

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PEMODELAN ABAQUS DENGAN VARIASI TIPE *BRACING*  
V TERBALIK, X, DAN K PADA SISTEM RANGKA PORTAL BAJA  
(Studi Kasus: Area Parkir Stasiun Tugu Barat Yogyakarta)**

**Disusun guna melengkapi persyaratan untuk mencapai  
derajat kesarjanaan Strata-1**



Disusun oleh:

**WAHYU TRI UTOMO**

**20130110055**

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

**2017**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PEMODELAN ABAQUS DENGAN VARIASI TIPE *BRACING*  
V TERBALIK, X, DAN K PADA SISTEM RANGKA PORTAL BAJA  
(Studi Kasus: Area Parkir Stasiun Tugu Barat Yogyakarta)**

Disusun guna melengkapi persyaratan untuk mencapai  
derajat keserjanaan Strata-1



Disusun oleh:

**WAHYU TRI UTOMO**

**20130110055**

Telah disetujui dan disahkan oleh:

**Bagus Soebandono, S.T., M.Eng.**

Dosen Pembimbing I

Yogyakarta,

**Martiana Dwi Cahyati, S.T., M.Eng.**

Dosen Pembimbing II

Yogyakarta,

**Hakas Prayuda, S.T., M.Eng.**

Dosen Penguji

Yogyakarta,

## HALAMAN MOTTO

*Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan juga orang-orang yang dikaruniai ilmu pengetahuan hingga beberapa derajat.*

*(QS. Al-Mujadalah: 11)*

*Dan katakanlah (wahai Nabi Muhammad), "ya tuhanKu, tambahkan kepadaku ilmu pengetahuan".*

*(QS. Thoha: 114)*

*Sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan.*

*(QS. Al-Insyiraah: 6)*

*Barangsiapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga.*

*(HR. Muslim)*

*Man Jadda Wjada Wa Man Shabra Zhafira (Barangsiapa yang bersungguh-sungguh pasti berhasil dan barangsiapa yang bersabar pasti beruntung).*

*Idza Shodaqol 'Azmu Wadhoha-Sabiil (Jika ada kemauan pasti ada jalan).*

*Di dalam hal-hal yang rumit ada hal-hal yang simpel.*

*(Albert Einstein)*

*Siapapun yang belum pernah melakukan kesalahan tidak pernah mencoba sesuatu yang baru.*

*(Albert Einstein)*

*Ilmu tanpa agama adalah lumpuh dan agama tanpa ilmu adalah buta.*

*(Albert Einstein)*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Allah Subhanahu wa Ta'ala atas nikmat Iman, nikmat Islam, dan Segala rahmat serta hidayah-Nya sehingga segala kebaikan menjadi sempurna.*

*Nabi Besar Muhammad Shallahu'alaihi wasallam yang telah membawa hukum halal-haramnya Sang Pencipta sehingga umat Islam memiliki panduan hidup.*

*Kepada Ibu Ayuninggrum S.Y. dan Bapak Surodjo, BBA yang senantiasa mendoakan, memberi kasih sayang dan semangat untuk tetap beribadah, mencari ilmu, bersabar, dan berbuat kebajikan agar bermanfaat untuk seluruh umat manusia.*

*Kepada Kakak Dyah Ayu Kusumawardhani, A.Md dan Dewi Ayu Utari, S.E., M.M. yang selalu senantiasa menjadi sosok penyemangat dalam keadaan suka maupun duka.*

*Kepada Bapak Djaja Santosa dan Ibu Asmini yang telah menjaga dan memperbolehkan saya untuk dapat tinggal di rumah mereka.*

*Untuk seluruh teman-teman yang pernah menjadi keluarga kecil di Yogyakarta yaitu keluarga Kelas A dan B Angkatan 2013 Jurusan Teknik Sipil.*

*Untuk teman-teman mahasiswa Universitas Muhammadiyah Yogyakarta khususnya teman-teman jurusan Teknik Sipil angkatan 2013*

*Untuk semua dosen yang telah mengajarkan dan membimbing dari semester awal sampai semester akhir.*

## KATA PENGANTAR



*AssalammualaikumWr. Wb.*

*Alhamdulillah* *rabbilalaamiin*, segala puji syukur atas kehadiran Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi Wasallam* beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Pemodelan Abaqus Dengan Variasi Tipe *Bracing* V Terbalik, X, dan K Pada Sistem Rangka Portal Baja (Studi Kasus: Area Parkir Stasiun Tugu Barat Yogyakarta)”**.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selama penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengalami banyak kesulitan, namun berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Ucapan tersebut ditujukan kepada:

1. Bapak Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Ir. Anita Widianti, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Bagus Soebandono, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan dukungan dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Martyana Dwi Cahyati, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II yang selalu setia membimbing, memberikan keluangan waktunya untuk berbagi ilmu, serta memberikan dukungan dan arahan sehingga Tugas Akhir ini tersusun sampai akhir.

5. Bapak Hakas Prayuda, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji.
6. Kedua orangtuaku, Ibu Ayuningrum S.Y. dan Bapak Surodjo, BBA yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, semangat, dan pengorbanan yang tak terhingga.
7. Kedua kakakku, Dyah Ayu Kusumawardhani, A.Md dan Dewi Ayu Utari, S.E., M.M. yang selalu senantiasa menjadi sosok penyemangat dalam keadaan suka maupun duka.
8. Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
9. Teman-teman Teknik Sipil kelas A dan B angkatan 2013 yang telah menjadi keluarga selama empat tahun.
10. Teman-teman Teknik Sipil khususnya angkatan 2013 yang tak terlupakan dan selalu memberikan semangat, masukan, dukungan serta kebersamaannya selama ini.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan pada waktunya.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi Penulis khususnya dan bermanfaat bagi pembangunan pada umumnya serta bermanfaat bagi pembaca. Apabila terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini Penulis mengharapkan saran dan masukan yang bersifat membangun.

Segala kemampuan telah tercurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakaatuh.*

Yogyakarta, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
INTISARI .....	Error! Bookmark not defined.
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
A. Latar Belakang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
B. Rumusan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C. Batasan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
D. Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
E. Manfaat Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
F. Keaslian Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
A. Sistem Rangka <i>Bracing</i> Tipe V Terbalik .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
B. Sistem Rangka <i>Bracing</i> Tipe X.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C. Sistem Rangka <i>Bracing</i> Tipe K.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
A. Baja.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
B. Sistem Rangka Portal Baja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C. Sistem Rangka <i>Bracing</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
D. Beban Lateral.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
E. Analisis Statik Ekuivalen .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

F. Kekakuan Struktur .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G. Integrasi Numerik .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
H. Metode Elemen Hingga .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
I. <i>Software</i> Abaqus.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
A. Langkah-Langkah Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
B. Studi Lapangan dan Studi Pustaka .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C. Pengumpulan Data.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
D. Pemodelan Struktur .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
E. Analisis Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
A. Analisis Statik Ekuivalen .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
B. Konvergensi Elemen.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C. Hubungan Beban dan <i>Displacement</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
D. Kekakuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
E. <i>Hysteretic Energy</i> (HE) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
F. Perbandingan Struktur Portal Dengan <i>Bracing</i> Dan Tanpa <i>Bracing</i>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
G. Gambar Hasil Analisis.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
A. Kesimpulan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
B. Saran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kontrol distribusi beban lateral.....	6
Tabel 2.2 Perbandingan simpangan horisontal maks. gempa dinamik pada <i>bracing</i> x dan k .....	10
Tabel 2.3 Perbandingan simpangan horisontal maks. gempa statik pada <i>bracing</i> x dan k .....	11
Tabel 3.1 Sifat-sifat mekanis baja struktural.....	16
Tabel 3.2 Beban mati .....	24
Tabel 3.3 Beban hidup pada lantai gedung .....	24
Tabel 3.4 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa .....	25
Tabel 4.1 Deskripsi bangunan.....	45
Tabel 4.2 Data plastis yang digunakan .....	46
Tabel 4.3 Koefisien gesekan .....	46
Tabel 5.1 Beban struktur terhadap beban sendiri tiap lantai .....	77
Tabel 5.2 Beban mati tiap lantai .....	78
Tabel 5.3 Beban total struktur .....	79
Tabel 5.4 Faktor keutamaan gempa .....	80
Tabel 5.5 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	81
Tabel 5.6 Koefisien situs, $F_a$ .....	82
Tabel 5.7 Koefisien situs, $F_v$ .....	82
Tabel 5.8 Distribusi gaya gempa lateral ( $F_i$ ).....	83
Tabel 5.9 Periode fundamental struktur ( $T$ ).....	84
Tabel 5.10 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	85
Tabel 5.11 Hasil analisis konvergensi <i>bracing</i> tipe v terbalik.....	85
Tabel 5.12 Hasil analisis konvergensi <i>bracing</i> tipe x .....	87
Tabel 5.13 Hasil analisis konvergensi <i>bracing</i> tipe k .....	88
Tabel 5.14 Hasil kekakuan <i>bracing</i> tipe v terbalik (7278 elemen) .....	90
Tabel 5.15 Hasil kekakuan <i>bracing</i> tipe x (8460 elemen) .....	90
Tabel 5.16 Hasil kekakuan <i>bracing</i> tipe k (15794 elemen) .....	91

Tabel 5.17 Nilai <i>hysteretic energy bracing</i> tipe v terbalik (7278 elemen) .....	92
Tabel 5.18 Nilai <i>hysteretic energy bracing</i> tipe x (8460 elemen).....	93
Tabel 5.19 Nilai <i>hysteretic energy bracing</i> tipe k (15794 elemen).....	93

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kontrol penampang <i>bracing</i> .....	7
Gambar 2.2 Balok <i>bracing</i> .....	8
Gambar 2.3 Kolom komposit.....	8
Gambar 3.1 Kurva hubungan tegangan ( $f$ ) vs regangan ( $\epsilon$ ).....	14
Gambar 3.2 Kurva hubungan tegangan ( $f$ ) – regangan ( $\epsilon$ ) yang diperbesar .....	14
Gambar 3.3 <i>Moment Resisting Frames</i> (MRF).....	19
Gambar 3.4 Jenis-jenis <i>concentrically braced frames</i> .....	19
Gambar 3.5 Respon spektrum gempa rencana dengan percepatan puncak batuan dasar 0,03g (a), 0,10g (b), 0,15g (c), 0,20g (d), 0,25g (e), dan 0,30g (f) .....	29
Gambar 3.6 Perbandingan anantara beban dan <i>displacement</i> .....	32
Gambar 3.7 Integral Suatu Fungsi .....	33
Gambar 3.8 Metode trapesium satu pias .....	34
Gambar 3.9 Metode trapesium banyak pias .....	35
Gambar 3.10 Elemen <i>rectangular solid</i> (RS-8).....	38
Gambar 3.11 Elemen <i>hexahedron solid</i> (H-8) .....	39
Gambar 3.12 Elemen <i>tetrahedron solid</i> (T-4) .....	39
Gambar 3.13 Komponen pada tampilan utama <i>software</i> Abaqus versi 6.11 .....	42
Gambar 4.1 Bagan alir proses pelaksanaan penelitian.....	44
Gambar 4.2 Area parkir stasiun tugu barat yogyakarta.....	45
Gambar 4.3 Profil WF.....	47
Gambar 4.4 Profil <i>hollow</i> .....	47
Gambar 4.5 Model struktur portal baja menggunakan <i>bracing</i> tipe v terbalik .....	48
Gambar 4.6 Detail A .....	48
Gambar 4.7 Detail B .....	48
Gambar 4.8 Detail C .....	49
Gambar 4.9 Detail D .....	49
Gambar 4.10 Model struktur portal baja menggunakan <i>bracing</i> tipe x .....	49
Gambar 4.11 Detail E.....	49

Gambar 4.12 Detail F .....	49
Gambar 4.13 Detail G .....	50
Gambar 4.14 Model struktur portal baja menggunakan <i>bracing</i> tipe k .....	50
Gambar 4.15 Detail H .....	50
Gambar 4.16 Detail I .....	50
Gambar 4.17 Detail J .....	51
Gambar 4.18 Membuka <i>software</i> Abaqus versi 6.11 .....	52
Gambar 4.19 Tampilan <i>Start Session</i> .....	52
Gambar 4.20 <i>Input</i> membuat <i>Part</i> kolom .....	53
Gambar 4.21 Menggambar <i>Lines</i> .....	54
Gambar 4.22 Setelah menggambar dengan <i>Lines</i> .....	54
Gambar 4.23 Mengatur dimensi elemen .....	54
Gambar 4.24 Tampilan setelah disesuaikan dimensinya .....	55
Gambar 4.25 Proses mengakhiri penggambaran <i>Part</i> .....	55
Gambar 4.26 Tampilan <i>Edit Base Extrusion</i> .....	56
Gambar 4.27 Tampilan setelah selesai dibuat <i>Part</i> kolom .....	56
Gambar 4.28 Tampilan untuk memilih <i>Create Material</i> .....	57
Gambar 4.29 Tampilan <i>Edit Material Elastic</i> .....	57
Gambar 4.30 Tampilan <i>Edit Material Plastic</i> .....	58
Gambar 4.31 Tampilan <i>Create Section</i> .....	58
Gambar 4.32 Tampilan <i>Edit Section</i> .....	59
Gambar 4.33 Tampilan untuk memilih <i>Assign Section</i> .....	59
Gambar 4.34 Memblok <i>Part</i> kolom lalu klik <i>Done</i> .....	60
Gambar 4.35 Tampilan <i>Edit Section Assignment</i> .....	60
Gambar 4.36 Tampilan hasil memasukkan material <i>Part</i> kolom .....	60
Gambar 4.37 Tampilan untuk memilih <i>Instance Part</i> .....	61
Gambar 4.38 Tampilan <i>Create Instance</i> .....	61
Gambar 4.39 Tampilan setelah <i>Instance Part</i> .....	62
Gambar 4.40 Tampilan membuat struktur portal .....	62
Gambar 4.41 Membuat partisi pada <i>Part</i> .....	63
Gambar 4.42 Bagian <i>Part</i> ketika dilakukan partisi .....	64

Gambar 4.43 Tampilan <i>Global Seeds</i> .....	64
Gambar 4.44 Tampilan hasil setelah <i>Mesh Part</i> .....	64
Gambar 4.45 Tampilan <i>Element Type</i> .....	65
Gambar 4.46 Tampilan <i>Verify Mesh</i> .....	65
Gambar 4.47 Tampilan <i>Create Step</i> .....	66
Gambar 4.48 Tampilan <i>Edit Step (Tab Basic)</i> .....	66
Gambar 4.49 Tampilan <i>Edit Step (Tab Incrementation)</i> .....	67
Gambar 4.50 Tampilan <i>Create Load</i> .....	68
Gambar 4.51 Menentukan titik beban .....	68
Gambar 4.52 Tampilan <i>Edit Load</i> .....	69
Gambar 4.53 Tampilan <i>Create Boundary Condition</i> .....	69
Gambar 4.54 Tampilan <i>Edit Boundary Condition</i> .....	70
Gambar 4.55 Hasil memasukkan beban dan <i>Boundary Condition</i> .....	70
Gambar 4.56 Tampilan <i>Create Constraint</i> .....	72
Gambar 4.57 Proses membuat interaksi .....	72
Gambar 4.58 Tampilan <i>Edit Interaction</i> .....	72
Gambar 4.59 Tampilan <i>Tab Tangential Behavior</i> .....	73
Gambar 4.60 Tampilan <i>Tab Normal Behavior</i> .....	73
Gambar 4.61 Tampilan <i>Slave Node/Surface Adjustment Options</i> .....	74
Gambar 4.62 Tampilan <i>Find Contact Pairs</i> .....	74
Gambar 4.63 Tampilan <i>Create Job</i> .....	75
Gambar 4.64 Tampilan <i>Edit Job</i> .....	76
Gambar 4.65 Tampilan <i>Job Manager</i> .....	76
Gambar 5.1 Desain spektrum gempa .....	82
Gambar 5.2 Hubungan jumlah elemen dan <i>displacement</i> pada <i>bracing</i> tipe v terbalik .....	86
Gambar 5.3 Hubungan jumlah elemen dan <i>displacement</i> pada <i>bracing</i> tipe x.....	87
Gambar 5.4 Hubungan jumlah elemen dan <i>displacement</i> pada <i>bracing</i> tipe k.....	88
Gambar 5.5 Hubungan beban dan <i>displacement</i> .....	89
Gambar 5.6 Nilai kekakuan untuk <i>bracing</i> tipe v terbalik, x, dan k .....	91
Gambar 5.7 Nilai <i>hysteretic energy</i> untuk <i>bracing</i> v terbalik, x, dan k .....	94

Gambar 5.8 Hubungan beban dan <i>displacement</i> untuk portal dengan <i>bracing</i> dan tanpa <i>bracing</i> .....	95
Gambar 5.9 Nilai kekakuan untuk portal dengan <i>bracing</i> dan tanpa <i>bracing</i> .....	95
Gambar 5.10 Nilai <i>hysteretic energy</i> untuk portal dengan <i>bracing</i> dan tanpa <i>bracing</i> .....	96
Gambar 5.11 Hasil analisis portal baja menggunakan <i>bracing</i> tipe v terbalik .....	97
Gambar 5.12 Hasil analisis portal baja menggunakan <i>bracing</i> tipe x.....	98
Gambar 5.13 Hasil analisis portal baja menggunakan <i>bracing</i> tipe k.....	98

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1 Gaya geser statik ekivalen .....	22
Persamaan 3.2 Periode fundamental struktur .....	24
Persamaan 3.3 Periode fundamental pendekatan .....	25
Persamaan 3.4 Rumus persamaan $S_{MS}$ .....	27
Persamaan 3.5 Rumus persamaan $S_{M1}$ .....	27
Persamaan 3.6 Rumus persamaan $S_{DS}$ .....	27
Persamaan 3.7 Rumus persamaan $S_{D1}$ .....	27
Persamaan 3.8 Koefisien respon seismik .....	28
Persamaan 3.9 Koefisien respon seismik minimum .....	28
Persamaan 3.10 Koefisien respon seismik maksimum .....	28
Persamaan 3.11 Gaya geser dasar gempa .....	28
Persamaan 3.12 Gaya geser dasar .....	30
Persamaan 3.13 Distribusi vertikal gaya gempa .....	30
Persamaan 3.14 Periode fundamental struktur menurut rumus <i>Rayleigh</i> .....	30
Persamaan 3.15 Kekakuan struktur .....	31
Persamaan 3.16 Integral suatu fungsi .....	33
Persamaan 3.17 Integral analisis .....	33
Persamaan 3.18 Luas trapesium menurut rumus geometri .....	34
Persamaan 3.19 Batas-batas pias .....	35
Persamaan 3.20 Integral total .....	35
Persamaan 3.21 Integral banyak pias .....	35
Persamaan 3.22 Metode elemen hingga .....	36
Persamaan 3.23 Metode <i>Rayleigh-Ritz</i> .....	36
Persamaan 3.24 Energi potensial total .....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Analisis Perencanaan Kolom
- Lampiran 2. Analisis Perencanaan Balok
- Lampiran 3. Konvergensi Elemen
- Lampiran 4. Struktur Portal Baja Tanpa *Bracing*
- Lampiran 5. *Hysteretic energy* (HE)
- Lampiran 6. Foto-Foto Survei Data Lapangan