

PERPUSTAKAAN ITSIP UII
 HADIANJELI
 TGL. TERIMA : 09 08 03
 NO. JUDEL : 000640
 NO. DIV. :
 NO. INDIK. : 5120000640001

TUGAS AKHIR
KAPASITAS KOLOM TERSUSUN PROFIL BAJA
LIGHT LIPPED CHANNAL BENTUKAN DINGIN
DENGAN VARIASI JARAK PERANGKAI

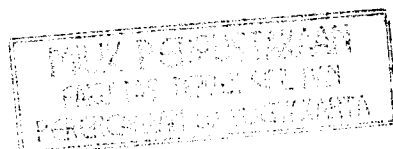
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi
 Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil



Disusun oleh :

HERU SULISTYO 96 310 078
BAYU ADI SANTOSO 96 310 234

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2003



LEMBAR PENGESAHAN

**KAPASITAS KOLOM TERSUSUN PROFIL BAJA
LIGHT LIPPED CHANNAL BENTUKAN DINGIN
DENGAN VARIASI JARAK PERANGKAI**

Disusun oleh :

HERU SULISTYO
NIM : 96 310 078


BAYU ADI SANTOSO
NIM : 96 310 234

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

IR FATKHURROHMAN N, MT
Dosen Pembimbing I


9/07-2023

IR. HELMY AKBAR BALE, MT
Dosen Pembimbing II



Hanya kepada-Mu aku menyembah dan
hanya kepada-Mu lah aku mohon pertolongan (Al Fatihah : 5)

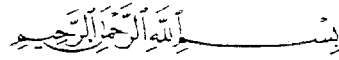
.....Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat
dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan
besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong
(agama)Nya (Al Hadiid : 25)

.....”Kalau sekiranya lautan menjadi tinta untuk (menulis) kalimat-
kalimat Tuhanku, sungguh habislah lautan itu sebelum habis (ditulis)
kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun Kami datangkan tambahan
sebanyak itu (pula). (Al Kahfi : 109)

Ku persembahkan untuk
Ibuku yang telah berjuang dan
berkorban segalanya 'ntuk anaknya
agar cepat lulus

Bapak, adekku n sumber inspirasiku
aweku sayang

KATA PENGANTAR



Assalumalaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya hingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir dengan judul “ **KAPASITAS KOLOM TERSUSUN PROFIL BAJA LIGHT LIPPED CHANNAL BENTUKAN DINGIN DENGAN VARIASI JARAK PERANGKAI** “ sebagai syarat untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil.

Selama menyusun tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D , selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. H. Munadhir, MS , selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. Fatkhurrohman N, MT , selaku Dosen pembimbing I.
4. Ir. Helmy Akbar Bale, MT , selaku Dosen Pembimbing II.

5. Ir. H. A Kadir Aboe, MS selaku Dosen Penguji
6. Mas Aries selaku staff Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
7. Mas Ndaru dan Mas Warno selaku staff Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
8. Kedua orang tua, Awe tercinta, dan adikku tersayang, yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
9. Crew Kolom Tersusun Kolid, Yosep, Ayu dan Lika yang telah mencurahkan hati, pikiran, ide dan waktunya
10. Yopie (owner) dan Ukik (manager) Angelnet yang telah meminjamkan komputer, internet, tempat dan finansial
11. Angelnet crew (Resty, Dendi, Macrus, Omponk dan Duwex) yang menemani lebur selama Tugas Akhir
12. Yunus yang telah mencukupi kebutuhan finansial selama Tugas Akhir
13. Penasehat Spiritual yang telah membantu mendoakan serta siraman rohaninya
14. Semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan Tugas Akhir ini.

Dan akhirnya penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penyusun, dan umumnya bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Juni 2003

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
ABSTRAKSI	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Metode Penelitian	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kolom tersusun	6
2.2. Kapasitas kolom	7

BAB III LANDASAN TEORI

3.1. Kolom tersusun	10
3.2. Kuat tekan	12
3.2.1. Panjang efektif	12
3.2.2. Tekuk lokal	13
3.2.3. Tekuk lokal kolom tunggal	17
3.2.4. Tekuk inelastik	19
3.2.5. Momen-kelengkungan	21
3.2.4. Hubungan antara tekuk lokal dan tekuk lentur	23
3.3. Pengaruh gaya geser pada kolom tersusun	24
3.4. Hipotesis	31

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Metode Penelitian	32
4.2. Bahan dan alat yang digunakan	32
4.2.1. Bahan	32
4.2.2. Peralatan penelitian	33
4.3. Pembuatan benda uji	35
4.4. Pengujian sampel	37

4.5.	Analisa hasil Pengujian	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		
5.1.	Hasil Pengujian	39
5.2.1.	Hasil Uji Pendahuluan	39
5.2.1.	Hasil Pengujian Kolom Bentukan Dingin.....	41
5.2.	Pembahasan	58
5.2.1.	Pembahasan Uji Pendahuluan	58
5.2.2.	Pembahasan Pengujian Kolom Bentukan Dingin	59
5.2.2.1	Beban Kritis (P_{cr})	59
5.2.2.2	Tegangan Kritis (F_{cr})	64
5.2.2.3	Momen Kelengkungan ($M-\Phi$).....	67
5.2.2.4	Perhitungan Koefisien Tekuk Plat	69
5.2.2.5	Hitungan Tegangan Kritis (F_{cr}) Teoritis	70
5.2.2.5.1	Hitungan Tegangan Kritis (F_{cr}) Euler	70
5.2.2.5.2	Hitungan Tegangan Berdasar AISC.....	71
5.2.2.6	Perbandingan Tegangan Teoritis dengan Hasil Pengujian.....	74
5.2.2.6.1	Perbandingan Tegangan Kritis <i>Euler</i> dengan Hasil Pengujian.....	74
5.2.2.6.2	Perbandingan Tegangan Menurut	

	Bleich dengan Hasil Pengujian.....	75
5.2.2.6.3	Perbandingan Tegangan AISC dengan Hasil Pengujian	76
BAB VI KESIMPULAN		
6.1.	Kesimpulan	78
6.2.	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		80
LAMPIRAN		

DAFTAR SIMBOL

P	: Beban
B	: Lebar profil
T	: Tebal profil
L	: Panjang kolom
L_e	: Panjang efektif
R	: Jari-jari girasi
F_{cr}	: Tegangan kritis
K	: faktor panjang efektif
k	: Koefisien tekuk plat
μ	: Poisson ratio
E	: Modulus elastisitas
E_t	: Modulus tangen
π	: <i>Phi</i> (3.14)
ρ	: Jari jari kelengkungan
M	: Momen
Δ	: Defleksi
P_{cr}	: Beban kritis
L_1	: Jarak perangkai
d	: Panjang perangkai diagonal

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Berbagai Macam Profil Tersusun	10
Gambar 3.2	Konfigurasi Batang Perangkai	10
Gambar 3.3	Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada pelat segi empat datar..	15
Gambar 3.4	Tampang Profil C	16
Gambar 3.5	Rasio tebal terhadap tebal berbagai penampang profil	16
Gambar 3.6	Batang lurus dibebani gaya tekan aksial	17
Gambar 3.7	Grafik tegangan kritis Euler yang merupakan fungsi kelangsingan..	19
Gambar 3.8	Grafik perbandingan modulus elastis dan modulus tangen	21
Gambar 3.9	Kolom Tersusun yang dibebani gaya aksial	21
Gambar 3.10	Kolom tersusun	25
Gambar 3.11	Kolom tersusun dibebani gaya aksial	26
Gambar 3.12	Gaya Geser Ideal	30
Gambar 4.1	Universal Testing Material Shimatsu UMH30	33
Gambar 4.2	Bentuk fisik Loading Frame	34
Gambar 4.3	Hidraulok Jack	34
Gambar 4.4	Benda Uji kuat tarik baja	35
Gambar 4.5	Benda uji kuat geser las	35
Gambar 4.6	Profil tersusun dengan perangkai horisontal dan transversal	36
Gambar 4.7	Gambar Pengujian	38
Gambar 5.1	Grafik Beban dan Lendutan Dial 1	43

Gambar 5.2	Grafik Beban dan Lendutan Dial 2	45
Gambar 5.3	Grafik Beban dan Lendutan Dial 3	47
Gambar 5.4	Grafik Beban dan Lendutan Dial 4	49
Gambar 5.5	Grafik Beban dan Lendutan Dial 5	51
Gambar 5.6	Grafik Beban dan Lendutan Dial A.....	53
Gambar 5.7	Grafik Beban dan Lendutan Dial B.....	55
Gambar 5.8	Grafik Beban dan Lendutan Dial C.....	57
Gambar 5.9	Deformasi kolom K1 pada saat kritis.....	60
Gambar 5.10	Deformasi kolom K2 pada saat kritis.....	60
Gambar 5.11	Deformasi kolom K3 pada saat kritis.....	61
Gambar 5.12	Deformasi kolom K4 pada saat kritis.....	61
Gambar 5.13	Deformasi kolom K5 pada saat kritis.....	62
Gambar 5.14	Deformasi kolom K6 pada saat kritis.....	62
Gambar 5.15	Deformasi kolom K7 pada saat kritis.....	63
Gambar 5.16	Deformasi kolom K8 pada saat kritis.....	63
Gambar 5.17	Grafik Fcr fungsi I1	65
Gambar 5.18	Grafik Fcr Regresi.....	66
Gambar 5.19	Grafik Fcr fungsi I1 profil C dengan plat dasar	67
Gambar 5.20	Grafik Fcr fungsi I1 profil C tanpa plat dasar	67
Gambar 5.21	Grafik Momen Kelengkungan.....	69
Gambar 5.22	Grafik Tegangan kritis Euler.....	71
Gambar 5.23	Grafik Tegangan berdasarkan AISC	74

Gambar 5.24 Perbandingan Tegangan kritis Euler dengan hasil pengujian	75
Gambar 5.25 Perbandingan Tegangan kritis Bleich dengan hasil pengujian	76
Gambar 5.20 Perbandingan Tegangan ijin AISC dengan hasil pengujian.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Tabel Sampel Pengujian.....	36
Tabel 5.1	Uji Tarik Baja.....	40
Tabel 5.2	Uji Kuat Geser Las.....	40
Tabel 5.3	Uji Tekan Profil.....	40
Tabel 5.4	Uji Tekan Profil Tanpa Plat Dasar.....	41
Tabel 5.5	Hasil pengujian kolom dengan lendutan dial 1.....	42
Tabel 5.6	Hasil pengujian kolom dengan lendutan dial 2.....	44
Tabel 5.7	Hasil pengujian kolom dengan lendutan dial 3.....	46
Tabel 5.8	Hasil pengujian kolom dengan lendutan dial 4.....	48
Tabel 5.9	Hasil pengujian kolom dengan lendutan dial 5.....	50
Tabel 5.10	Hasil pengujian kolom dengan lendutan dial A.....	52
Tabel 5.11	Hasil pengujian kolom dengan lendutan dial B.....	54
Tabel 5.12	Hasil pengujian kolom dengan lendutan dial C.....	56
Tabel 5.13	Hasil Uji tarik.....	58
Tabel 5.14	Hasil Uji Kuat Geser Las.....	59
Tabel 5.15	Beban kritis (P_{cr}) kolom.....	59
Tabel 5.16	Tegangan kritis (F_{cr}) kolom.....	64
Tabel 5.17	Tabel regresi.....	65
Tabel 5.18	Tegangan kritis (F_{cr}) profil C dengan plat dasar.....	66
Tabel 5.19	Tegangan kritis (F_{cr}) profil C tanpa plat dasar.....	66

Tabel 5.20 Momen Kelengkungan K1 68

Abstraksi

Kolom tersusun dari dua profil light lipped Channel bentukan dingin dirangkai dengan batang diagonal dan transversal untuk mendapatkan kolom yang ekonomis dengan kapasitas tekan besar. Karena penampang profil bentukan dingin tergolong langsing sehingga rawan terhadap instabilitas (tekuk) yaitu tekuk lokal yang dipengaruhi oleh rasio lebar terhadap tebal (b/t). Guna mengetahui perilaku dan kapasitas tekan kolom tersusun dilakukan penelitian eksperimental.

Penelitian kapasitas tekan kolom tersusun yang mempunyai tinggi dan penampang konstan dengan kelangsingan batang tunggal bervariasi λ_1 12,8; 19,3; 25,6; 31; 38,4; 44,9; 51,3; 57,7 untuk mengetahui hubungan beban-deformasi kolom tersusun pada berbagai tahap pembebanan serta ragam kegagalan yang dapat berupa tekuk lokal, tekuk lokal batang tunggal atau tekuk keseluruhan dan membandingkan hasil penelitian dengan formula yang dikemukakan Bleich.

Hasil penelitian menunjukkan semakin besar λ_1 kapasitas kolom tersusun semakin kecil, hal ini karena tegangan kritis (F_{cr}) batang tunggal semakin rendah. Tekuk lokal terjadi karena tegangan kritis (F_{cr}) pengujian kurang dari tegangan leleh (F_y) elemen plat, sedangkan tekuk lokal batang tunggal terjadi karena tegangan kritis (F_{cr}) kurang dari tegangan kritis (F_{cr}) Bleich. Beban kritis (P_{cr}) hasil pengujian lebih kecil dari beban kritis (P_{cr}) formula yang dikemukakan oleh Bleich menunjukkan bahwa terjadi tekuk lokal (local buckling) pada semua sampel. Kegagalan tekuk lokal mengakibatkan tekuk keseluruhan (over all buckling) tidak terjadi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur tekan (*kolom*) dapat dibuat dari profil tunggal atau profil gabungan. Profil tunggal yang umum digunakan adalah profil bentukan panas atau sering disebut profil tempa (*rolled profil*). Perilaku profil tempa cukup baik karena penampangnya kompak sehingga tidak dipengaruhi tekuk lokal (*local buckling*) tetapi dipengaruhi oleh tekuk menyeluruh (*over all buckling*). Tetapi profil tempa umumnya cukup besar sehingga untuk bangunan kecil terlalu berlebih, alternatif profil untuk struktur ringan adalah profil bentukan dingin.

Guna mendapatkan struktur tekan dengan panjang relatif besar dan kapasitas besar, dibuat dari gabungan profil bentukan dingin. Namun penampang profil bentukan dingin tergolong langsing sehingga rawan terhadap instabilitas/tekuk baik itu tekuk lokal maupun tekuk lateral. Untuk memperkecil kegagalan karena tekuk lokal maka batang satu dengan yang lain dirangkai dengan panjang tertentu. Ada perbedaan antara koefisien tekuk elemen plat secara teoritis dengan hasil eksperimen pada profil individu, karena nilai koefisien tekuk berpengaruh terhadap tegangan kritis sehingga berpengaruh terhadap kapasitas tekan profil individu tersebut.

Perbedaan koefisien tekuk tersebut dikarenakan geometri dan kondisi tepi plat. Dengan perbedaan koefisien tekuk untuk profil individu dimana profil tersebut memberi support pada kolom tersusun maka akan terjadi perbedaan koefisien tekuk kolom tersusun sehingga menarik untuk diteliti. Kolom yang akan diteliti tersebut disusun dari profil canai dingin dengan perangkai gabungan perangkai transversal dan perangkai diagonal.

Dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas tekan kolom tersusun profil canai dingin dengan variasi jarak perangkai gabungan dari perangkai horisontal dan perangkai diagonal. Sehingga didapatkan variasi jarak perangkai yang paling ekonomis untuk kolom tersusun dari struktur ringan tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

1. mengetahui kapasitas kolom tersusun dari profil C bentukan dingin menggunakan batang perangkai transversal dan diagonal dengan berbagai variasi jarak perangkai
2. mengetahui perilaku kolom tersusun berdasarkan hubungan beban – deformasi
3. membandingkan kapasitas kolom tersusun dari berbagai variasi jarak perangkai dengan formula Bleich

1.3 Batasan Penelitian

Kolom dari profil canai dingin tersebut dapat disusun berbagai bentuk sehingga dalam penelitian ini dibatasi :

1. baja yang digunakan adalah baja profil *Light Lipped Channel C* 60x30x10x1,2 yang kedua sisinya disambung dengan cara *front to front*.
2. jenis tumpuan diasumsikan berupa dukungan sendi-sendi
3. kolom dibebani dengan gaya aksial konsentris dengan pembebanan statis bertahap.
4. menggunakan perangkai horisontal dan diagonal dengan kelangsingan batang tunggal λ_1 12,8; 19,3; 25,6; 31; 38,4; 44,9; 51,3; 57,7
5. kelangsingan kolom tersusun konstan.
6. tegangan residu bahan tidak ditinjau
7. pengamatan hanya dilakukan terhadap beban dan lendutan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. mengetahui beban maksimal yang dapat ditahan oleh kolom-kolom tersusun penampang kotak dari dua profil *Light Lipped Channel* yang disatukan secara *front to front* dengan perangkai transversal dan diagonal

2. mengetahui tegangan kritis atau F_{cr} yang terjadi pada tiap variasi L_1 kolom-kolom tersusun penampang kotak dari dua profil *Light Lipped Channel* yang disatukan secara *front to front*

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tahapan yang saling berurutan meliputi :

1. Tahap perumusan masalah

Pada tahap ini terdapat kegiatan berupa perumusan topik penelitian yang termasuk didalamnya perumusan tujuan dan pembatasan terhadap permasalahan.

2. Tahap peninjauan pustaka

Pada tahap ini terdapat kegiatan berupa pengkajian terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam melaksanakan penelitian.

3. Tahap landasan teori

Pada tahap ini terdapat kegiatan berupa penjabaran dari tahap peninjauan pustaka yang dituangkan dalam bentuk teori atau rumus yang dipakai dalam penelitian yang akan dilakukan.

4. Tahap hipotesis

Pada tahap ini terdapat kegiatan mencari jawaban sementara terhadap permasalahan dalam penelitian yang akan dilakukan

5. Tahap metode pelaksanaan

Pada tahap ini berisikan kegiatan menetapkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian sesuai dengan hasil yang ingin dicapai.

6. Tahap hasil dan pembahasan

Pada tahap ini berisikan kegiatan pelaksanaan penelitian yang telah ditetapkan dalam tahap metode pelaksanaan, mencatat hasil penelitian, dan menganalisis dengan menggunakan rumus-rumus yang telah ditetapkan dalam tahap landasan teori, lalu membandingkannya dengan hipotesis yang telah dibuat pada tahap hipotesis.

7. Tahap kesimpulan

Pada tahap ini terdapat kegiatan berupa penarikan kesimpulan dari tahap hasil dan pembahasan dalam penelitian yang telah dilaksanakan dan kesimpulan ini merupakan jawaban dari permasalahan yang dihadapi dalam penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolom Tersusun

Batang tersusun adalah gabungan dua batang lebih, satu dengan yang lain dihubungkan sedemikian rupa sehingga membentuk satu kesatuan. (PADOSBAJAYO, 1994)

Batang penghubung dapat disusun melintang, diagonal dan kombinasi melintang dengan diagonal, selain itu penghubung dapat juga berupa pelat menerus. Hubungan batang dengan penghubungnya dapat dilaksanakan dengan baut, paku keling dan las. Jarak profil dapat diatur sedemikian rupa, sehingga tekuk arah tegak lurus sumbu x-x dapat dibuat mendekati sama dengan tekuk arah tegak lurus sumbu y-y. Profil seperti ini cocok digunakan untuk kolom tanpa dukungan lateral. Hal ini sulit diperoleh jika menggunakan profil standar. (PADOSBAJAYO, 1994)

Kuat kolom dipengaruhi oleh faktor tekuk (*buckling*), atau lenturan mendadak akibat ketidakstabilan, terjadi sebelum kekuatan batang sepenuhnya tercapai (Salmon dan Johnson, 1994).

2.2 Kapasitas Kolom

Batang tekan yang panjang akan runtuh akibat tekuk elastis, dan batang tekan yang pendek dan buntak dapat dibebani sampai bahan meleleh atau bahkan mencapai daerah pengerasan regangan (*strain hardening*). Pada keadaan umum, kehancuran akibat tekuk terjadi setelah sebagian penampang lintang meleleh, keadaan ini disebut tekuk inelastik (Salmon dan Johnson, 1994).

Kolom dapat dikategorikan berdasarkan panjangnya, kolom pendek adalah jenis kolom yang kegagalannya berupa kegagalan material (ditentukan oleh kekuatan material). Kolom panjang adalah kolom yang kegagalannya ditentukan oleh tekuk (*buckling*), jadi kegagalannya adalah kegagalan karena ketidakstabilan, bukan karena kekuatannya. Pada kolom panjang, dimensi dalam arah memanjang jauh lebih besar bila dibandingkan dengan dimensi arah lateral. Karena adanya potensi menekuk pada jenis kolom ini, maka kapasitas pikul-bebannya menjadi lebih kecil (*Schodek, 1991*).

Pada beban dengan besar tertentu suatu batang yang lurus, homogen, dan dibebani secara sentris akan menjadi tidak stabil. Hal ini berarti dengan beban tersebut suatu kolom mulai melentur, meskipun tidak ada beban lentur yang bekerja (Gaylord dan Gaylord, 1972).

Menurut Euler, batang dengan beban konsentris yang semula lurus dan semua seratnya elastis hingga tekuk terjadi akan mengalami lengkungan kecil. (Salmon dan Johnson, 1994).

Kelangsingan batang tekan tergantung pada jari-jari kelembaman dan panjang tekuknya. Panjang tekuk ini dapat ditentukan menggunakan grafik/nomogram yang telah dibuat dengan memperhatikan keadaan ujung-ujung batangnya (Gideon, 1983)

Tekuk lokal (*local buckling*) dan tekuk keseluruhan (*bend buckling*) dari suatu kolom akan terjadi secara bersamaan apabila tegangan kritis plat sama dengan tegangan kritis kolom secara keseluruhan (Gaylord dan Gaylord 1972).

Peristiwa tekuk pada komponen struktur dari pelat baja dapat terjadi dalam bentuk tekuk keseluruhan dan tekuk lokal (*local buckling*). Tekuk keseluruhan merupakan fungsi dari kelangsingan (Kl/r). Tekuk setempat dapat terjadi lebih dahulu pada salah satu elemen penyusun penampang sebelum tegangan kritis terlampaui. (Salmon dan Johnson, 1990).

Oleh karena profil tersusun terdiri dari elemen-elemen pelat, kekuatan penampang kolom yang didasarkan pada angka kelangsingan keseluruhan (Kl/r) hanya dapat tercapai jika elemen pelat tersebut tidak tertekuk setempat. Tekuk setempat elemen pelat dapat mengakibatkan kehancuran penampang keseluruhan yang terlalu dini, atau paling sedikit menyebabkan tegangan menjadi tidak merata dan mengurangi kekuatan keseluruhan. (Salmon dan Johnson, 1990)

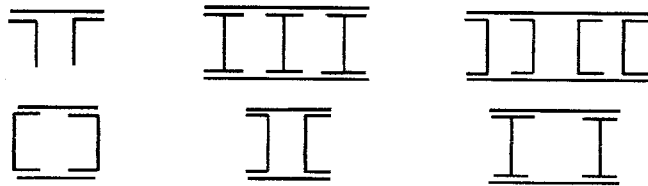
Panjang tekuk batang adalah jarak antar titik balik batang tersebut, yaitu jarak antar ujung-ujung sendi ekuivalen, baik riil maupun imajiner. (Padosbajayo, 1992)

Kuat tekan kolom tersusun dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu panjang batang yang dibatasi oleh ujung-ujung batang penghubung (l_1), panjang kolom (l), panjang batang diagonal (d), panjang batang transversal (h), luas penampang batang diagonal (A_d), luas penampang batang transversal (A_b). Semakin panjang batang diagonal maupun transversal maka semakin besar nilai k sehingga nilai P_c semakin kecil. (Friedrich Bleich, 1952)

BAB III
LANDASAN TEORI

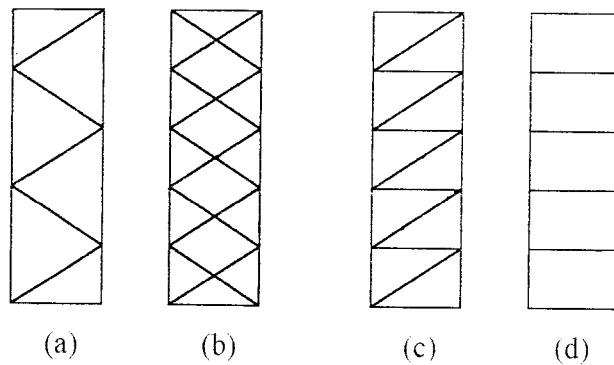
3.1. Kolom Tersusun

Kolom tersusun adalah kolom yang terdiri dari gabungan dua batang atau lebih, satu dengan yang lain dirangkai sedemikian rupa sehingga membentuk satu kesatuan. Berbagai susunan profil dapat dilihat Gambar 3.1



Gambar 3.1 Berbagai macam profil tersusun

Untuk membentuk kolom tersusun diperlukan perangkai yang berupa plat atau batang. Batang perangkai dapat disusun melintang, diagonal dan kombinasi melintang dan diagonal.



Gambar 3.2. Konfigurasi batang perangkai

Gambar 3.2 menunjukkan berbagai konfigurasi batang perangkai yang umum digunakan, a. ikat tunggal (menggunakan batang perangkai diagonal), b. ikat ganda (menggunakan 2 batang perangkai diagonal), c. ikat dan kopel (menggunakan batang perangkai transversal dan diagonal), d. kopel (menggunakan batang perangkai transversal).

Hubungan batang dengan perangkainya dapat dilaksanakan dengan baut, paku keling dan las. Kolom tersusun sering digunakan pada kondisi-kondisi sebagai berikut : a. kapasitas profil yang tersedia belum mencukupi, b. diperlukan kolom dengan kekuatan besar, c. detail sambungan membutuhkan sambungan tertentu dan, d. faktor estetika.

Ada beberapa hal yang menyebabkan kehancuran pada kolom, diantaranya adalah sifat kolom yang mengalami tekuk elastis atau tekuk inelastik maupun kondisi pembebanan yang terjadi. Sifat kolom yang mengalami suatu tekuk tertentu dipengaruhi oleh angka kelangsingan (*slenderness ratio*). Berdasarkan kelangsingannya, batang tekan atau kolom dapat digolongkan dalam 3 macam, yaitu kolom langsing (*slender column*), kolom sedang (*medium column*), dan kolom gemuk (*stocky column*).

Pada kolom atau batang tekan yang panjang dengan beban yang berat (misalnya pada rangka jembatan), kolom tersusun lebih banyak digunakan karena lebih hemat dibanding menggunakan profil tunggal. Inti dari profil tersusun adalah untuk mendapatkan inersia yang besar sehingga elemen tersebut mempunyai kekakuan besar.

3.2. Kuat Tekan

Kuat tekan kolom dipengaruhi oleh sifat bahan, geometri penampang, derajat pekekangan di ujung-ujung dan panjang batang. Sifat bahan meliputi modulus elastisitas (E), tegangan leleh (F_y), serta tegangan residu. Panjang batang, geometri penampang dan derajat pekekangan di ujung berpengaruh terhadap kelangsingan. Semakin langsing suatu kolom dengan penampang tertentu kuat tekannya semakin kecil.

3.2.1. Panjang Efektif

Panjang efektif kolom adalah jarak antar titik balik batang tersebut, yaitu jarak antar ujung-ujung sendi ekuivalen, baik riil maupun imajiner (Gere dan Timoshenko, 1996). Panjang efektif (L_e) menurut Timoshenko dapat dinyatakan dengan Persamaan 3.1

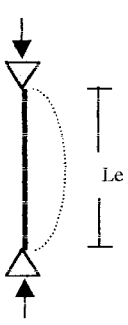
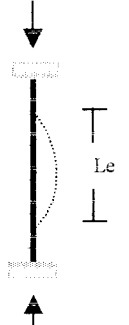
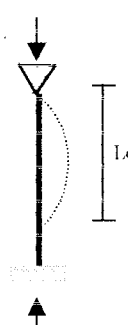
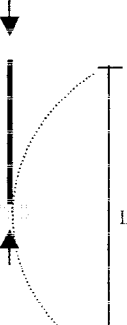
$$L_e = K.L \quad (3.1)$$

dengan : K = faktor panjang efektif

L = panjang batang

Nilai faktor panjang efektif kolom ideal dari berbagai kondisi ujung disajikan pada Tabel 3.1

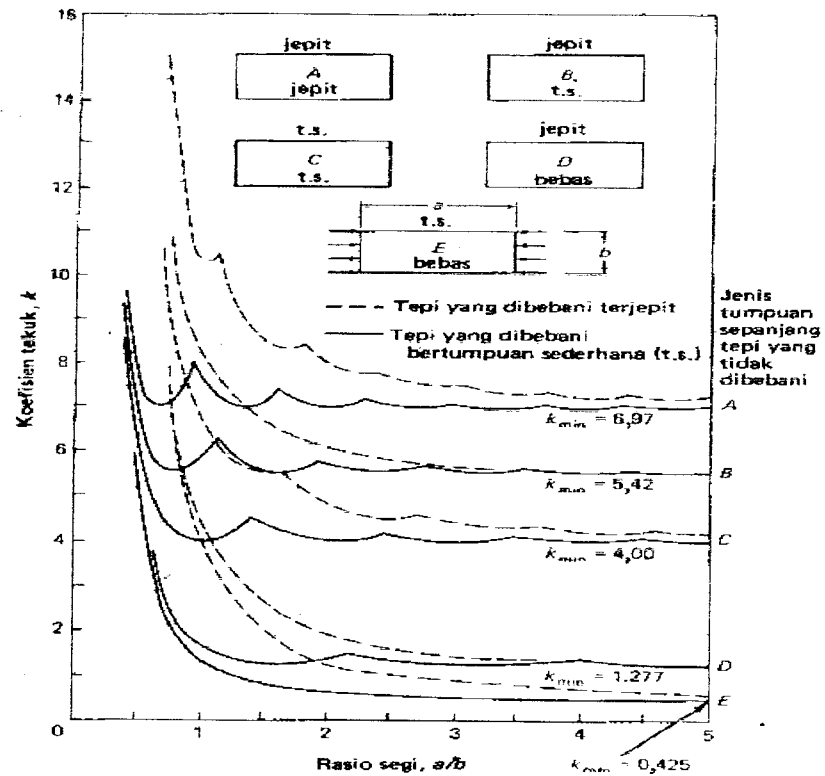
Tabel 3.1 Faktor panjang efektif kolom ideal

Sendi-Sendi	Jepit-Jepit	Jepit-Sendi	Jepit-bebas
			
$Le = L$	$Le = 0,5L$	$Le = 0,7L$	$Le = 2L$
$K = 1$	$K = 0,5$	$K = 0,7$	$K = 2$

Dari tabel 3.1 dapat dilihat bahwa koefisien panjang efektif bervariasi tergantung pada kondisi ujung untuk kolom ideal, misal pada kondisi ujung sendi-sendiri nilai koefisien panjang efektif $K=1$ sehingga panjang efektif kolom (Le) sama dengan panjang kolom (L) tersebut.

3.2.2. Tekuk Lokal

Menurut Lambert Tall, 1974, maupun Salmon dan Johnson, 1990, tekuk lokal adalah tekuk yang terjadi pada salah satu elemen penyusun tampang suatu struktur. Keruntuhan akibat tekuk lokal ini terjadi pada batang yang langsing

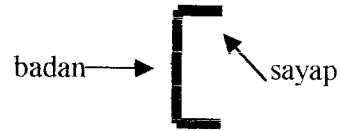


Gambar 3.3. Koefisien tekuk elastis untuk tekanan pada pelat segi empat datar (Salmon dan Johnson, 1994)

Gambar 3.3 memperlihatkan variasi koefisien tekuk k terhadap rasio a/b untuk kondisi tepi yang berbeda-beda, yaitu beberapa kombinasi jepit, tumpuan sederhana dan bebas. Nilai kekakuan terbesar terjadi pada kondisi tumpuan berupa tumpuan jepit-jepit dengan $k=6,97$, nilai kekakuan tumpuan jepit-tumpuan sederhana dengan $k=5,42$, nilai kekakuan tumpuan jepit-bebas dengan $k=1,277$, sedangkan nilai kekakuan untuk kombinasi tumpuan sederhana dan bebas dengan $k=0,425$.

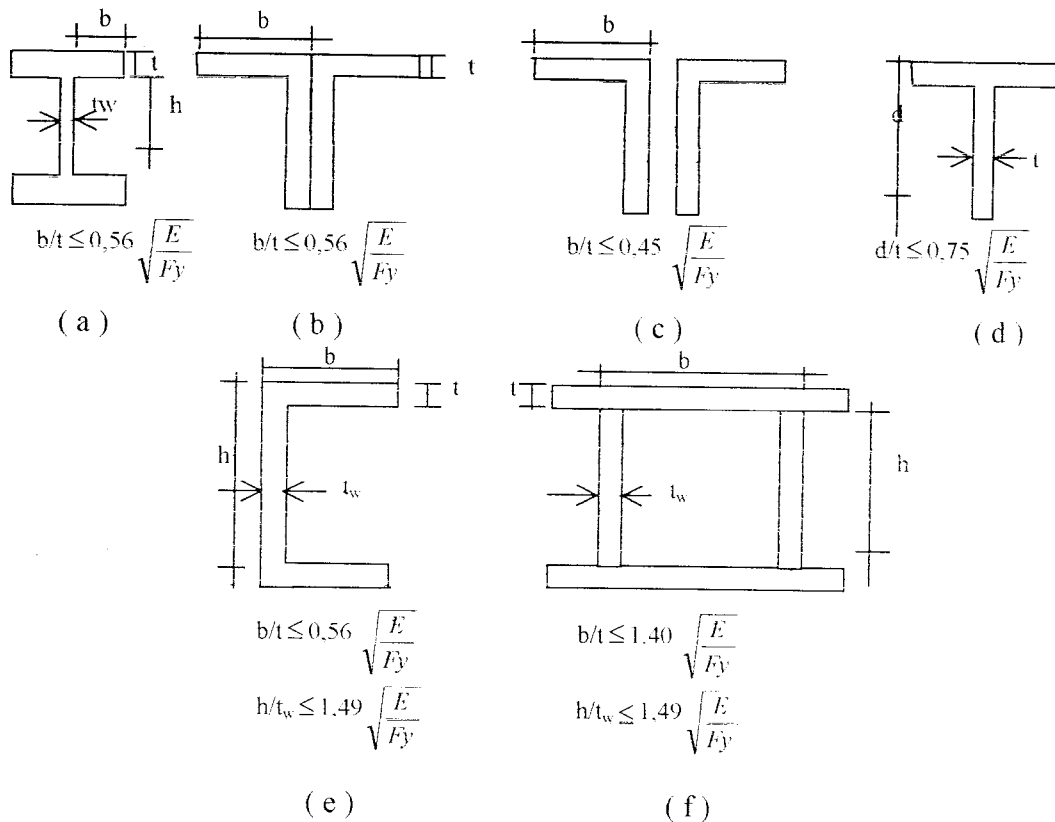
Berdasarkan teori diatas maka profil C dapat ditinjau nilai k , untuk sayap yang merupakan elemen tidak diperkuat nilai k akan mendekati 0,425 sedangkan

pada badan karena merupakan elemen yang diperkuat maka nilai k mendekati 4. Seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Tampang Profil C

Tetapi ada perbedaan antara nilai k teoritis dengan nilai k hasil penelitian seperti yang dikemukakan R M Barker dan J A Pucket, 1997. Sebagai contoh nilai k pada sayap adalah 0,425 tetapi pada penelitian nilai k adalah 0,56.

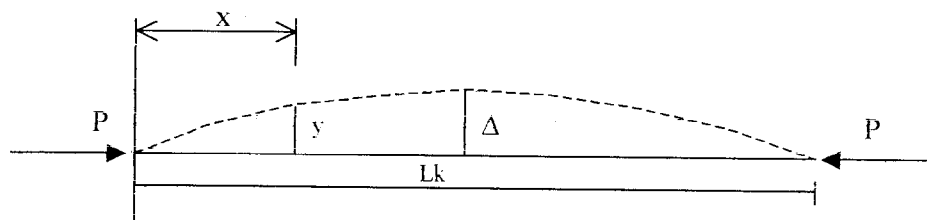


Gambar 3.5. Rasio tebal terhadap tebal berbagai penampang profil (R M Barker dan J A Pucket, 1997)

3.2.3. Tekuk Elastis Kolom Tunggal

Menurut persamaan Euler yang dikemukakan oleh Lambert Tall, 1974, beban kritis kolom diturunkan dari persamaan pelenturan sebuah batang lurus yang semua seratnya tetap elastis hingga tekuk terjadi tetapi tidak terjadi tekuk lokal, batang tersebut memiliki dukungan sederhana pada ujung-ujungnya dan diberi gaya aksial tekan sentris.

Persamaan garis elastis untuk kolom yang ujungnya sendi-sendii ditunjukkan dengan Persamaan (3.3) atau (3.4)



Gambar 3.6. Batang lurus dibebani gaya tekan aksial

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{P_{cr}}{EI} y \quad (3.3)$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{P_{cr}}{EI} y = 0 \quad (3.4)$$

dengan E = modulus elastis, I = inersia, P = gaya aksial, y = pelenturan,

bila diasumsikan $k^2 = P_{cr} / EI$ (3.5)

substitusi k^2 kedalam Persamaan (3.4) maka akan diperoleh:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + k^2 y = 0 \quad (3.6)$$

penyelesaian persamaan deferensial linear berordo dua ini dapat dinyatakan sebagai

$$y = A \sin kx + B \cos kx \quad (3.7)$$

untuk $x = 0$, nilai $y = 0$, maka $0 = A, 0+B$, diperoleh $B = 0$

untuk $x = L$, nilai $y = 0$, diperoleh: $0 = A \sin (k.L_k)$

untuk $\sin (k.L_k) = 0$, diperoleh:

$$k.L_k = N \pi \text{ atau } k = (N.\pi)/L_k$$

substitusi nilai $k = (N. \pi)/L_k$ ke Persamaan (3.5), maka:

$$P_{cr} = \frac{N^2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L_k^2} \quad (3.8)$$

Menurut Lambert Tall (1974), beban kritis adalah beban terkecil yang mampu mengakibatkan kolom tersebut dalam kondisi kritis. Kondisi dapat terjadi bila defleksi merupakan lendutan berkelengkungan tunggal (*single curvature*), sehingga nilai $N=1$. Dengan demikian, beban kritis Euler untuk kolom yang berujung sendi-sendi adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_k^2} \quad (3.9)$$

dengan $L_k =$ panjang tekuk.

Bila masing-masing ruas Persaman (3.9) dibagi dengan luas penampang batang A , maka diperoleh:

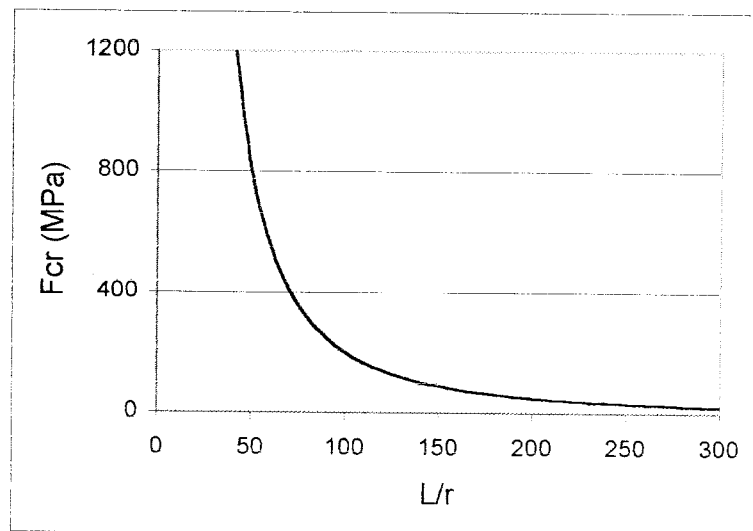
$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{A \cdot L_k^2} \quad (3.10)$$

dimana, $I = A \cdot r^2$ atau $r^2 = I/A$, maka,

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(L_k / r)^2} \quad (3.11)$$

dengan $r =$ jari-jari kelembaman.

Persamaan (3.11) diatas memperlihatkan dengan jelas kapasitas pikul beban suatu kolom selalu berbanding terbalik dengan kuadrat panjang tekuk, sebanding dengan modulus elastis material dan momen inersia penampang. Semakin panjang kolom maka semakin kecil beban yang dapat menyebabkan kolom tersebut tertekuk, sebaliknya semakin pendek kolom maka semakin besar beban yang dapat menyebabkan kolom tersebut tertekuk.



Gambar 3.7 Grafik tegangan kritis Euler yang merupakan fungsi kelangsingan (L/r) (Lambert Tall,1974)

3.2.4. Tekuk Inelastik

Untuk menentukan kekuatan kolom dasar, kondisi kolom perlu diidealisir dengan beberapa anggapan yaitu : (1) sifat tegangan-regangan tekan sama diseluruh titik pada penampang; (2) tidak ada tegangan internal seperti akibat pendinginan setelah pengilingan (rolling) dan akibat pengelasan; (3) kolom lurus sempurna dan prismatis; (4) resultante beban bekerja melalui sumbu pusat batang

sampai batang mulai melentur; (5) kondisi ujung harus statis tertentu sehingga panjang antar sendi-sendi ekuivalen dapat ditentukan; (6) teori lendutan yang kecil seperti pada lendutan yang umum berlaku dan gaya geser dapat diabaikan; serta (7) puntiran atau distorsi penampang lintang tidak terjadi selama melentur.

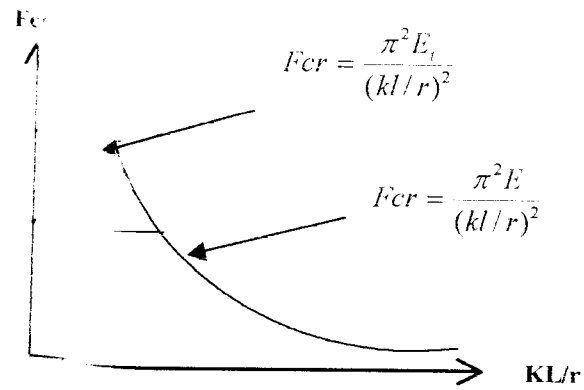
Dengan anggapan diatas maka kekuatan kolom dasar dinyatakan sebagai

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E_t}{(KL/r)^2} \quad 3.12$$

Dimana F_{cr} : tegangan rata-rata pada penampang; E_t : modulus tangen pada tegangan rata-rata penampang; KL/r : angka kelangsingan efektif (ujung sendi ekuivalen)

Batang tekan yang panjang akan runtuh akibat tekuk elastis, dan batang tekan pendek yang buntak dapat dibebani sampai bahan meleleh atau bahkan sampai daerah pengerasan regangan (*strain hardening*). Sedangkan pada keadaan yang umum kehancuran akibat tekuk terjadi setelah sebagian penampang lintang meleleh, keadaan ini disebut tekuk inelastik

Oleh karena kolom dengan panjang yang umum tertekuk pada saat sejumlah seratnya menjadi inelastik, maka modulus elastisitas ketika tertekuk lebih kecil dari harga awalnya. Sehingga ada perbedaan nilai E yang dikemukakan oleh Euler dan Engesser, Euler menggunakan nilai E pada saat elastis sedangkan Engesser menggunakan modulus tangen (E_t) dimana nilai E_t lebih kecil daripada nilai E . Seperti Gambar 3.6



Gambar 3.8 Grafik perbandingan modulus elastis dan modulus tange

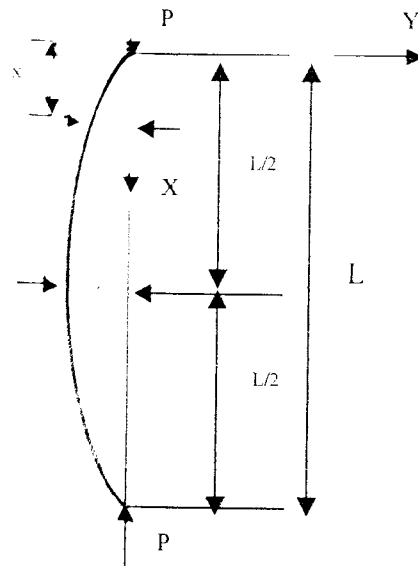
3.2.5. Momen-Kelengkungan (M- Φ)

Untuk mendapatkan persamaan kelengkungan pada kolom maka digunakan pendekatan persamaan diferensial kurva elastis batang yaitu

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \quad 3.13$$

Dari Gambar 3.9 maka persamaan 3.13 menjadi

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M = P(-y) \quad 3.14$$



Gambar 3.9 Kolom dibebani gaya aksial

Penyelesaian Persamaan 3.14 dengan menuliskan kembali dalam bentuk

$$EI \frac{d}{dx} \left(\frac{dy}{dx} \right) = -Py \quad 3.15$$

Persamaan 3.15 dikalikan dengan 2 dy diperoleh diferensial sempurna, dengan integrasi :

$$EI \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 = -Py^2 + C_1 \quad 3.16$$

Dari Gambar 3.9 diketahui $y = \delta$ bila $dy/dx = 0$, maka substitusikan harga tersebut dalam Persamaan 3.14 menghasilkan $C_1 = P\delta^2$, dan Persamaan 3.16 menjadi

$$EI \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 = P(\delta^2 - y^2) \quad 3.17$$

$$\frac{dy}{dx} = \sqrt{\frac{P}{EI}} \sqrt{\delta^2 - y^2} \quad 3.18$$

$$\frac{dy}{\sqrt{\delta^2 - y^2}} = \sqrt{\frac{P}{EI}} dx \quad 3.19$$

Dengan mengintegrasikan Persamaan 3.19 didapat

$$\sin^{-1} \frac{y}{\delta} = x \sqrt{\frac{P}{EI}} + C_2 \quad 3.20$$

Mengevaluasi C_2 dengan menggunakan hubungan $y = 0$ pada $x = 0$ didapat nilai $C_2 = 0$, sehingga persamaan kelengkungan kolom dalam keadaan elastis adalah

$$y = \delta \sin \left(x \sqrt{\frac{P}{EI}} \right) \quad 3.21$$

3.2.5. Hubungan Antara Tekuk Lokal dan Tekuk Lentur

Tekuk lokal dan tekuk lentur dapat terjadi secara bersamaan apabila tegangan kritis pelat sama dengan tegangan kritis kolom keseluruhan, seperti pada Persamaan 3.22

$$F_{cr \text{ pelat}} = F_{cr \text{ keseluruhan}} \quad (3.22)$$

Seperti pada Persamaan 3.3 maka

$$F_{cr \text{ pelat}} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (3.23)$$

Sehingga

$$(KL/r) = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{F_{cr \text{ pelat}}}} \quad (3.24)$$

dengan memasukkan Persamaan 3.2 kedalam Persamaan 3.24, maka

$$(KL/r) = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\frac{k\pi^2 E}{12(1-\mu^2)(b/t)^2}}} \quad (3.25)$$

$$KL/r = (b/t) \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)}{k}} \quad (3.26)$$

Dengan μ baja 0,3, sehingga

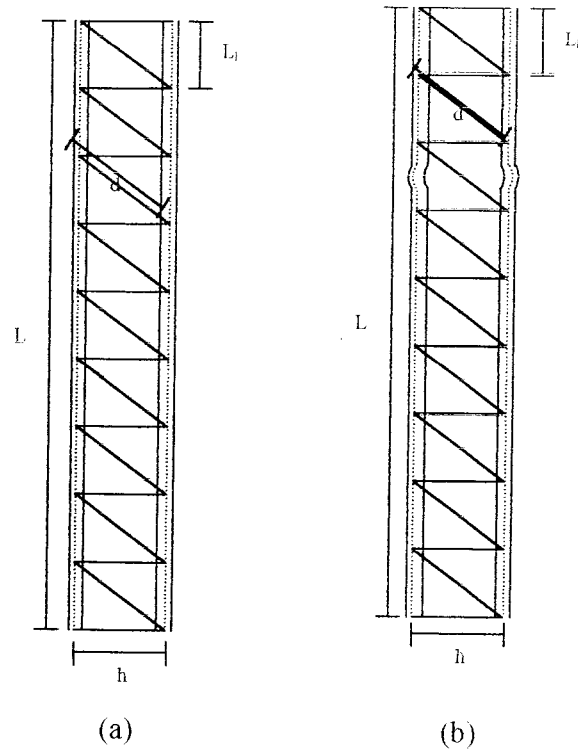
$$KL/r = \frac{3,3045(b/t)}{\sqrt{k}} \quad (3.27)$$

Dari Persamaan 3.22 sampai Persamaan 3.27 dapat diambil kesimpulan bahwa pada profil baja yang sama apabila semakin panjang batang tersebut maka KL/r akan semakin besar sehingga $F_{cr \text{ keseluruhan}}$ akan semakin kecil bahkan bisa lebih kecil dari $F_{cr \text{ pelat}}$, sehingga keruntuhan kolom diakibatkan oleh tekuk keseluruhan

kolom. Sebaliknya, pada profil baja yang sama apabila semakin pendek batang tersebut maka KL/r akan semakin kecil sehingga $F_{cr\text{ keseluruhan}}$ akan semakin besar bahkan bisa lebih besar dari $F_{cr\text{ pelat}}$, sehingga keruntuhan kolom diakibatkan oleh tekuk lokal kolom.

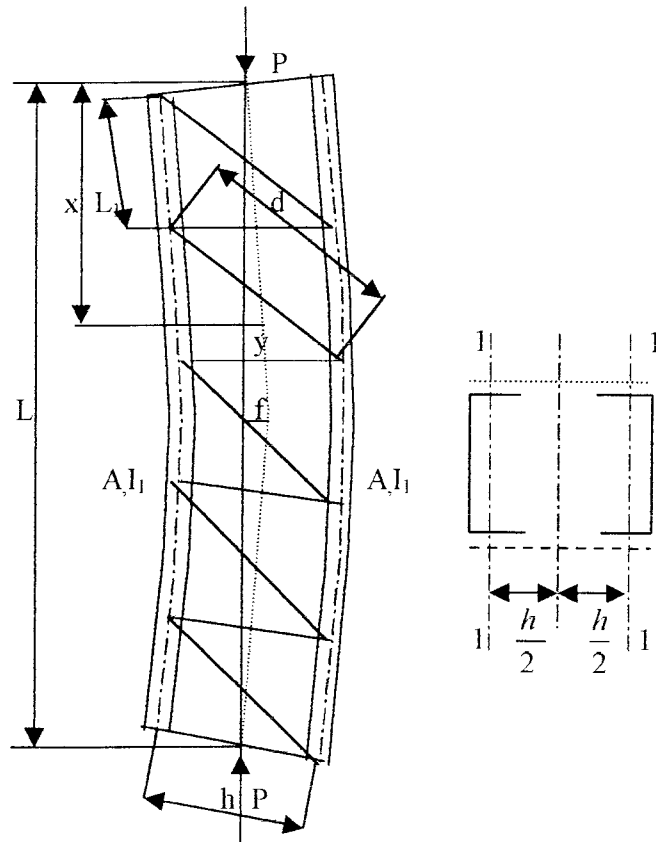
3.4. Pengaruh Gaya Geser Pada Kolom Tersusun

Penyambungan antara batang-batang tersusun dengan memakai batang ikat/diagonal (*lacing*) bermanfaat agar semua komponen bekerja sebagai satu kesatuan. Komponen geser dari beban aksial timbul ketika batang tekan melentur. Besarnya pengaruh geser terhadap pengurangan kekuatan kolom sebanding dengan besarnya deformasi yang ditimbulkan oleh gaya geser. Penampang berbadan pejal (*solid – webbed*) seperti profil *w* memiliki deformasi geser yang lebih kecil daripada kolom tersusun yang menggunakan batang ikat dan/ atau plat kopel (*batten plates*)



Gambar 3.10 a) Kolom tersusun, b) Kolom tersusun yang mengalami tekuk lokal batang tunggal

Gambar 3.7a menunjukkan kolom tersusun sebelum mengalami deformasi dan Gambar 3.7b menunjukkan kolom tersusun yang mengalami tekuk lokal batang tunggal sedangkan Gambar 3.8 menunjukkan kolom tersusun yang dibebani gaya aksial serta mengalami tekuk keseluruhan.



Gambar 3.11. Kolom tersusun yang dibebani gaya aksial
(Friedrich Bleich, 1952)

Persamaan untuk E.nergi Tegangan (V) adalah :

$$V = \frac{1}{2} \left(2 \sum \frac{P^2 c}{EA} + \sum \frac{D^2 d}{EA_d} + \sum \frac{B^2 h}{EA_b} \right) \quad (3.28)$$

Dimana kondisi pertama adalah akumulasi energi elastik sedangkan 2 kondisi terakhir adalah energi dari batang perangkat.

Momen pada semua titik pada as kolom adalah :

$$M_x = P c.y = P_c f \sin \frac{\pi x}{l}$$

Dengan tegangan geser :

$$Q_x = \frac{dM_z}{dx} = P_c f \frac{\pi x}{l}$$

Sehingga :

$$F = \frac{dM_z}{z dx} = \pm P_c f \frac{f}{h} \sin \frac{\pi x}{l} \quad (3.29a)$$

$$D = Q_x \frac{d}{h} = \pm P_c f \frac{d}{h} \frac{\pi}{l} \cos \frac{\pi x}{l} \quad (3.29b)$$

$$B = Q_x = \pm P_c f \frac{\pi}{l} \cos \frac{\pi x}{l} \quad (3.29c)$$

Dengan anggapan $\frac{\pi x}{l} = \frac{2r-1}{2n} \pi$, dimana $r = 1, 2, 3, \dots, n-1$ dan n adalah jumlah dari titik bidang, sehingga :

$$V = \frac{P_c^2 f^2}{2} \frac{c}{h^2} \frac{2}{EA} \sum_{r=1}^n \sin^2 \frac{2r-1}{2n} \pi + \frac{P_c^2 f^2}{2} \frac{d^3}{h^2} \frac{\pi^2}{l^2} \frac{1}{EA_d} \sum_{r=1}^n \cos^2 \frac{2r-1}{2n} \pi$$

$$+ \frac{P_c^2 f^2}{2} \frac{\pi^2}{l^2} \frac{h}{EA_b} \sum_{r=1}^n \cos^2 \frac{2r-1}{n} \pi$$

Momen Inesia $I_0 = Ah^2/2$, maka :

$$\frac{P_c^2 f^2}{2} \frac{c}{h^2} \frac{2}{EA} = \frac{P_c^2 f^2}{2} \frac{c}{EI_0}$$

dan

$$\sum_{r=1}^n \sin^2 \frac{2r-1}{2n} \pi = \sum_{r=1}^n \cos^2 \frac{2r-1}{2n} \pi = \frac{n}{2} = \frac{1}{2c} \quad (3.30)$$

Sehingga bentuk persamaan Energi Tegangan adalah :

$$V = P_c^2 \frac{f^2 l}{4} \left(\frac{1}{EI_0} + \frac{d^2 \pi^2}{ch^2 l^2} \frac{1}{EA_d} + \frac{h \pi^2}{c l^2} \frac{1}{EA_b} \right) \quad (3.31)$$

Persamaan Gaya Luar (W)

$$W = P_c \Delta l = \frac{P_c}{2} \int_0^l y'^2 dx$$

Dengan $y' = (\pi/l) f \cos(\pi x/l)$, setelah di integralkan didapat :

$$W = P_c \frac{\pi^2 f^2}{4l} \quad (3.32)$$

Substitusi V dan W dari persamaan 3.31 dan 3.32

$$\frac{\pi^2}{l} - P_c l \left(\frac{1}{E_l I_0} + \frac{\pi^2}{l^2} \frac{d^3}{ch^2} \frac{1}{EA_d} + \frac{\pi^2}{l^2} \frac{h}{c} \frac{1}{EA_b} \right) = 0$$

Sehingga Persamaan Tegangan kritis adalah :

$$P_c = \frac{\pi^2 E I_0}{l^2} \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E I_0}{l^2} \frac{1}{E c h^2} \left(\frac{d^3}{A_d} + \frac{h^3}{A_b} \right)} \quad (3.33)$$

Jika perangkai sangat kaku, $A_d = A_b = \infty$, Persamaan 3.33 akan menjadi tegangan kritis $\pi^2 E I_0 / l^2$ dimana tegangan kritis kolom tersusun tersebut mempunyai momen inersia $I_0 = A h^2 / 2$. Momen sebenarnya dari penampang kolom adalah :

$$I = I_0 + 2I_1 \quad (3.34)$$

Dengan substitusikan I pada I_0 pada persamaan 3.33 didapat **Persamaan Tegangan Kritis Kolom Tersusun** yaitu :

$$P_c = \frac{\pi^2 E I}{(kl)^2} \quad (3.35)$$

dengan :

$$k = \sqrt{1 + \frac{\pi^2 E I_0}{l^2} \frac{1}{E c h^2} \left(\frac{d^3}{A_d} + \frac{h^2}{A_b} \right)} \quad (3.36)$$

dimana E : Modulus elastisitas kolom, l : panjang kolom, l_1 : panjang elemen batang yang dibatasi oleh ujung-ujung batang penghubung, d : panjang batang diagonal, h : panjang batang horisontal, A_d : luas penampang satu batang diagonal, A_b : luas penampang satu batang horisontal.

Dari persamaan 3.36 dapat kita lihat bahwa semakin panjang batang perangkai diagonal (d) akan semakin besar nilai k , dengan semakin besar nilai k maka beban kritis (P_c) semakin kecil. Pada penelitian ini dibuat variasi pada jarak

perangkai (l_1), sehingga semakin besar jarak perangkai (l_1) maka nilai k semakin kecil yang akan mengakibatkan beban kritis (P_c) semakin besar.

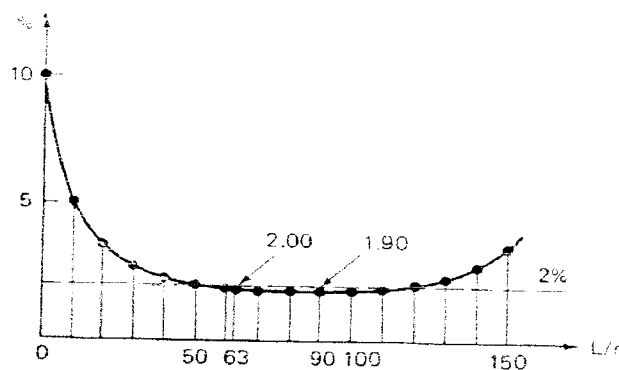
Dengan mengganti $\pi^2 E I_0 / l^2$ menjadi $2A \sigma_c$ persamaan 3.36 menjadi :

$$k = \sqrt{1 + \frac{2A \sigma_c}{A_d E} \frac{1}{\sin^2 \alpha \cos \alpha} + \frac{2A \sigma_c}{A_b E} \frac{1}{\cos \alpha}} \quad (3.37)$$

Dari persamaan 3.37 dapat dilihat perbedaan nilai k bila sudut berbeda seperti tabel 3.2, dengan ratio $2A/Ad = 2A/Ab$ maka :

Stress, σ_c , MPa	α , derajat	Rasio 2A/Ad				
		30	25	20	15	10
220	30	1.091	1.076	1.062	1.047	1.031
	45	1.068	1.057	1.046	1.034	1.023
	60	1.059	1.050	1.039	1.027	1.018
172	30	1.072	1.060	1.049	1.037	1.024
	45	1.053	1.045	1.036	1.027	1.018
	60	1.046	1.038	1.029	1.018	1.011

Besar gaya geser yang terjadi pada kolom yang disyaratkan oleh AASHTO adalah sebesar 2% dari gaya aksial yang diterima oleh kolom, hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Gaya geser ideal (Kuzmanovic and Willems, 1977)

Pada Gambar 3.12 dapat dilihat bahwa besarnya gaya geser yang terjadi pada kolom untuk kelangsingan 50 sampai dengan 110 berkisar 2 % dari beban aksial yang diterima oleh kolom, untuk kelangsingan kolom kecil maka gaya geser mendekati 10 % dari beban aksial yang diterima kolom dan akan membesar kembali jika kelangsingan kolom besar. (*Kuzmanovic and Willems, 1977*)

3.4. Hipotesis

Pada kolom tersusun dengan perangkai transversal dan diagonal yang jarak perangkai (l_1) bervariasi akan mempengaruhi beban kritis. Jarak perangkai yang semakin besar menjadikan beban kritis yang besar dan akan mengakibatkan tegangan kritis yang besar. Tegangan kritis lebih besar dari tegangan kritis plat akan mengakibatkan tekuk lokal dan jika tegangan kritis lebih besar dari tegangan keseluruhan akan terjadi tekuk keseluruhan (*over all buckling*)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan dalam penulisan tugas akhir.

4.2 Bahan dan Alat yang Digunakan

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan dan bahan yang digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun bahan dan alat yang digunakan adalah sebagai berikut,

4.2.1 Bahan

a. Baja profil

Baja profil yang digunakan adalah *Lips Channal* yang disambungkan pada kedua sisinya dengan cara *front to front* dan diberi perangkai horizontal dan diagonal yang berupa plat baja 1,5x2 mm , sehingga membentuk profil tersusun.

b. Sambungan baja

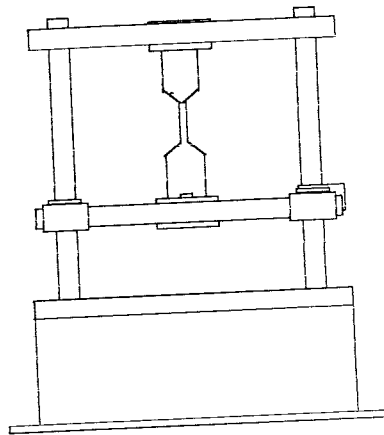
Sambungan baja profil *Lips Channal* menggunakan alat sambung las.

4.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

a. *Mesin uji kuat tarik baja*

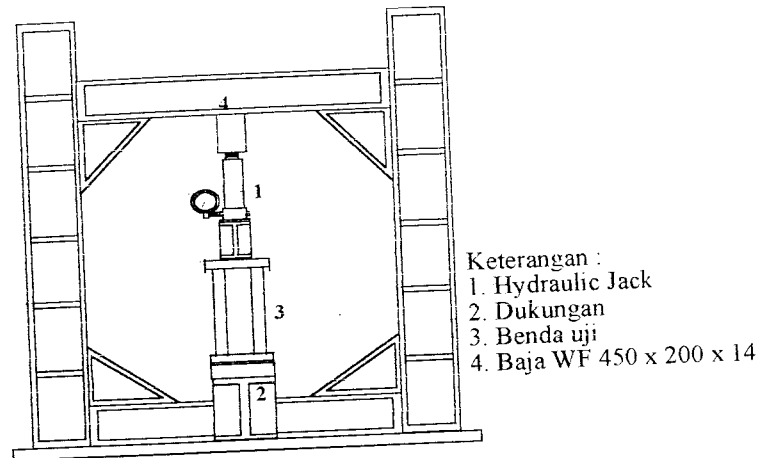
Digunakan untuk mengetahui kuat tarik baja. Alat yang digunakan yaitu *Universal Testing Material* (UTM) merk Shimadzu type UMH-30 dengan kapasitas 30 ton, seperti pada Gambar (4.1).



Gambar 4.1. *Universal Testing Material Shimadzu UMH30*

b. *Loading Frame*

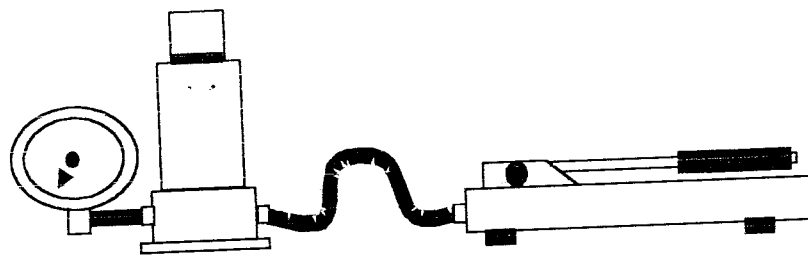
Untuk keperluan uji pembebanan digunakan *Loading Frame*, dari bahan baja profil WF 450x200x9x14, seperti pada Gambar (4.2). Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal segi empat yang berdiri di atas lantai beton (*rigid floor*) dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm. Agar *Loading Frame* tetap stabil, pelat dasar dibaut ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 50x200x9x14. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji.



Gambar 4.2. Bentuk fisik *Loading Frame*

c. *Hydraulic Jack*

Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian kuat tekan benda uji dengan beban sentris P yang mempunyai kapasitas maksimum 30 ton dengan ketelitian pembacaan sebesar 0,25 ton. Alat tersebut dapat dilihat pada gambar (4.3)

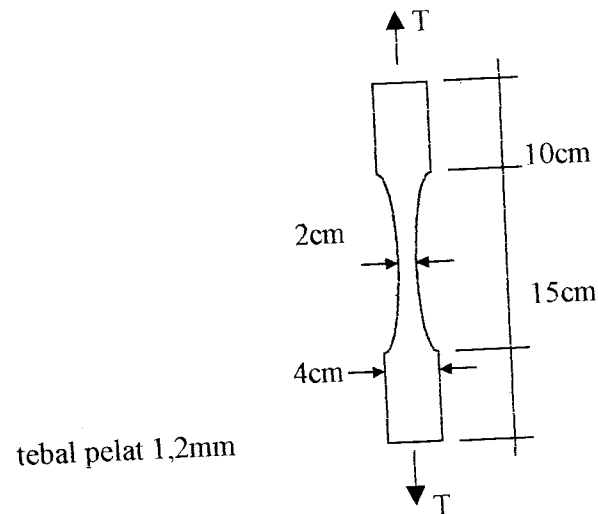


Gambar 4.3. *Hydraulic Jack*

4.3 Pembuatan Benda Uji

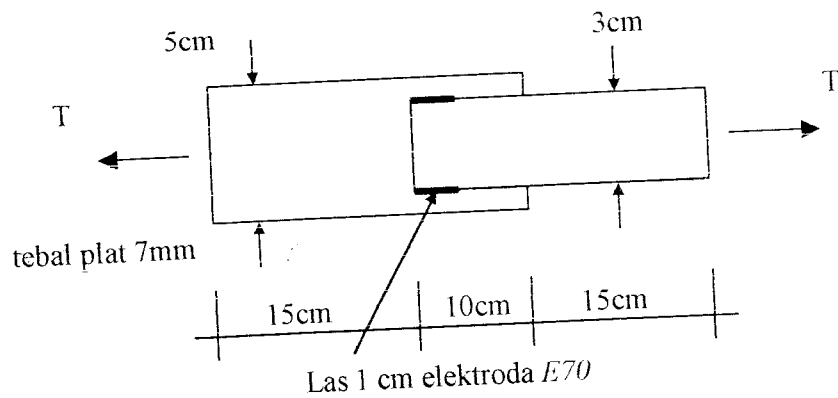
Benda Uji yang akan digunakan dalam penelitian dibuat terlebih dahulu kemudian diuji di laboratorium, benda uji tersebut berupa,

- a. Dua benda uji kuat tarik baja yang diambil dari profil



Gambar 4.4. Benda uji kuat tarik baja

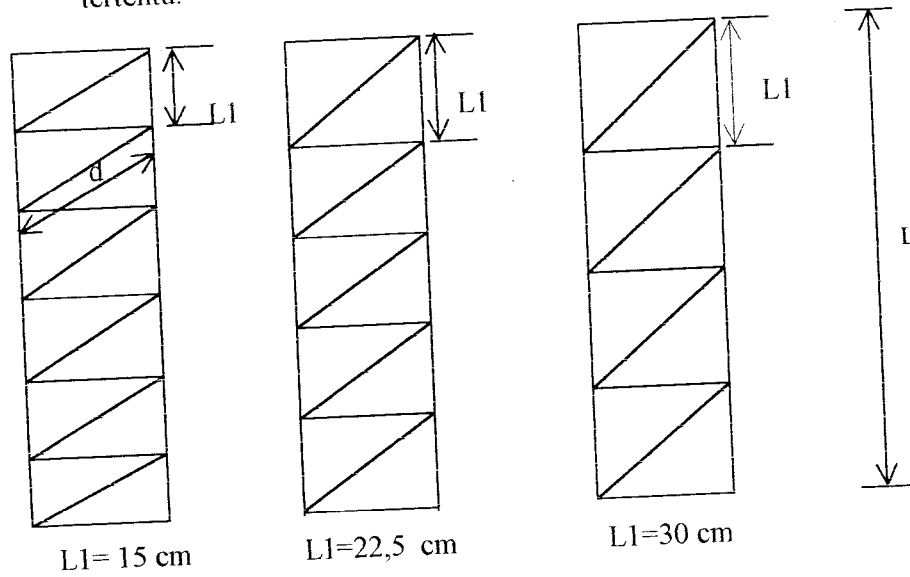
- b. Dua benda uji kuat sambungan las



Gambar 4.5. Benda uji kuat geser las

- c. Empat benda uji kolom tersusun yang terbuat dari dua profil *Lips Channal* yang hubungkan dengan batang horizontal dan

d. diagonal. Dapat dilihat pada gambar 4.3. dengan tinggi konstan, yaitu 150cm. Disatukan dengan alat sambung las pada tempat-tempat tertentu.



Gambar 4.6 Profil tersusun dengan perangkai horisontal dan vertikal

Tabel 4.1 Tabel Sampel Pengujian

No	Type Kolom	Dimensi Profil	Panjang Kolom	Jarak Perangkai (l1)
1	K1	60x30x10x1,2	300 cm	15 cm
2	K2	60x30x10x1,2	300 cm	22,5 cm
3	K3	60x30x10x1,2	300 cm	30 cm
4	K4	60x30x10x1,2	300 cm	37,5 cm
5	K5	60x30x10x1,2	300 cm	45 cm
6	K6	60x30x10x1,2	300 cm	52,5 cm
7	K7	60x30x10x1,2	300 cm	60 cm
8	K8	60x30x10x1,2	300 cm	67,5 cm

4.4 Pengujian Sampel

Tahap-tahap pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini ada dua macam pengujian.

1. Pengujian awal sampel

Pada pengujian awal sampel ini ada dua macam pengujian, yaitu pengujian kuat tarik baja dan pengujian kuat sambungan las baja per sentimeter.

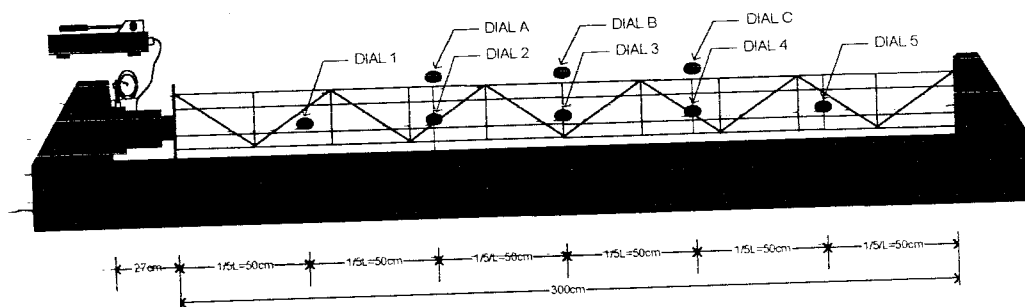
a. Pengujian kuat tarik baja. Pengujian kuat tarik baja ini dilakukan untuk mengetahui tegangan leleh baja (F_y), tegangan ultimit baja (F_u), dan modulus elastis baja (E). Pada pengujian ini sampel baja yang diuji adalah seperti pada gambar 4.1.

b. Pengujian kuat sambungan las baja per sentimeter. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan geser las per sentimeter, sehingga akan didapatkan kekuatan las yang sesuai agar pada waktu pengujian sampel kolom tersusun, sampel tidak rusak pada lasnya. Sampel untuk uji kuat geser las dapat dilihat pada gambar 4.2.

2. pengujian sampel

Setelah pengujian awal dilakukan, kemudian sampel kolom tersusun yang telah dibuat dengan variasi perangkai diuji kekuatan tekannya. Pengujian kolom ini dilakukan dengan pembebanan aksial sentris secara bertahap untuk mengetahui kekuatan tekan pada kolom tersusun. Agar sampel dapat terbebani secara aksial sentris, sebelum

sampel diuji terlebih dahulu sampel diberi unting-unting untuk mendapatkan titik tengah dari sampel tersebut., dan dengan unting-unting tadi maka akan diketahui sentris atau tidak benda uji tersebut. Setelah benda uji tersebut sentris maka pengujian tekan dapat dilakukan. Pemasangan alat ukur diletakkan pada sumbu terlemah dari benda uji tersebut, dimana pada benda uji tersebut sumbu terlemah terletak pada sumbu Y. Pengujian sampel pada penelitian ini dilakukan dengan cara diuji berdiri. Gambar pengujian sampel dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Gambar pengujian

4.5 Analisis Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian akan dijadikan data dalam menganalisis perilaku kolom berdinding tipis yang dibebani gaya aksial tekan, dan hubungan antara tekuk lokal dan tekuk lentur kolom berdinding tipis.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pendahuluan yang berguna untuk mengetahui kapasitas tekan profil C bentukan dingin sebagai elemen yang dipakai dan pengujian benda uji yang sebenarnya untuk mengetahui kekuatan kolom bentukan dingin. Uji pendahuluan meliputi uji tarik baja dan uji tekan profil, sedangkan uji sampel meliputi uji tekan kolom tersusun. Hasil hasil pengujian akan digunakan untuk mengetahui perilaku kolom bentukan dingin yang menerima beban aksial tekan sentris.

5.1.1 Hasil Uji Pendahuluan

Hasil uji pendahuluan meliputi dimensi benda uji, beban leleh (P_y), beban maksimum atau beban ultimit (P_u), dan beban pada saat putus. Hasil uji pendahuluan digunakan untuk menentukan tegangan leleh (F_y) dan tegangan ultimit (F_u) yang berguna untuk mengetahui perilaku kolom bentukan dingin. Uji pedahuluan juga menguji kekuatan sambungan las.

Hasil uji pendahuluan adalah sebagai berikut,

Hasil uji tarik baja dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Uji Tarik Baja

	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Luas penampang	24 mm ²	24 mm ²	24 mm ²
Beban leleh (Py)	335 kg	362,5 kg	362,5 kg
Beban ultimit (Pu)	460 kg	480 kg	502 kg
Beban putus	155 kg	175 kg	190 kg

Untuk mengetahui beban ultimit dari las maka dilakukan uji kuat geser las dan hasilnya seperti Tabel 5.2

Tabel 5.2 Uji Kuat Geser Las

	I	II	III
Beban Ultimit (Pu)	2345 kg	3280 kg	2720 kg

Sedangkan untuk mengetahui beban kritis dari profil C dengan panjang setiap II, hasil dari pengujian dapat dilihat Tabel 5.3 untuk pengujian tekan profil tanpa plat dasar dan Tabel 5.4 untuk pengujian tekan profil dengan plat dasar.

Tabel 5.3 Uji Tekan Profil

Benda Uji	L (cm)	Per (kg)
K1	15	1650
K2	22.5	1550
K3	30	1400
K4	37.5	1450
K5	45	1400
K6	52.5	1100
K7	60	1400
K8	67.5	1500

Tabel 5.4 Uji Tekan Profil Tanpa Plat Dasar

Benda Uji	L (cm)	Per (kg)
K1	15	1500
K2	22.5	1600
K3	30	1400
K4	37.5	1550
K5	45	1400
K6	52.5	1100
K7	60	1200
K8	67.5	1050

5.1.2 Hasil Pengujian Kolom Bentuk dingin

Hasil yang didapatkan dari pengujian berupa besarnya beban yang bekerja dan defleksi dari kolom. Dari pengujian juga didapatkan beban maksimum yang mampu ditahan oleh kolom yang selanjutnya disebut beban kritis (P_{cr}).

Pengukuran lendutan yang terjadi pada kolom dilakukan pada tiga titik yang masing masing titik berjarak $1/6L$ (50 cm). Dial pertama (Dial 1) diletakkan pada jarak $1/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban (ujung yang terdapat dongkrak), dial kedua (Dial 2) diletakkan pada jarak $2/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dial ketiga (Dial 3) diletakkan pada jarak $3/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dial keempat (Dial 4) diletakkan pada jarak $4/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dan dial kelima (Dial 5) diletakkan pada jarak $5/6L$ dari tepi yang tidak menerima beban (plat dasar dukungan). Di tambah tiga dial untuk mengetahui lendutan arah vertikal yaitu dial 1 (Dial A) diletakkan pada jarak $2/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dial 2 (Dial B) diletakkan pada jarak $3/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban, dan dial 3 (Dial C) diletakkan pada jarak $4/6L$ dari tepi yang langsung menerima beban.

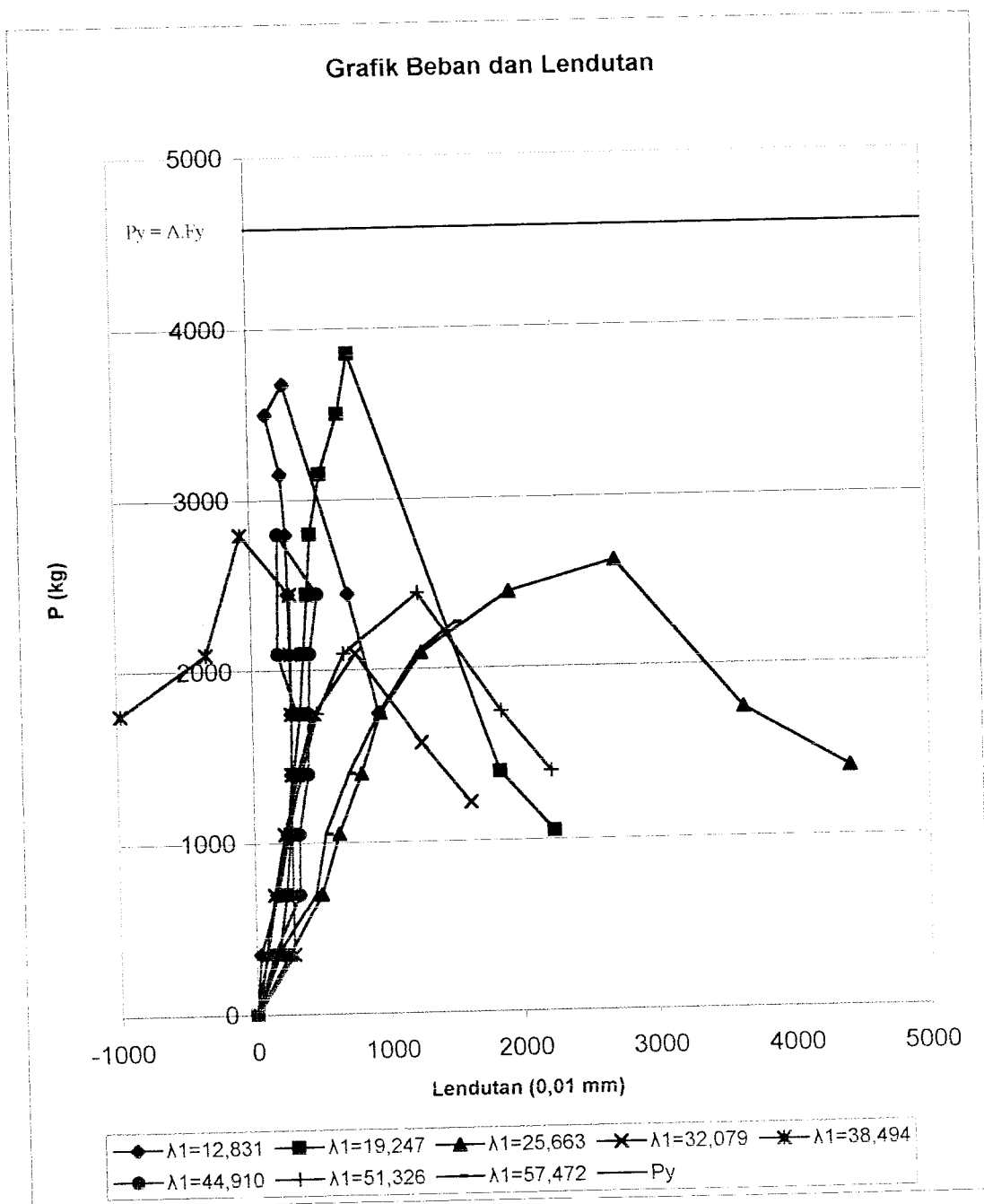
1. Hasil Pengujian Dial 1

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 1 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.5

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 1

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1	Beban	Dial 1
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	33	350	170	350	245	350	75	350	281	350	131	350	81	350	158
700	169	700	231	700	492	700	144	700	281	700	332	700	154	700	447
1050	258	1050	270	1050	627	1050	228	1050	281	1050	334	1050	249	1050	527
1400	285	1400	300	1400	801	1400	326	1400	284	1400	404	1400	356	1400	704
1750	289	1750	351	1750	946	1750	454	1750	288	1750	415	1750	477	1750	937
2100	285	2100	384	2100	1265	2100	768	2100	290	2100	432	2100	679	2100	1233
2450	277	2450	416	2450	1924	1575	1255	2450	290	2450	492	2450	1243	2275	1522
2800	267	2800	444	2625	2710	1225	1624	2800	-70	2800	206	1750	1857	1750	
3150	236	3150	523	1750	3646			2100	-337	2100	197	1400	2220	1400	
3500	133	3500	663	1400	4421			1750	-976	1750	332			1225	
3675	264	3850	745												
2450	719	1400	1844												
1750	936	1050	2239												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.1



Gambar 5.1 Grafik Beban dan Lendutan Dial 1

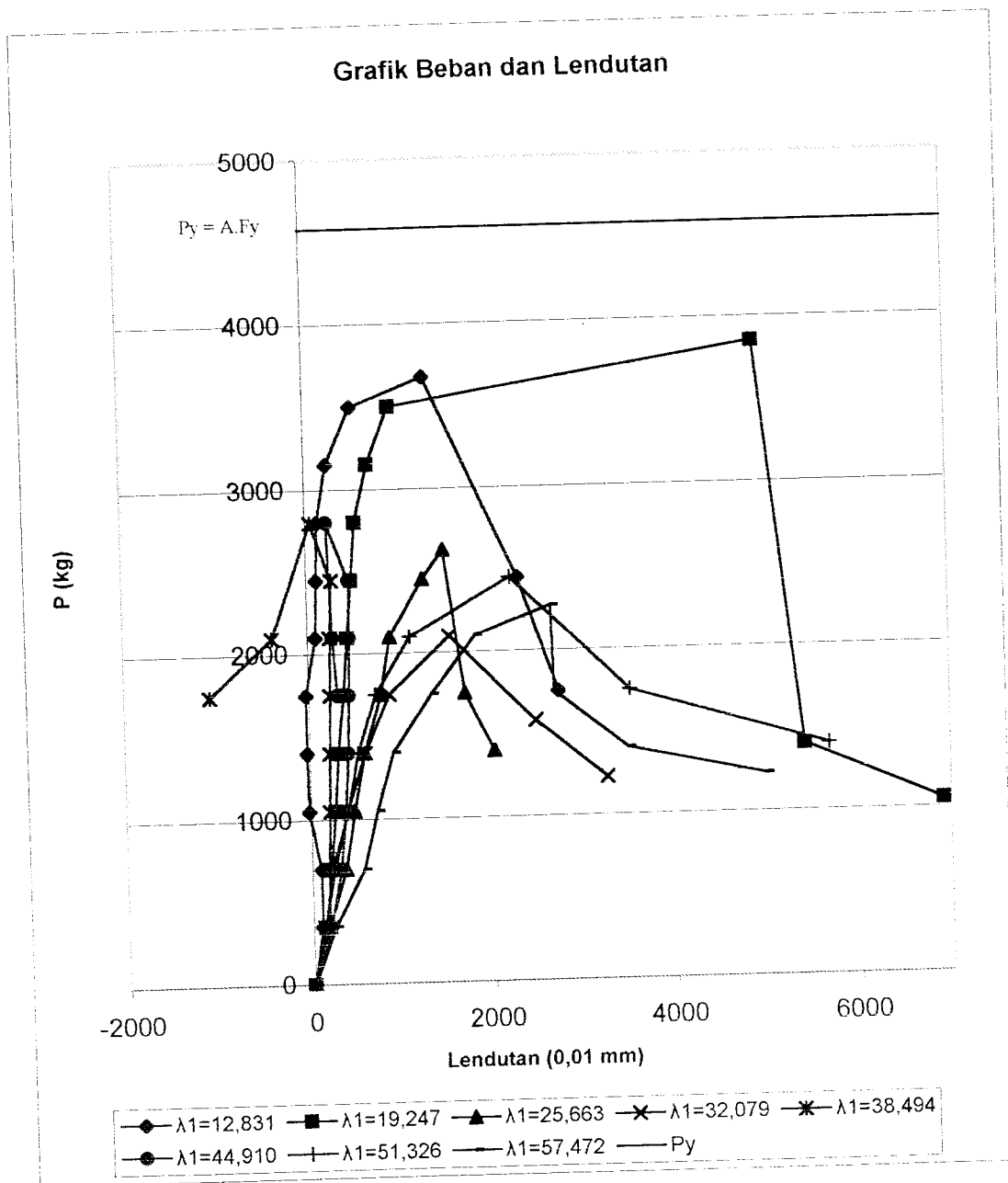
2. Hasil Pengujian Dial 2

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 2 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.6

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 2

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2	Beban	Dial 2
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	95	350	144	350	172	350	124	350	175	350	188	350	129	350	235
700	97	700	205	700	366	700	240	700	183	700	309	700	215	700	563
1050	-23	1050	260	1050	469	1050	393	1050	202	1050	373	1050	400	1050	724
1400	-33	1400	303	1400	593	1400	600	1400	216	1400	414	1400	518	1400	912
1750	-34	1750	376	1750	787	1750	881	1750	232	1750	436	1750	728	1750	1346
2100	87	2100	427	2100	895	2100	1554	2100	241	2100	452	2100	1113	2100	1846
2450	105	2450	483	2450	1263	1575	2490	2450	268	2450	453	2450	2237	2275	2675
2800	126	2800	538	2625	1498	1225	3265	2800	52	2800	223	1750	3529	1750	2694
3150	236	3150	684	1750	1714			2100	-392	2100	265	1400	5679	1400	3505
3500	511	3500	931	1400	2031			1750	-1076	1750	309			1225	5000
3675	1315	3850	4931												
2450	2319	1400	5417												
1750	2742	1050	6915												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.2



Gambar 5.2 Grafik Beban dan Lendutan Dial 2



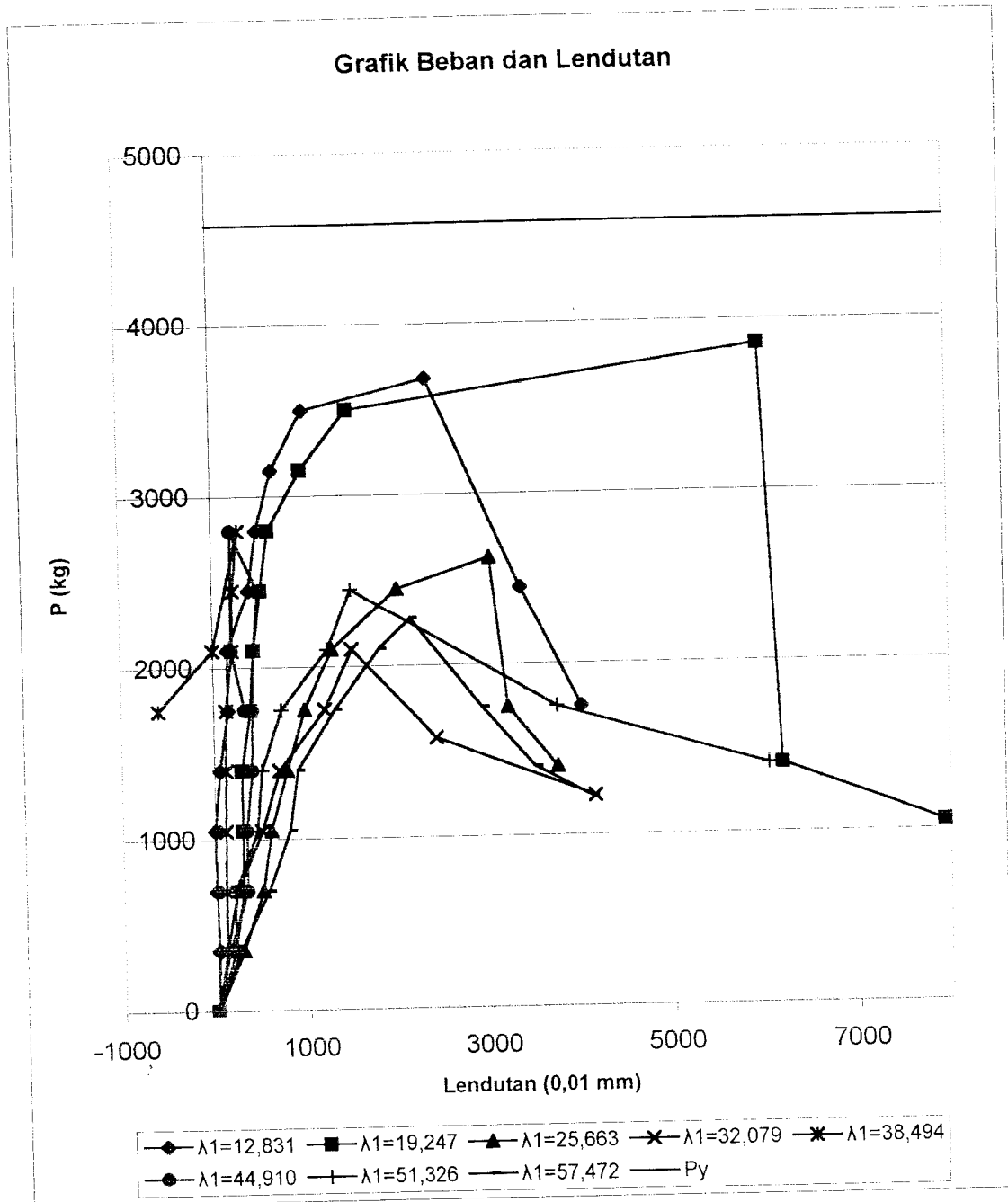
3. Hasil Pengujian Dial 3

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 3 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 3

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3	Beban	Dial 3
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	20	350	193	350	281	350	105	350	105	350	131	350	195	350	246
700	-3	700	291	700	501	700	223	700	105	700	332	700	205	700	563
1050	-6	1050	293	1050	601	1050	503	1050	110	1050	334	1050	451	1050	805
1400	59	1400	294	1400	783	1400	702	1400	119	1400	404	1400	507	1400	900
1750	149	1750	391	1750	983	1750	1205	1750	129	1750	415	1750	726	1750	1315
2100	152	2100	434	2100	1285	2100	1505	2100	204	2100	432	2100	1239	2100	1805
2450	392	2450	519	2450	2006	1575	2417	2450	219	2450	492	2450	1501	2275	2145
2800	483	2800	609	2625	3027	1225	4155	2800	282	2800	206	1750	3744	1750	2931
3150	656	3150	971	1750	3211			2100	-5	2100	197	1400	6044	1400	3505
3500	997	3500	1478	1400	3744			1750	-595	1750	332			1225	4120
3675	2350	3850	5978												
2450	3366	1400	6189												
1750	4011	1050	7942												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.3



Gambar 5.3 Grafik Beban dan Lendutan Dial 3

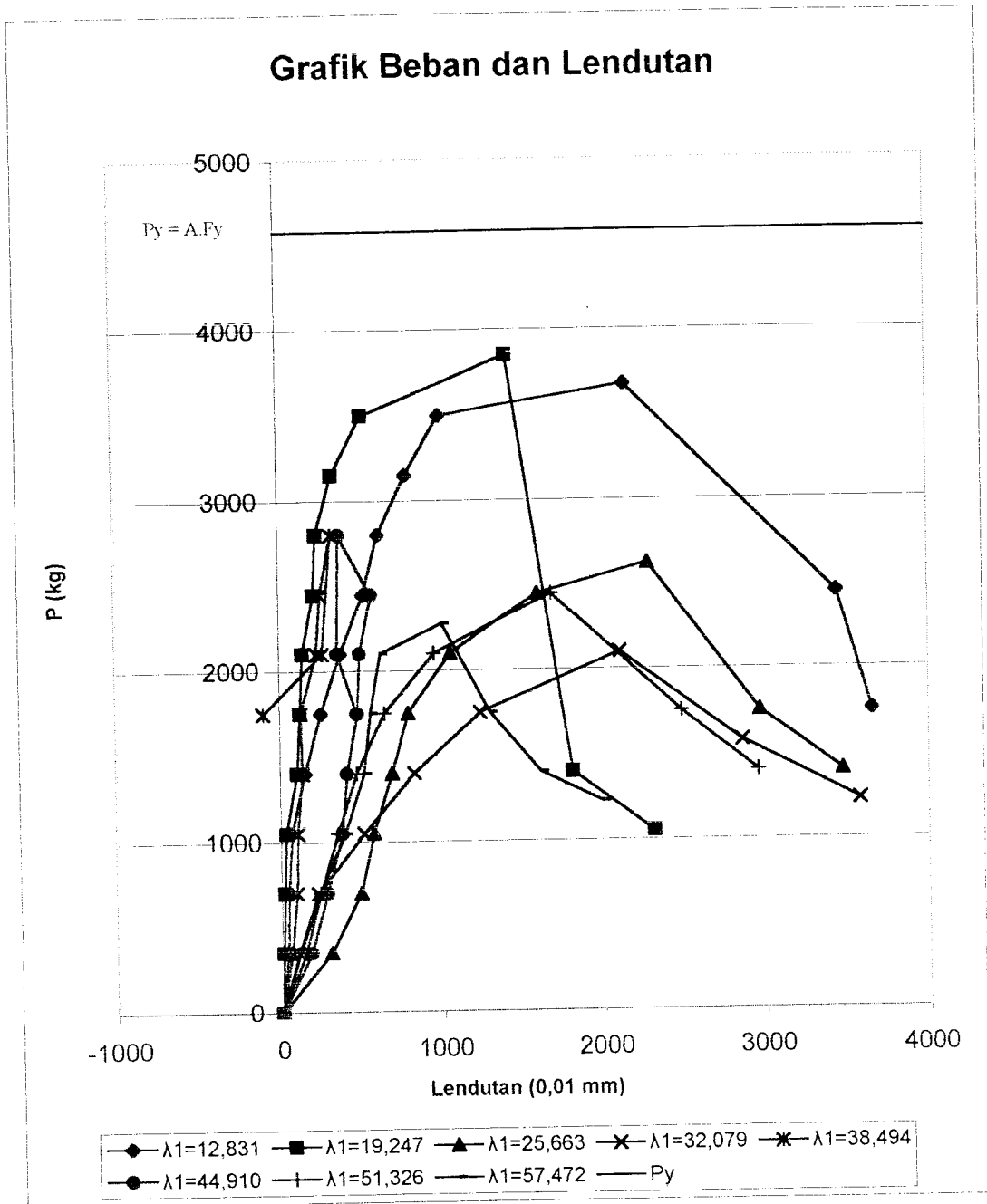
4. Hasil Pengujian Dial 4

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 4 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.8

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 4

BEBAN & LENDUTAN															
<i>K1</i>		<i>K2</i>		<i>K3</i>		<i>K4</i>		<i>K5</i>		<i>K6</i>		<i>K7</i>		<i>K8</i>	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4	Beban	Dial 4
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	35	350	10	350	304	350	106	350	61	350	182	350	148	350	111
700	44	700	21	700	491	700	227	700	97	700	284	700	242	700	235
1050	70	1050	34	1050	576	1050	516	1050	104	1050	379	1050	353	1050	397
1400	153	1400	106	1400	690	1400	827	1400	137	1400	413	1400	472	1400	518
1750	254	1750	126	1750	794	1750	1243	1750	129	1750	480	1750	646	1750	560
2100	375	2100	145	2100	1057	2100	2108	2100	229	2100	499	2100	957	2100	626
2450	522	2450	215	2450	1599	1575	2862	2450	256	2450	572	2450	1687	2275	1008
2800	618	2800	232	2625	2284	1225	3578	2800	327	2800	372	1750	2487	1750	1306
3150	791	3150	334	1750	2969			2100	265	2100	359	1400	2957	1400	1618
3500	1002	3500	522	1400	3472			1750	-102	1750	476			1225	1996
3675	2150	3850	1421												
2450	3442	1400	1812												
1750	3656	1050	2315												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.4



Gambar 5.4 Grafik Beban dan Lendutan Dial 4

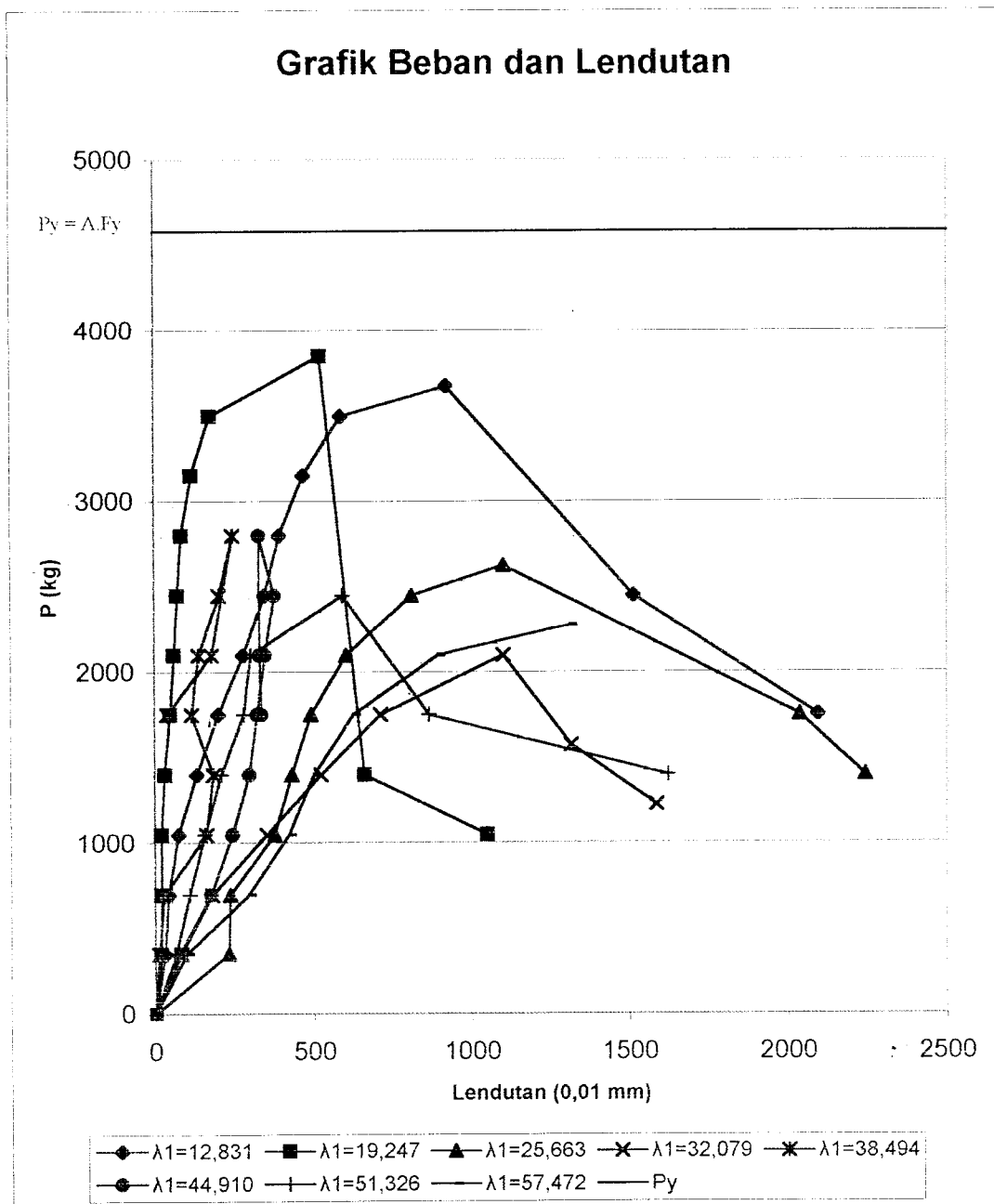
5. Hasil Pengujian Dial 5

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial 5 disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.9

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial 5

BEBAN & LENDUTAN															
K1		K2		K3		K4		K5		K6		K7		K8	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$		$\lambda_1=44,910$		$\lambda_1=51,326$		$\lambda_1=57,742$	
Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5	Beban	Dial 5
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	32	350	19	350	230	350	82	350	13	350	76.5	350	65.5	350	98
700	42	700	21	700	234	700	179	700	30	700	176	700	108	700	292
1050	73	1050	21	1050	376	1050	350	1050	162	1050	243	1050	157	1050	421
1400	131	1400	32	1400	430	1400	522	1400	184	1400	295	1400	208	1400	501
1750	198	1750	49	1750	492	1750	711	1750	115	1750	321	1750	279	1750	625
2100	277	2100	61	2100	602	2100	1101	2100	138	2100	346	2100	300	2100	892
2450	344	2450	72.5	2450	808	1575	1315	2450	202	2450	375	2450	591	2275	1312
2800	391	2800	84.5	2625	1101	1225	1586	2800	244	2800	327	1750	864	1750	
3150	467	3150	116	1750	2035			2100	179	2100	329	1400	1622	1400	
3500	585	3500	173	1400	2240			1750	38.5	1750	335			1225	
3675	919	3850	519												
2450	1514	1400	661												
1750	2094	1050	1049												

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.5



Gambar 5.5 Grafik Beban dan Lendutan Dial 5

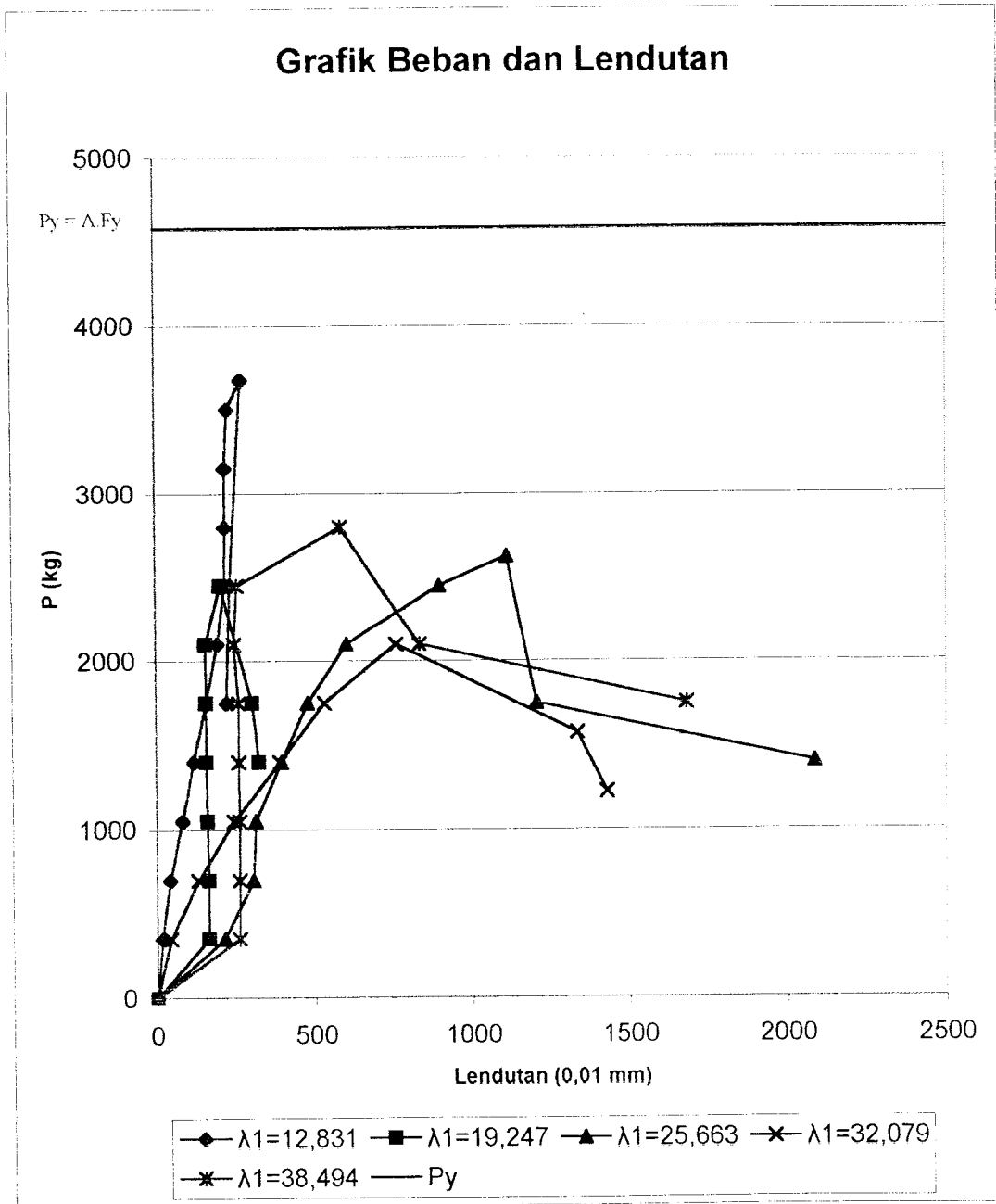
6. Hasil Pengujian Dial A

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial A disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.10

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial A

BEBAN & LENDUTAN									
K1		K2		K3		K4		K5	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$	
Beban	Dial A	Beban	Dial A	Beban	Dial A	Beban	Dial A	Beban	Dial A
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	17	350	163	350	213	350	43	350	258
700	42	700	163	700	301	700	131	700	259
1050	82	1050	160	1050	310	1050	242	1050	259
1400	118	1400	157	1400	393	1400	388	1400	258
1750	156	1750	156	1750	477	1750	530	1750	258
2100	192	2100	156	2100	600	2100	758	2100	244
2450	216	2450	202	2450	894	1575	1333	2450	254
2800	218	1750	301	2625	1110	1225	1428	2800	581
3150	218	1400	321	1750	1204			2100	831
3500	225			1400	2085			1750	1681
3675	268								
2450	232								
1750	220								

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.6



Gambar 5.6 Grafik Beban dan Lendutan Dial A

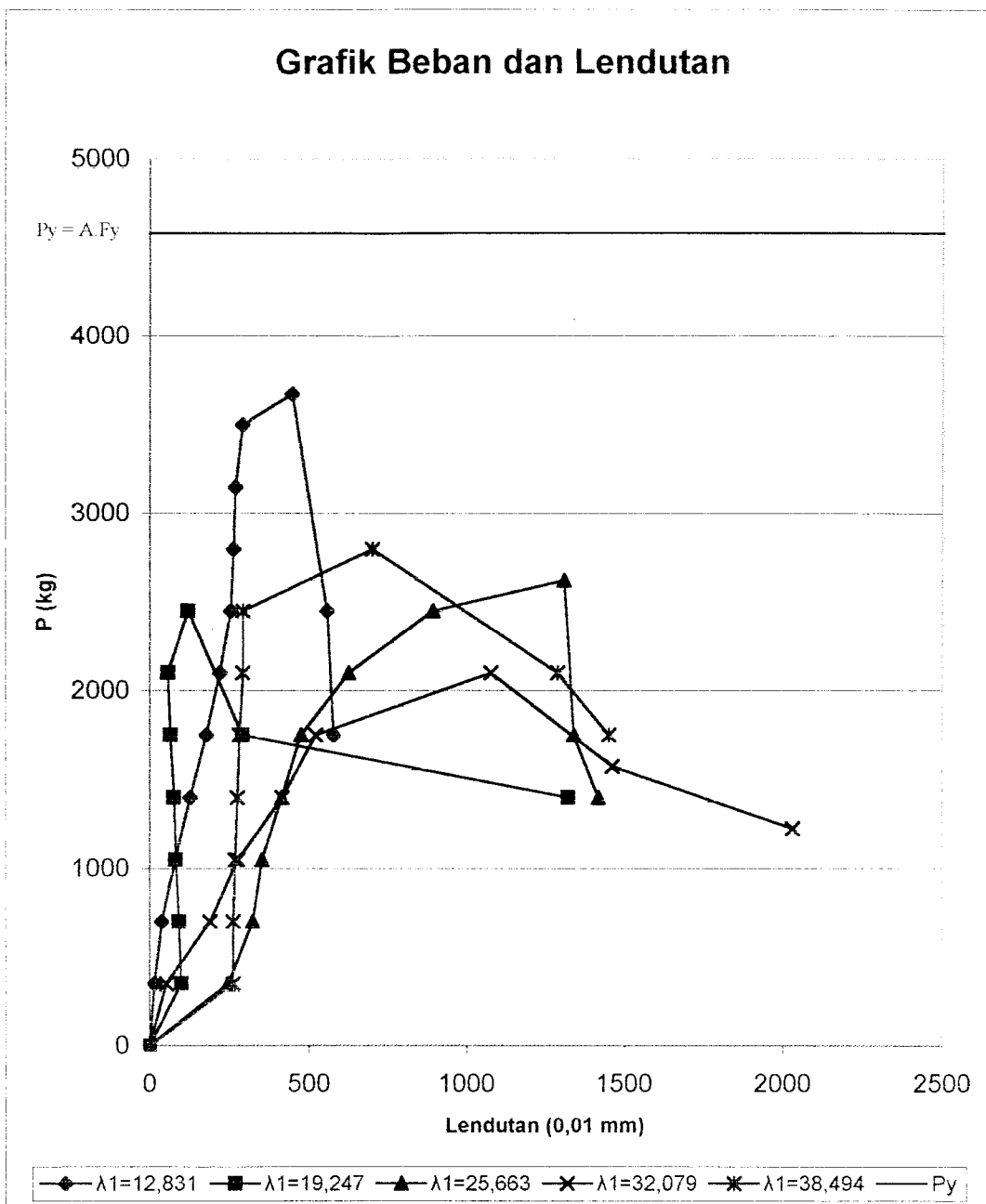
7. Hasil Pengujian Dial B

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial B disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.11

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial B

BEBAN & LENDUTAN									
K1		K2		K3		K4		K5	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$	
Beban	Dial B	Beban	Dial B	Beban	Dial B	Beban	Dial B	Beban	Dial B
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	15	350	99	350	244	350	51	350	259
700	37	700	90	700	321	700	188	700	260
1050	79	1050	81	1050	351	1050	274	1050	267
1400	125	1400	75	1400	412	1400	414	1400	272
1750	175	1750	64	1750	473	1750	520	1750	279
2100	218	2100	56	2100	626	2100	1076	2100	289
2450	252	2450	119	2450	891	1575	1460	2450	290
2800	259	1750	287	2625	1307	1225	2030	2800	700
3150	266	1400	1321	1750	1338			2100	1286
3500	287			1400	1417			1750	1450
3675	445								
2450	556								
1750	577								

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.7



Gambar 5.7 Grafik Beban dan Lendutan Dial B

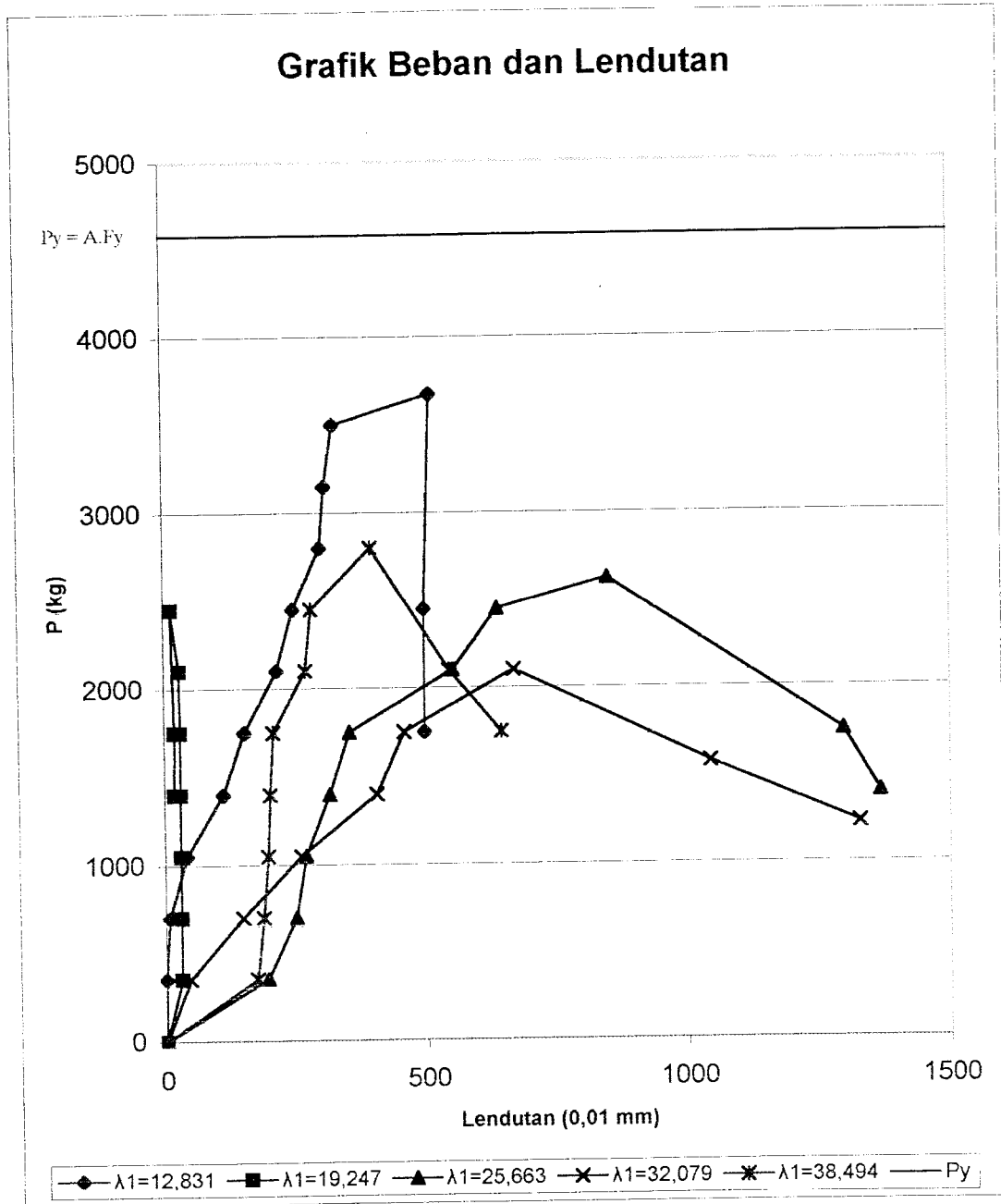
8. Hasil Pengujian Dial C

Hasil dari pengujian sampel kolom tersusun pada pembacaan dial C disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 5.12

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kolom dengan lendutan dial C

BEBAN & LENDUTAN									
K1		K2		K3		K4		K5	
$\lambda_1=12,831$		$\lambda_1=19,247$		$\lambda_1=25,663$		$\lambda_1=32,079$		$\lambda_1=38,494$	
Beban	Dial C	Beban	Dial C	Beban	Dial C	Beban	Dial C	Beban	Dial C
Kg	0,01mm	kg	0,01mm	Kg	0,01mm	* kg	0,01mm	kg	0,01mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	0	350	29	350	191	350	45	350	172
700	8	700	29	700	247	700	145	700	184
1050	41	1050	29	1050	267	1050	257	1050	193
1400	109	1400	29	1400	313	1400	404	1400	198
1750	150	1750	29	1750	352	1750	457	1750	205
2100	212	2100	28	2100	552	2100	669	2100	268
2450	244	2450	13	2450	637	1575	1046	2450	279
2800	297	1750	18.5	2625	849	1225	1330	2800	395
3150	306	1400	18	1750	1300			2100	545
3500	323			1400	1369			1750	645
3675	510								
2450	497								
1750	497								

Tabel 5.1 (Tabel beban dan lendutan dial 1) dapat disajikan dalam bentuk grafik beban dan lendutan seperti Gambar 5.8



Gambar 5.8 Grafik Beban dan Lendutan Dial C

5.2 Pembahasan

5.2.1 Pembahasan Uji Pendahuluan

Data yang diperoleh dari uji pendahuluan berguna untuk mendapatkan properti dari baja yang digunakan dalam pengujian. Tegangan leleh (F_y) didapatkan dengan membagi beban leleh dengan luas penampang ($F_y = P_y/A$). Tegangan ultimit (F_u) didapatkan dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang ($F_u = P_u/A$). Kekuatan las didapatkan dengan membagi beban maksimum dengan panjang las, sehingga kekuatan las per satuan panjang (per sentimeter) diketahui dengan cara tersebut.

Hasil uji pendahuluan adalah sebagai berikut,

Tabel 5.13 Hasil Uji tarik

	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	Rata-rata
Tegangan leleh (F_y), Mpa	136,931	148,172	148,172	144,425
Tegangan ultimit (F_u), Mpa	188,025	196,200	205,192	196,472
Tegangan Putus, Mpa	63,356	71,531	77,662	70,850

Rerata hasil kedua benda uji tarik adalah yang digunakan sebagai mutu bahan benda uji yang digunakan.

Hasil pengujian tarik baja diatas menunjukkan mutu baja yang digunakan dalam penelitian. Mutu baja yang digunakan dalam penelitian tidak memenuhi syarat untuk masuk sebagai baja struktur spesifikasi ASTM. Berdasarkan spesifikasi ASTM mutu baja terendah adalah A570 yang memiliki tegangan leleh (F_y) 170Mpa.

Tabel 5.14 Hasil Uji Kuat Geser Las

	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3	Rata-rata
Tegangan las (F_u), Mpa	1084,604	1517,058	1258,048	1286,570

Rerata hasil kedua benda uji kuat geser las adalah yang digunakan sebagai mutu bahan benda uji yang digunakan.

5.2.2 Pembahasan Kolom Bentuk dingin

5.2.2.1 Beban Kritis (P_{cr})

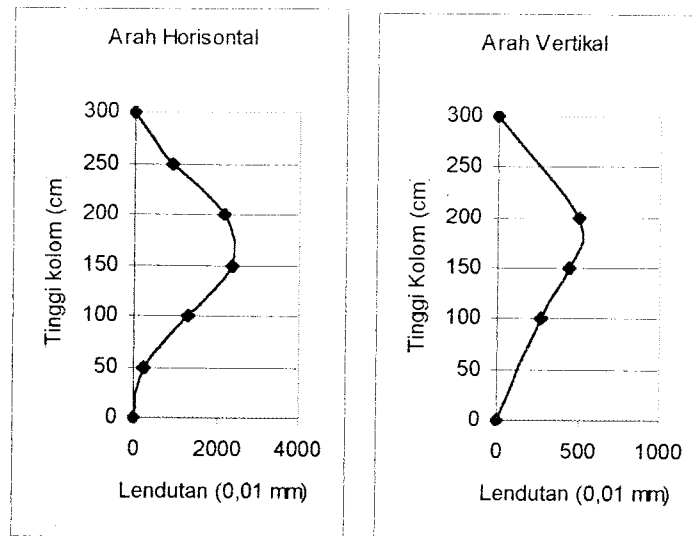
Beban kritis (P_{cr}) yang terjadi pada masing-masing kolom dan bentuk deformasi kolom pada saat terjadi beban kritis (P_{cr}) ditentukan berdasarkan hasil pengujian (Tabel 5.1 sampai dengan Tabel 5.9). Beban kritis (P_{cr}) yang terjadi pada masing-masing kolom ditampilkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.15 Beban kritis (P_{cr}) kolom

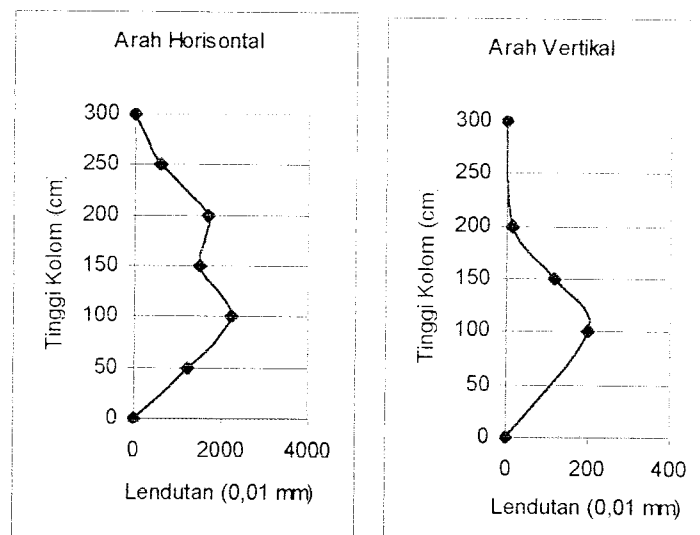
No	Sampel	L1(Cm)	Pcr (Kg)
1	K1	15	3675
2	K2	22.5	2450
3	K3	30	2625
4	K4	37.5	2100
5	K5	45	2800
6	K6	52.5	2800
7	K7	60	3850
8	K8	67.5	2275

Pada saat terjadi beban kritis (P_{cr}) bentuk deformasi kolom dapat ditentukan dengan cara memilih defleksi yang terbaca pada masing-masing dial pada saat terjadi beban kritis kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat dilihat bentuk

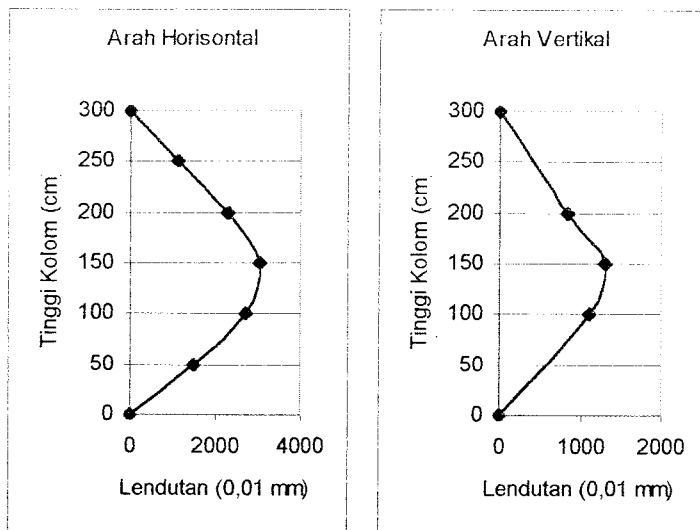
deformasi kolom. Bentuk deformasi kolom dapat dilihat pada Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.16.



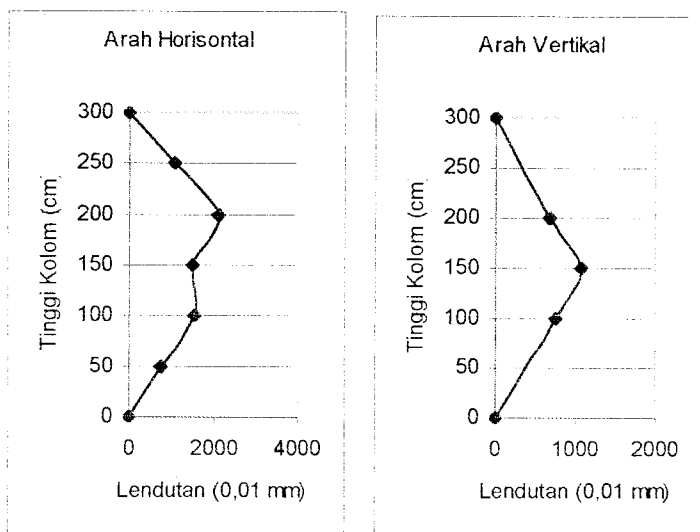
Gambar 5.9 Deformasi kolom K1 pada saat kritis.



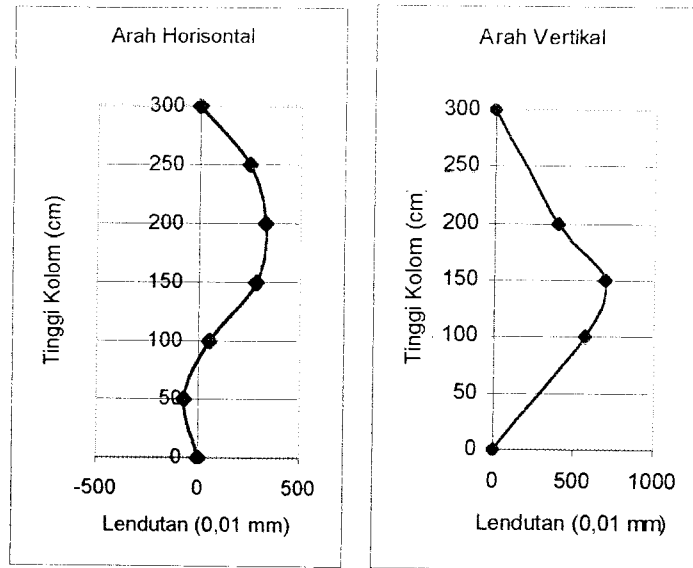
Gambar 5.10 Deformasi kolom K2 pada saat kritis.



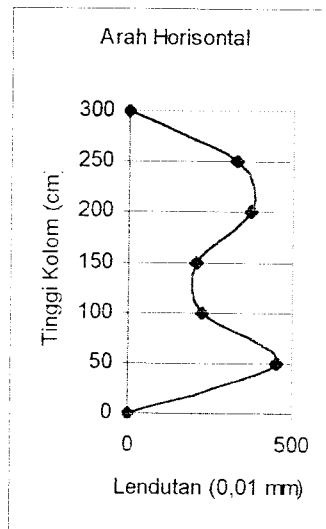
Gambar 5.11 Deformasi kolom K3 pada saat kritis.



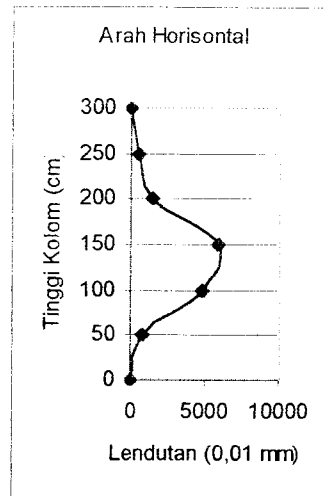
Gambar 5.12 Deformasi kolom K4 pada saat kritis.



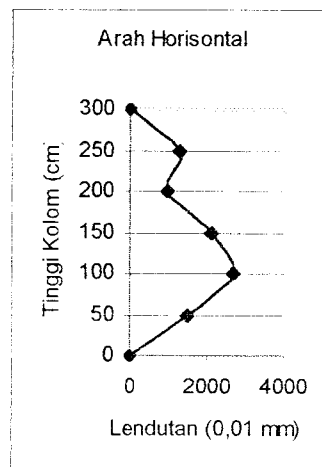
Gambar 5.13 Deformasi kolom K5 pada saat kritis.



Gambar 5.14 Deformasi kolom K6 pada saat kritis.



Gambar 5.15 Deformasi kolom K7 pada saat kritis.



Gambar 5.16 Deformasi kolom K8 pada saat kritis.

Berdasarkan grafik deformasi pada Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa tidak ada bentuk deformasi kolom yang tetap untuk semua benda uji. Kolom K2, K4, K5, K6, K7 dan K8 bentuk deformasi merupakan kelengkungan ganda, sedangkan kolom K1, dan K3 bentuk deformasi merupakan kelengkungan tunggal. Ketidaksamaan bentuk deformasi terjadi karena kondisi tumpuan tidak bisa seperti asumsi sendi-sendi. Berdasarkan Gambar 5.9 dapat dilihat ada pengeangan pada salah satu tumpuan sehingga tumpuan memiliki sifat jepit.

Berdasarkan hal tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa asumsi kondisi tumpuan yang merupakan tumpuan sendi-sendi tidak memenuhi syarat yang disebabkan oleh keterbatasan alat yang digunakan dalam pengujian. Ketidaksamaan bentuk deformasi tersebut menyebabkan faktor panjang efektif K pada setiap benda uji kolom tidak sama. Karena tidak sama faktor panjang efektif K maka untuk pembahasan selanjutnya kelangsingan hanya ditunjukkan dengan rasio L/r .

5.2.2.2 Tegangan Kritis (F_{cr})

Tegangan yang terjadi pada masing-masing kolom dapat diketahui dengan membagi beban yang terjadi dengan luas penampang kolom ($F = P / A$). Salah satu contoh perhitungan tegangan kritis adalah sebagai berikut,

Kolom K1

$$F_{cr} = \frac{P}{A}$$

dimana $P_{cr} = 3675$ kg, Luas tampang $A = 3.116 \text{ cm}^2$, maka,

$$F_{cr} = \frac{3675 \times 9,81}{3.116 \times 10^{-4}}$$

$$F_{cr} = 115698812,6 \text{ Pa}$$

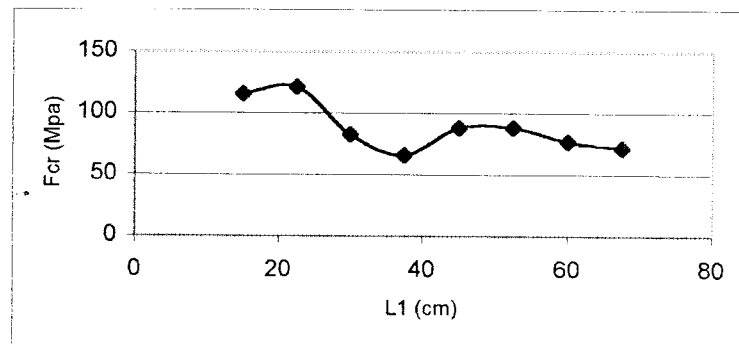
$$F_{cr} = 115,6988 \text{ Mpa}$$

Untuk kolom lainnya disajikan dalam bentuk tabel, seperti berikut,

Tabel 5.16 Tegangan kritis (F_{cr}) kolom

No	BENDA UJI	Pcr (kg)	Fcr (Mpa)
1	K1	3675	115,6988
2	K2	3850	121,2083
3	K3	2625	82,6420
4	K4	2100	66,1136
5	K5	2800	88,1515
6	K6	2800	88,1515
7	K7	2450	77,1324
8	K8	2275	71,6231

Tabel 5.16 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan panjang elemen batang (l_1) dengan tegangan kritis (F_{cr}) seperti pada Gambar 5.12.



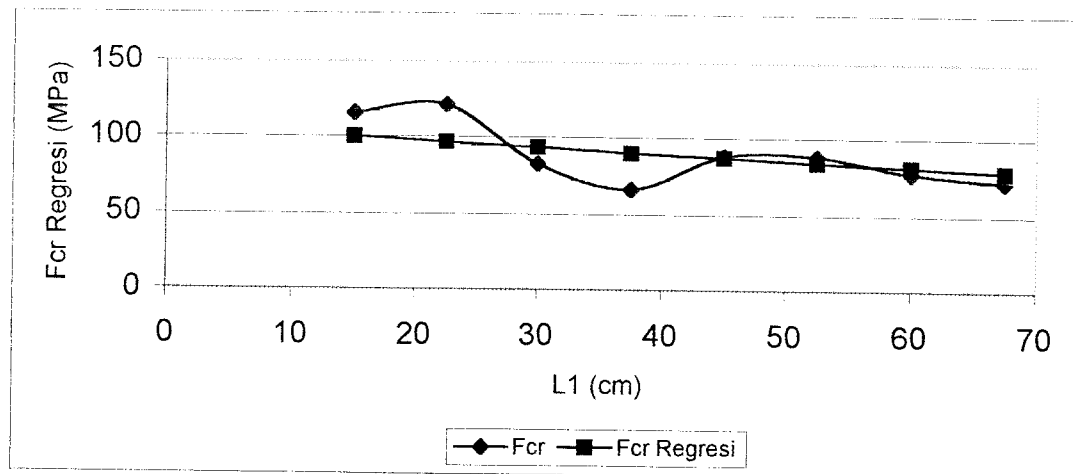
Gambar 5.17 Grafik F_{cr} fungsi L_1

Grafik pada Gambar 5.17 masih kasar sehingga perlu diperhalus dengan regresi. Regresi dapat digunakan untuk memperkirakan beban kritis (P_{cr}) untuk setiap angka kelangsingan. Regresi yang digunakan adalah regresi eksponensial, hasil regresi dapat dilihat Tabel 5.17

Tabel 5.17 Tabel regresi

Benda uji	l_1 (cm)	P_{cr} (kg)	P_{cr} Regresi (Mpa)	F_{cr} (kg)	F_{cr} Regresi (Mpa)
K1	15	3675	3181.129	115.699	100.150
K2	22.5	3850	3071.542	121.208	96.700
K3	30	2625	2965.730	82.642	93.369
K4	37.5	2100	2857.078	66.114	89.948
K5	45	2800	2764.932	88.152	87.047
K6	52.5	2800	2669.683	88.152	84.049
K7	60	2450	2577.715	77.133	81.153
K8	67.5	2275	2488.915	71.623	78.358

Setelah dirgresi maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.18



Gambar 5.18 Grafik Fcr regresi

Sedangkan tegangan untuk uji tekan profil baik dengan plat dasar maupun tidak memakai plat dasar disajikan dalam bentuk Tabel 5.18 dan Tabel 5.19

Tabel 5.18 Tegangan kritis (Fcr) profil C dengan plat dasar

Benda Uji	L (cm)	Pcr (kg)	Fcr (Mpa)
K1	15	1650	10.591
K2	22.5	1550	9.949
K3	30	1400	8.986
K4	37.5	1450	9.307
K5	45	1400	8.986
K6	52.5	1100	7.060
K7	60	1400	8.986
K8	67.5	1500	9.628

Tabel 5.19 Tegangan kritis (Fcr) profil C tanpa plat dasar

Benda Uji	L (cm)	Pcr (kg)	Fcr (Mpa)
K1	15	1500	9.628
K2	22.5	1600	10.270
K3	30	1400	8.986
K4	37.5	1550	9.949
K5	45	1400	8.986
K6	52.5	1100	7.060
K7	60	1200	7.702
K8	67.5	1050	6.739

$$M = Pcr \cdot \Delta = 2625 \cdot 3.027 = 7945,875 \text{ kgcm}$$

Kelengkungan:

$$\Phi = \frac{Y_{i+1} - (2Y_i) + Y_{i-1}}{(\Delta_x)^2}$$

$$\Phi = \frac{1,498 - (2 \cdot 3,027) + 2,284}{(50)^2}$$

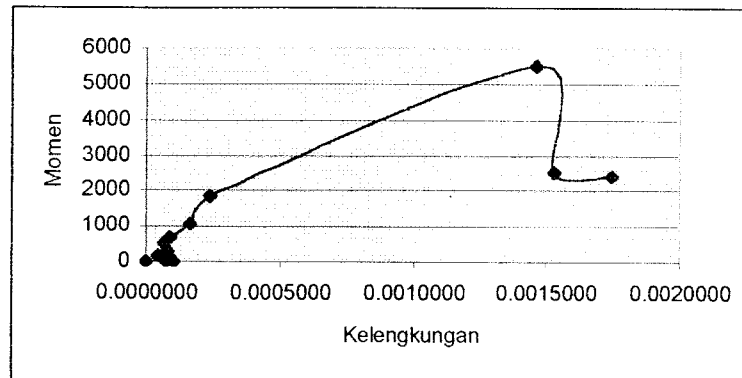
$$\Phi = 0,00090880 \text{ 1/cm}$$

Hasil selekapnya dapat dilihat Tabel 5.20

Tabel 5.20 Momen Kelengkungan K1

Beban	Lendutan			P.Δ kg.cm	Φ
	Y _{i-1}	Y _i	Y _{i+1}		
0	0	0	0.0	0.000	0.00000000
350	95	20	35.0	7.000	0.00003600
700	97	-3	44.0	-2.100	0.00005880
1050	-23	-6	70.0	-6.300	0.00002360
1400	-33	59	153.0	82.600	0.00000080
1750	-34	149	254.0	260.750	0.00003120
2100	87	152	375.0	319.200	0.00006320
2450	105	392	521.5	960.400	0.00006300
2800	126	483	618.0	1352.400	0.00008880
3150	236	656	791.0	2066.400	0.00011400
3500	511	997	1002.0	3489.500	0.00019240
3675	1315	2350	2150.0	8636.250	0.00049400
2450	2319	3366	3442.0	8246.700	0.00038840
1750	2742	4011	3656.0	7019.250	0.00064960

Dari Tabel 5.20 dapat di buat grafik hubungan Momen dengan kelengkungan seperti pada Gambar 5.21



Gambar 5.21 Grafik Momen -Kelengkungan

5.2.2.4 Perhitungan Koefisien Tekuk Plat

Besar nilai koefisien tekuk plat dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.15, dan telah diketahui besar tegangan kritis (F_{cr}) dan rasio b/t . Hitungan koefisien tekuk plat hanya dilakukan pada benda uji yang pendek karena F_{cr} tidak dipengaruhi kelangsingan (L/r). Jadi, pada penelitian ini hitungan koefisien tekuk plat hanya pada K1 dengan $l_1 = 15$ cm.

Koefisien tekuk plat dapat ditemukan dengan Persamaan 3.15 berdasarkan tegangan kritis profil K1. Profil K1 memiliki $F_{cr} = 103,8928$ MPa, lebar $b = 60$ mm dan tebal $t = 1,2$ mm sehingga rasio $b/t = 50$, maka,

$$k = \frac{12F_{cr}(1-\mu^2)(b/t)^2}{\pi^2 E}$$

$$k = \frac{12 \cdot 103,8928 \cdot (1-\mu^2) \cdot (50)^2}{\pi^2 E}$$

$$k = 1,44$$

Nilai $k = 1,44$ dimasukkan ke dalam persamaan tegangan kritis plat (Persamaan 3.28). Persamaan 3.28 menjadi,

$$F_{cr} = 1,44 \cdot \frac{\pi^2 E}{12(1-0,3^2)(b/t)^2} \quad 5.3$$

$$F_{cr} = 1,3015 \frac{E}{(b/t)^2} \quad 5.4$$

$$(b/t)^2 = 1,3015 \frac{E}{F_{cr}} \quad 5.5$$

Penelitian ini didapatkan nilai F_{cr} sama dengan nilai F_y , Perasamaan 5.5 menjadi

$$(b/t)^2 = 1,3015 \frac{E}{F_y} \quad 5.6$$

nilai (b/t) dapat diketahui dengan Persamaan 5.7

$$b/t = \sqrt{1,3015 \frac{E}{F_y}}$$

atau

$$b/t = 1,1408 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad 5.7$$

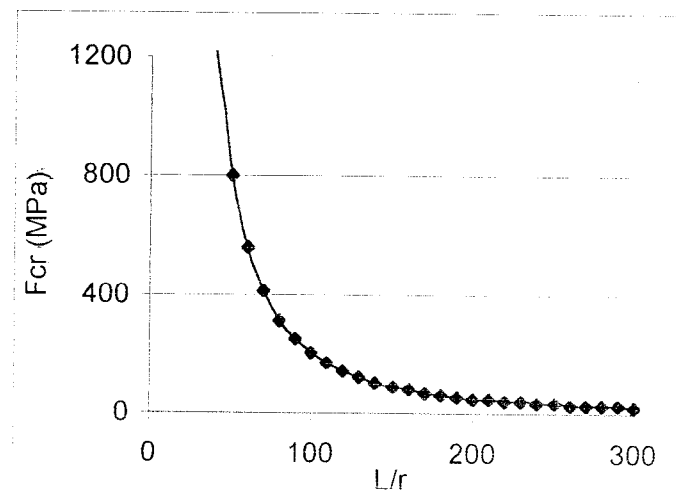
5.2.2.4 Hitungan Tegangan Kritis (F_{cr}) Teoritis

5.2.2.4.1 Hitungan Tegangan Kritis (F_{cr}) Euler

Tegangan kritis (F_{cr}) secara teori dapat ditentukan berdasarkan kekuatan kolom menahan tekuk keseluruhan dengan menggunakan persamaan tekuk Euler. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui tegangan kritis (F_{cr}) tekuk keseluruhan adalah Persamaan 3.11. Persamaan 3.11 Besar F_{cr} tergantung

kelangsingan L/r sehingga F_{cr} besarnya selalu berubah sebanding dengan pertambahan angka kelangsingan (L/r).

Tegangan kritis *Euler* berdasarkan Persamaan 3.11 ditampilkan dalam Gambar 5.21



Gambar 5.21 Grafik Tegangan kritis *Euler*

5.2.2.4.2. Hitungan Tegangan Berdasar AISC

AISC mengemukakan hitungan tegangan ijin yang mempertimbangkan tekuk lokal. Pengaruh tekuk setempat yang terjadi sebelum kekuatan kolom keseluruhan tercapai diperhitungkan dengan mengalikan tegangan maksimum yang dapat dicapai dengan faktor bentuk Q . Faktor bentuk Q dipengaruhi oleh bentuk penampang, dimana

$$Q = Q_a \cdot Q_s$$

Faktor bentuk untuk elemen penampang yang tidak diperkuat adalah Q_s . Faktor bentuk Q_s diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t}\right) > \left(\frac{76}{\sqrt{F_y}}\right)$$

Besar Q_s menurut AISC adalah,

$$Q_s = 1,340 - 0,00447 \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{F_y}$$

Apabila semua elemen penampang diperkuat maka nilai $Q_s = 1,0$. Penelitian ini profil yang menggunakan profil *Light Lipped Channel* ganda yang disatukan secara *front to front* hingga membentuk penampang kotak. Semua elemen plat pembentuknya merupakan elemen yang diperkuat sehingga memiliki nilai $Q_s = 1,0$.

Faktor bentuk untuk elemen penampang yang diperkuat adalah Q_a . Faktor bentuk Q_a diperhitungkan apabila,

$$\left(\frac{b}{t}\right) > \left(\frac{238}{\sqrt{F_y}}\right)$$

Penelitian ini penampang yang digunakan tegangan leleh $F_y = 20,946$ Ksi memiliki rasio b/t terbesar adalah 50 (lebar profil 60mm dan tebal 1,2mm),

$$\left(\frac{60}{1,2}\right) > \left(\frac{238}{\sqrt{20,946}}\right)$$

$$b/t = 50 < 52,003$$

Berdasarkan hitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tekuk setempat tidak mengurangi efisiensi penampang, sehingga $Q_a = 1$.

Besar tegangan kritis menurut AISC dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan tegangan kritis kolom seperti pada persamaan dibawah ini.

$$F_{cr} = Q F_y \left[1 - \frac{Q F_y}{4 \pi^2 E} \left(\frac{KL}{r} \right)^2 \right]$$

Apabila

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{QF_y}}$$

maka

$$F_{cr} = QF_y \left[1 - \frac{KL/r^2}{2C_c^2} \right]$$

Apabila KL/r lebih dari C_c maka tegangan kritis yang terjadi adalah,

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

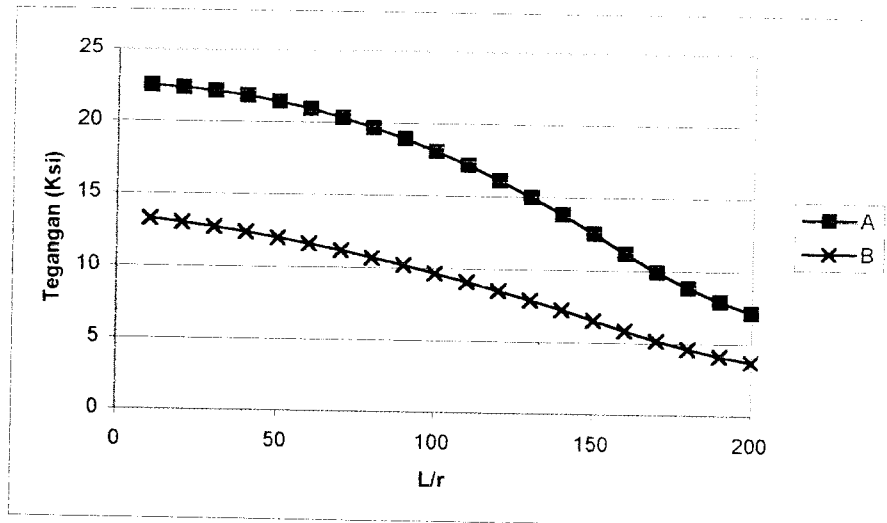
Tegangan ijin F_a menurut AISC dapat ditentukan dengan mereduksi tegangan kritis dengan faktor keamanan FS .

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c} \right)^3$$

Apabila KL/r lebih dari C_c , AISC menetapkan faktor keamanan FS sebesar 23/12 ($FS = 23/12$ atau 1,92). Tegangan ijin menurut AISC adalah

$$F_a = F_{cr} / FS$$

Hitungan selanjutnya dapat dilakukan untuk semua nilai L/r . Besar tegangan kritis F_{cr} dan tegangan ijin F_a ditampilkan dalam bentuk grafik.



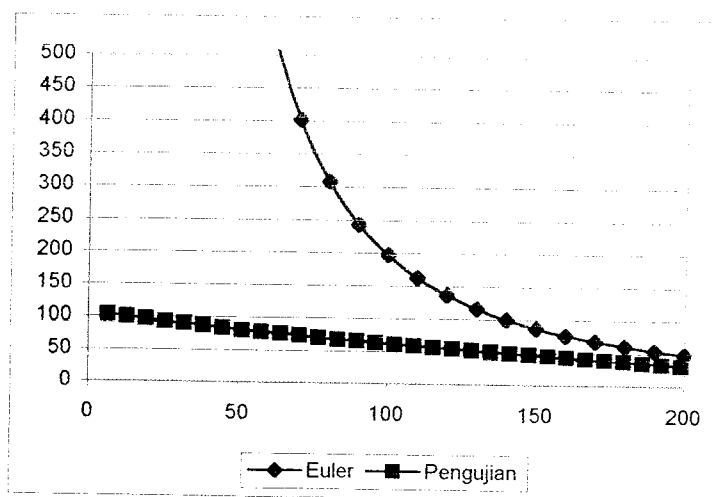
Gambar 5.22 Grafik Tegangan berdasarkan AISC

Grafik A pada Gambar 5.16 adalah tegangan kritis f_{cr} berdasarkan AISC yang tidak menyertakan faktor reduksi tegangan (faktor keamanan F_S). Grafik B pada Gambar 3.16 adalah tegangan ijin f_a berdasarkan AISC yang telah direduksi oleh faktor keamanan F_S sehingga nilainya lebih kecil dari Grafik A.

5.2.2.5. Perbandingan Tegangan Teoritis dengan Hasil Pengujian

5.2.2.5.1 Perbandingan Tegangan Kritis *Euler* dengan Hasil Pengujian

Tegangan yang mampu ditahan oleh kolom bentukan dingin adalah seperti hasil dari pengujian, sedangkan tegangan berdasarkan *Euler* didapatkan berdasarkan hitungan. Perbandingan tegangan Euler dan tegangan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.17.



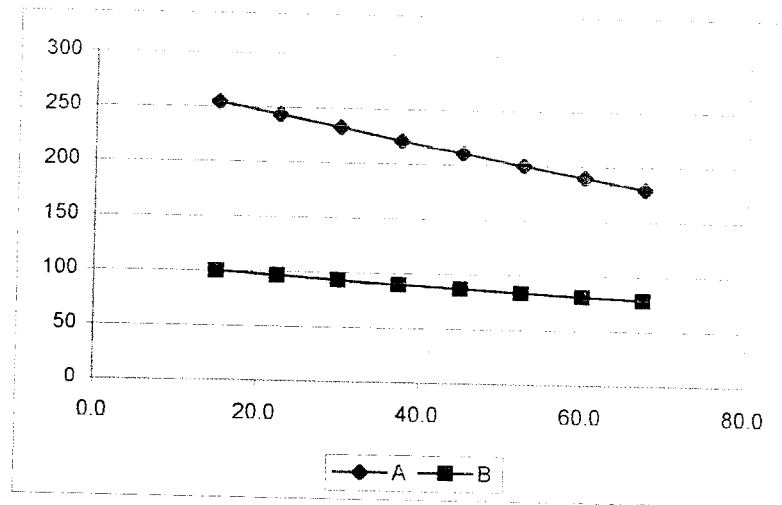
Gambar 5.23 Perbandingan tegangan kritis Euler dengan hasil pengujian

Persamaan Euler menghasilkan tegangan yang sangat besar. Seperti pada Gambar 5.17, tegangan Euler lebih besar dari tegangan yang sebenarnya mampu ditahan oleh kolom bentukan dingin. Hal ini terjadi karena dalam persamaan Euler tidak memperhitungkan tegangan leleh (f_y), besar tegangan Euler hanya dipengaruhi oleh angka kelangsingan (L/r) dan modulus elastisitas baja (E).

Kolom dengan angka kelangsingan L/r kecil memiliki tegangan kritis Euler sangat besar bahkan mendekati tak terhingga sedangkan pada pengujian kolom tersebut memiliki tegangan kritis yang besarnya hampir sama dengan tegangan leleh (f_y) bahan penyusun kolom tersebut. Hal ini membuktikan bahwa kemungkinan besar tegangan kritis kolom mendekati besar tegangan kritis Euler sangat kecil.

5.2.2.5.2 Perbandingan Tegangan Menurut Bleich dengan Hasil Pengujian

Perbandingan tegangan hasil pengujian dengan tegangan menurut Bleich disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.18

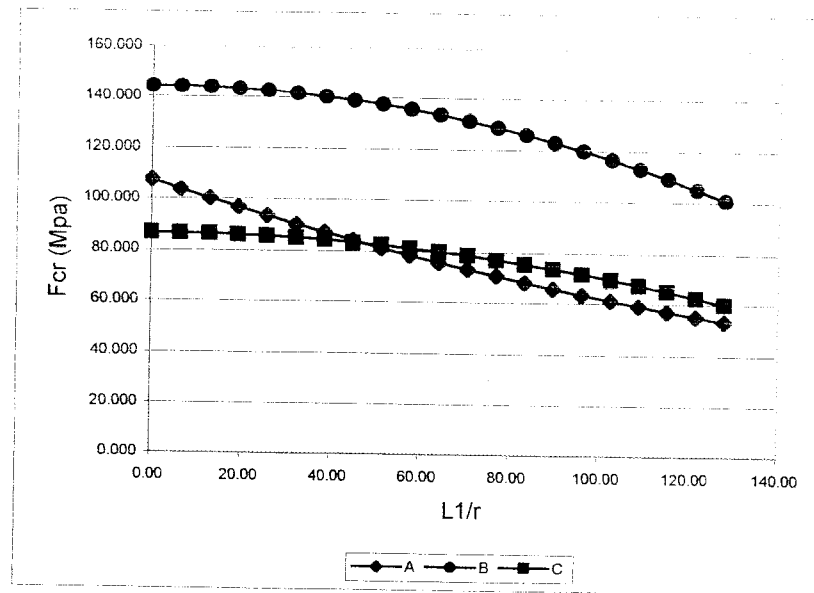


Gambar 5.24 Grafik perbandingan tegangan Bleich dengan hasil pengujian

Dengan A adalah grafik tegangan Bleich sedangkan B adalah grafik tegangan (f_{cr}) hasil pengujian seperti Gambar 5.18 dapat dilihat bahwa ternyata tegangan (f_{cr}) dari hasil pengujian lebih kecil dibandingkan tegangan menurut bleich untuk kolom tersusun dengan variasi H (panjang elemen yang dibatasi oleh ujung-ujung batang penghubung). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi tekuk lokal pada sampel dikarenakan tegangan kritis hasil pengujian kurang dari tegangan kritis Bleich.

5.2.2.5.2 Perbandingan Tegangan AISC dengan Hasil Pengujian

Perbandingan tegangan ijin AISC dengan hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.18



Gambar 5.25 Perbandingan tegangan ijin AISC dengan hasil pengujian

Grafik B pada Gambar 5.18 menunjukkan tegangan kritis F_{cr} berdasarkan AISC dan grafik C adalah grafik tegangan ijin F_a berdasarkan AISC, sedangkan Grafik A adalah tegangan yang berdasarkan hasil pengujian. Gambar 5.18 menunjukkan bahwa tegangan sebenarnya (berdasarkan hasil pengujian) yang dapat ditahan oleh kolom bentukan dingin (grafik A) lebih rendah dari tegangan kritis F_{cr} AISC (grafik B). Gambar 5.18 menunjukkan bahwa tegangan sebenarnya (berdasarkan hasil pengujian) yang dapat ditahan oleh kolom bentukan dingin (grafik A) lebih besar dari tegangan ijin F_a AISC (grafik B), hal ini menunjukkan bahwa angka keamanan yang digunakan masih memadai untuk digunakan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan kesimpulan berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan pengolahan data hasil pengujian. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Kapasitas kolom tersusun dari profil *Light Lipped Channel* yang disatukan secara *front to front* dengan batang perangkai transversal dan diagonal dipengaruhi oleh kelangsingan L/r , semakin besar nilai kelangsingan semakin kecil kapasitas kolom.
2. Tidak ada keseragaman bentuk deformasi kolom yang disebabkan oleh kondisi dukungan pada saat pengujian tidak sesuai dengan asumsi sendi-sendi karena keterbatasan alat pendukung pengujian.
3. Tegangan kritis yang terjadi berdasarkan hasil pengujian laboratorium lebih kecil dibandingkan tegangan kritis Bleich karena terjadi tekuk lokal.

6.2 Saran

Penelitian ini masih banyak kekurangan, banyak hal yang masih diteliti lebih lanjut. Kekurangan yang masih perlu diperhatikan pada penelitian selanjutnya adalah:

1. Benda uji yang digunakan masih kurang banyak.
2. Perlu diadakan penelitian untuk kolom tersusun dengan profil *Light Lipped Channel* yang diperkuat
3. Perlu diadakan penelitian untuk kolom yang tersusun dari dua profil *Light Lipped Channel* yang disatukan secara *back to back*.
4. Perlu diadakan penelitian untuk bentuk penampang yang sama tetapi memiliki dimensi penampang berbeda.
5. Perlunya penggunaan alat bantu pengujian yang lebih baik yang sesuai dengan asumsi kondisi tumpuan sendi-sendi.

DAFTAR PUSTAKA

Chales G Salmon dan John E Johson, Wira, 1994, **STRUKTUR BAJA**, Erlangga, Jakarta

Edwin H Gaylord dan Charles N Gaylord, 1972, **DESIGN OF STEEL STRUCTURE**, McGraw-Hill Kogasuka, Ltd

Padosbajayo, 1992, **STRUKTUR BAJA**, Padosbajayo, Yogyakarta

J R Rhodes dan A C Walker, 1979, **THIN WALLED STRUCTURES**, Granada, New York

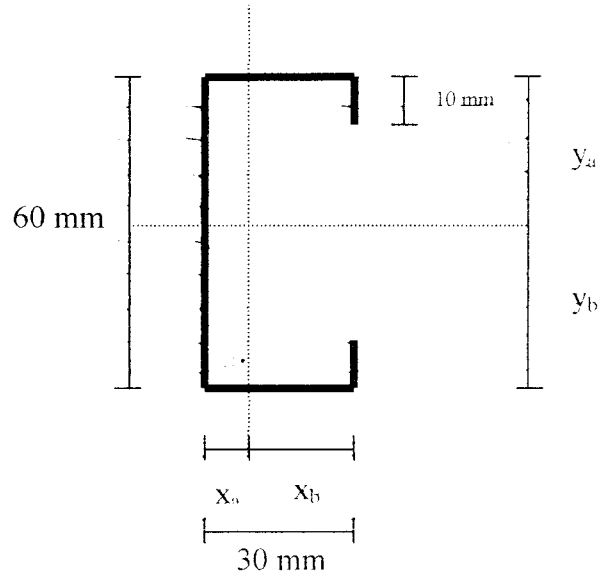
Friedrich Bleich, 1952, **BUCKLING STRENGHT OF METAL STRUCTURE**, McGraw-Hill Book Company, INC

Lambert Tall, 1977, **STRUCTURE STEEL DESIGN**, The Ronald Press Company, New york

Lampiran 1

Hitungan Propertis Benda Uji

Profil (60x30x10x1,2)



Propertis Profil Light Lipped Channal

$$y_a = y_b = 3 \text{ cm}$$

$$x_a = 1,06 \text{ cm}$$

$$x_b = 3 - 1,06 = 1,94$$

$$I_y = 2,13 \text{ cm}^4$$

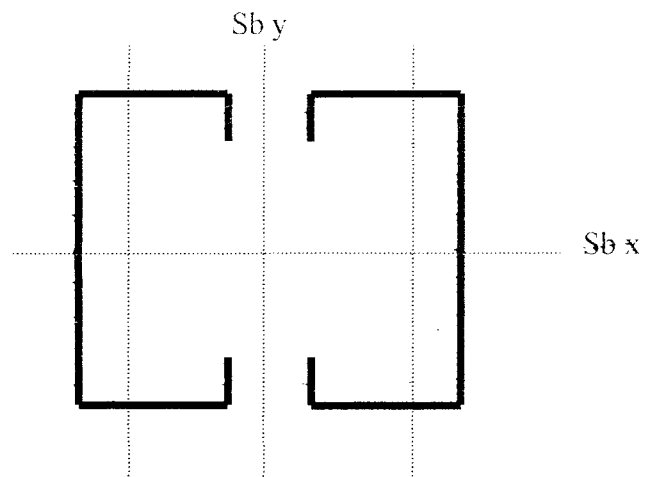
$$I_x = 9,314 \text{ cm}^4$$

$$A = 1,558 \text{ cm}^2$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,13}{1,558}} = 1,16925 \text{ cm}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{9,314}{1,558}} = 2,44503 \text{ cm}$$

Kolom Tersusun



$$A = 2 \cdot (1,558) = 3,116 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 31,19346 \text{ cm}^4$$

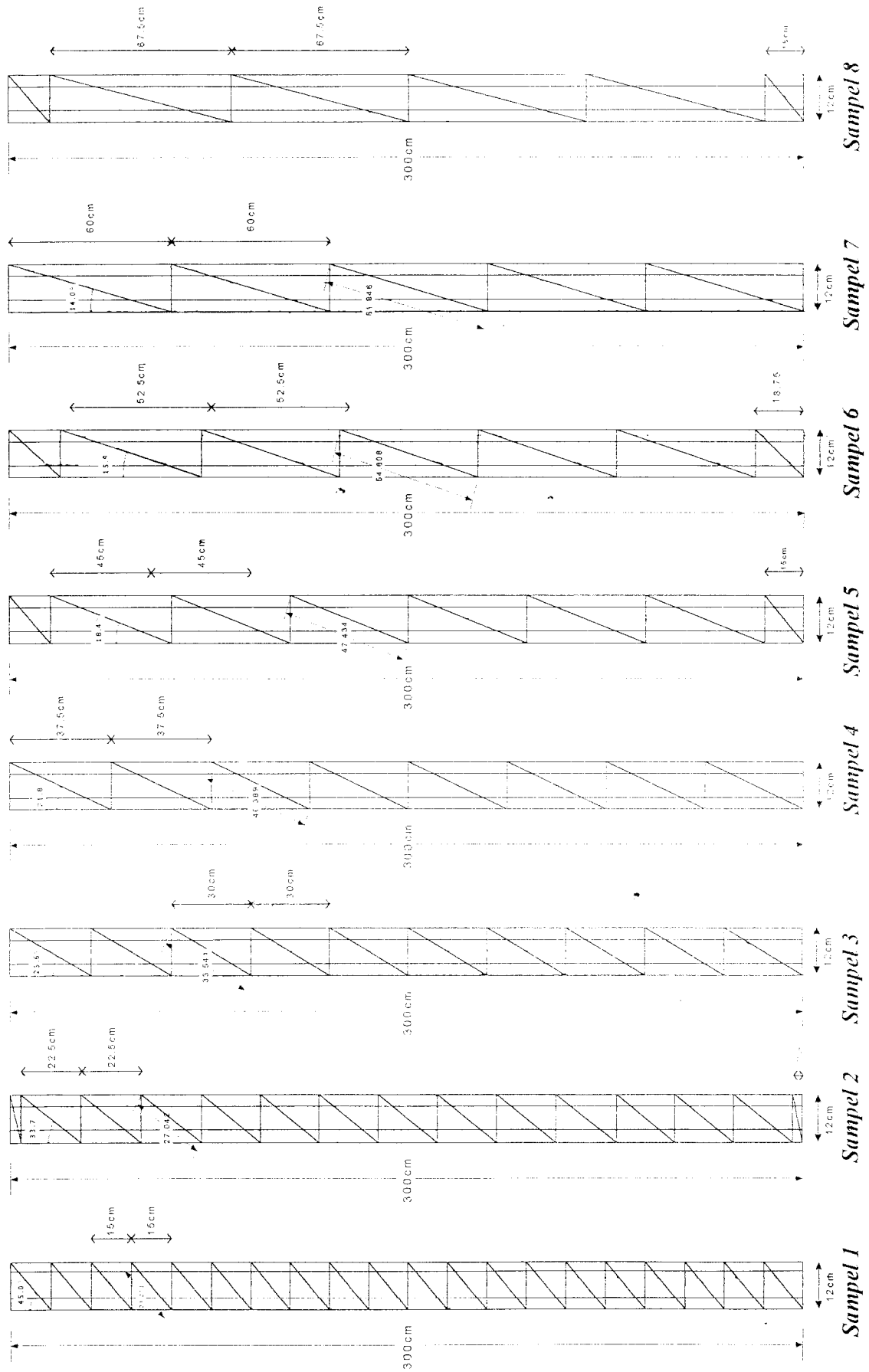
$$r_y = 3,16397 \text{ cm}$$

$$I_x = 18,628 \text{ cm}^4$$

$$r_x = 2,44503 \text{ cm}$$

Lampiran 2

GAMBAR BENDA UJI



Lampiran 3

1. Tabel Momen Kelengkungan Sampel 1

Beban	Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}	P. Δ kg.cm	Φ
0	0	0	0.00	0.000	0.00000000
350	95	20	35.00	7.000	0.00003600
700	97	-3	44.00	-2.100	0.00005880
1050	-23	-6	70.00	-6.300	0.00002360
1400	-33	59	153.00	82.600	0.00000080
1750	-34	149	254.00	260.750	0.00003120
2100	87	152	375.00	319.200	0.00006320
2450	105	392	521.50	960.400	0.00006300
2800	126	483	618.00	1352.400	0.00008880
3150	236	656	791.00	2066.400	0.00011400
3500	511	997	1002.00	3489.500	0.00019240
3675	1315	2350	2150.00	8636.250	0.00049400
2450	2319	3366	3442.00	8246.700	0.00038840
1750	2742	4011	3656.00	7019.250	0.00064960

2. Tabel Momen Kelengkungan Sampel 2

Beban	Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}	P. Δ kg.cm	Φ
0	0	0	0.00	0.000	0.00000000
350	144	193	10.00	67.550	0.00009280
700	205	291	21.00	203.700	0.00014240
1050	260	293	34.00	307.650	0.00011680
1400	303	294	106.00	411.600	0.00007160
1750	376	391	125.50	684.250	0.00011220
2100	427	434	145.00	911.400	0.00011840
2450	483	519	215.00	1271.550	0.00013600
2800	538	609	231.50	1705.200	0.00017940
3150	684	971	334.00	3058.650	0.00036960
3500	931	1478	522.00	5173.000	0.00060120
3850	4931	5978	1420.50	23015.300	0.00224180
1400	5417	6189	1811.50	8664.600	0.00205980
1050	6915	7942	2314.50	8339.100	0.00266180

3. Tabel Momen Kelengkungan Sampel 3

Beban	Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}	P. Δ kg.cm	Φ
0	0	0	0.00	0.000	0.00000000
350	172	281	303.50	98.350	0.00011666
700	366	501	491.00	350.700	0.00011412
1050	469	601	576.00	631.050	0.00004078
1400	593	783	690.00	1096.200	0.00004928
1750	787	983	793.50	1720.250	0.00021650
2100	895	1285	1057.00	2698.500	0.00040940
2450	1263	2006	1599.00	4914.700	0.00086628
2625	1498	3027	2284.00	7945.875	0.00135595
1750	1714	3211	2969.00	5619.250	0.00036450
1400	2031	3744	3472.00	5241.600	0.00008616

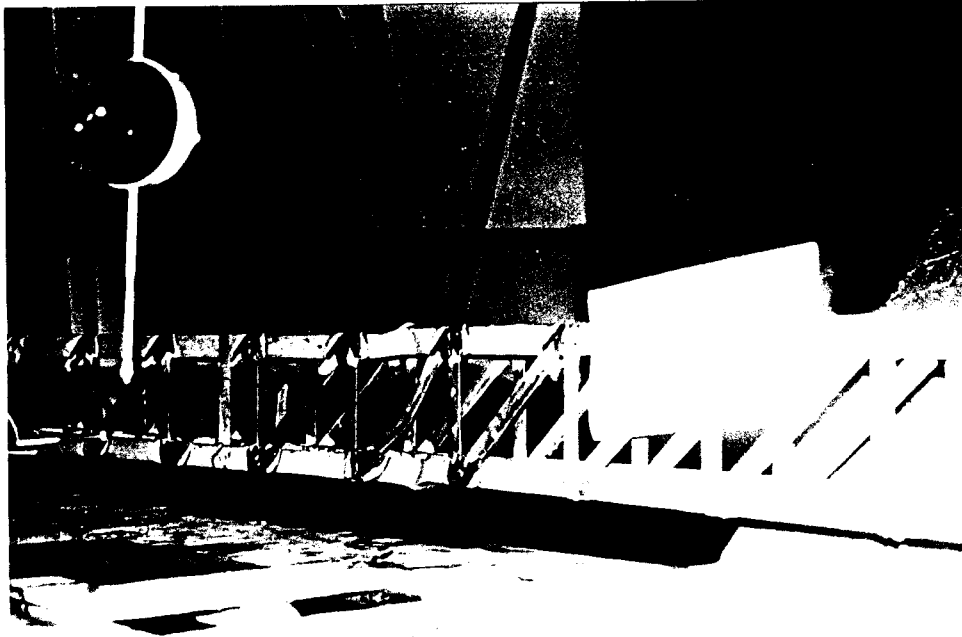
4. Tabel Momen Kelengkungan Sampel 4

Beban	Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}	$P.\Delta$ kg.cm	Φ
0	0	0	0.00	0.000	0.00000000
350	124	105	106.00	3.500	0.00000800
700	240	223	226.50	14.700	0.00000820
1050	393	503	516.00	35.700	0.00003880
1400	600	702	827.00	148.400	0.00000920
1750	881	1205	1243.00	219.625	0.00011440
2100	1554	1505	2108.00	304.500	0.00026080
1575	2490	2417	2862.00	526.750	0.00020720
1225	3265	4155	3578.00	648.200	0.00058680

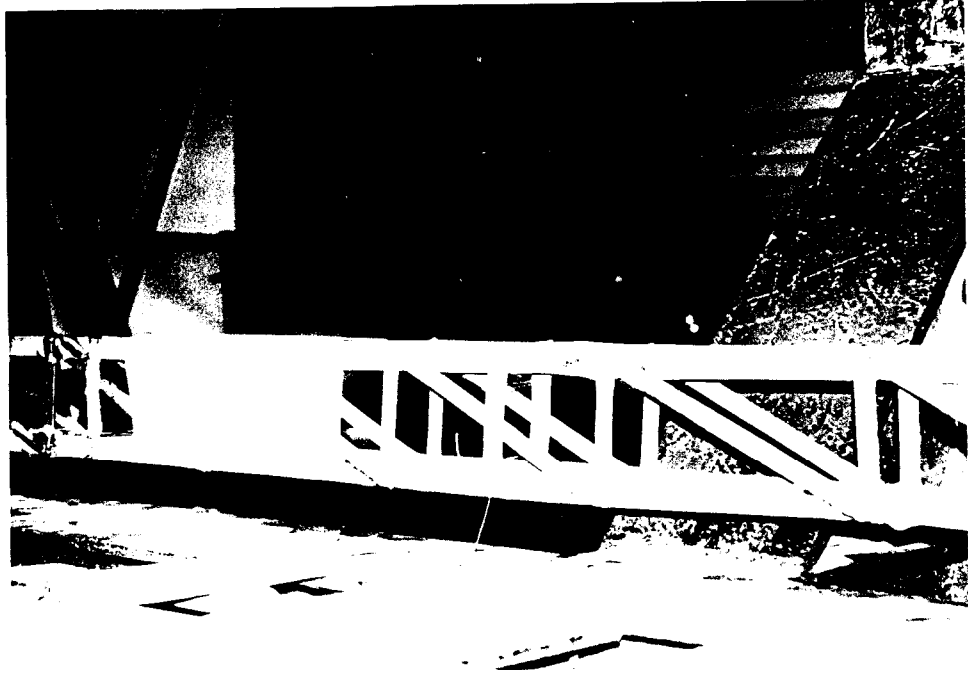
5. Tabel Momen Kelengkungan Sampel 5

Beban	Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}	P. Δ kg.cm	Φ
0	0	0	0.00	0.000	0.00000000
350	258	259	172.00	90.650	0.00003520
700	259	260	184.00	182.000	0.00003080
1050	259	266.5	193.00	279.825	0.00003240
1400	258	272	198.00	380.800	0.00003520
1750	258	279	205.00	488.250	0.00003800
2100	244	289	268.00	606.900	0.00002640
2450	254	290	279.00	710.500	0.00001880
2800	581	700	395.00	1960.000	0.00016960
2100	831	1286	545.00	2700.600	0.00047840
1750	1681	1450	645.00	2537.500	0.00022960

Lampiran 4



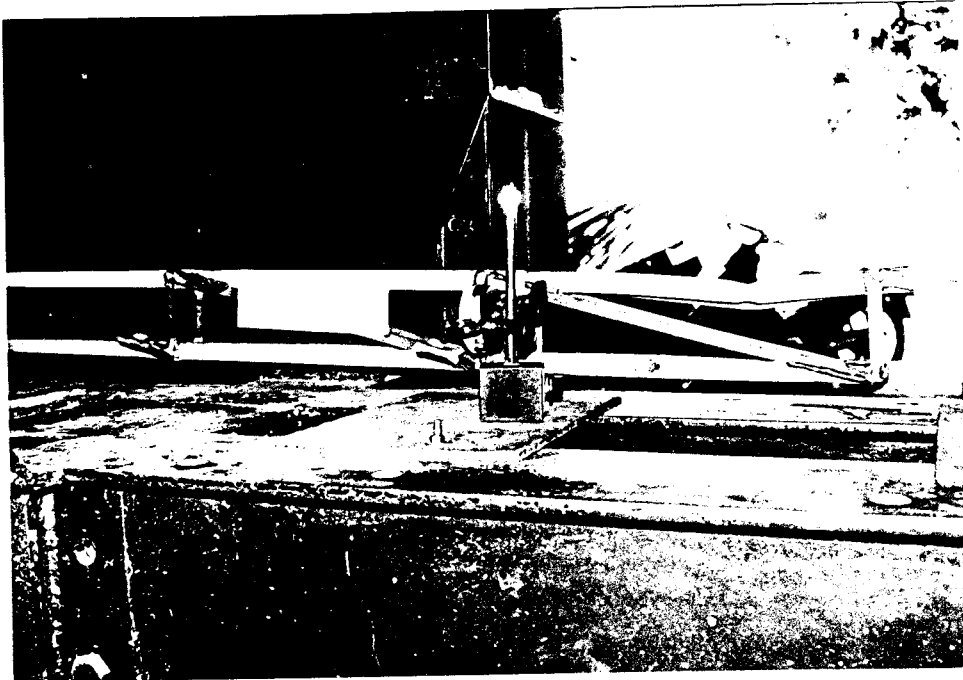
Gambar pengujian kolom tersusun dengan $\lambda_1=12.831$



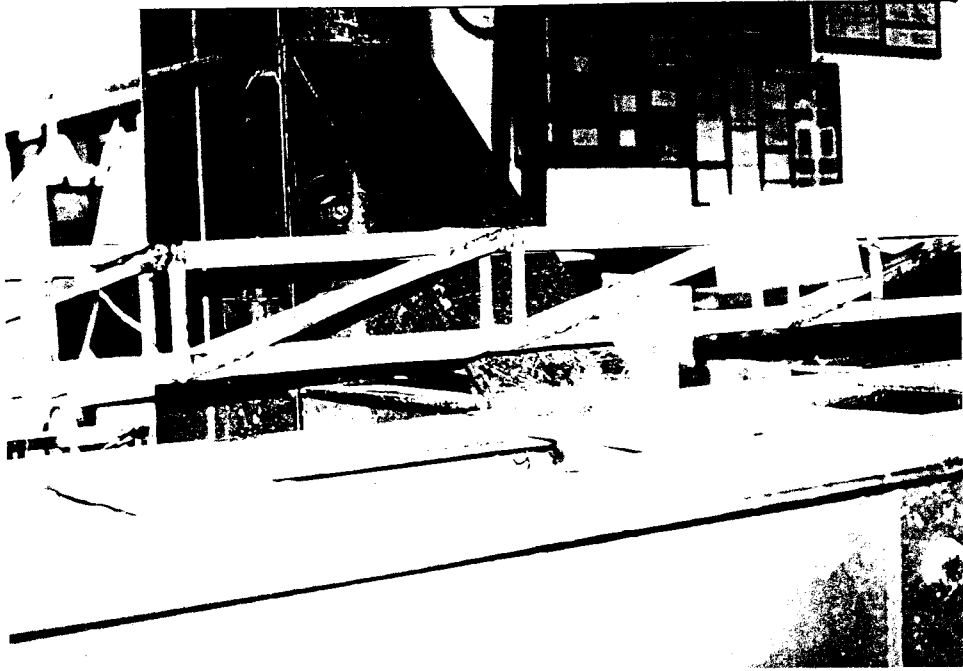
Gambar pengujian kolom tersusun dengan $\lambda_1=19,247$



Gambar pengujian kolom tersusun dengan $\lambda_1=25,663$



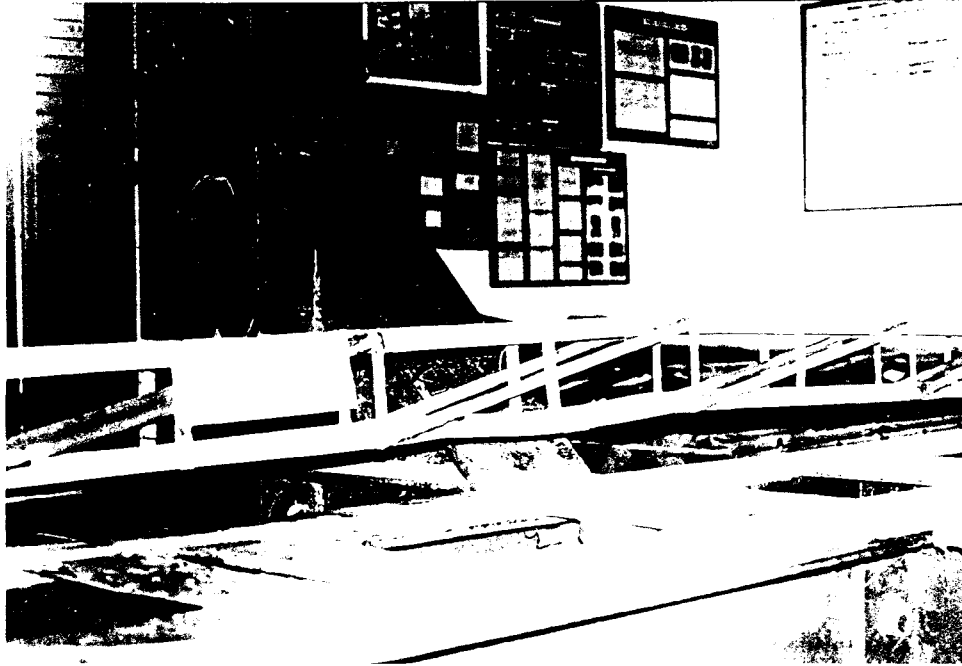
Gambar pengujian kolom tersusun dengan $\lambda_1=32.079$



Gambar pengujian kolom tersusun dengan $\lambda_{ij}=38,494$



Gambar pengujian kolom tersusun dengan $\lambda_1=44,910$



Gambar pengujian kolom tersusun dengan $\lambda_1=51,326$



Gambar pengujian kolom tersusun dengan $\lambda_1=57,472$

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID. STUDI
1	Hera Sulistyo	96310078	Teknik Sipil
2	Bayu Adi Santoso	96310234	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR :

* Kapasitas ketahanan tersusun profil charnal bentukan dingin dengan variasi jarak perangkai

PERIODE III : MARET - AGUSTUS
TAHUN : 2002 / 2003

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Aug.
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

Dr. Fatkhurrohman N., MT.
 Dr. Fatmahanik Arwanudin, MT.



Yogyakarta, 11 Maret 2002
 a.n. Dekan,

 Dr. H. Munandar, MT.
 (.....)

Catatan.

Seminar :
 Sidang :
 Pendadaran :

