

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 336 - 342	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	-----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii

- Vol 1 Nomer 1/rekat/17 (2017)

ANALISIS PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Puspa Dewi Ainul Mala, Machfud Ridwan, 01 – 12

PEMANFAATAN SERAT KULIT JAGUNG SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN PLAFON ETERNIT

Dian Angga Prasetyo, Sutikno, 13 – 24

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KULIT BAMBU PADA PLAFON GIPSUM DENGAN PEREKAT POLISTER

Tiang Eko Sukoko, Sutikno, 25 – 33

PENERAPAN SAMBUNGAN MEKANIS (METODE PEMBAUTAN) PADA BALOK DENGAN PERLETAKAN SAMBUNGAN $\frac{1}{2}$ PANJANG BALOK DITINJAU DARI KUAT LENTUR BALOK

Hehen Suhendi, Sutikno, 34 – 38

STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN FINANSIAL RENCANA PELEBARAN JALAN TOL WARU-SIDOARJO

Reynaldo B. Theodorus Tampang Allo, Mas Suryanto HS, 39 – 48

PENGARUH SUBSTITUSI *FLY ASH* DAN PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH PADA KUALITAS GENTENG BETON

Mohamad Ari Permadi, Sutikno, 49 – 55

PENGARUH PENAMBAHAN *SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN PERMEABILITAS PADA CAMPURAN PANAS (*HOT MIX*) ASPAL PORUS

Rifky Arif Laksono, Purwo Mahardi, 56 – 64

ANALISA PEMANFAATAN LIMBAH *STYROFOAM* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI KE DALAM ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS

Taufan Gerri Noris, Purwo Mahardi, 65 – 70

ANALISIS PERSEDIAAN MATERIAL PADA PEMBANGUNAN PROYEK *MY TOWER HOTEL & APARTMENT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MATERIAL REQUIREMENT PLANNING* (MRP)

Tri Wahyuni, Arie Wardhono, 71 – 85

ANALISIS KECELAKAAN KERJA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMENT GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA

Great Florentino Miknyo Hendarich, Karyoto, 86 - 100

PEMANFAATAN *SLAG* BAJA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Arifin Kurniadi, Sutikno, 101 - 106

PENERAPAN *E-PROCUREMENT* PADA PROSES PENGADAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI DI UNIT LAYANAN PENGADAAN PEMERINTAH KABUPATEN GRESIK

Anastastia Ria Utami, Hendra Wahyu Cahyaka, 107 - 116

PENGARUH PENAMBAHAN SULFUR TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI

Qurratul Ayun, Purwo Mahardi, 117 - 122

PENGARUH PENAMBAHAN DINDING GESER PADA PERENCANAAN ULANG GEDUNG FAVE HOTEL SURABAYA <i>Irwan Wahyu Wicaksana, Sutikno,</i>	123 - 128
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK (PET) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI <i>Rizky Putra Ramadhan, Purwo Mahardi,</i>	129 - 135
PENGARUH TREATMENT LUMPUR LAPINDO TERHADAP MUTU BATU BATA BAHAN LUMPUR LAPINDO BERDASARKAN SNI 15-2094-2000 <i>Ah. Yazidun Ni'am, Arie Wardhono,</i>	136 - 143
ANALISIS PRODUKTIVITAS TOWER CRANE PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG TUNJUNGAN PLAZA 6 SURABAYA <i>Sofia Dewi Amalia, Didiek Purwadi,</i>	144 - 155
ANALISIS PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK <i>Machfid Ridwan, Falaq Karunia Jaya,</i>	156 - 166
ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN DINDING BATA RINGAN DI PROYEK PERUMAHAN <i>Loga Geocahya Pratama, Sutikno,</i>	167 - 181
ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PADA PEMASANGAN GENTENG ATAP METAL DI PROYEK PERUMAHAN <i>Siti Komariyah, Hasan Dani,</i>	182 - 191
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARBIT TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK <i>Nur Fauzan, Nur Andajani,</i>	192 - 200

PEMANFAATAN BAHAN TAMBAH <i>POZZOLAN</i> LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DENGAN AGREGAT <i>PUMICE</i> PADA KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON RINGAN <i>Dwi Kurniawan, Arie Wardhono,</i>	201 - 211
PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI BAHAN DASAR PENGGANTI PASIR PADA PEMBUATAN <i>PAVING BLOCK GEOPOLYMER</i> <i>Feminia Heri Cahyanti, Arie Wardhono,</i>	212 - 219
<i>ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA</i> <i>Siswo Hadi Murdoko, Karyoto,</i>	220 - 228
<i>ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN PELENGKUNG BAJA</i> <i>Achmad Fajrin, Karyoto,</i>	229 - 237
<i>ANALISA HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA MENGGUNAKAN GEMPA SNI 1726-2002 DENGAN MENGGUNAKAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013</i> <i>Mohamad Sukoco, Sutikno,</i>	238 - 241
<i>ANALISA PENGARUH VARIASI BENTANG KOLOM PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM TERPADU FMIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TERHADAP PERSYARATAN KOLOM KUAT BALOK LEMAH PADA SRPMK</i> <i>Imam Awaludin Asshidiq Ramelan, Arie Wardhono,</i>	242 - 246
<i>PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG</i> <i>Dyah Rinjani Ratu Pertiwi, Bambang Sabariman,</i>	247 - 255
<i>PENGARUH PENAMBAHAN SERAT IJUK DALAM PEMBUATAN BALOK BETON BERTULANG BERDASARKAN UJI KUAT GESER</i> <i>Dennes Yuni Puspita, Bambang Sabariman,</i>	256 - 265

PERBANDINGAN PERHITUNGAN EFISIENSI BESI JEMBATAN GELAGAR BETON STRUKTUR ATAS ANTARA JARAK GELAGAR JEMBATAN 1,10 METER; 1,38 METER; 1,83 METER; DAN 2,75 METER

Tri Wida Amaliya, Sutikno, 266 - 271

ANALISA PENYEBAB KETERLAMBATAN PROYEK PADA PEMBANGUNAN APARTEMEN *ROYAL CITYLOFT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS*

Reffi Ike Parastiwi N, Mas Suryanto H.S, 272 - 277

ANALISA PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA UNTUK PEKERJAAN PEMASANGAN ALUMUNIUM COMPOSITE PANEL PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT

Eka Yuliawati, Mas Suryanto H.S, 278 - 290

STUDI KELAYAKAN INVESTASI PEMBANGUNAN PEMANFAATAN BEKAS LAHAN TAMBANG BATU KAPUR SEBAGAI PERUMAHAN DI DESA BEKTIHARJO KECAMATAN SEMANDING KABUPATEN TUBAN

Shintiya Nofen Rosila Putri, Mas Suryanto H.S, 291 - 300

PENGARUH LEBAR PEMOTONGAN PROFIL (e) TERHADAP KEKUATAN LENTUR *CASTELLATED BEAM* PADA BUKAAN LINGKARAN (*CIRCULAR*) UNTUK STRUKTUR BALOK

Arditya Ridho Putra Pratama, Suprpto, 301 - 307

PENGARUH SUDUT PEMOTONGAN PROFIL (θ) TERHADAP KEKUATAN LENTUR *CASTELLATED BEAM* PADA BUKAAN RHOMB (RHOMB) UNTUK STRUKTUR BALOK

Muhammad Irfan Yasin, Suprpto, 308 - 315

MODEL PENANGGULANGAN BANJIR PADA *CATCHMENT AREA* KETINTANG SURABAYA (STUDI KASUS JALAN UTAMA KETINTANG)

Yulis Qamariyah, Kusnan, 316 - 326

ANALISA PENGARUH VARIASI DIMENSI BALOK PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG LABORATORIUM TERPADU FMIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TERHADAP PERSYARATAN KOLOM KUAT BALOK LEMAH PADA SRPMK

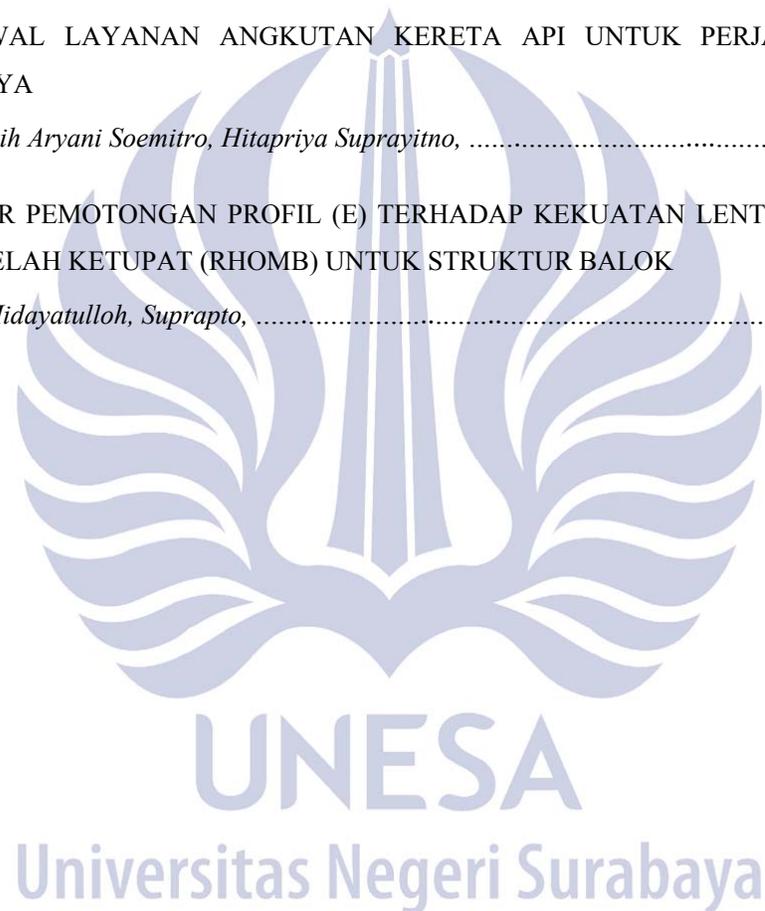
Akhmad Aras Rosiqin, Arie Wardhono, 327 - 331

IDENTIFIKASI AWAL LAYANAN ANGKUTAN KERETA API UNTUK PERJALANAN ORANG DI KOTA SURABAYA

Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno, 332 - 335

PENGARUH LEBAR PEMOTONGAN PROFIL (E) TERHADAP KEKUATAN LENTUR *CASTELLATED BEAM* BUKAAN BELAH KETUPAT (RHOMB) UNTUK STRUKTUR BALOK

Mochammad Alvin Hidayatulloh, Suprpto, 336 - 342



PENGARUH LEBAR PEMOTONGAN PROFIL (E) TERHADAP KEKUATAN LENTUR CASTELLATED BEAM BUKAAN BELAH KETUPAT (RHOMB) UNTUK STRUKTUR BALOK

Mochammad Alvin Hidayatulloh

Program Studi S1 – Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

email : all_vine@ymail.com

Suprpto

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

email : suprap_sipil@yahoo.com

Abstrak

Castellated beam dibuat dari profil baja WF 150.75.5.7 dengan panjang bentang 1,5 meter dengan lubang bukaan belah ketupat. Penelitian ini dibuat benda uji dengan lubang yang berbeda – beda untuk melihat pengaruhnya. Ukuran yang dibuat berbeda pada masing – masing benda uji adalah lebar pemotongan profil (e) yaitu, $e_1=60\text{mm}$, $e_2=50\text{mm}$, $e_3=45\text{mm}$, $e_4=40\text{mm}$, $e_5=35\text{mm}$. Seluruh benda uji akan diuji kelenturannya untuk mengetahui lebar pemotongan profil yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, terdapat pengaruh lebar pemotongan profil (e). Ditinjau dari momen lentur, lebar pemotongan (e) 35 mm memiliki momen lentur terbesar yaitu 485.10 kN.m. Ditinjau dari tegangan lentur, lebar pemotongan (e) 50 memiliki tegangan lentur terbesar yaitu 391.05 N/mm².

Kata kunci: *Castellated beam*, lebar pemotongan profil (E), uji kuat lentur

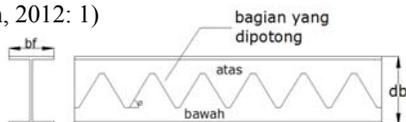
Abstract

Castellated beam made into a WF steel profile 150.75.5.7 with length of each 1.5 meter with openings rhombus. This study was made of the specimen test with a different holes to see the trends. Sizes are made different on each specimen is a width cutting profile (e), is, $e_1 = 60 \text{ mm}$, $e_2 = 50 \text{ mm}$, $e_3 = 45 \text{ mm}$, $e_4 = 40 \text{ mm}$, $e_5 = 35 \text{ mm}$. Every specimen will be tested flexibility to determine the optimum of width cutting profile. The results showed that there are significant effect the width of cutting profile in the test specimen of *castellated beam*. Base on analysis discussion of the bending moment, width cutting profile (e) 35 mm have the largest bending moment is 485.10 kN.m. Base on analysis of the bending stress, width cutting profile (e) 50 mm have the largest bending stress is 391.05 N/mm².

Key words: *Castellated beam*, Width cutting profile, bending strength test

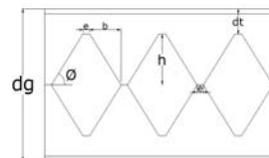
PENDAHULUAN

Penggunaan baja bisa dijadikan penopang struktur utama seperti balok, kolom, dan juga struktur atap karena memiliki kekuatan yang cukup besar untuk menahan gaya tarik ataupun gaya tekan. Di pasaran telah tersedia begitu banyak pilihan variasi baja dan yang sekarang banyak diminati adalah baja kastela (*Castellated Beam*). *Castellated beam* adalah balok yang mempunyai elemen pelat badan berlubang, yang dibentuk dengan cara membelah bagian tengah pelat badan, kemudian bagian bawah dari belahan tersebut dibalik dan disatukan kembali antara bagian atas dan bawah dengan cara digeser sedikit kemudian dilas (Hosain dalam Fitri Rohmah, 2012: 1)



Gambar 1. Profil balok WF dipotong zig-zag sepanjang badannya

Fungsi melubangi profil baja tersebut untuk memperkecil berat sendiri profil agar sambungan las nya dapat lebih efektif dan efisien. Dengan adanya penambahan tinggi profil sebelum kastela (d_b) menjadi profil kastela (d_g), secara teoritis dapat meningkatkan momen inersia dan nilai kekakuannya lebih besar, hal ini menjadikan nilai deformasi lebih kecil sehingga menambah kekuatan.



Gambar 2. Tata letak *castellated beam* bukaan belah ketupat

Penelitian-penelitian sudah banyak dilakukan untuk jenis baja kastela dengan belahan berbentuk segi enam ataupun segi delapan, bahkan sudah sering dipakai dipasaran. Sedangkan untuk belahan baja kastela yang berbentuk belah ketupat dirasa jarang bahkan belum ada dan belum ditemukan di pasaran.

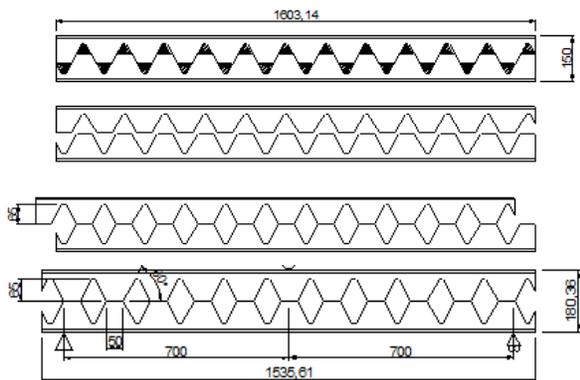
Berdasarkan hal diatas, serta dari beberapa jurnal terkait dengan balok castella beam, belum disebutkan adanya pengaruh lebar potongan profil (e) terhadap lendutan pada baja kastela bukaan belah ketupat. Oleh sebab itu, penulis berencana melakukan penelitian baja kastela untuk mengetahui optimalisasi kekuatan castella ditinjau dari pengaruh lebar potongan profil (e) kaitannya dengan kekuatan lentur profil baja itu sendiri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian uji laboratorium dengan metode penelitian yaitu dengan menganalisis permasalahan yang dibatasi oleh lubang *castellated beam* yaitu bentuk belah ketupat. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gunting, *cutting torch*, alat las, alat uji tarik, satu set *loading frame*. Baja WF 150.75.5.7, talang seng, kawat las, *oxygen*, LPG, korek api.

Pada penelitian ini, dibuat 5 benda uji dengan lebar pemotongan profil (e) yaitu 60 mm, 50 mm, 45 mm, 40 mm dan 35 mm. Benda uji tersebut dibuat dengan tinggi pemotongan profil (H) 65 mm dan dengan sudut pemotongan profil (Θ) 60°. Ukuran panjang masing – masing benda uji yaitu 1,5 meter.

Pembuatan benda uji dimulai dengan membuat garis pola pemotongan berbentuk castella atau belah ketupat pada bagian badan profil dengan menggunakan talang seng. Profil tersebut kemudian dipotong menggunakan *cutting torch*. Profil baja WF 150.75.5.7 yang telah terpotong menjadi dua bagian, kemudian digeser dan disesuaikan kedua ujung-ujungnya agar menjadi simetris. Untuk menyambung kembali sisi-sisi horizontal dari kedua potongan tersebut, digunakan alat las dan kawat las, agar membentuk *castellated beam*.



Gambar 3. Benda uji (e) 50 mm

Benda uji *castellated beam* yang telah dibuat kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap benda uji meliputi pengukuran terhadap tinggi *castellated beam* (dg), tinggi pemotongan profil (H), lebar sayap (bf), tebal badan (tw) serta tebal sayap (tf), panjang keseluruhan *castellated beam* dan panjang antar tumpuan.

Untuk mengetahui mutu baja pada benda uji, dilakukan pengujian tarik. Sampel profil baja yang digunakan sebagai benda uji tarik diambil dari bagian plat sayap (*flens*) dan badan profil (*web*). Ukuran sampel untuk benda uji kuat tarik yaitu dengan panjang 70 cm. Benda uji tersebut dijepit ujung - ujungnya dan ditarik menggunakan alat uji tarik. Kemudian dibaca tegangannya pada *dial gauge* yang dipasang pada alat uji tarik.

Tahap terakhir yaitu dilakukan pengujian kuat lentur pada benda uji. *Castellated beam* ditempatkan pada *loading frame* dengan jarak antar tumpuan 1400 mm. Pada bagian atas ditempatkan *Silinder jack* untuk memberi beban secara tepusat yaitu pada jarak 700 mm dari tumpuan. Titik pusat penempatan beban tersebut tepat pada bagian sambungan las agar *buckling* yang terjadi tidak terlalu besar. *Dial gauge* dipasang pada bagian sayap bawah dari *castellated beam*. Tiga *dial gauge* dipasang dengan jarak masing – masing secara berurutan yaitu $\frac{1}{4} L$, $\frac{1}{2} L$ dan $\frac{3}{4} L$ untuk mengetahui lendutan yang terjadi. Pompa hidraulik akan memberi tekanan pada silinder jack yang diletakkan secara terpusat pada benda uji, sehingga *castellated beam* mengalami tekan pada serat atas dan mengalami tarik pada serat bawah. Tekanan yang diberikan bertujuan untuk mencari kekuatan lentur maksimal pada *castellated beam*.



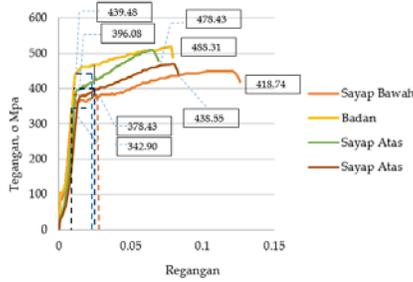
Gambar 4. Set up pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil uji kekuatan lentur pada *castellated beam* bukaan belah ketupat (*rhomb*) untuk struktur balok.

Uji Tarik

Hasil pengujian uji tarik pada baja WF 150.75.5.7 pada bagian badan, sayap atas dan sayap bawah dapat diketahui mutu bajanya.



Gambar 4. Hubungan tegangan dan regangan

Dari Gambar 4, diketahui bahwa hasil pengujian tarik di atas didapat rata – rata tegangan leleh (fy) pada *castellated beam* bukaan belah ketupat yaitu 389.22 Mpa dan rata – rata tegangan putus (fu) yaitu 456.01 Mpa.

Momen Lentur

Pada pengujian *castellated beam* ini benda uji yang diberi beban (P) saat pengujian akan mentransfer beban tersebut sehingga terjadi momen lentur dimana beban terpusat diletakkan tepat di atas sambungan las dengan tujuan mendapat beban yang maksimal. Perhitungan momen ditinjau melalui kondisi leleh dan kondisi runtuh.

- a. Momen Leleh Tidak Berlubang

Hasil Perhitungan Penelitian

Data penelitian diketahui:

P = 990 kN

L = 1400 mm

Momen terpusat:

$$M_u = \frac{1}{4} \times P \times L$$

$$= \frac{1}{4} \times 990 \text{ kN} \times 1,4 \text{ m} = 346,50 \text{ kNm}$$

- b. Momen Leleh Berlubang

Hasil Perhitungan Penelitian

Data penelitian diketahui:

Pmax = 346,50 kN.m

L = 700 mm

Momen maksimal pada bagian berlubang :

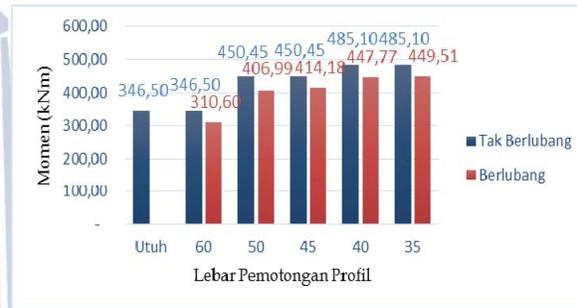
$$M_{lubang} = \frac{\text{Panjang lubang}}{\text{Panjang utuh}} \times M_u$$

$$= \frac{697,87 \text{ mm}}{700 \text{ mm}} \times 346,50 \text{ kNm}$$

$$= 314,88 \text{ kNm}$$

Tabel 1. Perhitungan momen leleh teori dan momen leleh eksperimen seluruh benda uji

Lebar Pot. Profil (e)	Jarak Antar Tumpuan (mm)	Tinggi (dg)	Beban (P) (kN)	Momen Teori		Momen Eksperimen	
				Tak Berlubang (kNm)	Berlubang (kNm)	Tak Berlubang (kNm)	Berlubang (kNm)
Utuh	1400	150	990	355,28		346,50	
60	1400	173	990	431,38	386,48	346,50	310,60
50	1400	181	1287	448,34	407,00	450,45	406,99
45	1400	186	1287	468,29	424,62	450,45	414,18
40	1400	187	1386	495,35	450,96	485,10	447,77
35	1400	190	1287	539,90	493,70	485,10	449,51

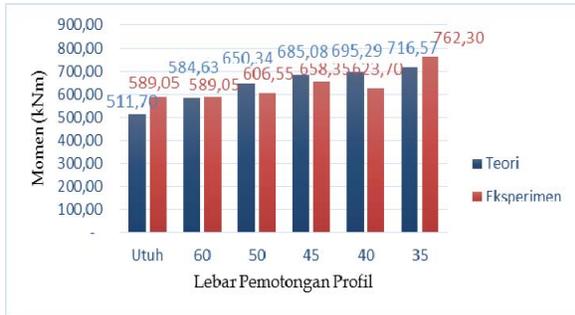


Gambar 5. Momen leleh *castellated beam* bukaan belah ketupat

Momen leleh berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa, perbandingan untuk momen leleh ditinjau melalui penampangnya. Momen leleh pada bagian tak berlubang (bagian yang dilas) memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan yang berlubang. Benda uji dengan lebar pemotongan profil (e) 60 mm memiliki nilai momen 346.50 kN.m pada bagian tidak berlubang dan nilai momen 310.60 kN.m pada bagian berlubang. Mulai dari benda uji (e) 60 mm sampai benda uji (e) 35 mm mengalami kenaikan.

Tabel 2. Perhitungan momen runtuh teori dan momen leleh eksperimen seluruh benda

Jarak Antar Tumpuan (mm)	Tinggi (dg)	Beban (P) (kN)	Momen Teori		Momen Eksperimen	
			Tak Berlubang (kNm)	Berlubang (kNm)	Tak Berlubang (kNm)	Berlubang (kNm)
1400	150	1683	511,70		589,05	
1400	173	1683	584,63	479,63	589,05	528,02
1400	181	1733	650,34	542,03	606,55	548,04
1400	186	1881	685,08	628,71	658,35	605,33
1400	187	1782	695,29	651,53	623,70	575,70
1400	190	2178	716,57	683,07	762,30	706,37



Gambar 6. Momen Runtuh *castellated beam* bukaan belah ketupat

Berdasarkan Gambar 6, Benda uji dengan lebar pemotongan profil (e) 35 mm memiliki nilai momen runtuh yang paling besar dibanding benda uji lain yaitu 762,30 kN pada bagian tidak berlubang dan nilai momen runtuh 706,37 kN pada bagian berlubang. Pada benda uji e 50, e 45 mm nilai momen runtuh meningkat, dan mengalami penurunan pada benda uji dengan lebar pemotongan profil (e) 40 mm, dan mengalami peningkatan kembali pada benda uji (e) 35 mm.

Tegangan

Pada penelitian ini, tegangan ditinjau dari tegangan leleh hingga tegangan runtuh hingga akhirnya putus atau patah.

a. Hasil Perhitungan Penelitian

1) Pada Penampang Tidak Berlubang

$$\sigma = \frac{M \cdot Y}{I} = \frac{840,80 \times 80,8}{9.880.889} = 812,64 \text{ N/mm}^2$$

2) Pada Penampang Berlubang

$$\sigma = \frac{M \cdot Y}{I} = \frac{810,00 \times 80,8}{8.889.094,88} = 812,80 \text{ N/mm}^2$$

b. Hasil Perhitungan Berdasarkan Teori

1) Pada Penampang Tidak Berlubang

$$\sigma = \frac{M \cdot Y}{I} = \frac{481,88 \times 80,8}{9.880.889} = 389,22 \text{ N/mm}^2$$

2) Pada Penampang Berlubang

$$\sigma = \frac{M \cdot Y}{I} = \frac{380,48 \times 80,8}{8.889.094,88} = 389,22 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 7. Tegangan leleh *castellated beam* bukaan belah ketupat

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa tegangan leleh pada bagian tidak berlubang dan berlubang memiliki hasil yang berbeda pada beberapa benda uji. Benda uji (e) 50 mm memiliki tegangan eksperimen yang paling besar yaitu 391,05 kN pada penampang tidak berlubang dan 389,21 kN pada penampang berlubang. Namun dari keseluruhan benda uji memiliki tegangan leleh yang besar pada bagian berlubang. Hal ini dikarenakan pada benda uji (e) 50 mm momen yang terjadi juga besar, tinggi profil dan momen inersianya cenderung sama sehingga tegangan yang dihasilkan besar. Hal ini sudah sesuai dengan teoritis, dimana tegangan leleh pada bagian berlubang memiliki tegangan yang lebih besar.

Tabel 3. Perbandingan tegangan leleh *castellated beam* dengan mutu baja (f_y)

Lebar Pot. Profil (e) (mm)	Tegangan Eksperimen		Tegangan Leleh Baja (f_y) (mm)
	Tak Berlubang (N/mm2)	Berlubang (N/mm2)	
Utuh	379.60	-	389.22
60	312.64	312.80	389.22
50	391.05	389.21	389.22
45	374.39	379.65	389.22
40	381.17	386.46	389.22
35	349.71	354.38	389.22

Berdasarkan tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan leleh yang terjadi pada benda uji tidak lebih besar dari mutu baja. Hal ini dikarenakan *castellated beam* mengalami *buckling* selama pengujian berlangsung.



Gambar 8. Tegangan runtuh *castellated beam* bukaan belah ketupat

Pada gambar 8 menunjukkan tegangan runtuh pada bagian tidak berlubang dan berlubang memiliki hasil yang berbeda pada beberapa benda uji. Pada benda uji (e) 35 mm memiliki nilai tegangan eksperimen yang terbesar yaitu 549,55 kN pada penampang tidak berlubang dan 556,89 kN pada penampang berlubang. Namun dari

keseluruhan benda uji memiliki tegangan leleh yang besar pada bagian berlubang. Hal ini sudah sesuai dengan teoritis, dimana tegangan leleh pada bagian berlubang memiliki tegangan yang lebih besar.

Tabel 4. Perbandingan tegangan runtuh *castellated beam* dengan mutu baja (f_y)

Lebar Pot. Profil (e)	Tegangan Eksperimen		Tegangan Runtuh Baja (f_u)
	Tak Berlubang	Berlubang	
(mm)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)
Utuh	645.31	-	456.01
60	531.49	531.76	456.01
50	526.56	524.09	456.01
45	547.18	554.87	456.01
40	490.07	496.88	456.01
35	549.55	556.89	456.01

Sama halnya dengan tegangan runtuh yang terjadi berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa, tegangan runtuh pada benda uji tidak lebih besar dari mutu baja. Hal ini dikarenakan *castellated beam* mengalami *buckling* selama pengujian berlangsung.

Kontrol Geser

Castellated beam memiliki penampang badan (*web*) yang cukup tipis terutama dalam menerima beban tarik. Pada pengujian ini *castellated beam* dibuat dengan penyambungan berupa las. Ketahanan pada elemen tersebut ditentukan oleh kondisi batas sobek atau sering disebut geser. Pada umumnya semua elemen struktur balok, baik struktur beton maupun baja tidak lepas dari masalah geser. Untuk membuktikan adanya kerusakan geser pada penelitian ini, maka akan dilakukan kontrol geser.

Tabel 5. Kontrol geser penampang bagian tidak berlubang *castellated beam*

BU	(L) m	Inersia tidak lubang (mm ⁴)	P Leleh (kN)	Vu (kN)	Vn Total (kN)	Selisih (Vn - Vu) kN	Keterangan
Utuh	1,40	6846079,82	990,00	495,00	711,96	216,96	Geser Aman
e 60	1,40	9586858,75	990,00	495,00	640,77	145,77	Geser Aman
e 50	1,40	10424706,02	1287,00	643,50	663,44	19,94	Geser Aman
e 45	1,40	11189384,59	1287,00	643,50	712,64	69,14	Geser Aman
e 40	1,40	11899500,93	1386,00	693,00	715,82	22,82	Geser Aman
e 35	1,40	13177829,79	1287,00	693,00	838,08	145,08	Geser Aman

Kontrol kuat geser *castellated beam* bagian tidak berlubang pada tabel 5 untuk semua benda uji dinyatakan aman. Selama proses pengujian benda uji tidak

mengalami sobek pada penampang walaupun sambungan pada penampang badan sangat pendek.

Tabel 6. Kontrol geser penampang bagian berlubang *castellated beam*

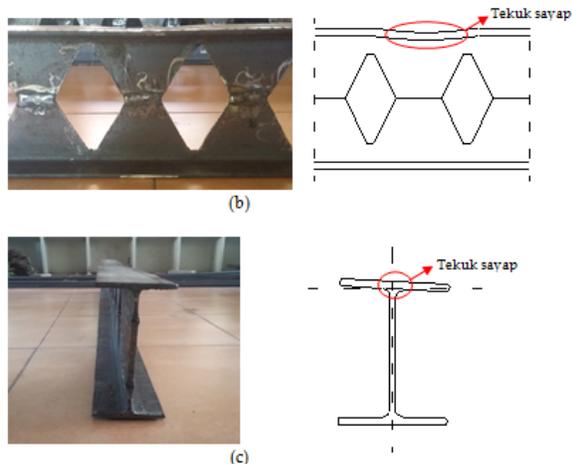
BU	(L) m	Inersia lubang (mm ⁴)	P Leleh (kN)	Vu (kN)	Vn Total (kN)	Selisih (Vn - Vu) kN	Keterangan
Utuh	1,40	-	990,00	-	-	-	-
e 60	1,40	8589054,58	990,00	495,00	442,72	-52,28	Tidak Aman
e 50	1,40	9463518,52	1287,00	643,50	426,21	-217,29	Tidak Aman
e 45	1,40	10145809,59	1287,00	643,50	458,63	-184,87	Tidak Aman
e 40	1,40	10833223,60	1386,00	693,00	466,27	-226,73	Tidak Aman
e 35	1,40	12050036,46	1386,00	693,00	550,14	-142,86	Tidak Aman

Dari tabel 6 dapat disimpulkan bahwa terjadi geser pada bagian berlubang pada *castellated beam*, ini terbukti dengan besarnya gaya lintang dari pembebanan lebih dari kuat geser nominal pada bagian berlubang, atau dengan kata lain $V_u \leq V_n$ sebagai perencanaan kuat geser tidak terpenuhi pada runtuhnya balok. Sehingga terjadi patahan pada daerah lubang. Hal ini dikarenakan dT penampang pada lubang memiliki sisa luasan penampang yang sangat kecil, dengan menyisakan sedikit pelat badan yang mampu menerima beban tarik dan juga untuk perhitungan kontrol geser menggunakan angka reduksi yang sangat besar. Namun, dari hasil pengujian benda uji *castellated beam* tidak menunjukkan kerusakan geser berupa patahan atau sobek pada daerah lubang yang dikarenakan sifat elastis baja sendiri dimana mampu menerima kelebihan tegangan yang diterima. Berdasarkan tabel 6 terjadi selisih antara nilai V_u dan V_n sangat besar. Hal ini diakibatkan karena nilai V_u terlalu besar, sehingga indikasi geser pada daerah lubang menjadi tidak aman. Sehingga, dari hasil pengujian *castellated beam* harus diambil lebar pemotongan optimal benda uji (e) 50 mm dan (e) 40 mm berdasarkan selisih V_n dan V_u pada bagian tidak berlubang.

Pola Runtuh

Dari hasil pengujian lima benda uji *castellated beam* bukaan belah ketupat dapat diketahui pola runtuh yang terjadi pada masing-masing benda uji. Berikut pola runtuh yang terjadi pada salah satu benda uji (e) 50 mm:





Gambar 8 Pola runtuh benda uji ($e = 50$ mm), (a) pada saat pengujian ; (b) kondisi setelah pengujian ; (c) tampak samping

Apabila ditinjau dari analisa perhitungan momen dan tegangan pada seluruh benda uji terdapat beberapa yang mendekati runtuh lentur yaitu mulai benda uji ($e=40$ mm) sampai benda uji ($e=50$ mm). Hampir semua benda uji tampak adanya tekuk pada bagian sayap dan badan. Hal ini dikarenakan beban yang diberikan pada benda uji tertahan oleh bagian sayap (lateral), sehingga ketika tersalur ke bagian badan tidak mengalami rotasi sepenuhnya atau hanya mengalami sedikit tekuk. Jadi berpotensi mengalami buckling. Namun dari keseluruhan benda uji tidak terlihat adanya patahan atau kerusakan geser baik di daerah berlubang ataupun tidak lubang. Sehingga dari keseluruhan benda uji castellated beam termasuk aman dari rusak geser.

Optimalisasi Lebar Pemotongan Profil (e) Castellated Beam

Berdasarkan analisis hasil momen dan tegangan diatas, bahwa keamanan kekuatan lentur pada castellated beam bukaan belah ketupat menunjukkan bahwa lebar pemotongan profil (e) optimal pada benda uji dengan lebar potongan (e) 50 mm. Hal ini terbukti bahwa castellated beam bukaan belah ketupat dengan (e) 50 mm, mampu menahan momen lebih besar dibandingkan dengan profil WF utuh yang tidak dibentuk castellated beam. Apabila ditinjau dari kontrol geser berdasarkan selisih V_n dan V_u pada bagian tidak berlubang lebar pemotongan optimal benda uji yang didapat yaitu pada (e) 50 mm. Sehingga untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk tidak melebihi lebar pemotongan profil (e) 50 mm.

SIMPULAN

Dari hasil data dan analisis yang diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Lebar pemotongan profil (E) 35 mm mampu menerima beban yang besar dibanding benda uji lain dan yang paling optimal berdasarkan momen leleh.
2. Lebar pemotongan profil (E) 35 mm mampu menerima beban yang besar dibanding benda uji lain dan yang paling optimal berdasarkan momen runtuh.
3. Lebar pemotongan profil (E) 50 mm memiliki tegangan yang paling besar dan paling optimal, bahkan melebihi tegangan benda uji utuh.
4. Pada penampang tidak lubang dan lubang tidak terjadi rusak geser atau patahan. Tetapi terdapat potensi rusak buckling pada setiap benda uji dikarenakan pada kondisi lapangan seluruh benda uji mengalami tekuk lokal terutama pada bagian sayap.
5. Lebar pemotongan profil (E) 50 mm merupakan yang paling optimal berdasarkan pola runtuh yang terjadi karena hanya memiliki sedikit tekuk sayap dibagian tengah bentang.

SARAN

Berdasarkan uraian kesimpulan di atas didapat saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian berikutnya disarankan untuk memperkuat benda uji dengan memberi pengaku dan penguatan pengelasan pada castellated beam bukaan belah ketupat (rhomb) untuk mengantisipasi terjadinya rusak buckling, menggunakan profil baja WF kurang dari 150 agar baja kastela yang dihasilkan tidak terlalu tinggi untuk menghindari gejala buckling yang terjadi, mempelajari terlebih dahulu sistem kerja alat uji lentur dan alat uji tarik serta lebih teliti dalam pembacaan. Terutama pada alat uji lentur agar tidak terjadi kesalahan pada saat pengujian sehingga data yang didapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dwi Yulianti. 2012. "Pengaruh Perbedaan Lebar Potongan Profil (e) terhadap Optimalisasi Kekuatan Castella Beam ditinjau dari Uji Lendutan (Tanpa Tabel Castella)". Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
2. Setiawan, Agus. 2008 . "Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD". Jakarta: Erlangga
3. Masita Nur Hayati. 2013. "Optimalisasi Balok Baja kastela Ditinjau Dari Lendutan". Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

4. Badan Standarisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03- 1729- 2002)*. Bandung :BSN.

5. Suharjanto. 2011. *"Kajian Kuat Geser Horizontal Circular Castellated Steel Beam With And Without Adding Plates"*. Yogyakarta: Universitas Jananbadra Yogyakarta.

