Analisis Kekakuan dan Perilaku Portal Bidang Baja *Hollow* yang Diisi Mortar FAS 0,4 Dengan Variasi Ukuran Profil

Muhammad Rifqi¹, Huzaim², Rudiansyah Putra³

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

³Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

Email : mr.rifqi19@gmail.com

Abstract

Hollow steel is a steel material that has a hollow in the middle, so it cannot withstand heavy loads. The addition of 0,4 w/c ratio of mortar into the hollow steel aims to cover the cavity. The value of stiffness in steel elements can be determined based on the sections and modulus elasticity. For composite elements the value of stiffness cannot be determined surely. This research was conducted to obtain the value of stiffness in the composite element. In this research used hollow steel material with variations of section 30/60 mm, 40/80 mm and 50/100 mm with 1 mm thickness grade of BJ 37 which is treated into a plane frame with height and width 800 mm from end to end. Material for making mortar is Portland cement type I, fine aggregate, water, and an additional material, namely viscocrete-10. After the research was finished, the capacity of plane frame was obtained for 30/60 section was 0,71 ton with displacement 23,45 mm, 40/80 section was 1,28 ton with displacement 40,41 mm and 50/100 section was 2,01 ton with displacement 37,64 mm. The value of plane frame stiffness at elasticity limit of 30/60 section was 77,778 kg/mm, 40/80 was 216,216 kg/mm and 50/100 was 448,529 kg/mm.

Keyword : hollow steel, plane frame, profile dimension, stiffness, composite

Abstrak

Baja hollow adalah salah satu material baja yang memiliki rongga ditengahnya, sehingga tidak kuat menahan beban yang berat. Penambahan mortar FAS 0,4 pada rongga baja hollow bertujuan menutupi rongga tersebut. Pada elemen baja, nilai kekakuan dapat ditentukan berdasarkan dimensi dan modulus elastisitas. Untuk elemen komposit nilai kekakuannya belum dapat ditentukan secara pasti. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kekakuan pada elemen komposit. Pada penelitian ini digunakan material baja hollow dengan variasi ukuran 30/60 mm, 40/80 mm dan 50/100 mm dengan ketebalan 1 mm mutu BJ 37 yang dirangkai menjadi portal bidang, dengan tinggi dan lebar 800 mm dari ujung ke ujung. Material penyusun mortar adalah semen Portland tipe I, agregat halus, air, dan bahan tambah viscocrete-10. Setelah penelitian dilaksanakan, diperoleh nilai kapasitas portal bidang pengujian profil 30/60 sebesar 0,71 ton dengan perpindahan 23,45 mm, profil 40/80 sebesar 1,28 ton dengan perpindahan 40,41 mm dan profil 50/100 sebesar 2,01 ton dengan perpindahan 37,64 mm. Nilai kekakuan portal bidang pada batas elasis profil 30/60 sebesar 77,778 kg/mm, profil 40/80 sebesar 216,216 kg/mm dan profil 50/100 sebesar 448,529 kg/mm.

Kata Kunci : baja hollow, portal bidang, ukuran profil, kekakuan, komposit

1. Pendahuluan

Baja *hollow* telah banyak digunakan pada pembuatan pagar, teralis, railing tangga, dan lain-lain. Dibandingkan dengan material kayu, baja *hollow* memiliki bobot yang lebih ringan, pemasangan yang lebih mudah, serta lebih ramah lingkungan. Namun untuk konstruksi struktural penggunaan baja *hollow* masih sangat kurang, dikarenakan memiliki lubang ditengahnya sehingga tidak kuat menahan beban yang berat. Penambahan mortar ke dalam baja *hollow* bertujuan menutupi kekosongan tersebut, sehingga bersifat lebih kaku dan mampu dalam menahan beban yang lebih berat.

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja *hollow* dengan variasi ukuran 30/60 mm, 40/80 mm dan 50/100 mm dengan ketebalan 1 mm mutu BJ 37 yang diberi perlakuan menjadi portal bidang dengan tinggi dan lebar 800 mm dari ujung ke ujung. Mortar tersusun dari semen Portland tipe I, agregat halus, air, dan bahan tambah *viscocrete* 10. Pembuatan benda uji dimulai dengan pemotongan baja *hollow* sesuai dengan tinggi dan ukuran yang direncanakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku, kapasitas dan kekakuan portal bidang baja *hollow* yang telah diisi mortar. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kekakuan yang efektif pada elemen struktur yang bersifat komposit. Sehingga diharapkan portal bidang komposit ini dapat digunakan pada dunia konstruksi atau rumah sederhana, serta dapat menjadi solusi dalam membangun rumah hunian yang murah dan ramah lingkungan.

Setelah dilakukan pengujian pembebanan portal bidang, diperoleh kapasitas yang mampu dipikul oleh profil 30/60, 40/80, dan 50/100 secara berturut-turut yaitu sebesar 0,71 ton, 1,28 ton, dan 2,01 ton. Adapun nilai perpindahan yang terjadi secara berurutan sebesar 23,45 mm, 40,41 mm, dan 37,64 mm. Untuk nilai kekakuan pada daerah elastis yang diperoleh pada profil 30/60 sebesar 77,778 kg/mm, untuk profil 40/80 sebesar 216,216 kg/mm dan profil 50/100 nilai kekakuannya sebesar 448,529 kg/mm. Semakin besar ukuran profil yang digunakan, semakin besar juga nilai kekakuan dan kapasitas daya dukung struktur yang mampu dipikul portal bidang.

2. Tinjauan kepustakaan

2.1 Portal bidang

Menurut Sitompul (2009) [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. Kassimali (2010) [2] menyebutkan bahwa portal bidang (*plane frame*) dapat didefinisikan sebagai kumpulan elemen-elemen linear dua dimensi yang tergabung pada titik hubungannya secara kaku atau sambungan sendi, dan beban serta reaksi terjadi pada bidang struktur tersebut.

Untuk struktur komposit baja yang berisikan beton masih jarang ditemui. Struktur komposit disebut juga dengan batang tak homogen, dikarenakan stuktur tersebut terdiri dari gabungan 2 material, yaitu beton dan baja. Untuk memudahkan perhitungan pada penampang komposit digunakan angka ekivalensi (n), yang dihitung dengan persamaan berikut :

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

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

$$E_c = 1,7 \times w^2 \times \sqrt{f'_{cu}} \dots\dots\dots 3)$$

dimana : n = Angka ekivalensi;

E_s = Modulus elastisitas baja (MPa);

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa);

σ = Tegangan baja (MPa);

ϵ = Regangan baja;

w = Berat mortar (kg/m^3); dan

f'_{cu} = Kuat tekan beton kubus (MPa).

Wibowo (2011) [3] menyebutkan dengan bantuan angka ekivalensi maka penampang komposit tersebut akan diekivalensi menjadi penampang yang homogen, sehingga perhitungan menjadi sederhana seperti penampang homogeny.

2.2 Baja hollow

Menurut Sardika (2014) [4], baja *hollow* merupakan bagian dari profil baja yang memiliki penampang berbentuk lingkaran, bujur sangkar (*square hollow section*), atau persegi panjang (*rectangular hollow section*). Dalam SNI 03-1729-2002 [7] telah dijelaskan secara keseluruhan karakteristik dan sifat-sifat mekanis profil baja *hollow* sama dengan profil baja struktural.

Keterangan :

- A = Tinggi profil baja *hollow*

- B = Lebar profil baja *hollow*

- t = Tebal profil baja *hollow*

- R = Radius transisi

Gambar 1 Profil Baja Hollow

Pada profil baja *hollow*, tegangan leleh, tegangan tarik dan modulus elastisitas dapat diperoleh dengan pengujian kuat tarik. Standar acuan yang digunakan pada SNI 8389-2017 Cara Uji Tarik Logam [9]. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tarik (*Universal Strength Tester*) Mohr and Federhaff AG No. UPD. 10-7385/1970 produksi *Mannheim Germany* dengan kapasitas maksimum pembebanan 10 ton.

2.3 Sambungan las

Menurut Setiawan (2013) [5], pengelasan adalah suatu proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasinya hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Las sudut (*fillet welds*) yaitu tipe las yang paling banyak dijumpai dibandingkan tipe las yang lain, 80% sambungan las menggunakan tipe las sudut. Tidak memerlukan presisi tinggi dalam pengerjaannya.. Sambungan las memiliki banyak keuntungan, dari segi ekonomi harga konstruksi dengan menggunakan las lebih murah dibandingkan dengan pemakaian baut atau keling. Pada konstruksi rangka jembatan bahkan dapat mengurangi berat baja hingga 15% jika dipakai sambungan las

2.4 Pelat buhul

Pelat buhul (*Gusset plate*) adalah sistem sambungan memakai pelat baja, bisa tunggal atau berpasangan. Fungsinya adalah untuk menyatukan elemen-elemen dari struktur rangka batang (*truss*). Pelat buhul memiliki peran yang sangat penting didalam struktur rangka baja. Pelat buhul ditambahkan pada kedua sisi *joint* yang kemudian disambung menggunakan las.

2.5 Mortar

Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2049-2004 [7], menjelaskan bahwa mortar adalah suatu campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, dan air baik dalam keadaan dikeraskan ataupun tidak dikeraskan. Agregat halus merupakan pasir yang lolos saringan 4,76 mm. Kekuatan mortar dipengaruhi oleh rasio air semen, sehingga untuk meningkatkan mutu mortar bisa didapatkan dengan cara mengurangi rasio air.

2.6 Bahan tambah (*admixture*)

Secara umum bahan tambah dalam beton dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi dan bahan tambah yang bersifat mineral. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton, untuk meningkatkan kinerja beton sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan pada situasi-situasi tertentu. Bahan tambah yang digunakan yaitu *viscocrete-10* sebanyak 1% dari kadar semen.

2.7 Metode analisis portal bidang

Analisis struktural, yang merupakan bagian integral dari setiap proyek rekayasa struktural, adalah proses memprediksi kinerja struktur tertentu dalam kondisi pemberian beban. Wahyuni (2011) [6] menyebutkan analisa struktur metode matriks adalah suatu metode untuk menganalisa struktur dengan menggunakan bantuan matriks yang terdiri dari matriks kekakuan, matriks perpindahan, dan matriks gaya. Dengan menggunakan hubungan :

$$\{ P \} = [K] \{ U \} \dots\dots\dots 4)$$

dimana : $\{ P \}$ = Matriks gaya;

$[K]$ = Matriks kekakuan; dan

$\{ U \}$ = Matriks perpindahan.

Perhitungan analisis matriks portal bidang (*plane frame*) berdasarkan *Matrix Analysis of Structures, Second Edition* (Kassimali, 2010) [2] adalah sebagai berikut :

Gambar 2 Model analisis sistem koordinat global dan sistem koordinat lokal metode matriks

$$L = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \dots\dots\dots 5)$$

$$C = \cos \theta = \frac{x_j - x_i}{L} \dots\dots\dots 6)$$

$$S = \sin \theta = \frac{y_j - y_i}{L} \dots\dots\dots 7)$$

Matriks transformasi :

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots 8)$$

Matriks *transpose* dari matriks transformasi :

$$[T^T] = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots 9)$$

Matriks kekakuan elemen koordinat lokal :

$$[k] = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} \frac{AL^2}{I} & 0 & 0 & -\frac{AL^2}{I} & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6L & 0 & -12 & 6L \\ 0 & 6L & 4L^2 & 0 & -6L & 2L^2 \\ -\frac{AL^2}{I} & 0 & 0 & \frac{AL^2}{I} & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -6L & 0 & 12 & -6L \\ 0 & 6L & 2L^2 & 0 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots 10)$$

Matriks kekakuan elemen koordinat global :

$$[K] = [T^T] [k] [T] \dots\dots\dots 11)$$

Kemudian dicari matriks kekakuan struktur koordinat lokal, matriks kekakuan struktur secara keseluruhan $[S]$, invers matriks kekakuan struktur secara keseluruhan $[S^{-1}]$, dan masukkan gaya yang bekerja terhadap konstruksi. Perpindahan struktur yang timbul :

$$[d] = [S^{-1}] [P] \dots\dots\dots 12)$$

Perpindahan akhir elemen sistem koordinat lokal :

$$[u] = [T] [v] \dots\dots\dots 13)$$

Gaya akhir elemen pada sistem koordinat lokal :

$$[Q] = [k] [u] \dots\dots\dots 14)$$

Gaya akhir elemen pada sistem koordinat global :

$$[F] = [T^T] [Q] \dots\dots\dots 15)$$

Dimana :

$[K]$ = Matriks kekakuan elemen koordinat global;

$[T]$ = Matriks transformasi;

$[k]$ = Matriks kekakuan elemen koordinat lokal;

$[d]$ = Perpindahan struktur;

$[S]$ = Matriks kekakuan struktur secara keseluruhan;

$[P]$ = Beban yang diberikan;

$[u]$ = Perpindahan akhir elemen koordinat lokal;

$[v]$ = Perpindahan akhir elemen koordinat global;

$[Q]$ = Gaya akhir elemen koordinat lokal; dan

$[F]$ = Gaya akhir elemen koordinat global.

3. Kekakuan Struktur

Kassimali (2010) [2] menyebutkan bahwa metode kekakuan juga disebut metode perpindahan atau kesetimbangan. Besaran kekakuan suatu bahan adalah nilai modulus elastisitasnya, yang didapat dengan membagi tegangan satuan yang diterima bahan dengan perubahan satuan bentuk bahan tersebut. Kekakuan merupakan sifat yang mampu meregang pada tegangan tinggi tanpa diikuti regangan yang besar. Untuk mencari nilai kekakuan struktur portal bidang dapat digunakan persamaan berikut :

$$k = \frac{P}{d} \dots\dots\dots 1)$$

dimana : k = Kekakuan (kg/mm);

P = Beban (kg); dan

d = Perpindahan (mm);

3. Metodologi penelitian

3.1 Perencanaan struktur portal bidang

Ada 3 tipe struktur portal bidang yang dianalisis pada penelitian ini. Tipe-tipe tersebut memiliki ukuran profil 30/60 mm, 40/80 mm, dan 50/100 mm dengan ketebalan 1 mm mutu BJ37 dengan tinggi dan lebar portal bidang 800 mm dari ujung ke ujung.

Gambar 3 Desain benda uji portal bidang

Tabel 1 Tipe benda uji portal bidang

Portal Bidang	Ukuran Profil Baja <i>Hollow</i> (mm)
PBK-A	30 x 60
PBK-B	40 x 80
PBK-C	50 x 100

3.2 Pemotongan baja *hollow*

Tahap awal dari pembuatan benda uji portal bidang dimulai dengan pemotongan profil baja *hollow* menggunakan gerinda. Profil baja *hollow* yang dipotong berukuran 30/60 mm, 40/80 mm, dan 50/100 mm dengan tebal 1 mm untuk perakitan total 3 benda uji portal bidang dengan tinggi dan lebar portal 800 mm. Untuk satu benda uji portal bidang dibutuhkan 4 batang baja *hollow* dengan panjang 800 mm.

3.3 Pengecoran dan pengisian mortar

Pengecoran mortar diawali dengan memasukkan material pasir, semen, air, dan *viscocrete-10* ke dalam *concrete mixer*. Biarkan *concrete mixer* berputar sampai material tersebut tercampur secara merata. Selanjutnya mortar diisi ke dalam lubang baja *hollow* secara manual hingga mortar memenuhi lubang baja *hollow*. Salah satu ujung baja *hollow* ditutup agar mortar tidak keluar dari lubang sampai mengeras.

3.4 Perawatan benda uji

Perawatan benda uji portal bidang dilakukan dengan cara dicat dan metode *water curing*. Benda uji portal bidang ditutup dengan goni yang selanjutnya disiram dengan air secara rutin selama 21 hari. Perawatan ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

3.5 Perangkaian portal bidang baja hollow

Setelah mortar mengeras dan dilakukan perawatan selama 21 hari, pada setiap ujung batang baja *hollow* dipotong dengan sudut kemiringan 45° , kemudian antara satu batang dengan batang lainnya dilas sesuai dengan perencanaan sehingga membentuk benda uji portal bidang. Pada setiap *joint* ditambahkan pelat buhul pada kedua sisi, dengan tujuan untuk menghindari kegagalan *joint* dan untuk menambah kekuatan pada sambungan.

3.6 Pengujian pembebanan portal bidang

Pengujian pembebanan portal bidang dilakukan diatas *load frame* dengan cara diberikan beban terpusat arah horizontal menggunakan *load cell* 50 ton. Pengujian dilakukan setelah benda uji portal bidang berumur 28 hari. Pada saat pengujian pembebanan portal bidang digunakan LVDT sebanyak 4 buah untuk pembacaan perpindahan (*displacement*). Pembacaan dengan alat LVDT tercatat pada data *logger*. *Set-up* LVDT pada portal bidang ditunjukkan pada Gambar 3.5.

Gambar 4 *Set-up* benda uji portal bidang

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis kapasitas portal bidang

Tinjauan dari kapasitas berupa beban dan perpindahan dari benda uji portal bidang, yaitu dengan menggunakan grafik hubungan beban-perpindahan. Kapasitas struktur dapat dilihat dari besarnya beban maksimum yang mampu dipikul oleh struktur portal bidang.

3.5.2 Analisis kekakuan portal bidang

Kekakuan pada struktural dapat diperoleh dari hasil pengujian pembebanan, berupa grafik hubungan beban dan perpindahan. Kekakuan diperoleh dari rasio

perbandingan antara beban yang diterima portal bidang dengan perpindahan yang terjadi ketika portal bidang diberikan beban.

4. Hasil dan pembahasan

4.1 Hasil pengujian kuat tarik baja hollow

Dari data hasil pengujian kuat tarik baja *hollow* digunakan persamaan untuk memperoleh nilai tegangan leleh (σ_y), regangan leleh (ϵ_y) dan modulus elastisitas (E) baja *hollow* yang digunakan pada penelitian ini. Benda uji dibuat sesuai standar SNI 8389-2017 “Cara Uji Tarik Logam” [9] di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan (LKBB) Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Data hasil pengujian diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Uji Tarik Baja Hollow

Benda Uji	Tegangan Leleh (MPa)	Regangan Leleh	Modulus Elastisitas (MPa)
(a)	(b)	(c)	(d) = (b) / (c)
Hollow	240	0,0012	200.000

4.2 Hasil pengujian kuat tekan kubus mortar

Pada setiap benda uji portal bidang dilakukan pengujian kuat tekan kubus sebanyak 3 buah, dengan jumlah 9 kubus untuk 3 benda uji portal bidang. Pengujian kuat tekan ini dilakukan sebagai kontrol terhadap mutu mortar yang digunakan sebagai bahan pengisi pada baja *hollow* portal bidang. Pengujian ini dilakukan ketika benda uji berumur 7, 14 dan 28 hari. Hasil data pengujian kuat tekan kubus mortar dapat tabel berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Kubus Mortar

No.	Berat (W) (kg)	Beban (P) (kg)	Kuat Tekan (f _{cu}) (MPa)	Kuat Tekan (f _{cu}) (MPa)	Umur Kubus hari
A	0,136	11000	35,888		
B	0,122	10000	33,213	33,551	7
C	0,122	9500	31,553		
A	0,312	12000	38,308		
B	0,326	13500	42,283	38,408	14
C	0,314	11500	34,634		
A	0,318	11000	33,815		
B	0,28	14300	48,484	40,020	28
C	0,284	10700	37,759		

4.3 Hasil pengujian portal bidang

Pada pengujian laboratorium ini terdiri dari tiga benda uji portal bidang, yaitu benda uji PBK-A (30/60), PBK-B (40/80) dan PBK-C (50/100). Menurut pengamatan hasil pengujian, setiap variasi ukuran profil portal bidang komposit mengalami kehancuran pada elemen kolom. Dikarenakan beban yang bekerja beban terpusat pada arah horizontal, sehingga elemen kolom menghasilkan momen yang lebih besar.

4.3.1 Benda uji PBK-A (30/60)

Gambar 5 Grafik beban-perpindahan struktur PBK-A

Pembacaan data beban-perpindahan menggunakan DIAL 2. Beban maksimum yang terjadi pada PBK-A yaitu sebesar 0,71 ton. Perpindahan yang terjadi ketika beban maksimum tercapai sebesar 23,45 mm.

4.3.2 Benda uji PBK-B (40/80)

Gambar 6 Grafik beban-perpindahan struktur PBK-B

Pembacaan data beban-perpindahan menggunakan DIAL 2. Beban maksimum yang terjadi pada PBK-A yaitu sebesar 1,28 ton. Perpindahan yang terjadi ketika beban maksimum tercapai sebesar 40,41 mm.

4.3.3 Benda uji PBK-C (50/100)

Gambar 7 Grafik beban-perpindahan struktur PBK-C

Pembacaan data beban-perpindahan menggunakan DIAL 2. Beban maksimum yang terjadi pada PBK-A yaitu sebesar 2,01 ton. Perpindahan yang terjadi ketika beban maksimum tercapai sebesar 37,64 mm.

4.3.4 Hasil perhitungan teoritis portal bidang

Beban maksimum yang diperoleh PBK-A (30/60) sebesar 651,588 kg dengan perpindahan struktur sebesar 7,675 mm. Pada PBK-B (40/80) diperoleh beban maksimum sebesar 1205,307 kg dengan perpindahan struktur sebesar 5,521 cm. Sedangkan nilai beban maksimum PBK-C (50/100) adalah 1967,552 kg dengan perpindahan struktur sebesar 4,358 mm. Dari hasil perhitungan teoritis yang telah dijabarkan, dapat diambil hipotesa awal bahwa semakin besar ukuran profil benda uji portal bidang yang digunakan, nilai kapasitas daya dukung yang mampu diterima juga semakin meningkat.

4.4 Analisis kapasitas portal bidang hasil pengujian

Gambar 8 Perbandingan Beban-Perpindahan Struktur Maksimum Profil 30/60, 40/80 dan 50/100 pada LVDT 2

Tabel 4 Rasio Nilai Kapasitas Portal Bidang Komposit

Profil Benda Uji	Beban Maksimum (ton)	Perpindahan (mm)	Rasio Nilai Kapasitas Terhadap Profil 30/60
30/60	0,71	23,45	1
40/80	1,28	40,41	1,803
50/100	2,01	37,64	2,831

Benda uji portal bidang profil 40/80 mengalami kenaikan nilai beban dengan rasio sebesar 1,803 terhadap benda uji portal bidang profil 30/60. Untuk portal bidang profil 50/100 juga mengalami kenaikan nilai beban dengan rasio sebesar 1,57 terhadap benda uji portal bidang profil 40/80 dan 2,831 terhadap benda uji portal bidang profil 30/60. Dengan data yang diperoleh dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar ukuran profil benda uji, maka semakin besar nilai kapasitas struktur yang mampu dipikul oleh benda uji.

4.5 Perbandingan kapasitas hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian laboratorium

Setelah diperoleh hasil perhitungan secara teoritis dan hasil pengujian laboratorium seperti yang telah dijabarkan pada hasil, nilai kapasitas keduanya akan direkap untuk memperoleh data perbandingan. Perbandingan hasil perhitungan secara teoritis dan hasil pengujian laboratorium untuk benda uji portal bidang profil 30/60, 40/80 dan 50/100 ditampilkan pada gambar berikut.

Gambar 9 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Teoritis dan Hasil Pengujian Laboratorium PBK-A

Gambar 10 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Teoritis dan Hasil Pengujian Laboratorium PBK-B

Gambar 11 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Teoritis dan Hasil Pengujian Laboratorium PBK-C

Perhitungan kapasitas secara teoritis dianggap elastis sempurna, sehingga nilai kapasitas terus meningkat secara linier. Sedangkan untuk hasil pengujian laboratorium tidak elastis sempurna. Untuk hasil pengujian pada tahap awal pembebanan portal melewati batas elastis, kemudian memasuki daerah plastis sampai keadaan beban maksimum hingga mengalami kegagalan struktur.

Nilai kapasitas pada hasil pengujian pada saat batas elastis berada pada garis yang sama dengan perhitungan teoritis sampai pada beban tertentu. Hal tersebut terjadi ketika hasil pengujian portal bidang masih pada daerah elastis, nilai kapasitas keduanya meningkat secara linier. Secara berturut-turut profil 30/60, 40/80 dan 50/100 mengalami beban-perpindahan yang sama antara perhitungan teoritis dengan pengujian laboratorium pada beban 70 kg, 480 kg dan 610 kg dengan perpindahan sebesar 0,9 mm, 2,22 mm. dan 1,36 mm.

4.6 Analisis kekakuan struktur portal bidang teoritis dan hasil pengujian

Nilai kekakuan struktur portal bidang dianalisis pada batas elastis dan beban maksimum. Pada perhitungan teoritis perhitungan benda uji dianggap elastis sempurna, sehingga nilai kekakuan pada batas elastis dan beban maksimum nilainya mendekati atau sama. Sedangkan untuk hasil pengujian dianalisis pada keduanya. Karena pada hasil pengujian portal bidang tidak pada keadaan elastis sempurna.

Tabel 5 Rasio Nilai Kekakuan Portal Bidang Pada Batas Elastis

Profil Benda Uji	Kekakuan Perhitungan Teoritis (kg/mm)	Kekakuan Hasil Pengujian (kg/mm)	Rasio Nilai Kekakuan Terhadap Teoritis
30/60	84,897	77,778	0,916
40/80	218,313	216,216	0,99
50/100	451,48	448,559	0,993

Tabel 6 Rasio Nilai Kekakuan Portal Bidang Pada Beban Maksimum

Profil Benda Uji	Kekakuan Perhitungan Teoritis (kg/mm)	Kekakuan Hasil Pengujian (kg/mm)	Rasio Nilai Kekakuan Terhadap Teoritis
30/60	84,897	30,277	0,357
40/80	218,313	31,675	0,145
50/100	451,48	53,401	0,003

Berdasarkan pada tabel rasio nilai kekakuan portal bidang hasil pengujian terhadap perhitungan teoritis pada batas elastis. Pada portal bidang profil 30/60 memiliki rasio nilai kekakuan sebesar 0,916, untuk portal bidang profil 40/80 memiliki rasio nilai kekakuan sebesar 0,99 dan untuk portal bidang profil 50/100 memiliki rasio nilai kekakuan sebesar 0,993. Dengan data yang diperoleh dapat diambil kesimpulan bahwa, untuk nilai kekakuan pada batas elastis, memiliki nilai rasio kecocokan yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan pada batas elastis mengalami kesesuaian.

Dapat dilihat pada tabel rasio nilai kekakuan portal bidang hasil pengujian terhadap perhitungan teoritis pada beban maksimum. Pada portal bidang profil 30/60 memiliki rasio nilai kekakuan sebesar 0,357, untuk portal bidang profil 40/80 memiliki rasio nilai kekakuan sebesar 0,145 dan untuk portal bidang profil 50/100 memiliki rasio nilai kekakuan sebesar 0,003. Berdasarkan rasio nilai kekakuan yang telah dijabarkan, dapat diambil kesimpulan bahwa hanya sebagian kecil yang mengalami kecocokan. Hal itu dikarenakan ketika dilapangan struktur bekerja tidak selalu pada keadaan elastis sempurna.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil pengujian portal bidang baja *hollow* yang diisi mortar FAS 0,4 dengan variasi ukuran profil adalah sebagai berikut:

1. Perbandingan nilai kapasitas portal bidang memiliki nilai yang sama sampai pada satu titik. Untuk profil 30/60 memiliki nilai yang sama

sampai pada beban 70 kg dengan perpindahan 0,9 mm. Untuk profil 40/80 keduanya memiliki nilai yang sama sampai pada beban 480 kg dengan perpindahan 2,22 mm. Sedangkan untuk profil 50/100 keduanya memiliki nilai yang sama sampai pada beban 610 kg dengan perpindahan 1,36 mm.

2. Beban maksimum untuk portal bidang 30/60 sebesar 0,71 ton dengan perpindahan 23,45 mm. Untuk portal bidang 40/80 sebesar 1,28 ton dengan perpindahan 40,41 mm. Sedangkan untuk portal bidang 50/100 sebesar 2,01 ton dengan perpindahan 37,64 mm. Rasio peningkatan nilai kapasitas profil 40/80 terhadap profil 30/60 sebesar 1,803, untuk profil 50/100 terhadap profil 30/60 sebesar 2,831.
3. Rasio nilai kekakuan portal bidang hasil pengujian terhadap perhitungan pada batas elastis secara berturut-turut pada profil 30/60, 40/80 dan 50/100 sebesar 0,916, 0,99 dan 0,993. Sedangkan untuk rasio nilai kekakuan portal bidang hasil pengujian terhadap perhitungan pada beban maksimum secara berturut-turut pada profil 30/60, 40/80 dan 50/100 sebesar 0,357, 0,145 dan 0,003. Nilai kekakuan pada batas elastis memiliki kecocokan yang sangat tinggi, sedangkan pada beban maksimum memiliki kecocokan yang sangat rendah.
4. Kehancuran benda uji balok 30/60 mm, 40/80 mm, dan 50/100 mm pada keadaan yang sama, yaitu pada kolom portal bidang.

6. Daftar pustaka

- [1] Sitompul, E., 2009, Analisa Struktur Pada Plane Frame dengan Menggunakan Metode Cross dan Finite Element Method, Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [2] Kassimali, A., 2010, Matrix Analysis of Structures - Second Edition, Cengage Learning, Stamford-USA.
- [3] Wibowo, B., 2011, *Mekanika Rekayasa 2*, Bahan Ajar, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [4] Sardika, L., 2014, Kekuatan Portal Bidang (*Plane Frame*) Satu Pias Profil Baja *Hollow* Berdinding Beton Ringan Busa Dibebani Beban Horizontal Dengan Variasi Ketebalan Profil, Tugas Akhir, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [5] Setiawan, A., 2013, Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] Wahyuni, E., 2011, Analisis Struktur Metode Matriks, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [7] Anonim, 2002, SNI 03-1729-2002 : *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [8] Anonim, 2004, SNI 15-2049-2004 : *Semen Portland*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [9] Anonim, 2017, SNI 8389-2017 : *Cara Uji Tarik Logam*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.