

PERILAKU BATANG TEKAN PROFIL BAJA SIKU TUNGGAL PADA STRUKTUR RANGKA BATANG

M. Arief Rahman Panjaitan¹, Purwandy Hasibuan²

^{1,2)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111, email:
arief_panjaitan@unsyiah.ac.id¹⁾, purwandy.hasibuan@gmail.com²⁾

Abstract: Application of axial load on the steel angle can be found at the various structures. One of this structures is bridge and transmission tower. At the application, steel angle which accommodated axial load can be sure having eccentricity. This condition is caused by load position that lies not in center of gravity. But in practice, this eccentricity effect is often ignored and angle steel section is always designed due to axial load. This research is carried out to observe steel angle L.30.30.3 behavior that accommodated axial compression load and varied according to their length : 63 cm, 83 cm, 103 cm. In addition, eccentricity effects were also considered as in actual condition. At the first, compression member together with tension member was formed to be truss structure. Experimental work was carried out by giving tension load on the loading plate until compression member achieved its failure. Experimental work results showed that maximum ultimate load capacity ($P_u \max$) = 7022,1 N and maximum displacement on the angle flange (u_1) = 1,73 mm. Both of this results were achieved by specimen 1 (63 cm). Whereas maximum ultimate strain (ϵ) = 997 μ and maximum displacement on the angle web (u_2) = 16,38 mm. Both of this results were achieved by specimen 3 (103 cm). Observing failure modes showed that the shortest compression member, the nearest to loading plate buckling would be.

Keywords : Compression load, axial load, eccentric load, ultimate load, ultimate displacement, ultimate strain, truss structure, steel angle behavior, buckling failure

Abstrak: Penampang siku dengan beban aksial tekan dapat dijumpai pada bermacam-macam struktur. Salah satunya adalah struktur jembatan dan tower transmisi. Untuk aplikasi lapangan penampang siku yang menerima beban aksial dapat dipastikan memiliki eksentrisitas karena posisi beban selalu tidak tepat bekerja pada pusat berat penampang. Sedangkan dalam perencanaan, eksentrisitas ini sering diabaikan dan penampang siku diasumsikan hanya menerima aksial murni. Penelitian ini mengkaji perilaku penampang siku L.30.30.3 menerima beban aksial tekan dengan variasi panjang batang : 63 cm, 83 cm dan 103 cm dan tetap memperhitungkan eksentrisitas sesuai dengan kondisi lapangan. Tahap awal, batang tekan dirangkai dengan batang tarik dan dibetuk menjadi sebuah struktur rangka batang. Tahapan pembebanan pada buhul diberikan dengan beban tarik pada buhul sampai batang uji tekan mengalami kegagalan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah kapasitas beban ultimate maksimum ($P_u \max = 7022,1$ N) dan perpindahan maksimum pelat sayap ($u_1=1,73$ mm) dicapai oleh benda uji 1 (63 cm). Sedangkan regangan maksimum ($\epsilon=997\mu$) dan perpindahan maksimum pelat badan ($u_1=16,38$ mm) dicapai oleh benda uji 3 (103 cm). Pengamatan ragam keruntuhan menunjukkan bahwa semakin pendek rangka batang maka tekuk semakin mendekati buhul pembebanan.

Kata kunci : Beban tekan, beban aksial, beban eksentris, beban ultimit, perpindahan ultimit, regangan ultimit, rangka batang, perilaku baja siku, kegagalan tekuk

Pendahuluan

Penampang siku dengan beban aksial tekan dapat dijumpai pada bermacam-macam struktur. Salah satunya adalah struktur

jembatan dan tower transmisi. Untuk aplikasi lapangan penampang siku yang menerima beban aksial dapat dipastikan memiliki eksentrisitas karena posisi beban selalu tidak

tepat bekerja pada pusat berat penampang. Sedangkan dalam perencanaan, eksentrisitas ini sering diabaikan dan penampang siku diasumsikan hanya menerima aksial murni.

Penelitian ini mengkaji perilaku penampang siku L.30.30.3 menerima beban aksial tekan dengan variasi panjang batang : 63 cm, 83 cm dan 103 cm dan tetap memperhitungkan eksentrisitas sesuai dengan kondisi lapangan.

Tabel 1 . Variasi Benda Uji

No	Benda Uji	Panjang Batang (cm)
1	Benda Uji 1	63
2	Benda Uji 2	83
3	Benda Uji 3	103

Tahap awal, batang tekan dirangkai dengan batang tarik dan dibentuk menjadi sebuah struktur rangka batang. Tahapan pembebanan pada buhul diberikan dengan beban tarik pada buhul sampai batang uji tekan mengalami kegagalan tekuk (*buckling*). Perekaman data untuk pembebanan, regangan dan perpindahan dilakukan untuk setiap 2 kali pengencangan cincin yang terdapat pada baut. Pengamatan dititikberatkan terhadap perilaku batang horizontal sebagai batang tekan. Selain pengamatan terhadap variasi panjang batang, pengamatan juga dilakukan terhadap pengaruh eksentrisitas terhadap beban ultimit batang.

METODE PENELITIAN

Desain Benda Uji

Penelitian ini menggunakan dua buah rangka (rangka diagonal dan horizontal) yang dirangkai menjadi satu kesatuan struktur rangka batang. Kedua jenis rangka batang baik

rangka batang diagonal maupun rangka batang horizontal dibaut dengan kencang ke pelat buhul sebagai perletakannya. Pelat buhul kemudian disambung dengan las ke pelat tepi (*end plate*) yang dibaut dengan kencang ke *loading frame*. Gaya tarik dalam arah gravitasi yang bekerja pada pelat buhul menyebabkan batang diagonal mengalami gaya dalam tarik dan batang horizontal mengalami gaya dalam tekan. Penelitian ini mengkaji perilaku batang horizontal sebagai batang tekan. Pembacaan nilai beban dilakukan melalui *strain gauge* yang ditempatkan pada besi bulat yang sejajar dengan arah beban tarik. Pembacaan regangan dan perpindahan pada batang tekan diperoleh melalui bacaan *strain gauge* dan *transducer* yang ditempatkan pada rangka batang

Penentuan Mutu Bahan

Penentuan mutu bahan penting untuk dilakukan mengingat akan menentukan perilaku elemen batang dan pembacaan nilai beban. Mutu bahan yang dalam hal ini adalah bahan baja dapat diperoleh melalui mekanisme uji tarik (*coupon test*) pada besi tulangan dan baja siku.

Tabel 2 . Mutu Bahan

No	Elemen	Tegangan (MPa)	
		Leleh	Ultimate
1	Besi Tulangan	269	364
2	Baja siku	224	324

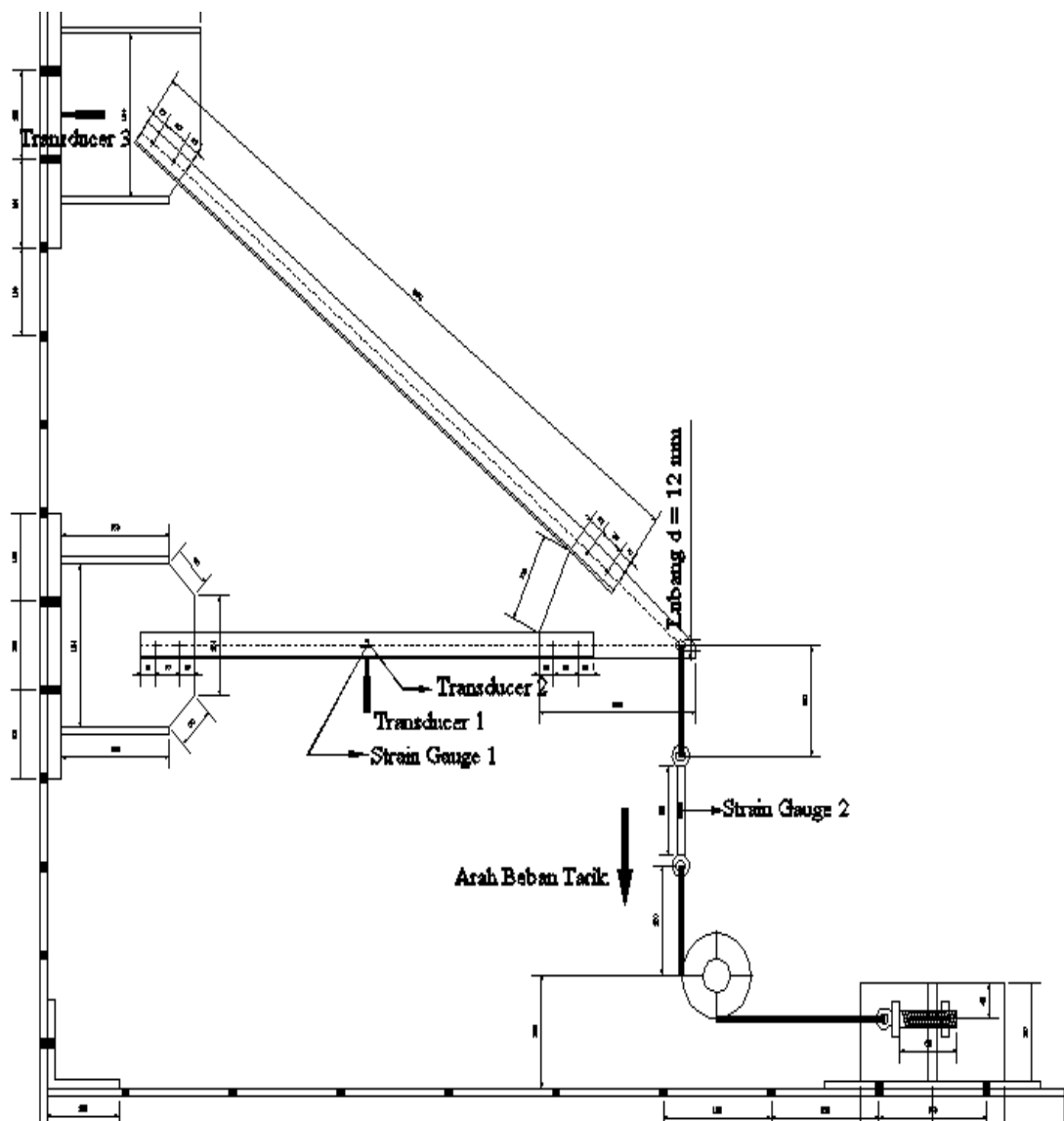
Penempatan Strain Gauge dan Transducer

Tranducer adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur perpindahan (*displacement*) dalam pengujian di laborato-

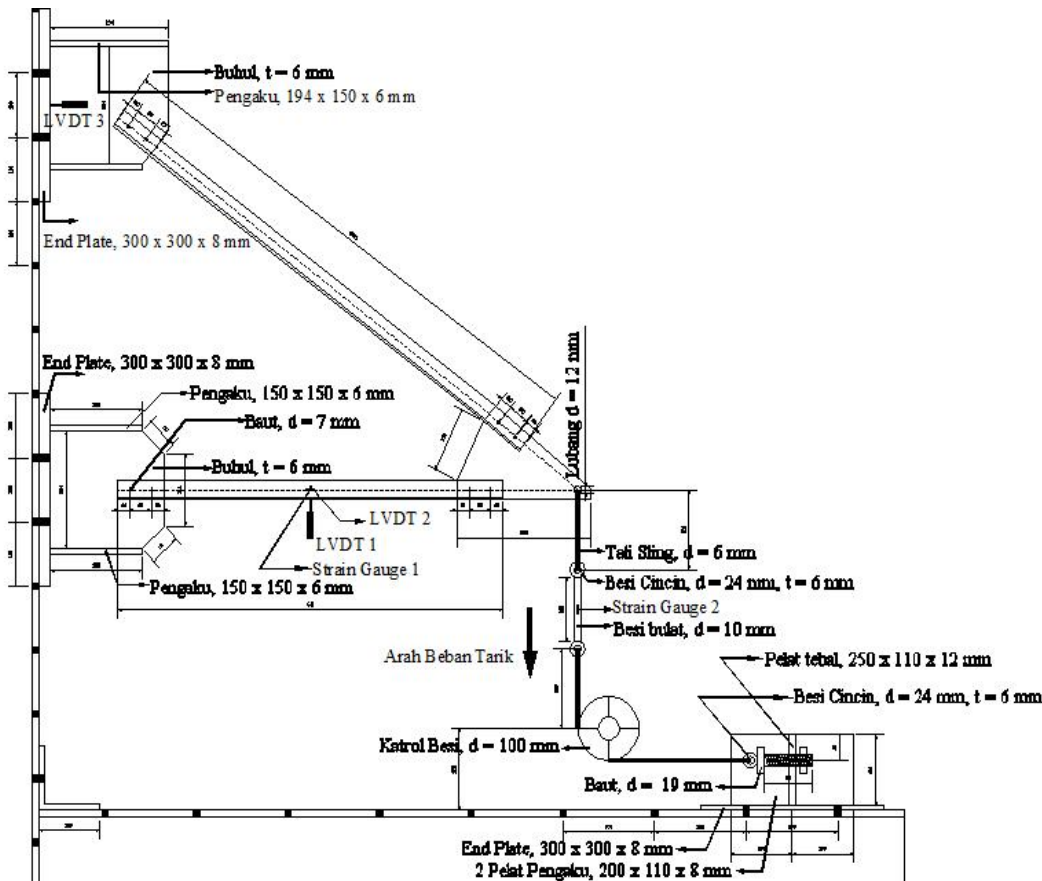
rium. Dalam kegiatan penelitian ini digunakan 3 buah *transducer*. *Transducer* 1 ditempatkan pada sisi sayap siku dan *transducer* 2 ditempatkan pada badan profil siku. Kedua *transducer* ini berfungsi untuk mengukur tekuk yang terjadi pada sumbu lemah penampang siku. *Transducer* 3 ditempatkan pada *end plate* buhul atas untuk mengukur kemungkinan terjadinya tekuk (*kinking*) pada *end plate*.

Selain penggunaan *transducer*, kegiatan penelitian ini juga menggunakan *strain gauge*

sebagai instrumen penelitian. *Strain Gauge* adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur regangan (*strain*) dalam pengujian di laboratorium. Dalam kegiatan penelitian ini digunakan 2 buah *strain gauge*. *Strain gauge* 1 ditempatkan pada bagian tengah batang tekan dan berfungsi untuk mengukur regangan yang terjadi pada batang tekan (batang horizontal). *Strain gauge* 2 ditempatkan pada bagian tengah tulangan yang berfungsi untuk mengukur regangan yang nantinya dapat dikonversikan menjadi beban.



Gambar 1 . Posisi Penempatan *Transducer* dan *Strain Gauge*



Gambar 2 . Skematik Pengujian Batang Tekan Profil Siku

Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban tarik pada pelat buhul. Mekanisme beban ini diperoleh dengan mengencangkan cincin yang terdapat pada baut sehingga baut akan memberikan beban tarik pada tali sling yang diikat pada kepala baut. Aktivitas ini mengakibatkan gaya tarik bekerja pada batang diagonal dan gaya tekan akan bekerja pada batang horizontal. Pengamatan perilaku penampang kemudian dititikberatkan pada batang tekan yang dalam hal ini batang horizontal. Batang tarik yang dalam hal ini batang diagonal direncanakan harus tetap dalam kondisi elastis hingga batang tekan mengalami leleh hingga akhirnya mengalami tekuk (*buckling*).

Beban tarik dalam arah gravitasi pada pelat buhul dinaikkan secara bertahap sampai benda uji tekan mengalami kegagalan (*buckling*). Perekaman data untuk pembebanan, regangan dan perpindahan dilakukan untuk setiap 2 kali pengencangan cincin yang terdapat pada baut.



Gambar 3 . Mekanisme Pengujian Batang Tekan Pada Rangka Batang



Gambar 4 . Bagan Alir (Flowchart) Penelitian

Hasil Pengamatan

Pengamatan selama pengujian dilakukan pada :

- Pola kenaikan beban aksial tekan pada batang horizontal terhadap deformasi
- Model kegagalan tekuk (*buckling*) yang terjadi pada batang tekan
- Pola beban dan regangan yang terjadi pada penampang batang tekan pada setiap tahapan pembebanan

KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Salah satu pengujian tekan aksial dengan adanya pengaruh eksentrisitas pada profil baja siku sama kaki tunggal telah dilakukan oleh Liu (2007). Pengujian dilakukan pada profil L51.51.6,4 dengan variasi panjang 900, 1200 dan 1500 mm Perbedaan pengujian juga dilakukan pada eksentrisitas aksial tekan yang

dinotasikan e_y dan e_x terhadap sumbu maksimum dan minimum. Dengan menggunakan alat uji *Hydraulic Universal Testing Machine*, pada benda uji dikerjakan gaya tekan secara bertahap dengan nilai rata-rata 0,5 kN. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah semakin besar eksentrisitas yang diberikan memberikan penurunan yang signifikan pada kemampuan gaya tekan aksial maksimum.

Perencanaan Penampang Siku Dengan Beban Aksial Tekan

Menurut SNI 03-1729-2002 suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor N_u , harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- $N_u \leq w_n N_n$, dimana w_n adalah faktor reduksi batang tekan bernilai 0,85 dan N_n adalah kuat tekan nominal komponen struktur.

b. Syarat kelangsingan struktur tekan $\lambda < 200$

Kelangsingan pada arah tegak lurus sumbu *minimum* dihitung dengan persamaan :

$$\lambda_{\min} = \frac{Lk}{r_{\min}} \quad (1)$$

Dimana : Lk = panjang tekuk komponen pada arah tegak lurus sumbu minimum; r_{\min} = jari-jari inersia minimum.

Parameter kelangsingan yang diperhitungkan untuk menentukan jenis tekuk yang terjadi pada elemen tekan adalah :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\frac{F_y}{E} \cdot \left(\frac{K.L}{r_{\min}}\right)^2}} \quad (2)$$

Dimana : c = Parameter kelangsingan; F_y = Tegangan leleh baja; E = Modulus Elastisitas; L = Panjang Batang

Faktor tekuk pada elemen batang tekan dapat diperhitungkan sebagai :

$$\lambda_c < 0,25 \Rightarrow \tilde{S} = 1 \quad (3)$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \Rightarrow \tilde{S} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \quad (4)$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \Rightarrow \tilde{S} = 1,25.\lambda_c^2 \quad (5)$$

Dimana : c = Parameter kelangsingan, \tilde{S} = Faktor tekuk, f_y = Tegangan leleh baja, E = Modulus Elastisitas

Nilai kuat tekan nominal N_n dihitung dengan ketentuan (SNI-03-1729-2002):

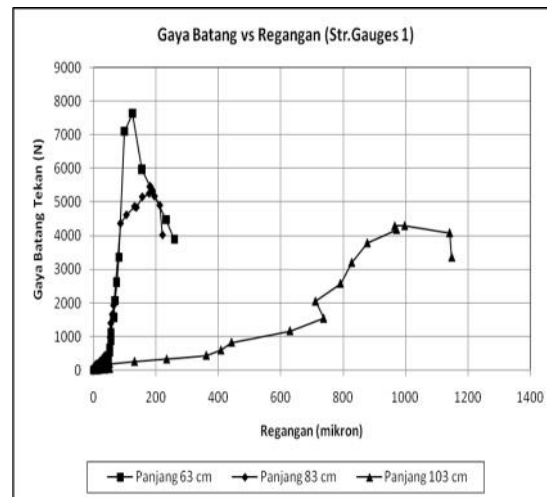
a) Untuk batang tekan profil tunggal kuat tekan batang adalah :

$$N_n = \frac{A_g \cdot F_y}{\tilde{S}} \quad (6)$$

HASIL PEMBAHASAN

Kurva Gaya Batang Tekan - Regangan Untuk Benda Uji 1, 2, dan 3

Kurva hubungan ini dimaksudkan untuk memperoleh perilaku deformasi yang sebenarnya pada batang tekan profil siku. Regangan pelat badan diperoleh dari hasil bacaan *strain gauge* 1 yang ditempel pada pelat badan. Sedangkan gaya batang tekan diperoleh dari analisis rangka batang.



Gambar 5 . Kurva Hubungan Gaya Batang-Regangan Untuk Benda Uji 1, 2, dan 3

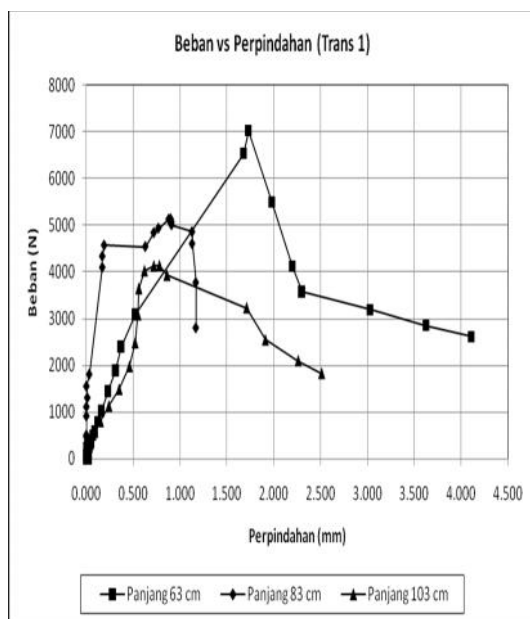
Tabel 3 . Parameter Pada Saat Kondisi Ultimit

No	Panjang Batang Tekan (cm)	Parameter Yang Diamati	Kondisi Ultimate
1	63	Beban Tarik (N)	7022,1
		Regangan (μ)	124
		Perpindahan Trans 1 (mm)	1,73
		Perpindahan Trans 2 (mm)	6,63
2	83	Beban Tarik (N)	5133,3
		Regangan (μ)	181
		Perpindahan Trans 1 (mm)	0,9
		Perpindahan Trans 2 (mm)	10,26
3	103	Beban Tarik (N)	4130,2
		Regangan (μ)	997
		Perpindahan Trans 1 (mm)	0,78
		Perpindahan Trans 2 (mm)	16,38

Pengujian menunjukkan regangan ultimate (ϵ_u) yang paling besar terdapat pada benda uji 3 ($\epsilon_u=997\mu$) sehubungan dengan panjang batang yang lebih besar dan penyebaran tegangan lebih merata ke tengah bentang.

Kurva Gaya Beban Tarik - Perpindahan Untuk Transducer 1

Kurva hubungan untuk memperoleh informasi tekuk pada pelat sayap batang tekan. Perpindahan (tekuk) yang terjadi pada pelat sayap profil siku diperoleh dari *transducer 1*. Beban tarik diperoleh dari bacaan *strain gauge* pada tulangan.

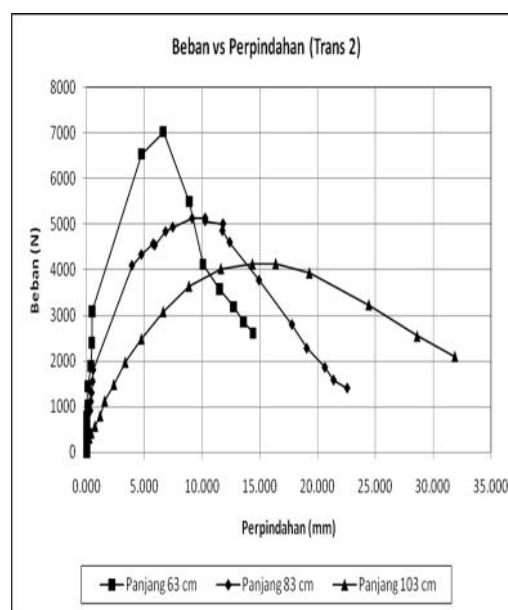


Gambar 6. Kurva Hubungan Beban-Perpindahan Bacaan *Transducer 1*.

Pengujian menunjukkan bahwa perpindahan (tekuk) pelat sayap paling besar terdapat pada benda uji 1 ($\epsilon_{u1}=1,73$ mm) sehubungan dengan efek kekangan yang lebih besar pada buhul pembebanan. Kondisi ini menyebabkan benda uji 1 tekuk ini terjadi pada daerah buhul pembebanan.

Kurva Gaya Beban Tarik - Perpindahan Untuk Transducer 2

Perbandingan kurva ini dimaksudkan untuk memperoleh informasi tekuk pada pelat badan batang tekan profil siku. Perpindahan (tekuk) yang terjadi pada pelat badan profil siku diperoleh dari hasil *transducer 2* yang ditempatkan pada badan siku. Sedangkan beban tarik diperoleh dari hasil bacaan *strain gauge* yang ditempatkan pada tulangan.



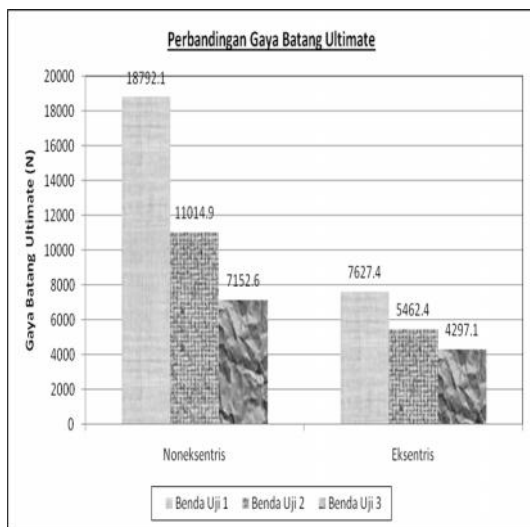
Gambar 6. Kurva Hubungan Beban-Perpindahan Bacaan *Transducer 2*.

Pengujian menunjukkan perpindahan (tekuk) pelat badan maksimum terdapat pada benda uji 3 ($\epsilon_{u2}=16,38$ mm) dikarenakan kondisi panjang batang yang lebih besar dapat meminimalisasi efek kekangan buhul. Konsekuensinya tegangan menyebar lebih merata ke tengah bentang.

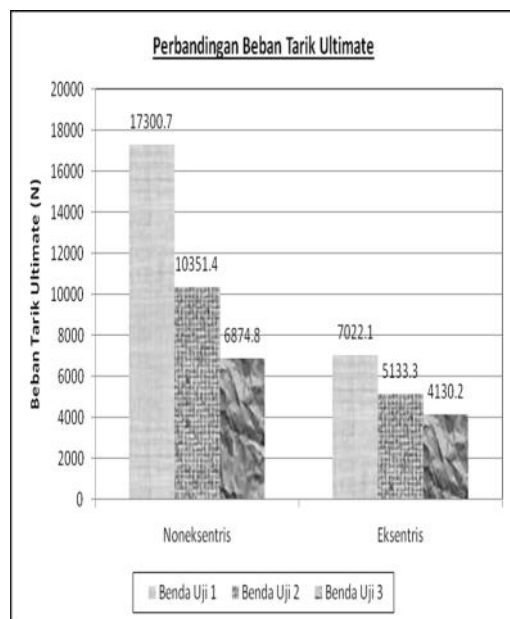
Perbandingan Gaya Batang dan Beban Tarik Untuk Kondisi Eksentris dan Noneksentris

Perbandingan gaya batang dan beban

tarik untuk benda uji 1, 2, dan 3 menunjukkan bahwa benda uji 1 (63 cm) memiliki gaya batang ultimate ($S_u = 7627,4$ N) dan beban tarik ultimate ($P_u = 7022,1$ N) yang paling besar sehubungan dengan panjang batang benda uji 1 yang paling pendek sehingga lebih sulit untuk mengalami tekuk (*buckling*). Konsekuensinya aksial tekan yang dapat diakomodasi menjadi lebih besar.



Gambar 7 . Perbandingan Gaya Batang



Gambar 8 . Perbandingan Beban Tarik Ultimate

Perbandingan gaya batang dan beban tarik untuk kondisi eksentrik dan nonksentrik

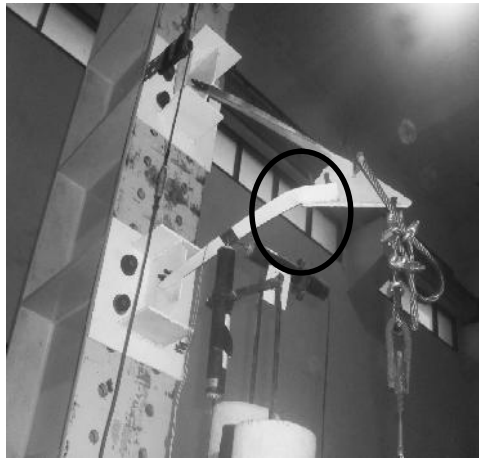
pada benda uji 1, 2, dan 3 menunjukkan bahwa gaya batang dan beban tarik untuk kondisi noneksentrik lebih besar dibandingkan gaya batang dan beban tarik untuk kondisi eksentrik. Hal ini dimungkinkan mengingat pada kondisi noneksentris (aksial murni) batang tekan mengharapkan kelelahan penampang maupun kegagalan tekuk berasal dari aksial tekan saja. Konsekuensinya aksial tekan yang dibutuhkan menjadi sangat besar. Keadaan ini berbeda dengan kondisi eksentris batang tekan. Kondisi eksentris batang tekan mengharapkan kelelahan maupun kegagalan tekuk berasal dari aksial tekan dan momen. Pengaruh momen yang cukup signifikan dalam proses kelehan dan tekuk penampang menjadikan aksial tekan yang dibutuhkan lebih kecil.

Ragam Kegagalan Batang Tekan

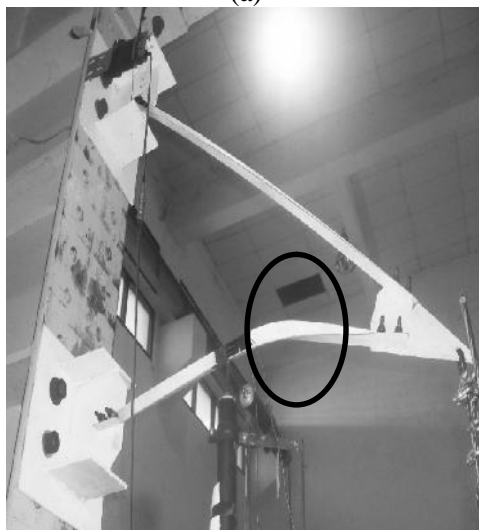
Ragam kegagalan untuk tiga benda memiliki kondisi yang berbeda satu dengan yang lainnya. Ragam kegagalan untuk benda uji 1 adalah tekuk sumbu lemah pada daerah yang berdekatan dengan buhul pembebanan. Ragam kegagalan benda uji 2 adalah tekuk sumbu lemah pada daerah yang berada di antara tengah bentang dan buhul pembebanan. Ragam kegagalan benda uji 3 adalah tekuk sumbu lemah pada daerah yang berdekatan dengan tengah bentang.

Tabel 4. Posisi Tekuk Diukur Dari Buhul Pembebanan

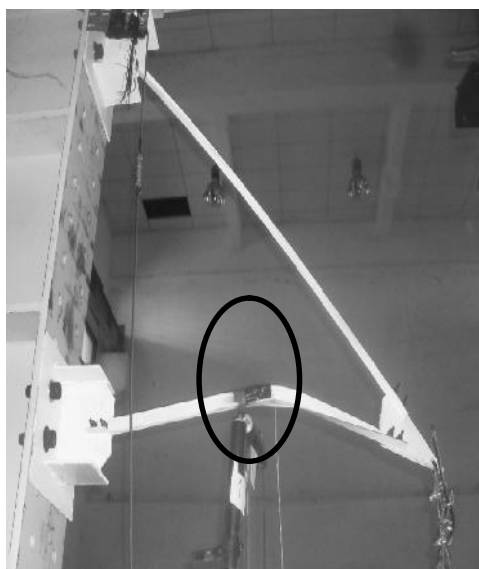
Benda Uji	Panjang Batang (cm)	Posisi Tekuk Diukur Dari Buhul Pembebanan(cm)
Benda Uji 1	63	8
Benda Uji 2	83	28
Benda Uji 3	103	40



(a)



(b)



(c)

Gambar 9 . Perbandingan Ragam Keruntuhan

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Kapasitas beban ultimate maksimum dan perpindahan (tekuk) maksimum pelat sayap dicapai oleh benda uji 1 (63 cm) sehubungan dengan panjang batang yang pendek dan efek kekangan pada buhul pembebanan.
2. Regangan maksimum dan perpindahan (tekuk) maksimum pelat badan dicapai oleh benda uji 3 (103 cm) sehubungan dengan panjang batang yang lebih besar dan penyebaran tegangan yang lebih merata ke tengah bentang.
3. Dari pengamatan peneliti, efek kekangan, panjang batang dan distribusi tegangan sangat mempengaruhi kinerja layan batang tekan dan ragam keruntuhan.

Saran

1. Untuk mencegah terjadinya tekuk prematur pada elemen tekan dengan bentang pendek perlu dilakukan penambahan kapasitas penampang.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada elemen batang tekan dengan penggunaan batang tekan ganda.

DAFTAR PUSTAKA

AISC 360-05, 2005., Specification for Structural Steel Building. AISC, Chicago-USA.

Hasibuan P., 2013. Identifikasi Identifikasi Gaya Batang Tekan Baja Profil Siku untuk Berbagai Macam Tumpuan melalui Metode Vibrasi. Laporan Penelitian Tesis. Universitas Gadjah

Mada, Yogyakarta

Liu, Y. dan Hui, L., 2008. Experimental Study of Beam-Column Behaviour of Steel Single Angle. *Journal of Constructional Steel Research*. 64:505-514.

RSNI2 03-1729.1-201x., 2012. Spesifikasi untuk Gedung Baja Struktural. Badan Standarisasi Nasional