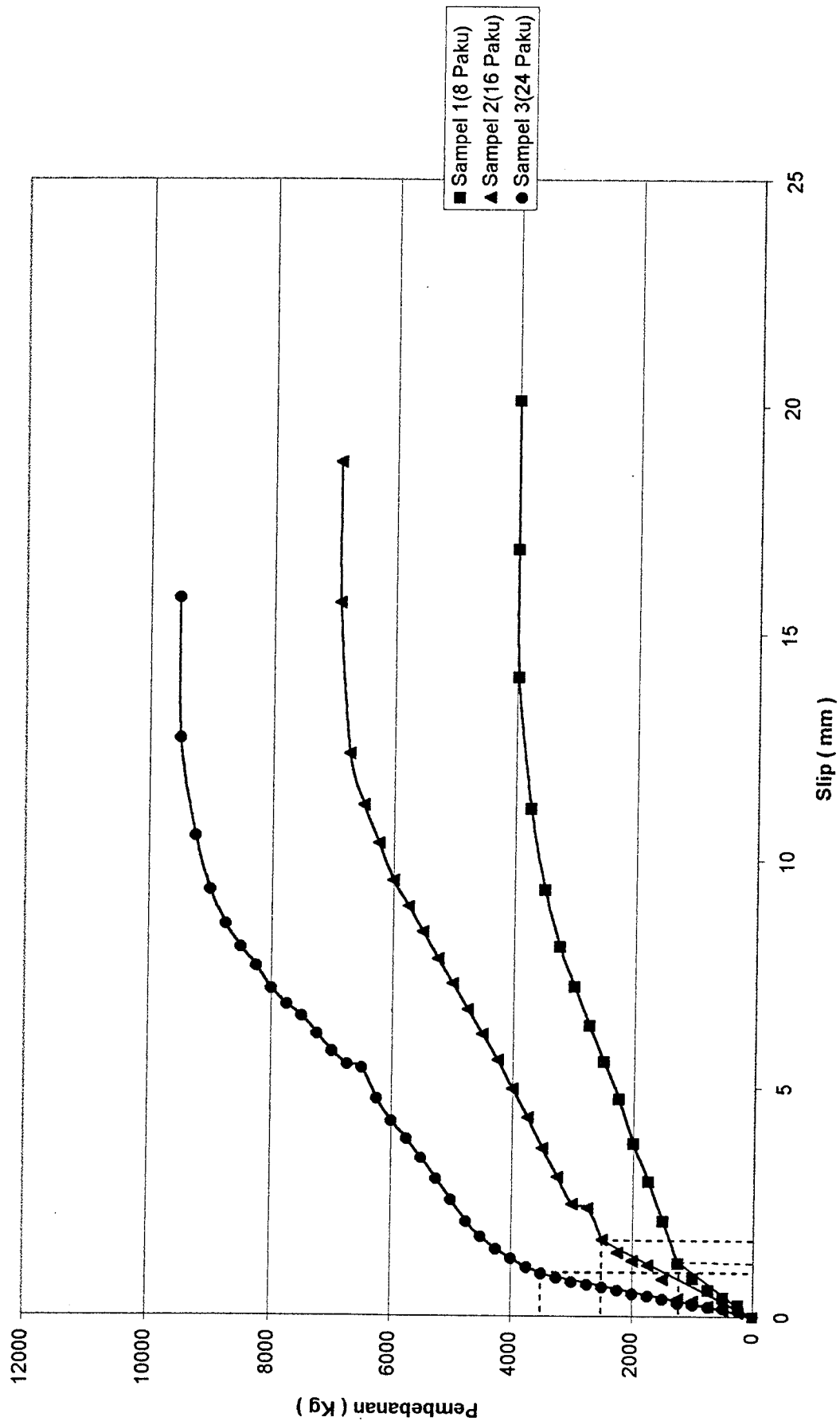
Grafik L5.2 Kekakuan fase elastis, Paku 2.5", Tebal 20 mm



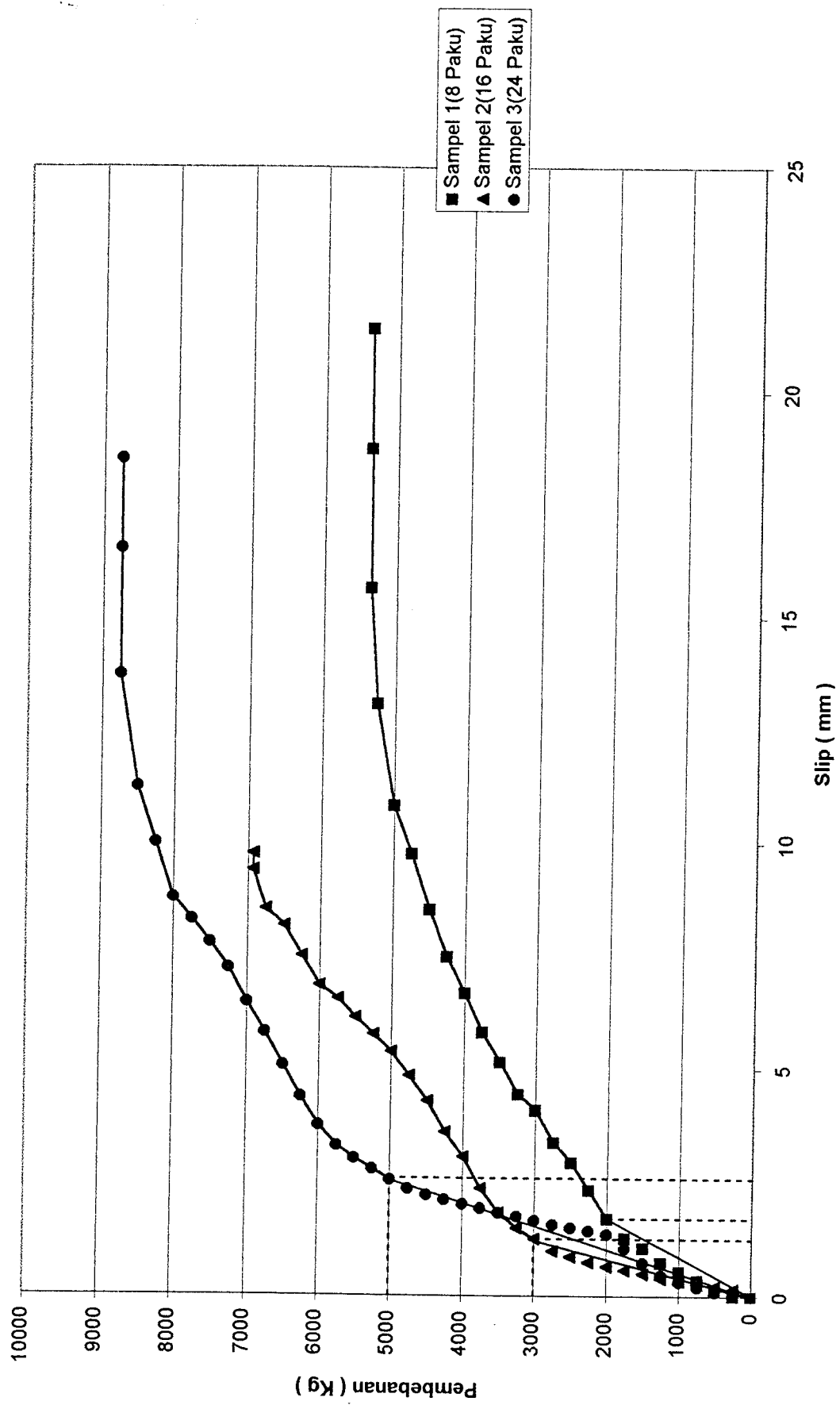
Grafik L5.3 Kekakuan fase elastis, Paku 3", Tebal kayu 20 mm



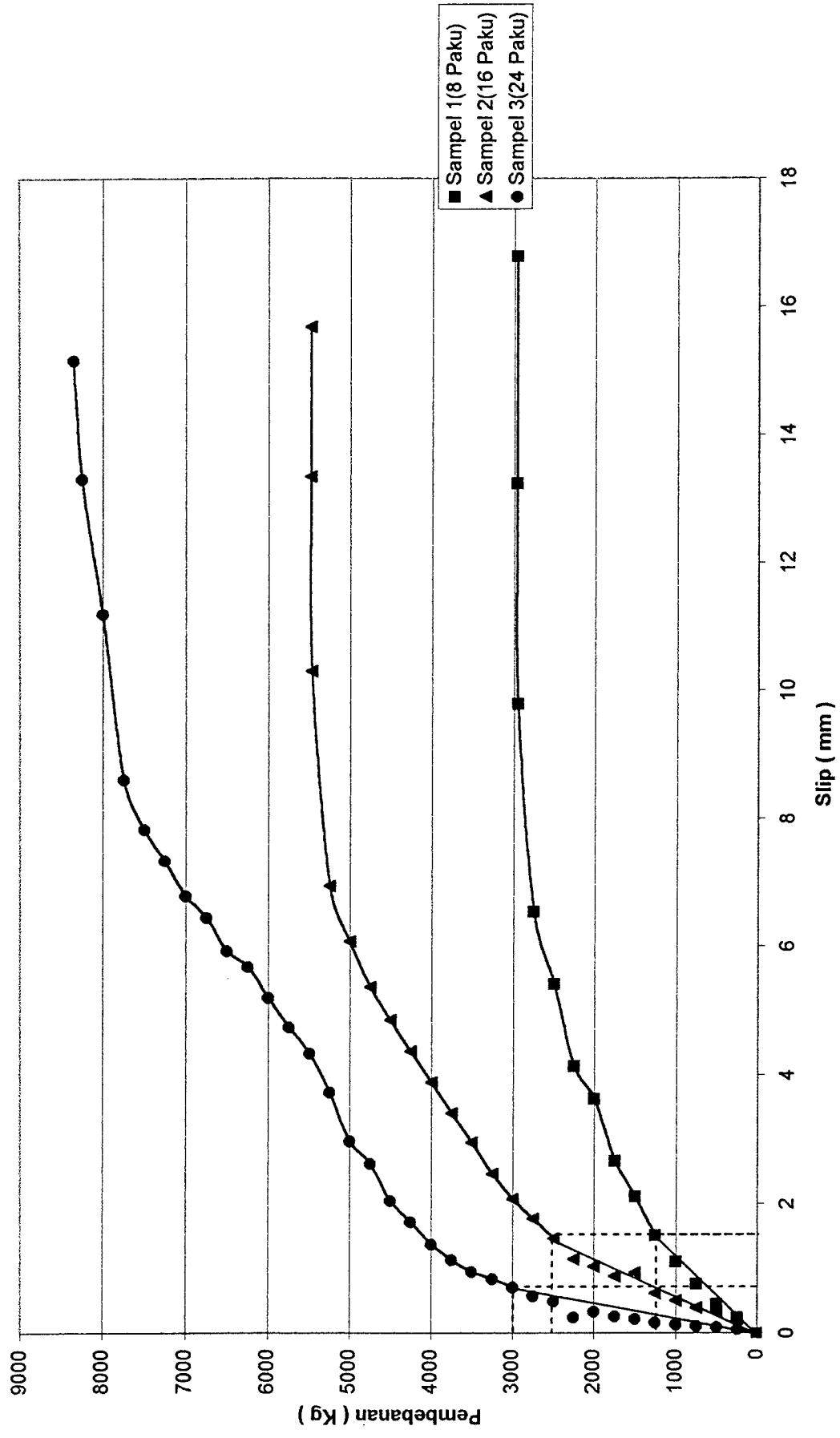
Grafik L5.4 Kekakuan fase elastis, Paku 2.5" , Tebal 25 mm



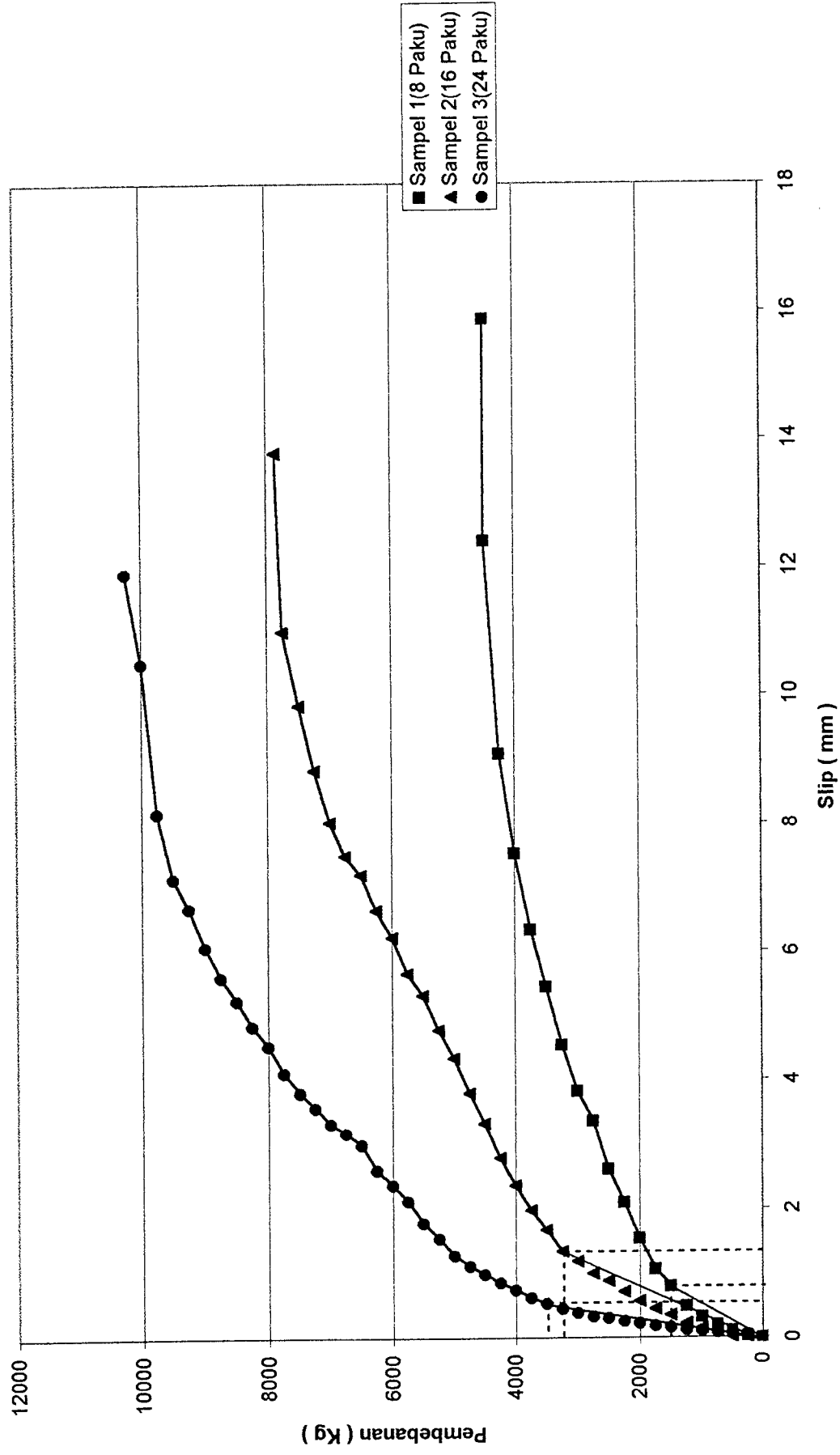
Grafik L5.5 Kekakuan fase elastis, Paku 3", Tebal kayu 25 mm



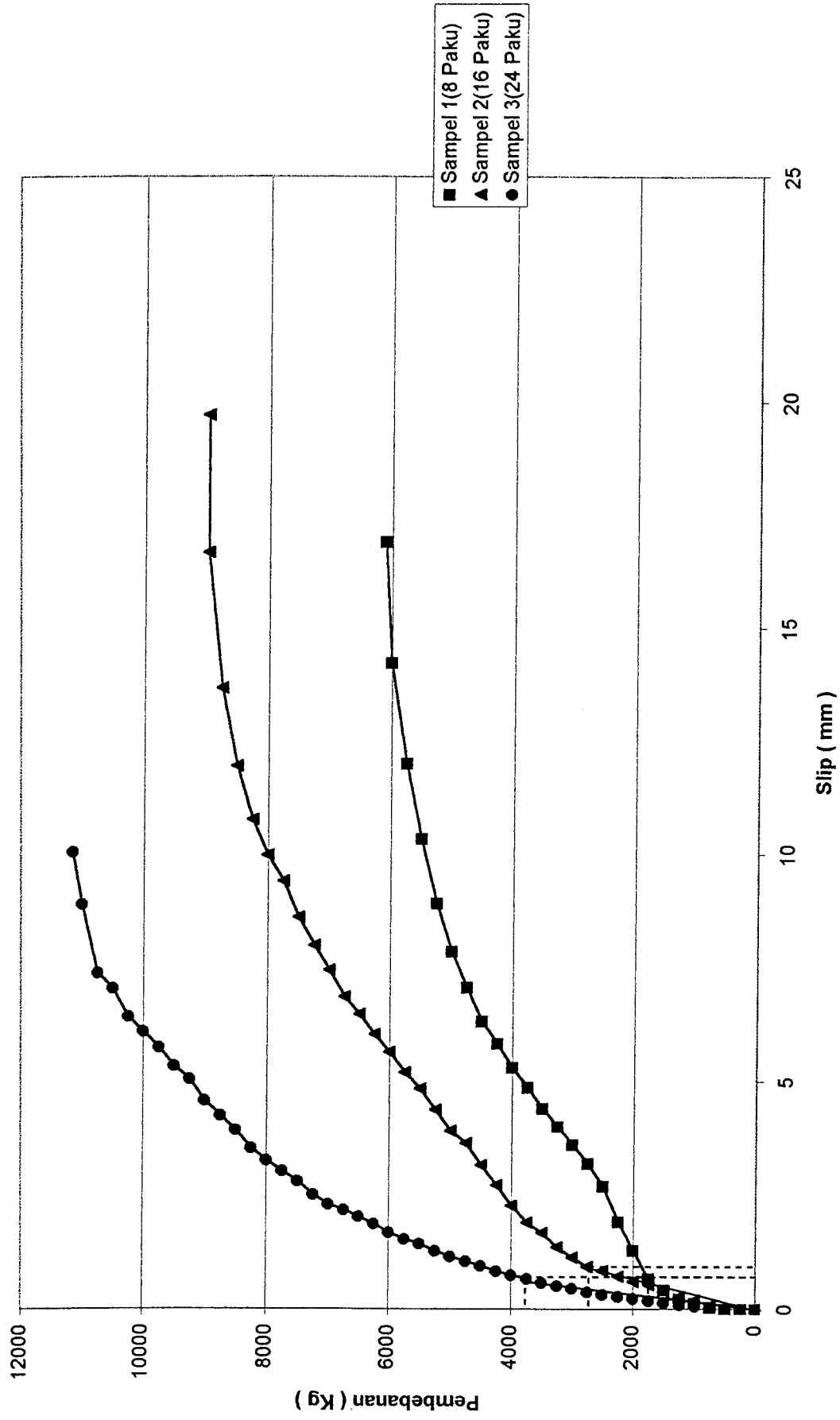
Grafik L5.6 Kekakuan fase elastis, Paku 3,5", Tebal kayu 25 mm



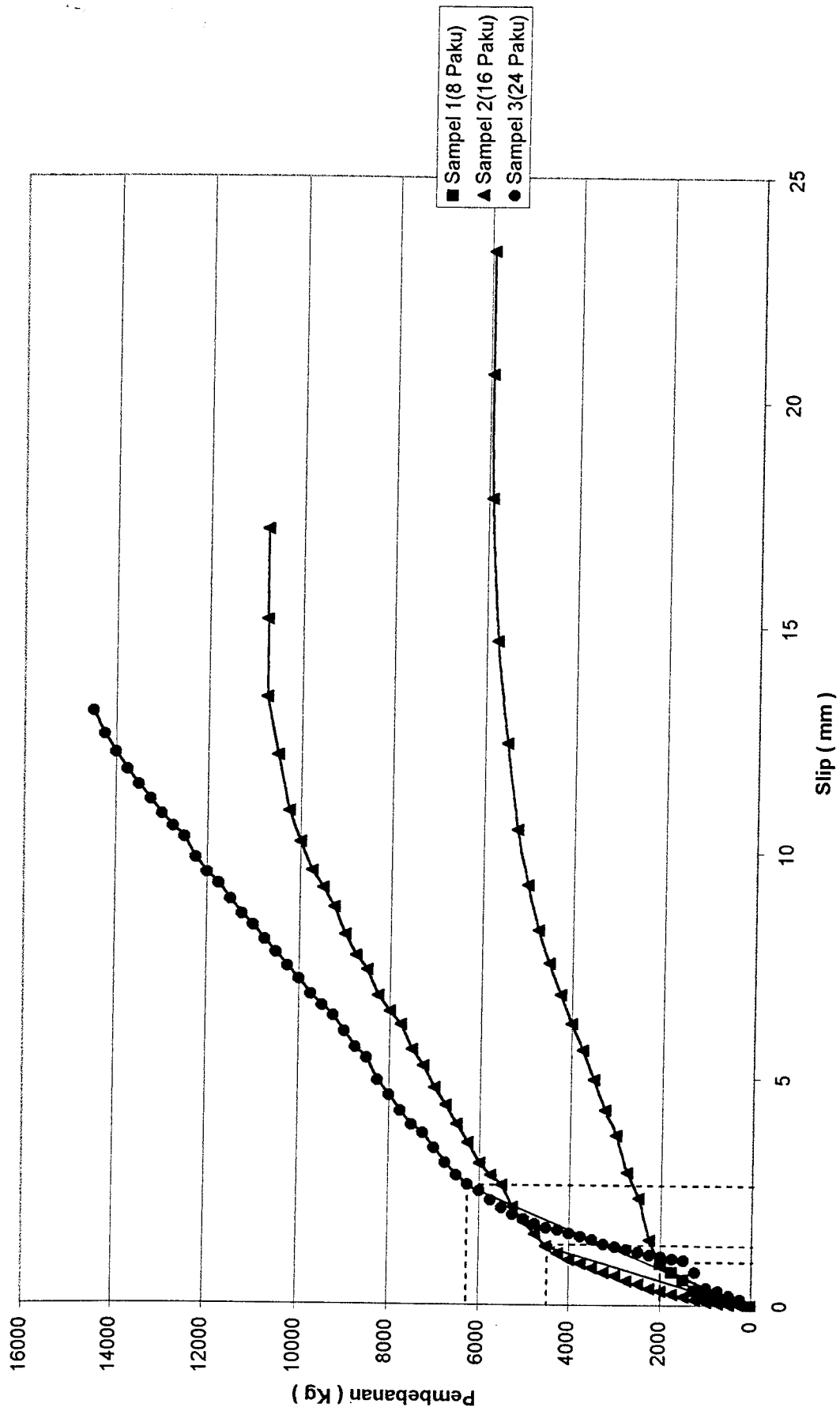
Grafik L5.7 Kekakuan fase elastis, Paku 3", Tebal Kayu 30 mm



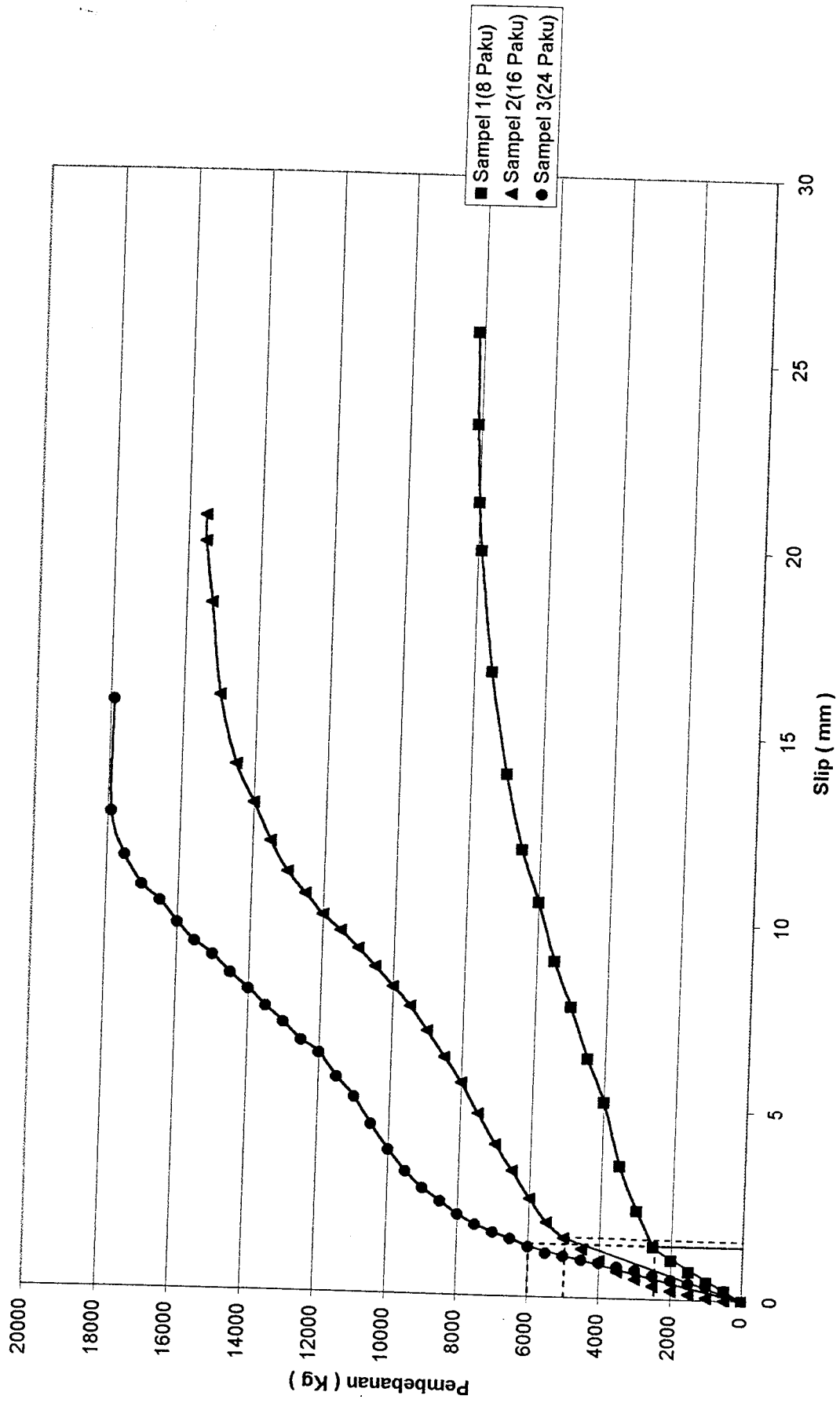
Grafik L5.8 Kekakuan fase elastis, Paku 3,5", Tebal kayu 30 mm



Grafik L5.9 Kekakuan fase elastis, Paku 4" , 30 mm



Grafik L5.11 Kekakuan fase elastis, Paku 4", Tebal kayu 35 mm



Grafik L5.13 Kekakuan fase elastis, Paku 5", Tebal kayu 40 mm

Lampiran 6

Lampiran 6

Perhitungan mencari nilai Tk berdasarkan nilai hasil uji $P = 1/3P_{max}$

1. $m = 20 \text{ mm}$, $7.0,28 = 1,96 \rightarrow m \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^3.Tk \\ 63.748 &= 7.0,28^3.Tk \\ Tk &= 116.16\end{aligned}$$

2. $m = 20 \text{ mm}$, $7.0,31 = 2,17 \rightarrow m \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= d.m.Tk \\ 110.09 &= 0,31.2.Tk \\ Tk &= 177.56\end{aligned}$$

3. $m = 20 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,17 \rightarrow m \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= d.m.Tk \\ 153.32 &= 0,34.2.Tk \\ Tk &= 239.5625\end{aligned}$$

4. $m = 25 \text{ mm}$, $7.0,31 = 2,17 \rightarrow m \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^3.Tk \\ 88.37 &= 7.0,31^3.Tk \\ Tk &= 131.366\end{aligned}$$

5. $m = 25 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,38 \rightarrow m \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^3.Tk \\ 147.57 &= 7.0,34^3.Tk \\ Tk &= 182.365\end{aligned}$$

6. $m = 25 \text{ mm}$, $7.0,38 = 2,66 \rightarrow m \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= d.m.Tk \\ 173.15 &= 0,38.2.5.Tk \\ Tk &= 182.26\end{aligned}$$

7. $m = 30 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,38 \rightarrow m \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^3.Tk \\ 117.91 &= 7.0,34^3.Tk \\ Tk &= 145.71\end{aligned}$$

$$8. \quad m = 30 \text{ mm}, 7.0,38 = 2,66 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 164.38 &= 7.0,38^2.Tk \\ Tk &= 162.62\end{aligned}$$

$$9. \quad m = 30 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 198.67 &= 7.0,42^2.Tk \\ Tk &= 160.89\end{aligned}$$

$$10. \quad m = 35 \text{ mm}, 7.0,38 = 2,66 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 120.37 &= 7.0,38^2.Tk \\ Tk &= 119.08\end{aligned}$$

$$11. \quad m = 35 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 227.05 &= 7.0,42^2.Tk \\ Tk &= 183.87\end{aligned}$$

$$12. \quad m = 40 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 167.938 &= 7.0,42^2.Tk \\ Tk &= 136\end{aligned}$$

$$13. \quad m = 40 \text{ mm}, 7.0,52 = 3,64 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 303.875 &= 7.0,52^2.Tk \\ Tk &= 160.54\end{aligned}$$

Tk rata-rata berdasarkan BJ = 0,8 $\bar{P} = 1/3P_{aktif}$, adalah 161.38

Perhitungan mencari nilai Tk berdasarkan nilai hasil uji $P = P1.5mm$

1. $m = 20 \text{ mm}, 7.0,28 = 1,96 \rightarrow m \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 114.083 &= 7.0,28^2.Tk \\ Tk &= 207.88\end{aligned}$$

2. $m = 20 \text{ mm}, 7.0,31 = 2,17 \rightarrow m \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= d.m.Tk \\ 153.057 &= 0,31.2.Tk \\ Tk &= 246.86\end{aligned}$$

3. $m = 20 \text{ mm}, 7.0,34 = 2,17 \rightarrow m \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= d.m.Tk \\ 191.598 &= 0,34.2.Tk \\ Tk &= 281.76\end{aligned}$$

4. $m = 25 \text{ mm}, 7.0,31 = 2,17 \rightarrow m \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 157.652 &= 7.0,31^2.Tk \\ Tk &= 234.36\end{aligned}$$

5. $m = 25 \text{ mm}, 7.0,34 = 2,38 \rightarrow m \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 168.193 &= 7.0,34^2.Tk \\ Tk &= 207.85\end{aligned}$$

6. $m = 25 \text{ mm}, 7.0,38 = 2,66 \rightarrow m \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= d.m.Tk \\ 186.667 &= 0,38.2,5.Tk \\ Tk &= 196.49\end{aligned}$$

7. $m = 30\text{mm}, 7.0,34 = 2,38 \rightarrow m \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 162.083 &= 7.0,34^2.Tk\end{aligned}$$

$$Tk = 200,3$$

$$8. \quad m = 30 \text{ mm}, 7,0,38 = 2,66 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned} P &= 7.d^3.Tk \\ 218,61 &= 7,0,38^2.Tk \\ Tk &= 216,27 \end{aligned}$$

$$9. \quad m = 30 \text{ mm}, 7,0,42 = 2,94 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned} \bar{P} &= 7.d^3.Tk \\ 238,33 &= 7,0,42^2.Tk \\ Tk &= 193,01 \end{aligned}$$

$$10. \quad m = 35 \text{ mm}, 7,0,38 = 2,66 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned} \bar{P} &= 7.d^3.Tk \\ 201,25 &= 7,0,38^2.Tk \\ Tk &= 199,1 \end{aligned}$$

$$11. \quad m = 35 \text{ mm}, 7,0,42 = 2,94 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned} P &= 7.d^3.Tk \\ 248,473 &= 7,0,42^2.Tk \\ Tk &= 201,22 \end{aligned}$$

$$12. \quad m = 40 \text{ mm}, 7,0,42 = 2,94 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned} \bar{P} &= 7.d^3.Tk \\ 192,64 &= 7,0,42^2.Tk \\ Tk &= 156 \end{aligned}$$

$$13. \quad m = 40 \text{ mm}, 7,0,52 = 3,64 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned} P &= 7.d^3.Tk \\ 306,25 &= 7,0,52^2.Tk \\ Tk &= 161,79 \end{aligned}$$

Tk rata-rata berdasarkan BJ = 0,8 $\bar{P} = P_{L,Sum}$, adalah 207,9

Lampiran 7

Lampiran 7

Perhitungan mencari nilai kekuatan Paku berdasarkan $P = 1/3P_{max}$

1. $l = 20 \text{ mm}$, $7.0,28 = 1,96 \rightarrow l \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 3,5.d^2.Tk \\ \bar{P} &= 3,5.0,28^2.Tk \\ \bar{P} &= 43,9\end{aligned}$$

2. $l = 20 \text{ mm}$, $7.0,31 = 2,17 \rightarrow l \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 0,5.d.l.Tk \\ \bar{P} &= 0,5.0,31.2.Tk \\ \bar{P} &= 49,6\end{aligned}$$

3. $l = 20 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,17 \rightarrow l \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 0,5.d.l.Tk \\ \bar{P} &= 0,5.0,34.2.Tk \\ \bar{P} &= 54,4\end{aligned}$$

4. $l = 25 \text{ mm}$, $7.0,31 = 2,17 \rightarrow l \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 3,5.d^2.Tk \\ \bar{P} &= 3,5.0,31^2.Tk \\ \bar{P} &= 53,82\end{aligned}$$

5. $l = 25 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,38 \rightarrow l \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 3,5.d^2.Tk \\ \bar{P} &= 3,5.0,34^2.Tk \\ \bar{P} &= 64,736\end{aligned}$$

6. $l = 25 \text{ mm}$, $7.0,38 = 2,66 \rightarrow l \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 0,5.d.l.Tk \\ \bar{P} &= 0,5.0,38.2,5.Tk \\ \bar{P} &= 76\end{aligned}$$

7. $l = 30 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,38 \rightarrow l \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 3,5.d^2.Tk \\ \bar{P} &= 3,5.0,34^2.Tk \\ \bar{P} &= 64,736\end{aligned}$$

$$8. \quad l = 30 \text{ mm}, 7.0,38 = 2.66 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,38^2.Tk$$

$$\bar{P} = 80,864$$

$$9. \quad l = 30 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,42^2.Tk$$

$$\bar{P} = 98,784$$

$$10. \quad l = 35 \text{ mm}, 7.0,38 = 2.66 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,38^2.Tk$$

$$\bar{P} = 80,864$$

$$11. \quad l = 35 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,42^2.Tk$$

$$\bar{P} = 98,784$$

$$12. \quad l = 40 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,42^2.Tk$$

$$\bar{P} = 98,784$$

$$13. \quad l = 40 \text{ mm}, 7.0,52 = 3,64 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,52^2.Tk$$

$$\bar{P} = 151,424$$

Perhitungan mencari nilai kekuatan Paku berdasarkan $\bar{P} = P1.5mm$

1. $l = 20 \text{ mm}$, $7.0,28 = 1,96 \rightarrow l \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 3,5.d^2.Tk \\ \bar{P} &= 3,5.0,28^2.Tk \\ \bar{P} &= 54,88\end{aligned}$$

2. $l = 20 \text{ mm}$, $7.0,31 = 2,17 \rightarrow l \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 0,5.d.l.Tk \\ \bar{P} &= 0,5.0,31.2.Tk \\ \bar{P} &= 62\end{aligned}$$

3. $l = 20 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,17 \rightarrow l \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 0,5.d.l.Tk \\ \bar{P} &= 0,5.0,34.2.Tk \\ \bar{P} &= 68\end{aligned}$$

4. $l = 25 \text{ mm}$, $7.0,31 = 2,17 \rightarrow l > 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 3,5.d^2.Tk \\ \bar{P} &= 3,5.0,31^2.Tk \\ \bar{P} &= 67,27\end{aligned}$$

5. $l = 25 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,38 \rightarrow l \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 3,5.d^2.Tk \\ \bar{P} &= 3,5.0,34^2.Tk \\ \bar{P} &= 80,92\end{aligned}$$

6. $l = 25 \text{ mm}$, $7.0,38 = 2,66 \rightarrow l \leq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 0,5.d.l.Tk \\ \bar{P} &= 0,5.0,38.2,5.Tk \\ \bar{P} &= 95\end{aligned}$$

7. $l = 30 \text{ mm}$, $7.0,34 = 2,38 \rightarrow l \geq 7.d$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 3,5.d^2.Tk \\ \bar{P} &= 3,5.0,34^2.Tk \\ \bar{P} &= 80,92\end{aligned}$$

$$8. \quad l = 30 \text{ mm}, 7.0,38 = 2,66 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,38^2.Tk$$

$$\bar{P} = 101,08$$

$$9. \quad l = 30 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,42^2.Tk$$

$$\bar{P} = 123,48$$

$$10. \quad l = 35 \text{ mm}, 7.0,38 = 2,66 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,38^2.Tk$$

$$\bar{P} = 101,08$$

$$11. \quad l = 35 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,42^2.Tk$$

$$\bar{P} = 123,48$$

$$12. \quad l = 40 \text{ mm}, 7.0,42 = 2,94 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

$$\bar{P} = 3,5.0,42^2.Tk$$

$$\bar{P} = 123,48$$

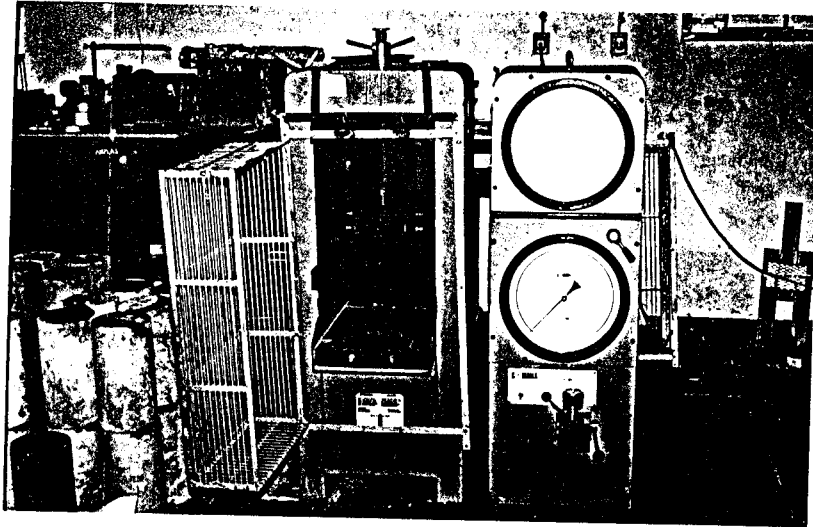
$$13. \quad l = 40 \text{ mm}, 7.0,52 = 3,64 \rightarrow l \geq 7.d$$

$$\bar{P} = 3,5.d^2.Tk$$

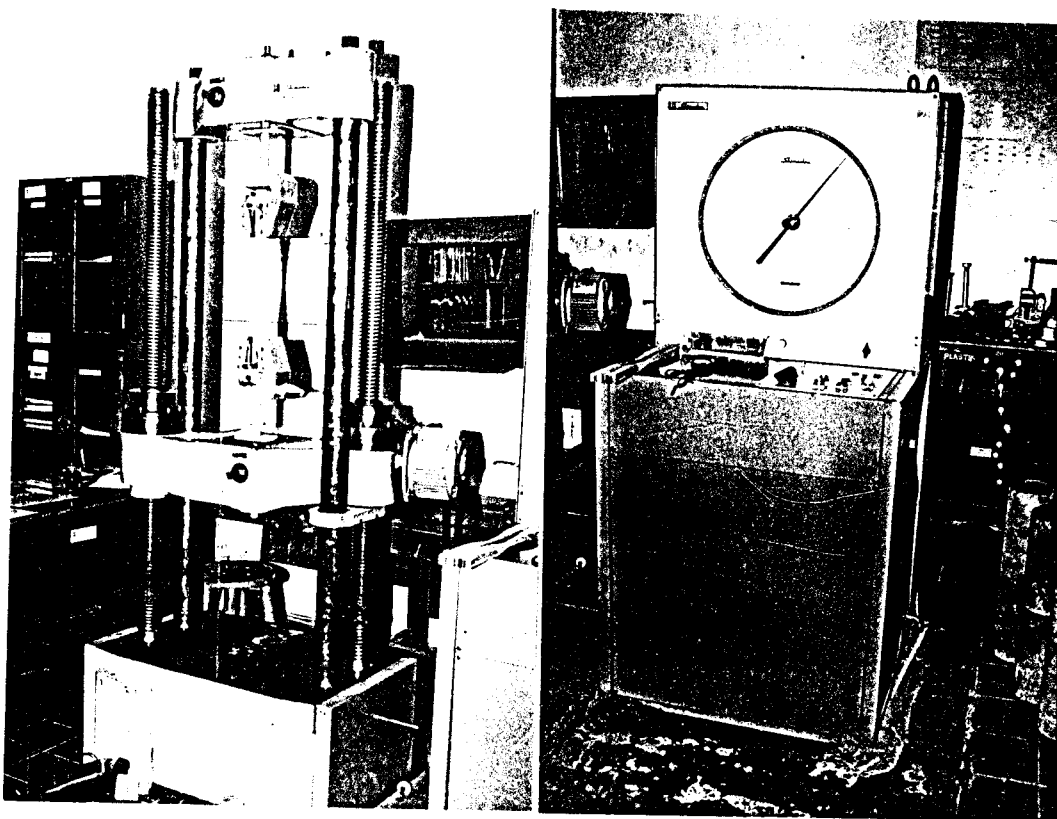
$$\bar{P} = 3,5.0,52^2.Tk$$

$$\bar{P} = 189,28$$

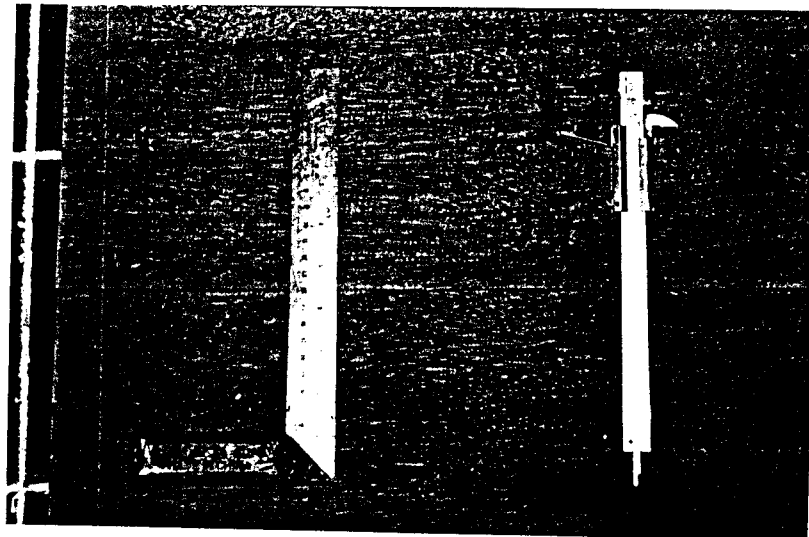
Lampiran 8



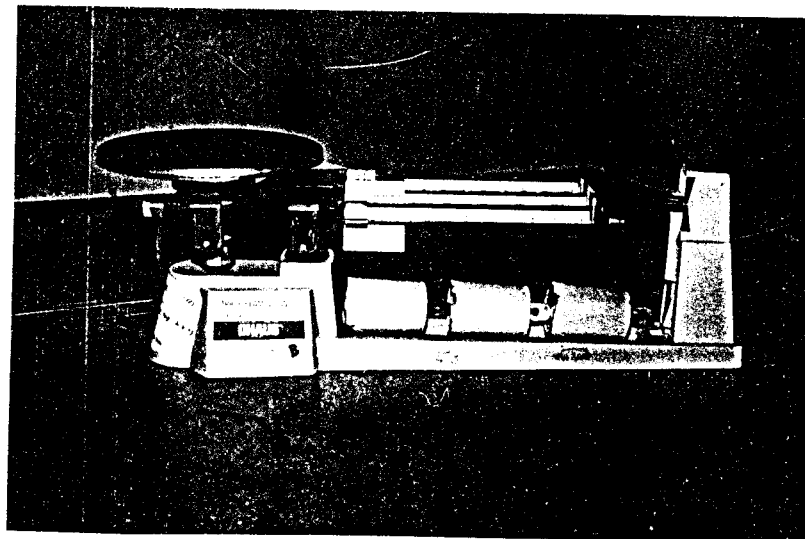
Gambar Mesin Uji Tekan merk *CONTROL*



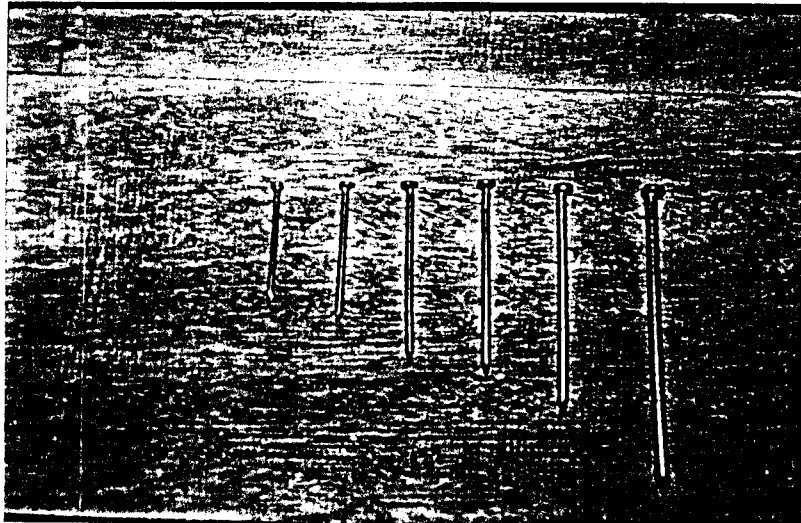
Gambar Universal Testing Material Shimadzu UMH 30



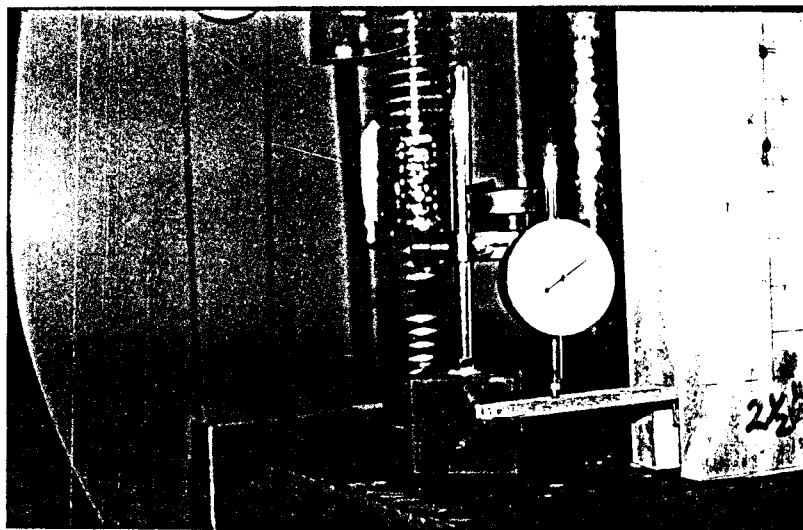
Gambar Mistar dan Siku



Gambar Timbangan



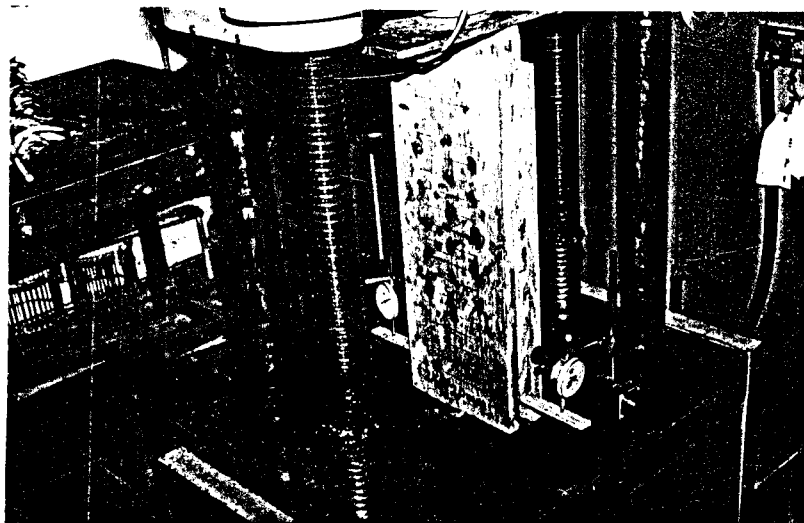
Gambar Model Paku



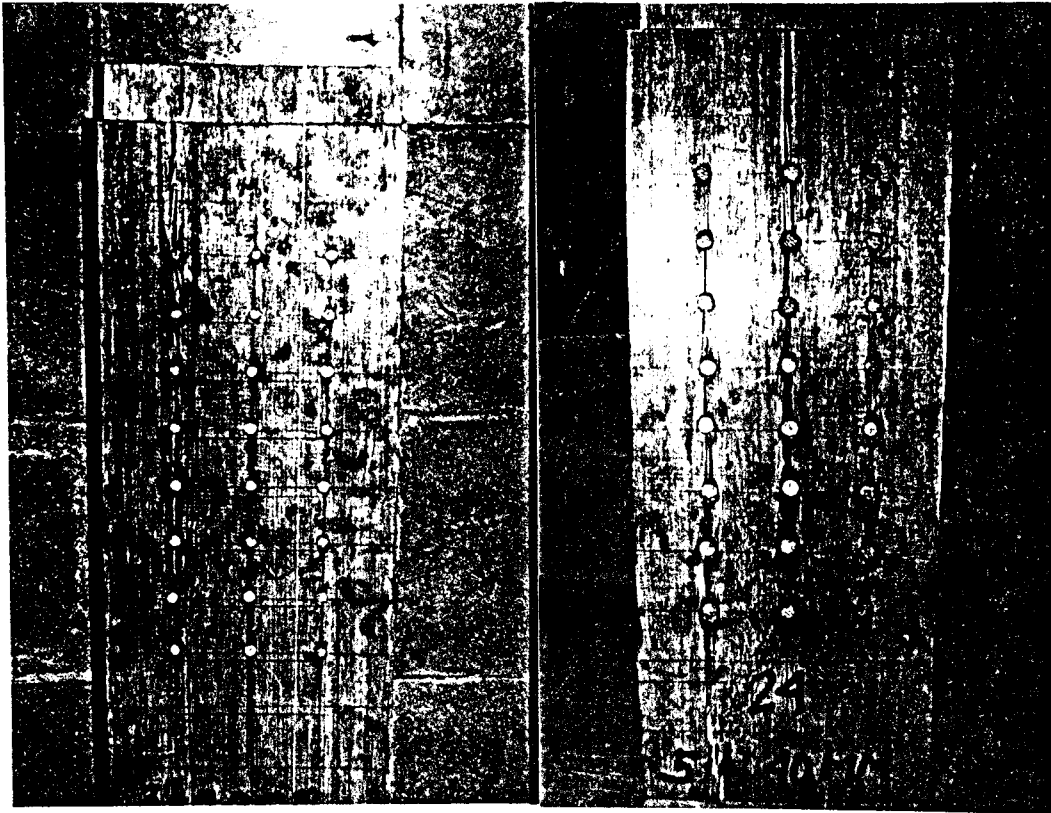
Gambar Dial Gauge



Gambar Benda Uji



Gambar Pelaksanaan Pengujian Sambungan Paku



Gambar Kerusakan pada benda uji