

Pengaruh Variasi Tinggi Portal Terhadap Perilaku Portal Bidang Baja Hollow yang diisi Mortar FAS 0,4

Mursal¹ Mochammad Afifuddin² Huzaim³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3} Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

email: saga.mursal@gmail.com

Abstract

The material often used for construction is hollow steel. However, the use of hollow steel profiles for structural construction is still lacking. This is because the hollow steel has a hole so easy to be buckling and not strong to withstand the load. The purpose of this research is to know the increase of capacity and ductility value of 3 portals of hollow steel which given mortar content with high variation of portal. This research starts with planning with matrix method. The plane frame was made into 3 field portals with 400 mm, 500 mm, and 600 mm high variations and given named PBT40, PBT50, and PBT60. Then the mortar foundry with FAS 0.4 and added viscocrete-10 sika filled into empty cavities on hollow and mortar steel were tested at 21 days. The connection between one bar and the other is done by means of a welded joint, which is then reinforced by welding of the knot plate. The results obtained from this study are the maximum load and deflection is PBT40 is 11.31 tons and 11.71 mm, PBT50 is 13.24 tons and 25.64 mm, and PBT60 is 20.07 tons and 18.84 mm. The value of ductility in PBT40 is 1,567, PBT50 is 4,460, and PBT60 is 1,799.

Keywords: Hollow Steel, Plane Frame, Frame height, Mortar

Abstrak

Material yang sering digunakan untuk konstruksi adalah baja hollow. Namun penggunaan profil baja hollow untuk konstruksi struktural masih sangat kurang. Hal ini dikarenakan baja hollow memiliki lubang di dalamnya sehingga mudah mengalami tekuk dan tidak kuat menahan beban. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan nilai kapasitas dan daktilitas dari 3 portal bidang baja hollow yang diberi isi mortar dengan variasi tinggi portal. Penelitian ini dimulai dengan perencanaan dengan metode matriks. Benda uji dibuat menjadi 3 portal bidang dengan variasi tinggi portal 400 mm, 500 mm, dan 600 mm yang diberi nama dengan PBT40, PBT50, dan PBT60. Selanjutnya dilakukan pengecoran mortar dengan FAS 0,4 dan ditambahkan sika viscocrete-10 yang diisi ke dalam rongga kosong pada baja hollow dan mortar diuji pada umur 21 hari. Penyambungan antara satu batang dengan batang lainnya dilakukan dengan cara sambungan las, yang kemudian diperkuat dengan pengelasan pelat buhul. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah beban dan lendutan maksimum adalah PBT40 sebesar 11,31 ton dan 11,71 mm, PBT50 sebesar 13,24 ton dan 25,64 mm, dan PBT60 sebesar 20,07 ton dan 18,84 mm. Nilai daktilitas pada PBT40 adalah sebesar 1,567, PBT50 sebesar 4,460, dan pada PBT60 sebesar 1,799.

Kata kunci: Baja Hollow, Portal Bidang, Tinggi Portal, Mortar

1. Pendahuluan

Material merupakan unsur yang sangat penting untuk mewujudkan suatu konstruksi yang kuat dan tahan lama. Salah satu material tersebut adalah baja *hollow*. Baja *hollow* dapat digunakan untuk konstruksi pada elemen non-struktural dan struktural. Namun terdapat kelemahan pada elemen konstruksi stuktural. Hal ini dikarenakan baja *hollow* memiliki lubang di dalamnya sehingga mudah mengalami tekuk dan tidak kuat menahan beban. Dengan diisinya mortar kedalam baja *hollow* membuat lebih kaku dan mampu menahan beban yang lebih berat.

Penelitian ini membahas mengenai pengaruh tinggi portal dari portal bidang baja *hollow* terhadap kapasitas dan daktilitas. Terdapat 3 benda uji dengan tinggi portal bidang baja *hollow* yang dengan vairasi tinggi portal 400 mm (PBT40), 500 mm (PBT50), dan 600 mm (PBT60) dengan ukuran profil 40/80 mm dan tebal 1,3 mm.

Penelitian menunjukkan bahwa benda uji PBT40 menerima beban maksimum sebesar 11,31 ton dan lendutan senilai 11,71 mm. PBT50 menerima beban maksimum senilai 13,24 ton dan lendutan 25,64 mm.

PBT60 menerima beban maksimum senilai 20,07 ton dan lendutan senilai 18,84 mm. Adapun indeks daktilitas pada PBT 40 adalah sebesar 1,567, pada PBT50 sebesar 4,460, dan pada PBT60 sebesar 1,799.

2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Portal Bidang (*Plane Frame*)

Menurut Sitompul[1], portal (*frame*) adalah kerangka yang terdiri dari dua atau lebih bagian konstruksi yang di sambungkan guna mencapai stabilitas, umumnya dapat menahan gaya momen, gaya geser dan gaya aksial.

2.1.1 Batang tak homogen (komposit)

Untuk memudahkan perhitungan pada penampang komposit digunakan angka ekuivalensi (n), dimana:

$$n = \frac{E_s}{E_c} \dots \dots \dots 1)$$

$$E_s = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots 2)$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \dots \dots \dots 3)$$

Dimana: n = Angka Ekuivalensi;
 E_s = Modulus Elastisitas Baja (kg/cm²);
 E_c = Modulus Elastisitas Beton (kg/cm²);
 f'_c = Kuat tekan beton (kg/cm²).

Apabila baja diekuivalensikan menjadi beton maka dimensi baja dikali n (angka ekuivalensi), begitu juga sebaliknya. Adapun untuk mencari momen inersia dan luasan dapat menggunakan rumus berikut:

$$I_s = \left(\frac{1}{12} \times b_1 \times h_1^3 \right) - \left(\frac{1}{12} \times b_2 \times h_2^3 \right) \dots\dots\dots 4)$$

$$I_s = \frac{\left(\frac{1}{12} \times b_2 \times h^3 \right)}{n} \dots\dots\dots 5)$$

$$I_{komposit} = I_s + I_c \dots\dots\dots 6)$$

$$F_s = (b_1 \times h_1) - (b_2 \times h_2) \dots\dots\dots 7)$$

$$F_c = \frac{(b_2 \times h_2)}{n} \dots\dots\dots 8)$$

$$F_{komposit} = F_s + F_c \dots\dots\dots 9)$$

Dimana : b_1 = Panjang dimensi baja (mm);
 h_1 = Lebar dimensi baja (mm);
 b_2 = Panjang dimensi beton (mm);
 h_2 = Lebar dimensi beton (mm);
 I_s = Momen inersia baja (mm⁴);
 I_c = Momen inersia beton (mm⁴);
 F_s = Luas baja (mm²);
 F_c = Luas beton (mm²).

2.1.2 Batang tekan

Suatu komponen yang mengalami gaya tekan, akibat beban terfaktor P_u , menurut Standar Nasional Indonesia 1729-2015, harus memenuhi :

$$P_u < \phi_c \cdot P_n \dots\dots\dots$$

Dimana: P_u = Beban terfaktor (N);
 P_n = Kekuatan tekan nominal komponen struktur tekan (N);
 ϕ_c = Faktor reduksi.

Faktor reduksi kekuatan ϕ_c untuk komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial (SNI 1729-2015) sebesar 0,9. Daya dukung nominal P_n struktur tekan ditentukan berdasarkan keadaan batas tekuk lentur sebagai berikut :

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \dots\dots\dots 11)$$

Dimana: A_g = Luas penampang (mm²);
 F_{cr} = Tegangan kritis (Mpa).

Dengan besarnya F_{cr} ditentukan sebagai berikut :

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ maka } F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] \dots\dots\dots 11.a)$$

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ maka } F_{cr} = 0,877 F_e \dots\dots\dots 11.b)$$

Dimana: K = Faktor panjang tekuk;
 L = Panjang struktur tekan (mm);
 r = Jari-jari girasi struktur tekan (mm).

2.1.3 Batang tarik

Menurut Setiawan[2] batang tarik dapat terdiri dari profil tunggal maupun profil-profil tersusun. Leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto diperoleh dengan persamaan:

$$P_u < \phi \cdot P_n \dots\dots\dots 13)$$

Dimana: P_u = Beban terfaktor (Mpa);
 ϕ = Faktor reduksi yang besarnya 0,9;

P_n = Tahanan nominal komponen struktur tarik (Mpa).

Bila kondisi leleh menentukan, maka tahanan nominal P_n , dari batang tarik memenuhi persamaan:

$$P_n = A_g \cdot f_y \dots\dots\dots 14)$$

Dimana: A_g = Luas bruto dari struktur (mm²);
 f_y = Tegangan leleh minimum (Mpa).

Bila kondisi keruntuhan tarik menentukan, maka tahanan nominal P_n , dari batang tarik memenuhi persamaan:

$$P_n = F_u \cdot A_e \dots\dots\dots 15)$$

Dimana: A_e = Luas netto efektif (mm²);
 F_u = Kekuatan tarik minimum (Mpa).

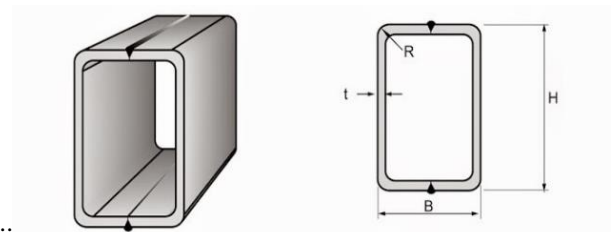
Syarat kekakuan berdasarkan pada rasio kelangsingan, yaitu:

$$\lambda = \frac{L}{r} < 300 \dots\dots\dots 16)$$

Dimana: λ = Kelangsingan komponen struktur;
 L = Panjang komponen struktur (mm);
 r = Jari-jari girasi (mm).

2.2 Profil Baja Hollow

Baja *hollow* merupakan bagian dari profil baja yang memiliki penampang berbentuk lingkaran, bujur sangkar, atau persegi panjang[3].



Gambar 1 Penampang Profil Baja Hollow

2.3 Sambungan Las

Menurut Setiawan[2], pengelasan adalah suatu proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi.

2.4 Pelat Buhul

Menurut Dewobroto[4] pelat buhul (*gusset plate*) adalah sistem sambungan dengan pelat baja tunggal yang berfungsi menyatukan elemen-elemen struktur rangka batang. Untuk menghitung tegangan pada buhul digunakan rumus sebagai berikut:

$$f_a = P/A \dots\dots\dots 17)$$

$$f_b = M/S_x \dots\dots\dots 18)$$

$$f_{v-avg} = V/A \dots\dots\dots 19)$$

$$f_v = \frac{3}{2} f_{v-avg} \dots\dots\dots 20)$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{f_a}{2} \right)^2 + (f_v)^2} \dots\dots\dots 21)$$

$$f_{tarik} = \frac{f_a}{2} - R \dots\dots\dots 22)$$

$$f_{desak} = \frac{f_a}{2} + R \dots\dots\dots 23)$$

Dimana : P = Beban pada batang (N);
 A = Luas penampang (mm²);
 M = Momen (Nmm);

- S_x = Modulus potongan (mm^3);
- f_a = Tegangan pada satu sisi potongan (N);
- f_b = Tegangan pada satu sisi potongan (N);
- f_v = Tegangan pada satu sisi potongan (N);
- R = Resultan tegangan sumbu netral (N);
- f_{tarik} = Tegangan tarik buhul (N);
- f_{desak} = Tegangan desak buhul (N).

2.5 Mortar

SNI 15-2049-2015 menyatakan mortar adalah suatu campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, dan air baik dalam keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan..

2.6 Bahan Tambah (Admixture)

McCormac[5] mengatakan bahan yang ditambahkan ke dalam beton selama atau sebelum pengadukan disebut bahan aditif (*admixture*). Bahan ini digunakan untuk meningkatkan kinerja beton dalam situasi-situasi tertentu dan untuk menurunkan biaya.

2.7 Pengekangan Beton

Efek pengekangan pada kolom merupakan suatu efek yang ditimbulkan akibat adanya tulangan pengekangan yang terpasang disepanjang bentang kolom, yang dapat meningkatkan kinerja ataupun kapasitas kolom, sehingga kolom dapat berperilaku lebih daktail serta dapat menunda keruntuhan mendadak (*collapse*) sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Astri[6]

2.8 Kekakuan

Kekakuan untuk struktur merupakan suatu yang penting. Pembatasan kekakuan berguna untuk menjaga konstruksi agar tidak melendut lebih dari lendutan yang disyaratkan. Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk memperoleh satu unit *displacement*. Menurut Timoshenko (1996) yang dikutip Galuh[7] kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu lendutan sebesar satu satuan, seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$k = \frac{P}{\delta} \dots\dots\dots 24)$$

- Dimana: k = Kekakuan (N/mm);
- P = Beban (N);
- δ = Lendutan (mm).

2.9 Daktilitas

Menurut Oscar[8], daktilitas merupakan kemampuan struktur atau sub-struktur untuk menahan respon inelastik yang dominan dalam memikul beban agar tidak runtuh. Besarnya daktilitas diidentifikasi sebagai *displacement ductility* faktor μ , dan perhitungannya menggunakan persamaannya berikut:

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \dots\dots\dots 25)$$

- Dimana: μ = Daktilitas;
- δ_u = Lendutan pada saat runtuk (mm);
- δ_y = Lendutan pada saat leleh (mm).

2.10 Metode Analisis Portal Bidang

Menurut Kassimali[9] portal bidang (*plane frame*) dapat didefinisikan sebagai kumpulan elemen-elemen linear dua dimensi yang tergabung pada titik hubungannya secara kaku atau sembungan sendi, dan beban serta reaksi terjadi pada bidang struktur tersebut.

$$\{P\} = [K] \{U\} \dots\dots\dots 26)$$

- Dimana : {P} = Matriks gaya;
- [K] = Matriks kekakuan;
- {U} = Matriks perpindahan.

Perhitungan analisis matriks portal bidang (*plane frame*) berdasarkan *Matrix Analysis of Structures, Second Edition* Kassimali[9] adalah sebagai berikut:

$$L = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \dots\dots\dots 27)$$

$$C = \cos \theta = \frac{x_j - x_i}{L} \dots\dots\dots 28)$$

$$S = \sin \theta = \frac{y_j - y_i}{L} \dots\dots\dots 29)$$

Matriks transformasi:

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots 30)$$

Matriks *transpose* dari matriks transformasi:

$$[T^T] = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots 31)$$

Matriks kekakuan elemen koordinat lokal:

$$[k] = \frac{EI}{L^3} = \begin{bmatrix} \frac{AL^2}{I} & 0 & 0 & -\frac{AL^2}{I} & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6L & 0 & -12 & 6L \\ 0 & 6L & 4L^2 & 0 & -6L & 2L^2 \\ -\frac{AL^2}{I} & 0 & 0 & \frac{AL^2}{I} & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -6L & 0 & 12 & -6L \\ 0 & 6L & 2L^2 & 0 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots 32)$$

Matriks kekakuan elemen koordinat global:

$$[K] = [T^T] [k] [T] \dots\dots\dots 33)$$

Perpindahan struktur yang timbul:

$$[d] = [S^{-1}] [P] \dots\dots\dots 34)$$

Perpindahan akhir elemen pada sistem koordinat lokal:

$$[u] = [T] [v] \dots\dots\dots 35)$$

Perpindahan akhir elemen pada sistem koordinat global:

$$[v] = [T^T] [u] \dots\dots\dots 36)$$

Gaya akhir elemen pada sistem koordinat lokal:

$$[Q]=[k][u] \dots \dots \dots 37)$$

Gaya akhir elemen pada sistem koordinat global:

$$[F]=[T^T][Q] \dots \dots \dots 38)$$

3. Metode Penelitian

3.1 Perencanaan Struktur Portal Bidang

Sebelum dilaksanakan penelitian, terlebih dahulu dilakukan perencanaan terhadap sistem struktur. Sistem struktur yang direncanakan adalah struktur portal bidang (*plane frame*) seperti pada Gambar 2 yang memiliki 13 elemen dan 8 *joint* dengan tumpuan sendi dan sendi. Struktur portal bidang dianalisis dengan menggunakan metode matriks dengan rencana kehancuran berada pada batang tekan. Berdasarkan hasil analisis portal bidang dengan menggunakan metode matriks menunjukkan bahwa elemen B2, B3, V1, dan V3 merupakan batang tarik, sedangkan elemen A1, A2, B1, B4, D1, D2, D3, dan D4 merupakan batang tekan.

Terdapat tiga tipe struktur portal bidang yang dianalisis. Tipe-tipe tersebut memiliki ukuran profil 40/80 mm dan ketebalan 1,3 mm dengan ketinggian portal yang berbeda.

Tabel 1 Tipe Benda Uji

No.	Tipe Portal Bidang	Tinggi Portal Bidang
1.	PBT40	400 mm
2.	PBT50	500 mm
3.	PBT60	600 mm

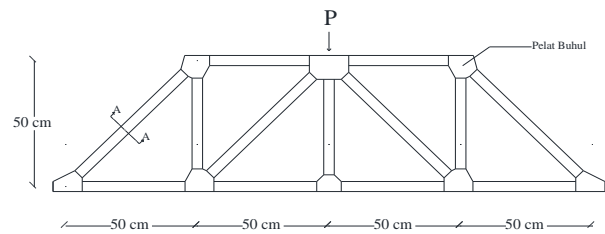
Keterangan:

PBT40 = Portal Bidang dengan Tinggi 40 cm / 400 mm

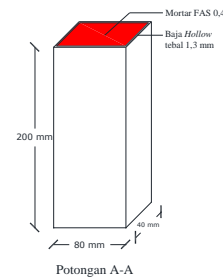
PBT50 = Portal Bidang dengan Tinggi 50 cm / 500 mm

PBT60 = Portal Bidang dengan Tinggi 60 cm / 600 mm

Dalam penelitian ini diketahui kapasitas dan daktilitas dari struktur portal bidang (*plane frame*) tersebut. Perhitungan dibagi menjadi 3 tahap sesuai dengan variasi tinggi portal. Tahap selanjutnya dibuat 3 benda uji dengan tinggi portal bidang yang berbeda yaitu 400 mm, 500 mm, dan 600 mm yang masing-masing diberi nama PBT40, PBT50, dan PBT60 dengan profil baja *hollow* yang digunakan adalah 40/80 mm dan ketebalannya 1,3 mm. Portal bidang tersebut diisi mortar dengan FAS 0,4. Proses awal dari penelitian dimulai dengan pemotongan baja *hollow* menjadi beberapa potongan sesuai dengan yang sudah direncanakan. Selanjutnya dilanjutkan dengan melakukan pengecoran dan pengisian mortar ke dalam rongga kosong pada potongan baja *hollow* yang sudah di rencanakan. Setelah mortar sudah memadat di dalam baja *hollow*, kemudian potongan-potongan tersebut dirangkai menjadi suatu portal bidang dengan melakukan pengelasan di antara satu batang dengan batang lainnya. Mortar beton tersebut ditambahkan sika *viscocrete-10* agar mortar lebih homogen. Untuk mengendalikan mutu yang diinginkan digunakan benda uji kubus berukuran 50 mm dan diuji pada umur 21 hari. Tahap terakhir pembuatan portal bidang ini adalah dilakukan proses pengelasan pelat buhul pada setiap *joint* di bagian kiri dan bagian kanan dari portal bidang tersebut.



Gambar 2 Desain Benda Uji Portal Bidang



Gambar 3 Potongan A-A Portal Bidang

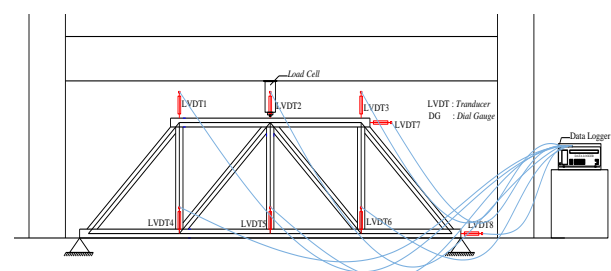
3.2 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji kubus dilakukan selama 21 hari dengan metode *water curing* yaitu direndam dalam kolam, kemudian dидiamkan didalam suhu ruangan selama 1 hari sebelum diuji. Untuk perawatan benda uji portal ini ditutup dengan goni yang selanjutnya disirami dengan air secara rutin selama 21 hari. Perawatan ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

3.3 Pengujian Pembebanan Portal Bidang

Sebelum pengujian dilakukan pengelasan terhadap pada ujung-ujung portal ke dua tumpuan portal. Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan benda uji portal bidang pada *load frame* dan diberikan beban secara vertikal pada *joint* nomor 2 dengan menggunakan *load cell* 50 ton.

Pada saat pengujian pembebanan portal bidang akan digunakan LVDT sebanyak 8 buah yang dipasang pada *joint* tertentu. Pembacaan lendutan (*displacement*) dilakukan dengan menggunakan alat LVDT1, LVDT2, LVDT3, LVDT4, LVDT5, dan LVDT6. Alat LVDT7 dan LVDT8 digunakan untuk pembacaan perpindahan (*deformation*) horizontal. Pembacaan dengan alat LVDT tercatat pada *data logger*.



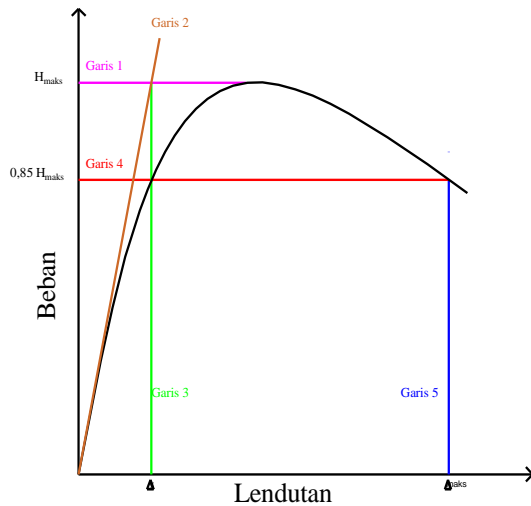
Gambar 4 Set-up LVDT

3.4 Analisis Data

3.4.1 Daktilitas

Nilai lendutan pada saat leleh diperoleh dengan cara menarik suatu garis lurus horizontal (garis 1) dari beban maksimum pada kurva hubungan beban dan lendutan

joint 5 (pada LVDT 5), kemudian tarik garis miring mengikuti grafik sebelum kondisi leleh sehingga dominan mengenai kebanyakan titik pada kurva tersebut (garis 2). Tarik garis secara vertikal (garis 3) dari perpotongan antara garis 1 dan garis 2. Kemudian ditarik garis secara horizontal (garis 4) yang sejajar dengan nilai 0,85 dari beban maksimum, dan terakhir tarik garis secara vertikal (garis 5) pada perpotongan grafik dan garis 4. Maka didapatkan garis 3 adalah defleksi saat leleh, sedangkan garis 5 adalah defleksi pada saat runtuh. Keseluruhan metode penarikan garis tersebut disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Metode Garis Kurva Untuk Nilai Daktilitas

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Sifat-sifat Fisis Agregat

Hasil pemeriksaan yang dilakukan menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi syarat sebagai material pembentuk mortar. Adapun hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat

Jenis Agregat	BD (Kg/l)	SG		Absorpsi (%)	FM
		SSD	OD		
Fine Sand	1,671	2,675	2,587	1,389	2,595

Agregat *fine sand* yang digunakan penelitian ini memenuhi syarat sebagai material pembentuk mortar sesuai yang disarankan ASTM 2004.

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Mortar

Perencanaan campuran beton dilakukan dengan mengacu kepada *American Concrete Institute (ACI) Standard 211.1-9* dan metode *trial and error*. Perencanaan campuran mortar untuk portal bidang baja *hollow* dan enam kubus berukuran 50 mm × 50 mm × 50 mm. Hasil perhitungan komposisi 1 m³ campuran mortar diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 *Mix Design* Mortar Komposisi 1m³

Benda Uji	FAS	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Air (Kg)	Sika Viscocrete (Kg)
PBT40					
PBT50	0,4	617,5	1368	247	0,10
PBT60					

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik

Ada dua pengujian kuat tarik ini dalam penelitian ini yaitu berupa pengujian kuat tarik baja *hollow* dan pelat buhul. Dari grafik hasil pengujian kuat taruk maka didapat nilai tegangan luluh, regangan luluh dan modulus elastisitas baja *hollow* yang digunakan pada penelitian ini diperlihatkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil Pengujian Kuat Tarik

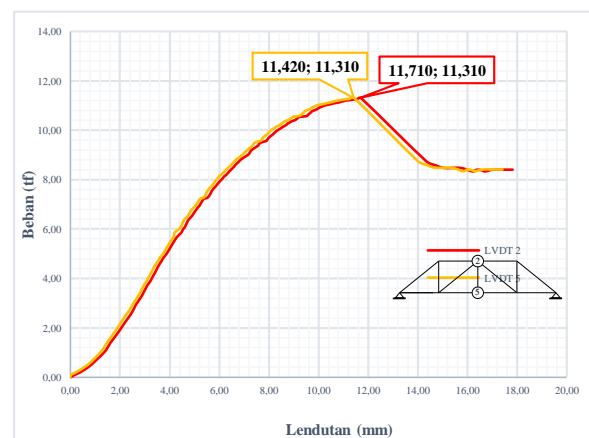
Benda Uji (mm)	Tegangan Leleh (Kg/cm ²)	Regangan Leleh	Modulus Elastisitas (Kg/cm ²)
(a)	(b)	(c)	(d) = (b)/(c)
Baja <i>Hollow</i>	2500	0,002	1250000
Pelat Buhul	2500	0,002	1250000

4.4 Hasil Pengujian Portal Bidang

Hasil pengujian disajikan secara detail setiap benda ujinya berupa pengujian grafik mengenai beban-lenturan pada portal bidang yang diuji.

4.4.1 Benda uji PBT40

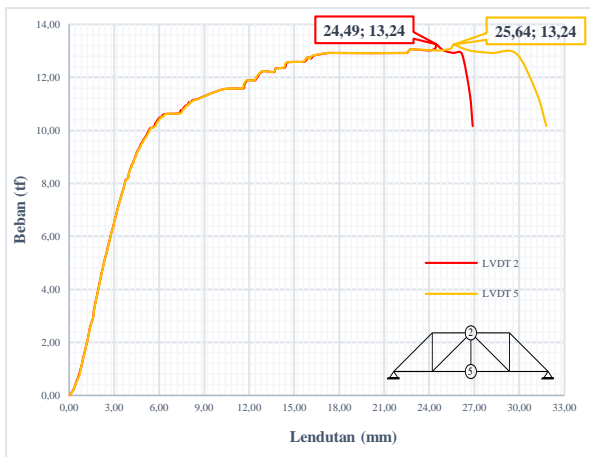
Beban maksimum yang dicapai pada benda uji PBT40 sebesar 11,310 ton dan lenturan terbesar akibat beban tersebut terjadi pada *joint* 2 yaitu sebesar 11,710 mm



Gambar 6 Grafik Beban-Lenturan PBT40 *Joint* 2 dan 5

4.4.2 Benda uji PBT50

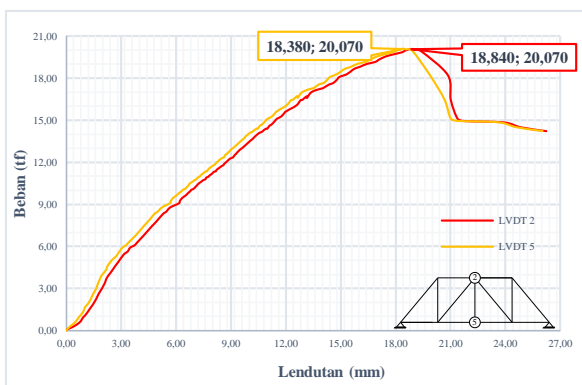
Beban maksimum yang mampu dipikul oleh benda uji PBT50 adalah sebesar 13,240 ton dan lenturan yang terjadi saat beban tersebut yaitu pada *joint* 5 sebesar 25,640 mm.



Gambar 7 Grafik Beban-Lendutan PBT50 Joint 2 dan 5

4.4.3 Benda uji PBP-50/100

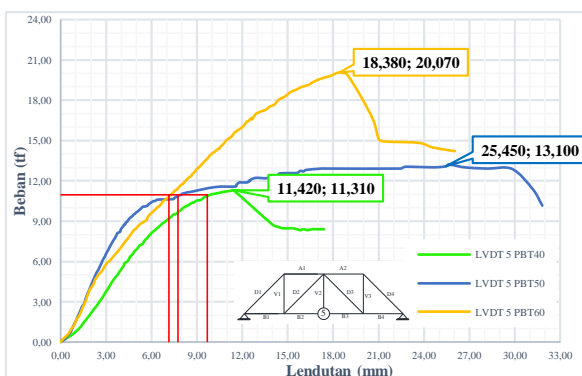
Beban maksimum yang mampu dicapai pada benda uji PBT60 sebesar 20,070 ton dan lendutan terbesar akibat beban tersebut terjadi pada *joint 2* yaitu sebesar 18,840 mm.



Gambar 8 Grafik Beban-Lendutan PBT60 Joint 2 dan 5

4.5 Perbandingan Portal Bidang dengan Variasi Tinggi Portal

Grafik perbandingan beban-lendutan maksimum pada *joint 5* setiap benda uji portal bidang diperlihatkan pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9 Grafik Beban-Lendutan Ketiga Portal Bidang

Dari Gambar tersebut diperoleh perbandingan beban-lendutan maksimum dari ketiga benda uji portal bidang yang diisi mortar untuk mengetahui pengaruh dari variasi ketinggian portal bidang.

Kekakuan merupakan perbandingan antara beban dengan lendutan pada saat portal dalam kondisi elastis penuh. Setelah didapatkan data beban dan lendutan dari hasil pengujian kekakuan perhitungan kekakuan menggunakan data beban dan lendutan saat portal bidang sebelum mengalami kondisi leleh.

Dari grafik diatas didapat bahwa PBT50 merupakan benda uji yang paling kaku, kemudian diikuti oleh PBT60 dan PBT40. Kekakuan dari ketiga benda uji pada saat beban 11,0 ton yaitu dalam kondisi sebelum mengalami kondisi leleh.

Tabel 5 Kekakuan Benda Uji

No	Benda Uji	Beban (ton)	Lendutan (mm)	Kekakuan (ton/mm)
1	PBT40	11,0	9,90	1,11
2	PBT50	11,0	7,95	1,38
3	PBT60	11,0	7,30	1,51

Dari ketiga benda uji tersebut didapat bahwa PBT50 dan PBT60 mengalami kenaikan kemampuan menahan beban terhadap benda uji PBT40. Hal ini menunjukkan bahwa ketinggian portal berpengaruh terhadap kemampuan portal bidang dalam menahan beban.

Tabel 6 Presentase Kenaikan Beban

Benda Uji	Beban Maksimum (ton)	Lendutan (mm)	Presentase Kenaikan Beban (%)
PBT40	11,31	11,42	-
PBT50	13,24	25,64	17,06
PBT60	20,07	18,38	75,74

4.6 Daktilitas

Nilai daktilitas pada pengujian ini diperoleh melalui grafik hubungan beban-lendutan. Perbandingan lendutan pada saat ultimit (Δ_u) dan saat leleh (Δ_y) menjadi nilai daktilitas dari benda uji portal bidang. Nilai beban dan lendutan yang diambil untuk daktilitas ditinjau pada *joint 5* (LVDT 5). Pada PBT40 dan PBT60 memiliki nilai lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan PBT50.

Tabel 7 Nilai Daktilitas Portal Bidang

Benda Uji	Δ_u (mm)	Δ_y (mm)	$\mu = \Delta_u / \Delta_y$
PBT40	13,10	8,36	1,567
PBT50	31,22	7,00	4,460
PBT60	20,45	11,37	1,799

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tentang portal bidang baja *hollow* yang diisi mortar FAS 0,4 dengan variasi ketinggian portal adalah sebagai berikut:

1. Beban maksimum yang mampu dipikul oleh PBT40, PBT50, dan PBT60 secara berturut-turut adalah sebesar 11,31 ton, 13,24 ton, dan 20,07 ton. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi portal bidang maka semakin besar

pula beban yang mampu dipikul oleh portal bidang tersebut.

2. Persentase kenaikan beban maksimum antara benda uji PBT50 terhadap PBT40 sebesar 17,06% dan benda uji PBT60 terhadap PBT40 sebesar 75,74%.
3. Nilai lendutan PBT40 pada saat beban maksimum terjadi pada *joint* 2 adalah sebesar 11,42 mm. Adapun pada PBT50 terjadi pada *joint* 5 dengan nilai lendutan sebesar 25,64 mm dan pada PBT60 terjadi pada *joint* 2 dengan nilai lendutan sebesar 18,38 mm.
4. Nilai daktilitas pada pengujian ini didapat dengan menggunakan pendekatan melalui grafik Beban-Lendutan. Indeks daktilitas pada portal bidang PBT40 adalah sebesar 1,567, pada PBT50 sebesar 4,460, dan pada PBT60 sebesar 1,799.
5. Hasil pengujian laboratorium memiliki beban lebih kecil dibandingkan perhitungan teoritis dikarenakan portal bidang saat pengujian tidak kaku dengan sempurna seperti yang diasumsikan pada saat perhitungan teoritis.

6. Daftar Kepustakaan

- [1] Sitompul, E., 2009, *Analisa Struktur Pada Plane Frame dengan Menggunakan Metode Cross dan Finite Element Method*, Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [2] Setiawan, A., 2013, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [3] Sardika, L., 2014, *Kekuatan Portal Bidang (Plane Frame) Satu Pias Profil Baja Hollow Berdinding Beton Ringan Busa Dibebeani Beban Horizontal Dengan Variasi Ketebalan Profil*, Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [4] Dewobroto, W., 2016, *Struktur Baja (Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010) Edisi Ke-2*, Penerbit Jurusan Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan, Lippo Karawaci, Tangerang.
- [5] McCormac, Jack C., 2003, *Desain Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] Astri, P.A.R., 2015, *Daya Dukung Aksial dan Daktilitas Kolom Berpenampang Pipih dengan Sengkang Welded Wire Fabric (WWF)*, Tugas Akhir, Universitas Udayana Bali.
- [7] Galuh, D.L.C., dan H.P. Rihardjo, 2016, *Kajian Daktilitas Dan Kekakuan Perkuatan Balok T Dengan Kabel Baja Pada Momen Negatif*, Jurnal Sciencetech, Vol. 2, No. 1, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa.
- [8] Oscar, F. N., 2009, *Analisa Pengaruh Penambahan Tulangan Tekan Terhadap Daktilitas Kurvatur Balok Beton Bertulang*, Jurnal Rekayasa Sipil, Vol. 5, No. 1, Universitas Andalas.
- [9] Kassimali, A., 2010, *Matrix Analysis of Structures - Second Edition*, Cengage Learning, Stamford-USA.