

m	= jumlah batang tunggal yang membentuk kolom tersusun
P	= beban, kN
P_{cr0}	= beban kritis Euler, kN
P_{cr1}	= modifikasi beban kritis Euler, kN
r	= radius girasi, mm
y	= pelenturan, mm
α	= sudut yang dibentuk grafik hubungan (M- Φ)
β	= factor bentuk
Θ	= sudut antara batang perangkai horizontal dengan diagonal
Δ	= lendutan, mm
Δ_x	= jarak antar dial, mm
μ	= angka poison
π	= konstanta pi
Φ	= kelengkungan, 1/mm

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR SIMBOL.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAKSI.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III. LANDASAN TEORI.....	7
3.1 Tekuk Kolom Tunggal.....	7

Gambar	5.10	Grafik perbandingan momen-kelengkungan pada pada sampel 2.....	47
Gambar	5.11	Grafik perbandingan momen-kelengkungan pada pada sampel 3.....	48
Gambar	5.12	Grafik perbandingan momen-kelengkungan pada pada sample 4.....	49



maksimum yang memenuhi syarat kelangsingan kolom (kL/r). Karena kekuatan batang tekan merupakan fungsi dari bentuk penampang lintangnya (radius girasi), pada umumnya luas penampangnya disebarkan sepraktis mungkin.

1.2 Rumusan Masalah

Faktor penting yang berpengaruh kepada kekuatan dan kekakuan kolom ialah luas penampang (A) dan momen Inersia penampang (I) yang berpengaruh kepada radius girasi (r), jarak dari titik berat profil tunggal ke titik berat kolom tersusun (a), jarak antar profil tunggal (b) yang berpengaruh terhadap rasio kelangsingan (kL/r), tinggi kolom (l) dan jarak antar batang perangkai (L_1) yang diatur untuk menghindari tekuk local pada kolom.

Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian tentang kolom tersusun dari empat profil siku dengan rasio (a/L_1) yang bervariasi untuk mengetahui kapasitas tekan pada kolom tersusun dari empat profil siku.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kapasitas kolom tersusun dari empat profil siku yang disusun menggunakan kombinasi dari batang perangkai transversal dan diagonal dengan variasi jarak antar batang tunggal.
2. Mengetahui kekakuan kolom tersusun dari empat profil siku yang disusun menggunakan kombinasi dari batang perangkai transversal dan diagonal yang dibebani beban aksial tekan sentris.

beban harus dipertimbangkan karena tekuk. Kolom dengan kelangsingan sedang, gagal karena tekuk tak elastis dan untuk kolom langsing karena tekuk elastis.

(Katholieke Universiteit Leuven, 2006).



atau dinyatakan dalam tegangan tekan rata – rata, dengan $I = A_g r^2$:

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_g} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} \quad (3.8)$$

Pendekatan Euler pada umumnya tidak dipakai dalam desain karena tidak sesuai dengan hasil percobaan; kolom dengan panjang yang biasa digunakan dalam desain tidak sekuat yang ditunjukkan oleh Persamaan 3.7.

3.1.1 Tekuk Inelastis

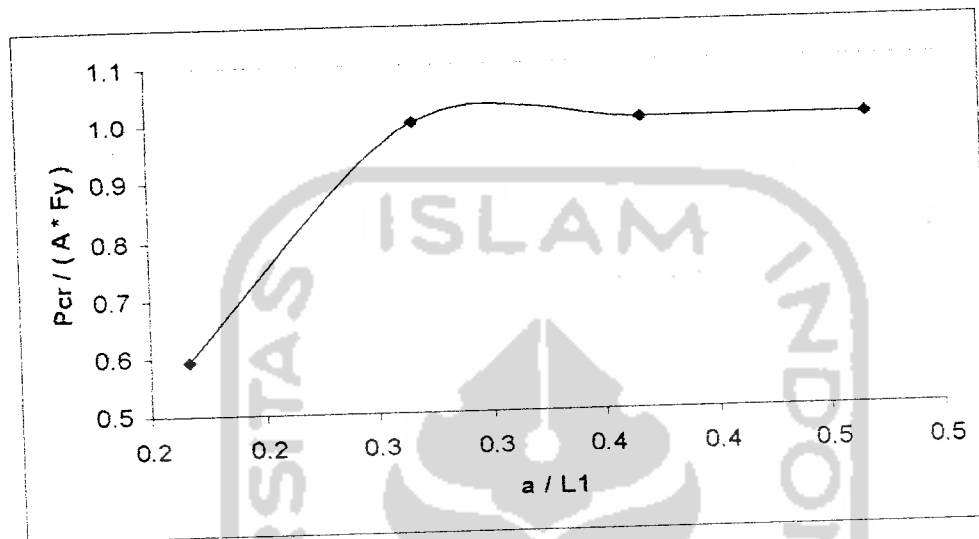
Tekuk inelastis yaitu tekuk kolom apabila limit proporsional dilampaui, dimana rasio kelangsingan lebih kecil dari rasio kelangsingan kritis. Rasio kelangsingan kritis didapatkan dengan persamaan (3.9) berikut :

$$\left(\frac{kL}{r} \right)_c = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{f_y}} \quad (3.9)$$

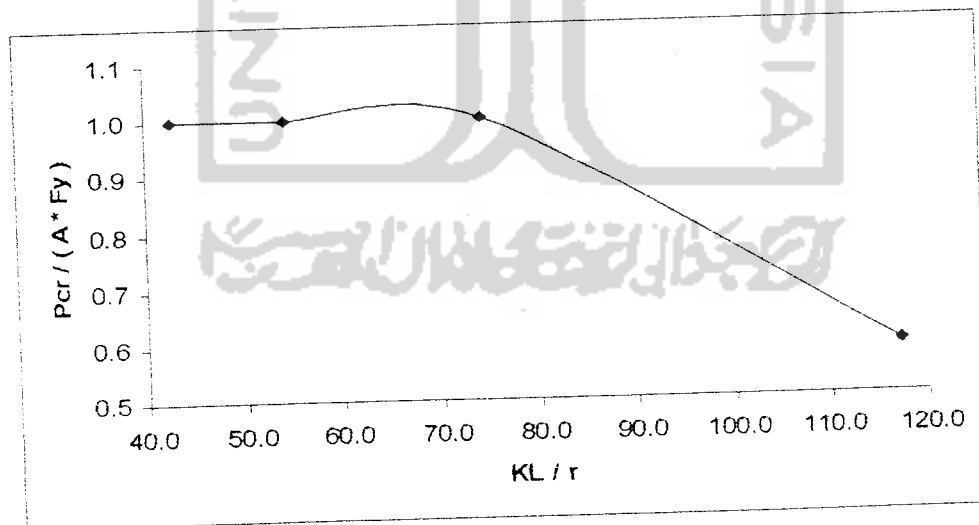
Pada tahun 1946 Shanley memberikan penjelasan yang sekarang terbukti benar. Ia berpendapat bahwa sebenarnya kolom masih dapat memikul gaya aksial tekan yang lebih besar walaupun telah melentur, namun bahwa kolom tersebut mulai melentur mencapai beban yang biasa disebut sebagai *beban tekuk*, yang mencakup efek – efek tak elastic pada sebagian atau semua serat dari penampang lintangnya.

Teori Tangent Modulus membahas keruntuhan kolom diatas proporsional. Teori ini pertama kali dikemukakan oleh *Friedrick Enggeser (1898)*. Untuk menjelaskan teori tangent modulus, ditinjau sebuah batang lurus yang dibebani gaya tekan (P) (gambar 3.3a). Andaikan penampang batang persegi empat (gambar 3.3b) dan beban (P) berangsur-angsur ditambah dari nol sampai batang runtuh. Sampai sesaat sebelum batang runtuh, batang tetap dianggap lurus (tanpa

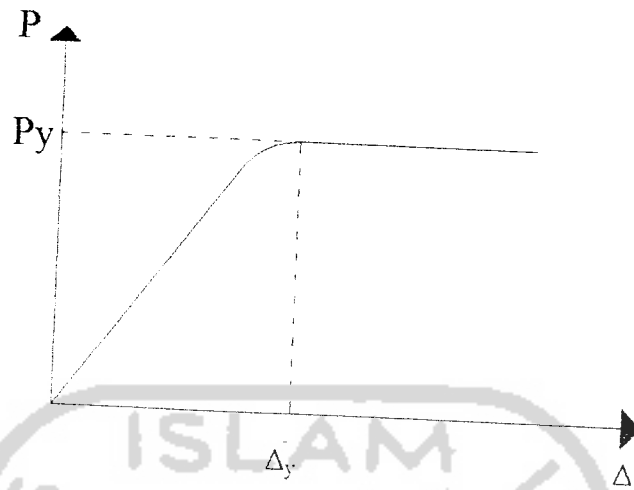
Dari Persamaan 3.38 dapat dilihat hubungan antara Beban kritis (P_{cr}) dengan rasio a/L_1 dapat dilihat pada gambar 3.10, dan hubungan antara beban kritis (P_{cr}) dengan KL/r dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.10 grafik hubungan P_{cr} dengan a / L_1



Gambar 3.11 grafik hubungan P_{cr} dengan KL / r



Gambar 3.12 grafik hubungan antara beban (P) dan lendutan (Δ)

3.5 Hubungan Momen (M) dan Kelengkungan (ϕ)

Faktor kekakuan didefinisikan sebagai rasio momen dan kelengkungan (Bruneau dkk, 1978; Beedle, 1958) yang dinyatakan dengan Persamaan berikut :

$$EI = \frac{M}{\phi} \quad (3.32)$$

Pemberian beban aksial (P) dari struktur akan didapatkan perpindahan yang diukur pada tiga titik yang berurutan dengan jarak yang sama (Δ_x) dimana tiga titik distrik tersebut diberi notasi y_{i+1} , y_i dan y_{i-1} seperti terlihat pada gambar 3.13 berikut :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x) \frac{d}{dx} \left(\frac{y_{i+2} - y_i}{2\Delta x} \right) - \frac{(y_i - y_{i-2})}{2\Delta x}}{(2\Delta x)^2} \quad (3.35)$$

dari Persamaan 3.35 didapatkan :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}}{(\Delta x)^2} \quad (3.36)$$

dimana nilai $\frac{d^2y}{dx^2} = \Phi = \frac{M}{EI}$, sehingga Persamaan kelengkungan dapat dicari

dengan rumus :

$$\Phi = \frac{1}{\rho} \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (3.37)$$

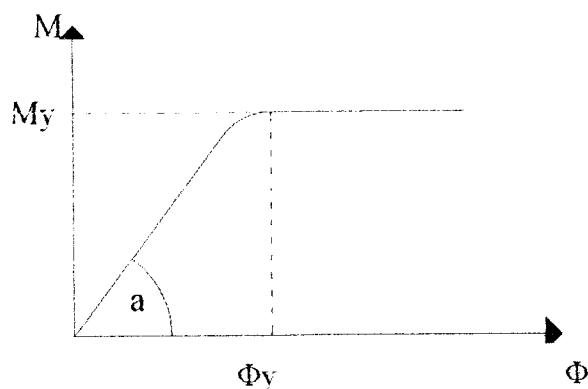
karena $\frac{dy}{dx}$ kecil, maka dengan menggunakan metode *central difference* dianggap

mendekati nol, sehingga didapat kelengkungan dengan rumus :

$$\Phi = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \quad (3.38)$$

Dari Persamaan 3.38, maka dapat dicari factor kekakuan EI setelah momen (M) dan kelengkungan (Φ) diketahui.

Grafik hubungan momen dan kelengkungan ditunjukkan pada gambar 3.14 sebagai berikut :



Gambar 3.14 Hubungan antara momen (M) dan kelengkungan (ϕ)

Gambar 3.14 menunjukkan hubungan antara momen-kelengkungan. Tampak bahwa pada grafik hubungan momen-kelengkungan akan membentuk sudut (α), dimana :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{M}{\Phi} \quad (3.39)$$

$$EI = \operatorname{tg} \alpha \quad (3.40)$$

3.6 Hipotesis

Berdasarkan kasjian dari tinjauan pustaka dan landasan teori dapat dikemukakan hipotesis bahwa pada jarak L_1 yang dibuat konstan dengan jarak antar batang tunggal bervariasi, maka besarnya beban kritis (P_{cr}) yang dapat diterima oleh kolom semakin besar. Dan semakin besar rasio KL/r maka besarnya beban kritis (P_{cr}) yang dapat diterima oleh kolom semakin kecil.

4.2.2. Peralatan penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan. Adapun peralatan tersebut terdiri dari:

a. Dial Gauge

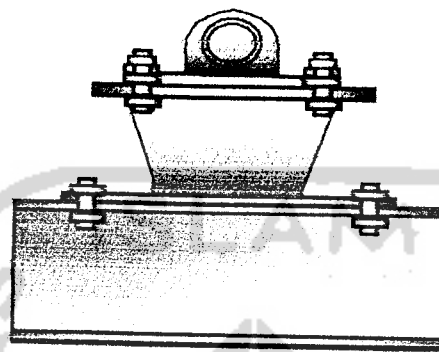
Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Untuk penelitian skala penuh digunakan *Dial Gauge* dengan kapasitas lendutan maksimal 50 mm dan ketelitian 0,01 mm. Pada pengujian balok kecil dipakai *Dial Gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 20 mm dan ketelitian 0,01 mm. Dalam penelitian ini digunakan *Dial Gauge* sebanyak tiga buah (Gambar 4.2)



Gambar 4.2 *Dial Gauge*

b. *Dukungan Sendi*

Dukungan sendi dipasang pada kedua dukungan kolom, seperti pada Gambar 4.3.

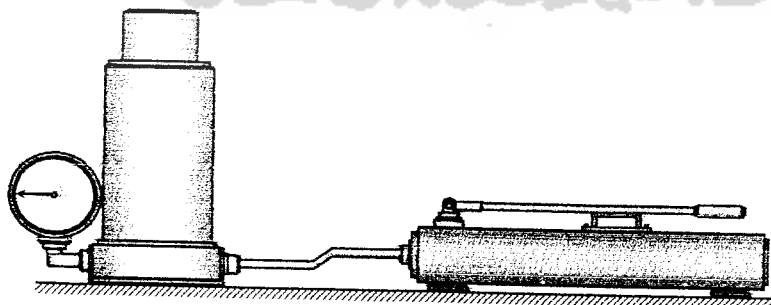


Dukungan Sendi

Gambar 4.3. *Dukungan Sendi*

c. *Hydraulic Jack*

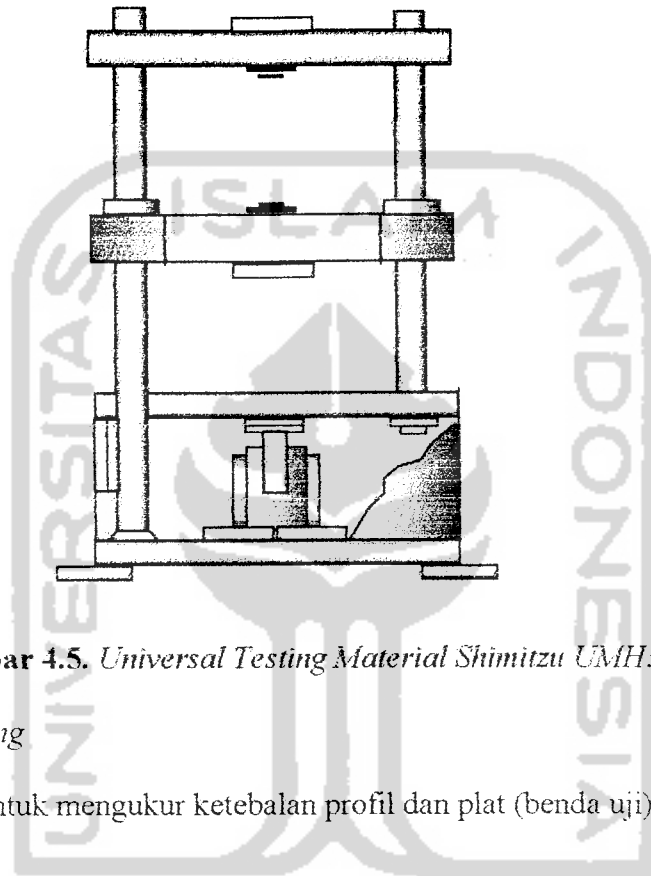
Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian kolom skala penuh. Dengan kapasitas maksimum 30 ton dan ketelitian pembacaan 0,5 ton. (lihat Gambar 4.4.)



Gambar 4.4. *Hidraulic Jack*

d. *Mesin Uji Kuat Tarik*

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik baja. Alat yang digunakan yaitu universal Testing Material (UTM) merk Shimadzu type UMH-330 dengan kapasitas 30 ton, seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. *Universal Testing Material Shimadzu UMH30*

e. *Jangka Sorong*

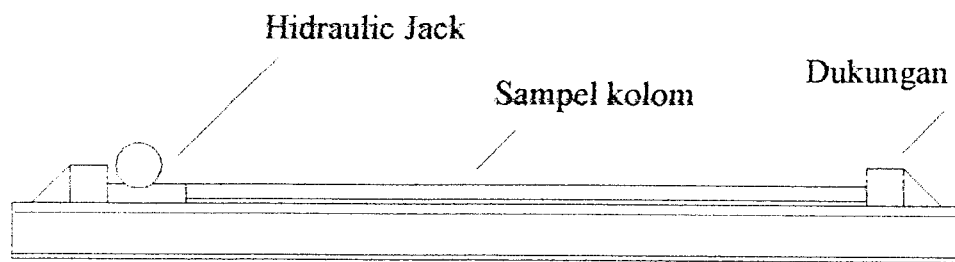
Digunakan untuk mengukur ketebalan profil dan plat (benda uji).

4.3. Model Benda Uji

Benda uji berupa kolom tersusun profil siku dengan variasi jarak antar batang tunggal (b).

4.3.1. Benda Uji Pendahuluan

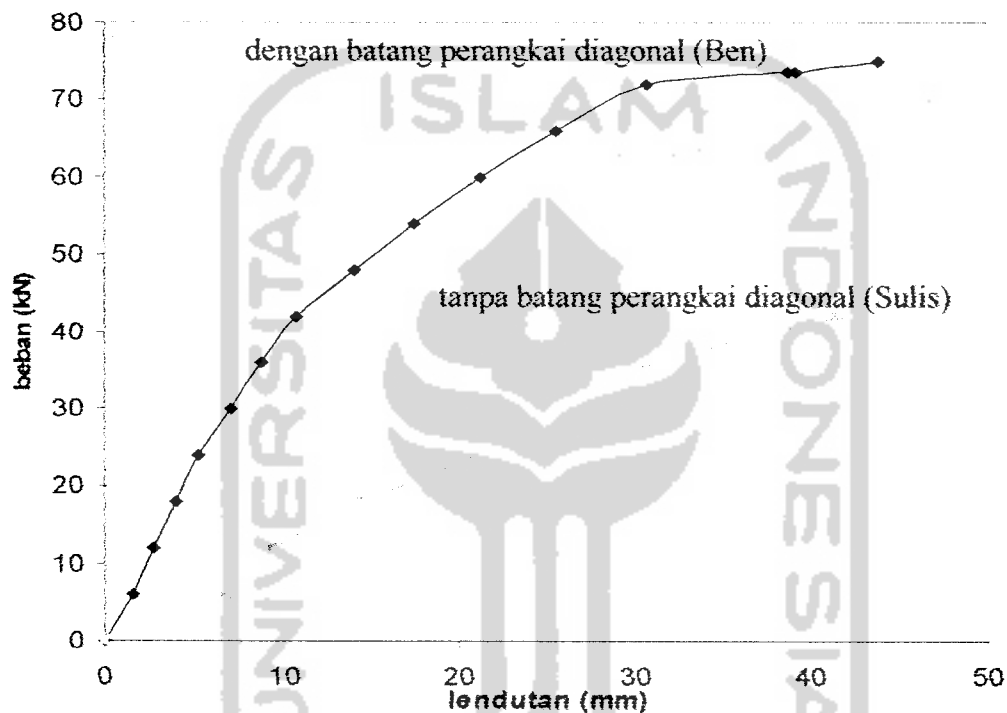
Benda uji yang digunakan sebanyak tiga buah, adapun bentuk dari benda uji seperti gambar berikut :



Gambar 4.8. Gambar alat pengujian kolom



perangkai, dilakukan perbandingan dengan penelitian yang dilakukan oleh saudara Sulis dengan bentuk dan ukuran profil yang sama namun hanya menggunakan batang perangkai transversal atau tanpa menggunakan batang perangkai diagonal. Dan didapatkan perbandingan hasil uji antara beban – lendutan yang dijelaskan pada grafik sebagai berikut yaitu :



Gambar 5.4 Grafik hubungan Beban – Lendutan Sampel 1 dengan rasio $a/L_1 = 0,17$

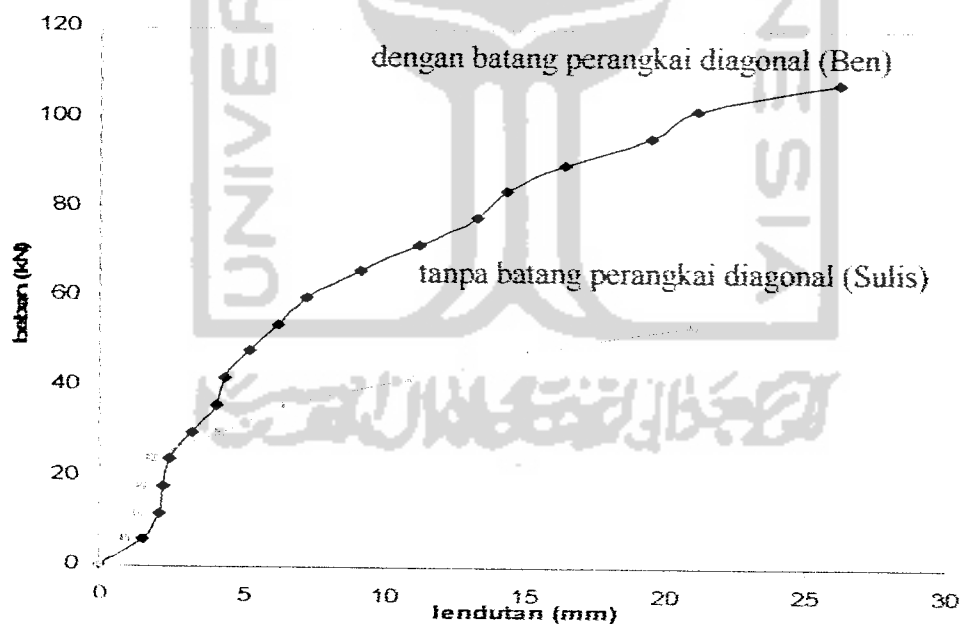
Berdasarkan hasil pengujian pada sampel I didapat Beban maksimum yang mampu diterima profil siku dengan perangkai diagonal sebesar 75 kN dengan besar lendutan yang terjadi sebesar 43,8 mm. Sedangkan beban maksimum yang mampu ditahan profil siku tanpa perangkai diagonal pada sampel I sebesar 42 kN dengan lendutan yang terjadi sebesar 41,58 mm.

maksimum yang mampu ditahan profil siku tanpa perangkat diagonal pada sampel II sebesar 48 kN dengan lendutan yang terjadi sebesar 40,28 mm.

Tabel 5.6. Hubungan Beban-Lendutan Sampel 2

Kolom Tersusun	Beban (kN)	Lendutan (mm)
Dengan Perangkat Diagonal	87	32.4
Tanpa Perangkat Diagonal	48	40.28

Dari data-data tersebut jelas bahwa dengan penggunaan perangkat diagonal akan dapat meningkatkan kemampuan kolom sebesar 1,81 kali, dengan penggunaan perangkat diagonal pada kolom tersusun dari empat profil siku dapat menambahkan kekakuan pada pelat sebesar 2,25 kali.



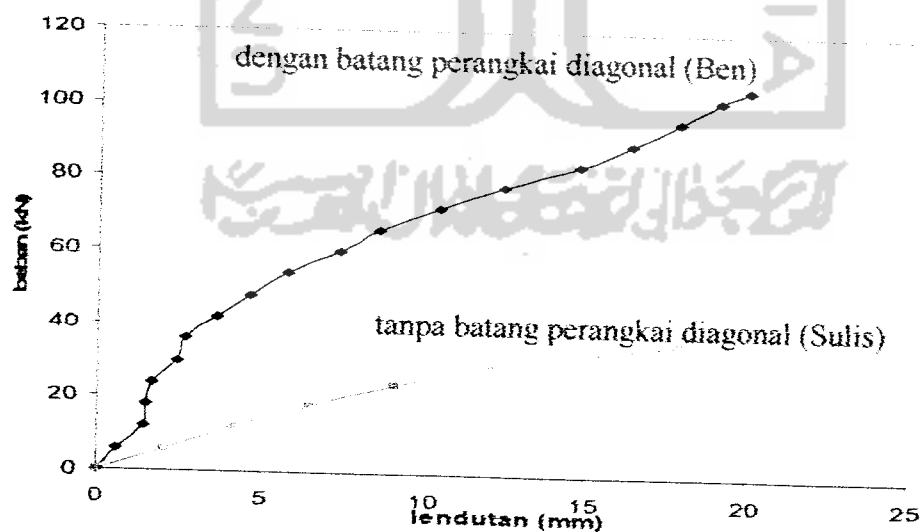
Gambar 5.6 Grafik hubungan Beban – Lendutan Sampel 3 dengan rasio $a/L_t = 0,17$

Berdasarkan hasil pengujian pada sampel III didapat Beban maksimum yang mampu diterima profil siku dengan perangkat diagonal pada sebesar 108 kN dengan besar lendutan yang terjadi sebesar 26,22 mm. Sedangkan beban maksimum yang mampu ditahan profil siku tanpa perangkat diagonal pada sampel I sebesar 54 kN dengan lendutan yang terjadi sebesar 21,1 mm.

Tabel 5.7. Hubungan Beban-Lendutan Sampel 3

Kolom Tersusun	Beban (kN)	Lendutan (mm)
Dengan Perangkat Diagonal	108	26,22
Tanpa Perangkat Diagonal	54	21,1

Dari data-data tersebut jelas bahwa dengan penggunaan perangkat diagonal akan dapat meningkatkan kemampuan kolom sebesar 2 kali, dengan penggunaan perangkat diagonal pada kolom tersusun dari empat profil siku dapat menambahkan kekakuan pada pelat sebesar 1,61 kali.



Gambar 5.7 Grafik hubungan Beban – Lendutan Sampel 4 dengan rasio $a/L_1 = 0,17$

Berdasarkan hasil pengujian sampel IV didapat Beban maksimum yang mampu diterima profil siku dengan perangkat diagonal pada sebesar 105 kN dengan besar lendutan yang terjadi sebesar 19,96 mm. Sedangkan beban maksimum yang mampu ditahan profil siku tanpa perangkat diagonal pada sampel I sebesar 36 kN dengan lendutan yang terjadi sebesar 17,92 mm.

Tabel 5.8. Hubungan Beban-Lendutan Sampel 4

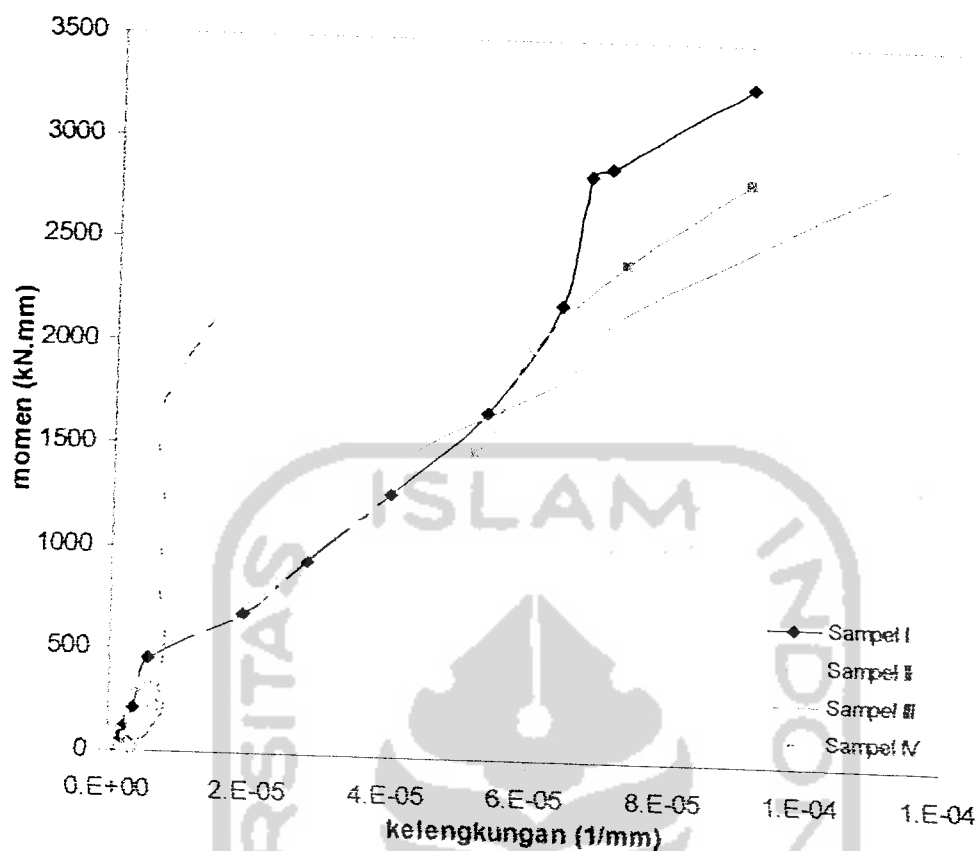
Kolom Tersusun	Beban (kN)	Lendutan (mm)
Dengan Perangkat Diagonal	105	19.96
Tanpa Perangkat Diagonal	36	17.92

Dari data-data tersebut jelas bahwa dengan penggunaan perangkat diagonal akan dapat meningkatkan kemampuan kolom sebesar 2,92, dengan penggunaan perangkat diagonal pada kolom tersusun dari empat profil siku dapat menambahkan kekakuan pada pelat sebesar 2,62 kali.

Dari pengujian ini dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan perangkat diagonal pada kolom tersusun profil siku akan meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan mengurangi lendutan (*defleksi*) yang terjadi pada kolom tersusun.

5.3.2 Hubungan momen-kelengkungan

Dari hasil pengujian diperoleh grafik hubungan beban-lendutan ($P-\Delta$) sehingga dapat dicari momen (M) dan kelengkungan (Φ). Hubungan momen dan kelengkungan ($M-\Phi$) pada masing-masing benda uji tampak pada tabel 5.9.

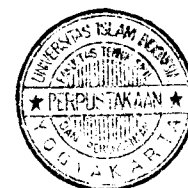


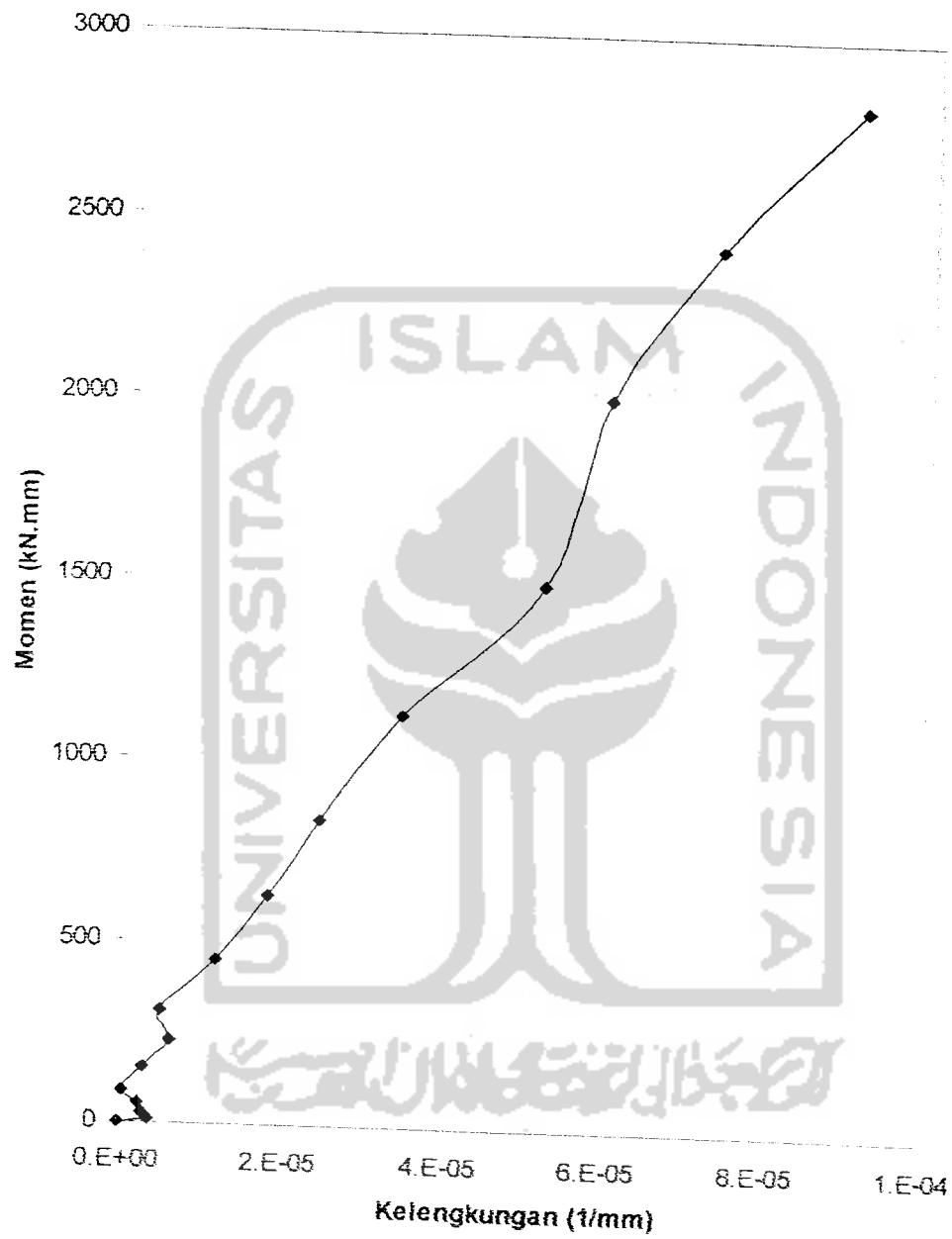
Gambar 5.8 Grafik hubungan momen kelengkungan dari empat sampel

Dari data hubungan momen-kelengkungan ($M-\Phi$) pada table 5.8 dapat dicari factor kekakuan kolom tersusun profil siku pada masing-masing benda uji seperti pada tabel 5.10 dibawah ini :

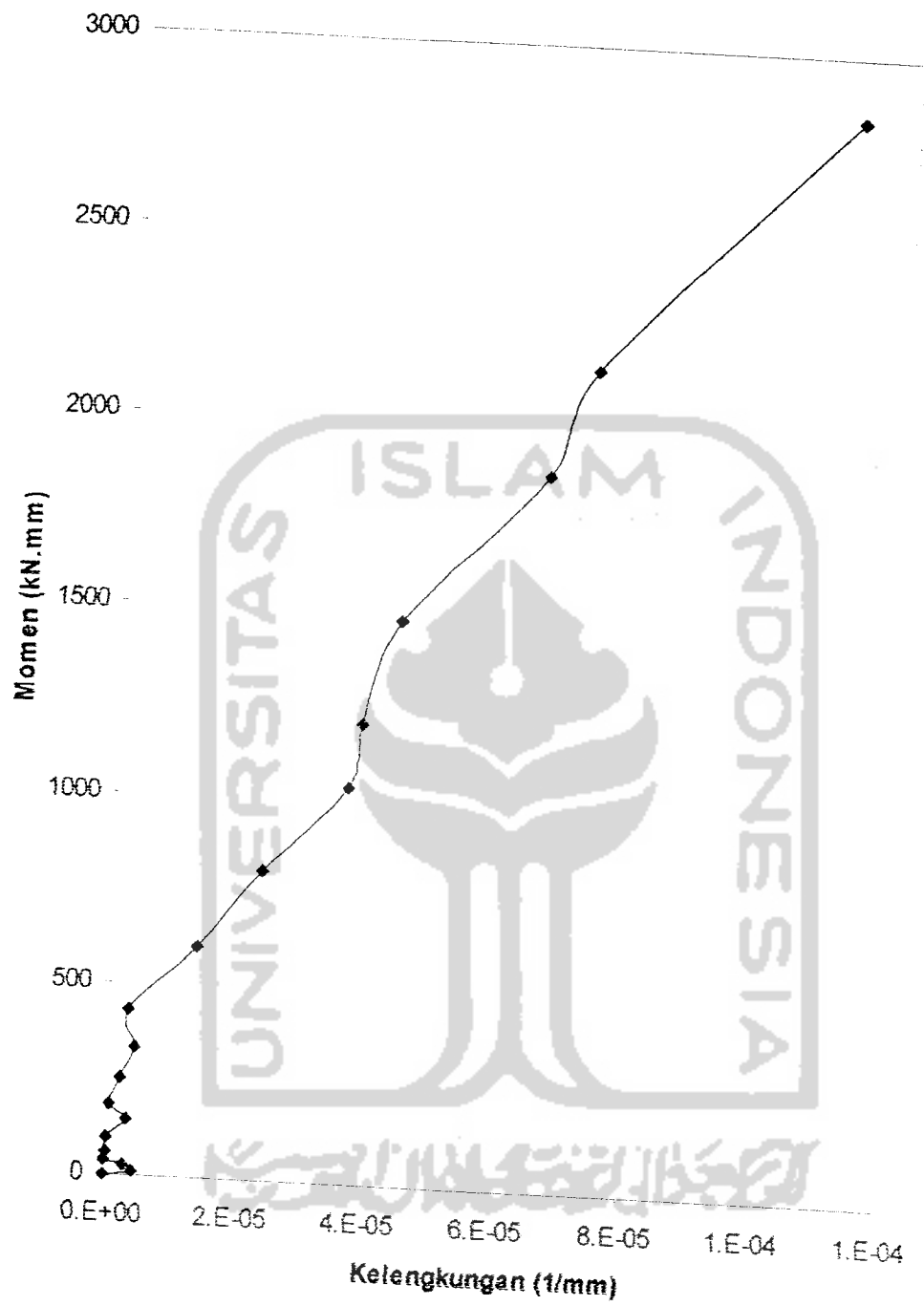
Tabel 5.10 Analisa kekakuan dari hubungan momen-kelengkungan

Sampel	L_1/r	Momen kN.mm	Kelengkungan 1/mm	EI kN.m ²
1	117.16	3285.00	9.06E-05	3.62E+07
2	74.26	2818.80	8.81E-05	3.20E+07
3	54.24	2831.76	1.11E-04	2.55E+07
4	42.63	2095.80	1.35E-05	1.55E+08

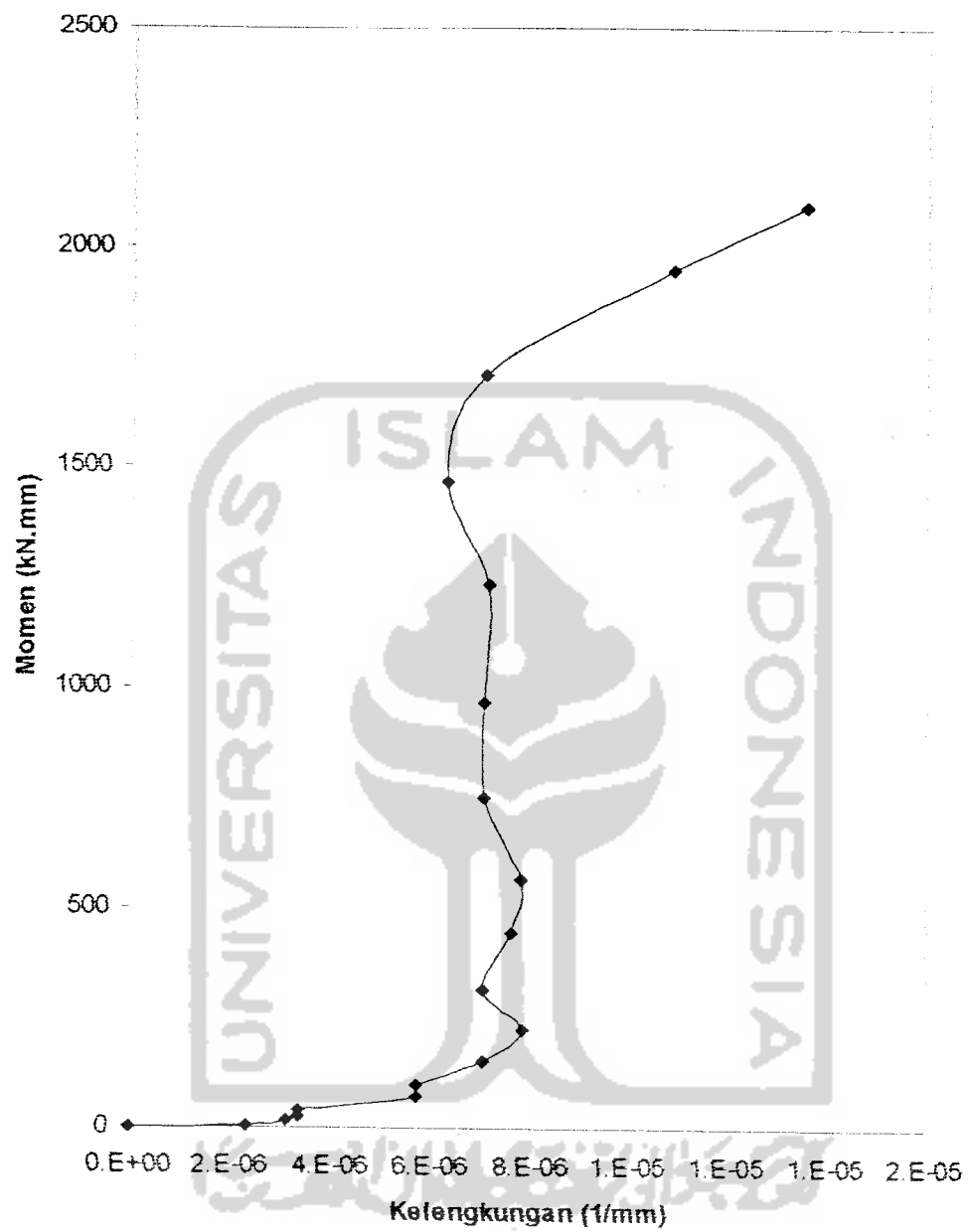




Gambar 5.10 Grafik perbandingan momen-kelengkungan pada sampel II



Gambar 5.11 Grafik perbandingan momen-kelengkungan pada sampel III



Gambar 5.12 Grafik perbandingan momen-kelengkungan pada sample IV

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kolom tersusun dari empat profil siku yang dirangkai dengan perangkat transversal dan diagonal dapat diambil kesimpulan sebagai berikut yaitu :

1. Kolom tersusun profil siku dengan menggunakan perangkat transversal dan diagonal dengan beban maksimum yang dapat ditahan pada jarak antar batang tunggal dengan 8 cm yaitu mampu menahan beban sebesar 75 kN, jarak 12 cm mampu menahan beban sebesar 87 kN yaitu meningkatkan kekuatan kolom hingga 1,16 kali dan dengan jarak 16 cm mampu menahan beban sebesar 108 kN yaitu meningkatkan kapasitas kolom hingga 1,24 kali. Dan dengan jarak 20 cm terjadi penurunan kapasitas kolom yang hanya mampu menahan beban sebesar 105 kN yakni mengalami penurunan sebesar 1,03 kali.
2. Dengan penggunaan perangkat diagonal pada kolom tersusun dari empat profil siku pada sampel 1 dengan kekakuan 1,712 kN/mm, sampel 2 sebesar 2,685 kN/mm, sampel 3 sebesar 4,119 kN/mm dan pada sampel 4 sebesar 5,26 kN/mm yang akan meningkatkan kekakuan pelat hingga 1,46 kali.

6.2 Saran

Agar penelitian kolom tersusun yang dirangkai dari empat profil siku lebih akurat maka diharapkan lebih banyak menambahkan variasi-variasi pada penelitian selanjutnya. Adapun saran-saran yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut yaitu :

1. Penggunaan variasi bentuk penampang dari batang perangkai yang digunakan agar dapat mengetahui efisiensi dari penggunaan bentuk penampang batang perangkai,
2. Proses penyetingan alat perlu diperhatikan, guna mendapatkan hasil penelitian yang maksimal dengan keterbatasan alat yang ada,
3. Ketelitian pembacaan dial gauge, terutama pada saat pembebanan sudah mencapai beban maksimum atau beban kritis guna mendapatkan data lendutan yang lebih akurat.

AISC, **MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION**, Ninth Edition, American
Institute of Steel Construction Inc, New York, 1989.



The logo of Universitas Islam Indonesia is a large, light gray watermark in the background. It features a shield-like shape with the word "ISLAM" at the top, "UNIVERSITAS" on the left, and "INDONESIA" on the right. In the center is a stylized emblem resembling a flame or a flower. Below the shield is a line of Arabic calligraphy.

LAMPIRAN 1

PERENCANAAN KOLOM TERSUSUN

KUAT TEKAN KOLOM TERSUSUN PROFIL SIKU DENGAN VARIASI JARAK ANTAR BATANG TUNGGAL

A. Data Perencanaan Benda Uji

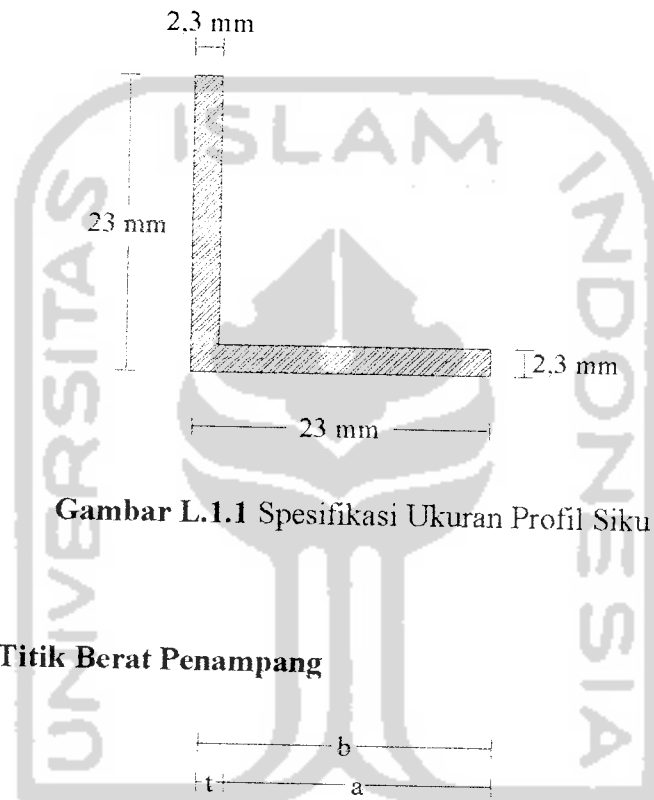
Ketentuan-ketentuan dalam perencanaan kolom tersusun pada keempat benda uji untuk penelitian pengujian kuat tekan, adalah sebagai berikut :

1. Profil baja yang digunakan untuk perencanaan kolom tersusun adalah profil baja siku 4 (23 x 23 x 2,3) mm dengan panjang 4000 mm dan tulangan ukuran ϕ 7 mm.
2. Variasi pada keempat benda uji terletak pada variasi jarak antar batang tunggal (b), dimana panjang kolom (L), jarak antar batang perangkai (L_1) dan penampang profil gabungan adalah konstan. Variasi jarak antar batang tunggal untuk tiap benda uji adalah :
 - a. Benda uji I dengan jarak antar batang tunggal (b) = 8 cm.
 - b. Benda uji II dengan jarak antar batang tunggal (b) = 12 cm.
 - c. Benda uji III dengan jarak antar batang perangkai (b) = 16 cm.
 - d. Benda uji IV dengan jarak antar batang tunggal (b) = 20 cm.
3. Perletakan dukungan berupa sendi dikedua ujungnya.
4. Pengujian menggunakan pembebanan tekan sentries.

B. Perhitungan mMomen Inersia Batang Tunggal

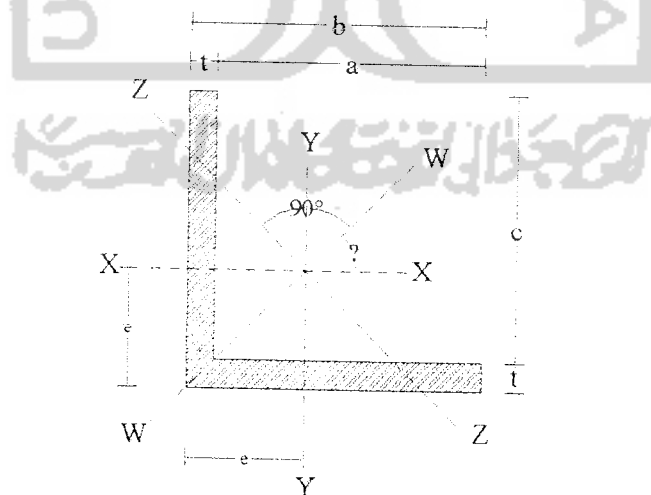
1. Spesifikasi Tampang Profil Siku

Penggunaan profil siku menyesuaikan ukuran yang umum dipasaran, untuk memudahkan pembuatan benda uji. Untuk memahami ukuran data dari profil siku yang digunakan, dapat dilihat pada gambar L.1.1.



Gambar L.1.1 Spesifikasi Ukuran Profil Siku

2. Perhitungan Titik Berat Penampang



Gambar L.1.2 Momen Inersia Profil Siku

$$= \sqrt{\frac{468648,78}{402,04}} = 34,14 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{kL}{r} = \frac{(1)(4000)}{34,14} = 117,16$$

$$\lambda \geq 1,2 * \lambda_1$$

$$\geq 1,2 * 12,182$$

$$\geq 14,62 \dots \text{ok}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A L d^3}{z A d L_1 c^2} + \frac{A c}{2 A h L_1}}$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{402 * 215,4^3}{2 * 154 * 200 * 66,8^2} + \frac{402 * 66,8}{2 * 154 * 200}}$$

$$= 12,182$$

$$\lambda_1 \leq 50 \dots \text{ok}$$

kelangsingan ideal dari komponen struktur tersusun dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\lambda_r = \sqrt{\lambda^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2}$$

$$\lambda_r = \sqrt{117,3^2 + \frac{2}{2} 12,182^2}$$

$$= 117,93$$

$$\lambda_r \geq 1,2 * \lambda_1$$

$$\geq 1,2 * 12,182$$

$$\geq 14,62 \dots \text{ok}$$

$$\lambda_r = \sqrt{54,27^2 + \frac{2}{2} 7,719^2}$$

$$= 54,816$$

$$\lambda_r \geq 1,2 * \lambda_1$$

$$\geq 1,2 * 7,719$$

$$\geq 9,263 \dots \text{ok}$$

d. Sampel IV

Momen Inersia batang tersusun

$$\begin{aligned} a &= \left(\frac{b}{2} \right) - e \\ &= \left(\frac{200}{2} \right) - 6,59 = 93,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{gab} &= 4.I + 4.A_t.(a)^2 \\ &= (4 * 5037,26) + 4 * 100,51 * (93,4)^2 \\ &= 3527369,1 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Harga kelangsingan batang tersusun

$$c = 200 - (2 * 6,59)$$

$$= 186,8 \text{ mm}$$

$$r_{gab} = \sqrt{\frac{I_{gab}}{A_{gab}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3527369,1}{402,04}} = 93,67 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{kL}{r} = \frac{(1)(4000)}{93,67} = 42,7$$