

**TUGAS AKHIR**

**KAJIAN PENGARUH VARIASI TIPE PENAMPANG *LINK* PADA  
PENAMPANG KOMPAK PORTAL STRUKTUR BAJA TIPE EBF-K  
AKIBAT PEMBEBANAN SIKLIK MENGGUNAKAN *SOFTWARE*  
*ABAQUS CAE***



**Disusun Oleh:**

**Fajar Rama Putra**

**20190110210**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2023**

TUGAS AKHIR

KAJIAN PENGARUH VARIASI TIPE PENAMPANG *LINK* PADA  
PENAMPANG KOMPAK PORTAL STRUKTUR BAJA TIPE EBF-K AKIBAT  
PEMBEBANAN SIKLIK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ABAQUS CAE*

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di  
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah  
Yogyakarta



**Disusun Oleh:**

**Fajar Rama Putra**

**20190110210**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2023**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajar Rama Putra  
NIM : 20190110210  
Judul : Kajian Pengaruh Variasi Tipe Penampang *Link*  
Pada Penampang Kompak Portal Struktur Baja  
Tipe EBF-K Akibat Pembebanan Siklik  
Menggunakan *Software Abaqus CAE*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Kajian Pengaruh Variasi Tipe Penampang *Link* pada Penampang Kompak Portal Struktur Baja Tipe EBF-K Akibat Pembebanan Siklik Menggunakan *Software Abaqus CAE*.

Yogyakarta, 28 Agustus.....2023

Penulis,



Fajar Rama Putra

Dosen Peneliti,

Handwritten signature of Dr. Ir. Seplika Yadi, S.T., M.T.

Dr. Ir. Seplika Yadi, S.T., M.T.

Dosen Anggota Peneliti 1,

Handwritten signature of Taufiq Ilham M., S.T., M.Eng., Ph.D. (Eng.)

Taufiq Ilham M., S.T., M.Eng., Ph.D. (Eng.)

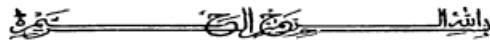
## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah mengaruniakan hidayah, rahmat, kesehatan insan dan iman, serta kesempatan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Meskipun masih jauh dari kata sempurna, tetapi penulis bangga dan penuh syukur atas selesainya tugas akhir ini.

Tugas akhir ini juga merupakan bentuk ucapan terima kasih dan persembahan kepada:

1. Keluarga kecil saya, yaitu kedua orang tua dan kedua kakak yang selalu memberikan doa, dukungan, dan cinta kasih tak berujung sedari kecil hingga sekarang.
2. Dr. Ir. Seplika Yadi, S. T., M. T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang sangat sabar telah memberikan bimbingan dan dukungan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Kepada teman-teman kelas F yang telah banyak memberikan bantuan selama menempuh perjalanan di bangku perkuliahan.
4. Kepada teman-teman Segawan dan penghuni kontrakan yang telah mengubah hitam putih perkuliahan menjadi lebih berwarna.
5. Kepada Gigs Underground, Band, serta seluruh pelaku di dalamnya yang bersedia menjadi ruang *stress relief* dan ruang untuk menuangkan segala hasrat untuk berkreasi disaat sibuk menjalani perkuliahan.

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan para sahabat. Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui nilai perpindahan (*displacement*), tegangan (*stress*), daktilitas, dan dissipasi energi yang terjadi pada struktur portal EBF-K ketika diberikan pembebanan monotonik dan siklik dengan variasi web stiffener. Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan dorongan. Oleh karenanya, ucapan terima kasih kepada:

1. Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Dr. Ir. Seplika Yadi, S.T., M.T., yang telah memberikan arahan, pendampingan, dan bimbingan,
2. Bapak Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., Ph.D. (Eng.) sebagai Dosen Penguji yang memberikan masukan perbaikan rencana penelitian dan laporan tugas akhir,
3. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Ketua Program Studi,

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan. *Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, Agustus 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Puji Harsanto', written in a cursive style.

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
ABSTRAK .....	xvii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Lingkup Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori .....	16
2.2.1 Baja .....	16
2.2.2 Sistem Rangka Portal Baja.....	22
2.2.3 Tipe Sambungan Portal .....	25
2.2.4 <i>Panel Zone</i> .....	27
2.2.5 <i>Link</i> .....	29
2.2.6 Tipe Sambungan <i>Link</i> .....	32
2.2.7 <i>Web Stiffener</i> .....	35
2.2.8 Pembebanan .....	38
2.2.9 Daktilitas .....	41
2.2.10 Kekakuan.....	43
2.2.11 Disipasi Energi .....	43
2.2.12 <i>ABAQUS CAE</i> .....	45
2.2.13 Metode Elemen Hingga.....	46

BAB III .....	48
3.1 Umum .....	48
3.2 Prosedur Penelitian .....	48
3.3 Tahapan Penelitian.....	50
3.3.1 Studi Literatur .....	50
3.3.2 Verifikasi Model .....	51
3.3.3 Kriteria Desain Model.....	55
3.3.4 Pembebanan .....	61
3.4 Model Struktur.....	64
BAB IV .....	66
4.1 Hasil Uji Verifikasi.....	66
4.2 Hubungan Antara Tegangan dan Regangan .....	67
4.3 Hubungan antara Beban dan Perpindahan melalui Pembebanan Monotonik 72	
4.3.1 EBF-K <i>Link</i> C 310×31 .....	72
4.3.2 EBF-K <i>Link</i> IWF 350×175 .....	74
4.3.3 EBF-K <i>Link</i> W 360×57,8 .....	76
4.3.4 EBF-K <i>Link</i> IWF 500×200 .....	77
4.4 Pengaruh Variasi Tipe Penampang <i>Link</i> terhadap Perpindahan <i>Ultimate</i> , Kekakuan, dan Daktilitas .....	79
4.5 Hasil Pembebanan Siklik.....	80
4.5.1 EBF-K <i>Link</i> C 310×31 .....	81
4.5.2 EBF-K <i>Link</i> IWF 350×175 .....	82
4.5.3 EBF-K <i>Link</i> W 360×57,8 .....	84
4.5.4 EBF-K <i>Link</i> IWF 500×200 .....	86
4.5.5 Pengaruh tipe penampang <i>link</i> terhadap nilai disipasi energi .....	87
4.6 Pengaruh Pembebanan Siklik dan Monotonik.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan .....	91
5.2 Saran .....	92
DAFTAR PUSTAKA .....	94
LAMPIRAN.....	100

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat mekanis baja .....	22
Tabel 3.1 Data plastis kolom, balok, dan pelat verifikasi model .....	51
Tabel 3.2 Data plastis baut verifikasi model .....	52
Tabel 3. 3 Data plastis BJ 55 (Yadi, 2005) .....	55
Tabel 3. 4 Data plastis ST 14 LYS (Azandariani dkk., 2020) .....	56
Tabel 3.5 Data spesimen dan variasi <i>link</i> .....	58
Tabel 3. 7 Konfigurasi pembebanan siklik .....	62
Tabel 4. 1 Perbandingan nilai perpindahan <i>ultimate</i> , daktilitas, dan kekakuan....	80
Tabel 4. 2 Perbandingan nilai disipasi energi .....	88



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva hubungan tegangan ( $f$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) (Setiawan, 2008)...	19
Gambar 2. 2 Bagian kurva tegangan-regangan yang diperbesar (Setiawan, 2008) .....	20
Gambar 2. 3 Kurva tegangan regangan beserta parameter sifat mekanik material (Budiman, 2016) .....	20
Gambar 2. 4 Konfigurasi portal MRF, CBF dan EBF (Kurdi dkk., 2013) .....	24
Gambar 2. 5 Perbedaan perilaku tiga model sistem struktur baja (Moestopo dkk., 2006) .....	24
Gambar 2. 6 Beberapa konfigurasi <i>eccentrically braced frames</i> (Yurisman dkk., 2018) .....	25
Gambar 2. 7 Konfigurasi <i>bolted unstiffened end plate</i> dan <i>bolted stiffened end plate</i> (Bruneau dkk., 2011).....	27
Gambar 2. 8 Konfigurasi sambungan las (Yang dan Kim, 2007).....	27
Gambar 2. 9 Gaya yang bekerja pada <i>panel zone</i> (Bruneau dkk., 2011).....	29
Gambar 2. 10 Distorsi yang berlebihan pada <i>panel zone</i> (Bruneau dkk., 2011)...	29
Gambar 2. 11 Gaya yang bekerja pada balok <i>link</i> (Rafael dan Suswanto, 2017) .	31
Gambar 2. 12 Klasifikasi <i>link</i> (Rafael dan Suswanto, 2017) .....	31
Gambar 2. 13 Konfigurasi <i>end-plate connected replaceable link</i> (Mansour dkk., 2011) .....	33
Gambar 2. 14 Konfigurasi <i>bolted web-connected replaceable link</i> (Mansour dkk., 2011) .....	34
Gambar 2. 15 Detail EBF dengan sambungan pelat buhul (Bozkurt, 2018).....	35
Gambar 2. 16 Detail EBF dengan sambungan <i>compact gusset plated</i> (Bozkurt, 2018) .....	35
Gambar 2. 17 Detail EBF dengan sambungan <i>pin gusset plated</i> (Bozkurt, 2018)	35
Gambar 2. 18 Link tanpa <i>web stiffener</i> setelah diuji beban siklik (Malley dan Popov, 1983) .....	37
Gambar 2. 19 Link dengan <i>web stiffener</i> setelah diuji beban siklik (Malley dan Popov, 1983) .....	37

Gambar 2. 20 Kurva histeresis pada <i>link</i> tanpa <i>web stiffener</i> (Hjelmstad dan Popov, 1983) .....	38
Gambar 2. 21 Kurva histeresis pada <i>link</i> dengan <i>web stiffener</i> (Hjelmstad dan Popov, 1983) .....	38
Gambar 2. 22 Pembebanan monotonik (Brock dkk., 2015).....	39
Gambar 2. 23 Kurva hubungan tegangan-regangan (Brock dkk., 2015) .....	39
Gambar 2. 24 Pola pembebanan siklik (Ing dkk., 2016).....	40
Gambar 2. 25 Definisi daktilitas struktur (Yurisman dan Moestopo, 2003).....	41
Gambar 2. 26 Grafik daktilitas perpindahan terhadap <i>damping ratio</i> dengan berbagai material (Bruneau dkk., 2011).....	42
Gambar 2. 27 Kurva histeresis (Bruneau dkk., 2016).....	45
Gambar 2. 28 Visualisasi kegagalan struktur menggunakan <i>Abaqus CAE</i> (Pangestuti dan Suswanto, 2021) .....	46
Gambar 2. 29 Diskritisasi metode beda hingga dan metode elemen hingga untuk penampang sudut terbin (Jagota dkk., 2013) .....	47
Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian.....	48
Gambar 3. 2 Profil baja I (IWF).....	52
Gambar 3. 3 Model verifikasi (Ostrander, 1970).....	54
Gambar 3. 4 Model verifikasi .....	54
Gambar 3. 5 Profil IWF dan W-beam.....	57
Gambar 3. 6 Profil C .....	57
Gambar 3. 7 (a) Dimensi penampang link C 310×31 (b) Dimensi penampang <i>link</i> IWF 350×175 (c) Dimensi penampang link W 360×57,8 (d) Dimensi penampang <i>link</i> IWF 500×200 .....	58
Gambar 3. 8 Klasifikasi profil kompak, tak kompak, dan langsing.....	59
Gambar 3. 9 Grafik pembebanan monotonik.....	62
Gambar 3. 10 Konfigurasi pembebanan siklik.....	63
Gambar 3. 11 Model Struktur EBF-K <i>Link</i> C 310×31 (Spesimen C1).....	64
Gambar 3. 12 Model struktur EBF-K <i>Link</i> IWF 350×175 (Spesimen I1) .....	64
Gambar 3. 13 Model struktur EBF-K <i>Link</i> W 360×57,8 (Spesimen W1) .....	65
Gambar 3. 14 Model Struktur EBF-K <i>Link</i> IWF 500×200 (Spesimen I2) .....	65

Gambar 4.1 Perbandingan kurva <i>moment-rotation</i> Ostrander (1970) dan verifikasi model.....	66
Gambar 4. 2 (a) Titik nilai tegangan-regangan <i>link</i> C 310×31 (b) Kurva hubungan tegangan-regangan <i>link</i> C 310×31 melalui pembebanan monotonik 500 mm.....	68
Gambar 4. 3 (a) Titik nilai tegangan-regangan <i>link</i> IWF 350×175 (b) Kurva hubungan tegangan-regangan <i>link</i> IWF 350×175 melalui pembebanan monotonik 500 mm .....	68
Gambar 4. 4 (a) Titik nilai tegangan-regangan <i>link</i> W 360×57,8 (b) Kurva hubungan tegangan-regangan <i>link</i> W 360×57,8 melalui pembebanan monotonik 500 mm .....	69
Gambar 4. 5 (a) Titik nilai tegangan-regangan <i>link</i> IWF 500×200 (b) Kurva hubungan tegangan-regangan <i>link</i> IWF 500×200 melalui pembebanan monotonik 500 mm .....	70
Gambar 4. 6 Kurva hubungan tegangan-regangan gabungan melalui pembebanan monotonik 500 mm .....	71
Gambar 4. 7 Diagram tegangan maksimum EBF-K tiap spesimen .....	71
Gambar 4. 8 Titik <i>loading point</i> .....	72
Gambar 4. 9 Leleh pada <i>web</i> dan <i>flange</i> struktur EBF-K <i>link</i> C 310×31 .....	73
Gambar 4. 10 <i>Link</i> mengalami tekuk ( <i>buckling</i> ).....	73
Gambar 4. 11 Grafik P-delta pada struktur EBF-K <i>link</i> C 310×31.....	74
Gambar 4. 12 Leleh pada <i>web</i> , <i>flange</i> , dan <i>web stiffener</i> struktur EBF-K <i>link</i> IWF 350×175 .....	74
Gambar 4. 13 <i>Link</i> mengalami tekuk ( <i>buckling</i> ) .....	75
Gambar 4. 14 Grafik P-delta struktur EBF-K <i>link</i> IWF 350×175 .....	75
Gambar 4. 15 Leleh pada <i>web</i> , <i>flange</i> , dan <i>web stiffener</i> struktur EBF-K <i>link</i> W 360×57,8 .....	76
Gambar 4. 16 <i>Link</i> mengalami tekuk ( <i>buckling</i> ).....	76
Gambar 4. 17 Grafik P-delta struktur EBF-K <i>link</i> W 360×57,8.....	77
Gambar 4. 18 Leleh pada <i>web</i> struktur EBF-K <i>link</i> IWF 500×200 .....	77
Gambar 4. 19 <i>Link</i> mengalami tekuk ( <i>buckling</i> ).....	78
Gambar 4. 20 Grafik P-delta struktur EBF-K <i>link</i> IWF 500×200 .....	78
Gambar 4. 21 Grafik P-delta gabungan.....	79

Gambar 4. 22 Persebaran gaya pada struktur portal EBF-K <i>link</i> C 310×31 .....	81
Gambar 4. 23 Leleh pada badan ( <i>web</i> ) struktur EBF-K <i>link</i> C 310×31.....	81
Gambar 4. 24 <i>Link</i> mengalami tekuk ( <i>buckling</i> ).....	82
Gambar 4. 25 Kurva histeresis EBF-K <i>link</i> C 310×31 .....	82
Gambar 4. 26 Persebaran gaya pada struktur portal EBF-K <i>link</i> IWF 350×175 ..	83
Gambar 4. 27 Leleh pada badan ( <i>web</i> ) struktur EBF-K <i>link</i> IWF 350×175 .....	83
Gambar 4. 28 <i>Link</i> mengalami tekuk ( <i>buckling</i> ).....	83
Gambar 4. 29 Kurva histeresis EBF-K <i>link</i> IWF 350×175.....	84
Gambar 4. 30 Persebaran gaya pada struktur portal EBF-K <i>link</i> W 360×57,8.....	84
Gambar 4. 31 Leleh pada badan ( <i>web</i> ) struktur EBF-K <i>link</i> W 360×57,8 .....	85
Gambar 4. 32 <i>Link</i> mengalami tekuk ( <i>buckling</i> ).....	85
Gambar 4. 33 Kurva histeresis EBF-K <i>link</i> W 360×57,8 .....	85
Gambar 4. 34 Persebaran gaya pada struktur portal EBF-K <i>link</i> IWF 500×200 ..	86
Gambar 4. 35 Leleh pada badan ( <i>web</i> ) struktur EBF-K <i>link</i> IWF 500×200.....	86
Gambar 4. 36 <i>Link</i> dan <i>bracing</i> mengalami tekuk ( <i>buckling</i> ) .....	87
Gambar 4. 37 Kurva histeresis EBF-K <i>link</i> IWF 500×200.....	87
Gambar 4. 38 Kurva histeresis gabungan .....	88
Gambar 4. 39 Grafik perbandingan pembebanan siklik dan monotonik pada struktur EBF-K dengan variasi tipe penampang <i>link</i> .....	90

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Verifikasi Model .....	100
Lampiran 2. Penentuan Jenis Penampang .....	102
Lampiran 3. Penentuan <i>Panel Zone</i> .....	103
Lampiran 4. Penentuan Panjang Balok <i>Link</i> .....	104
Lampiran 5. Penentuan Pengaku Badan ( <i>Web Stiffener</i> ) .....	105
Lampiran 6. Penentuan Konfigurasi Pembebanan Siklik .....	106
Lampiran 7. <i>Output</i> Tegangan Regangan .....	107
Lampiran 8. Perhitungan Daktilitas dan Kekakuan .....	112
Lampiran 9. Perhitungan Disipasi Energi .....	118
Lampiran 10. Langkah-Langkah Pemodelan .....	124

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

$\lambda_f$	[-]	Rasio lebar terhadap tebal.
B	[mm]	Panjang <i>flange</i> .
$t_f$	[mm]	Tebal <i>flange</i> .
$\lambda_r$	[-]	Batas rasio lebar-tebal non kompak-langsing.
$\lambda_p$	[-]	Batas rasio lebar-tebal kompak-non kompak.
E	[MPa]	Modulus elastisitas.
$f_y$	[MPa]	Tegangan leleh.
h	[mm]	Tinggi <i>web</i> .
$t_w$	[mm]	Tebal <i>web</i> .
$d_z$	[mm]	Lebar <i>panel zone</i> di antara <i>continuity plate</i> .
$t_z$	[mm]	Tebal <i>panel zone</i> .
$w_z$	[mm]	Lebar <i>panel zone</i> di antara <i>flange</i> kolom.
$M_p$	[Nmm]	Momen plastis.
$V_p$	[N]	Kapasitas geser plastis.
$Z_x$	[mm <sup>3</sup> ]	Modulus plastis.
e	[mm]	Panjang <i>link</i> .
d	[mm]	Tinggi profil baja.
b	[mm]	Lebar pengaku badan.
t	[mm]	Tebal pengaku badan.
a	[mm]	Jarak pengaku badan.
$b_f$	[mm]	Lebar <i>flange</i> .
$C_B$	[-]	Koefisien deformasi.
$\mu_u$	[-]	Daktilitas <i>ultimate</i> .
$\Delta_u$	[mm]	Rasio perpindahan maksimum.
$\Delta_y$	[mm]	Rasio perpindahan leleh.

## DAFTAR SINGKATAN

- MRF : *Moment Resisting Frames*  
CBF : *Centrally Braced Frames*  
EBF : *Eccentrically Braced Frames*