

**TUGAS AKHIR**

**PERBANDINGAN OPTIMASI PENENTUAN LOKASI PENGAKU  
TAHAN TEKUK (BRB) UNTUK PORTAL BETON BERTULANG  
DENGAN DINDING SEBAGIAN MENGGUNAKAN *GENETIC  
ALGORITHM* DAN *HARMONY SEARCH ALGORITHM***

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



**Disusun oleh:**

**Athaya Hasna Fauzia**

**20200110164**

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

**2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Athaya Hasna Fauzia

NIM : 20200110164

Judul : Perbandingan Optimasi Penentuan Lokasi Pengaku Tahan Tekuk (BRB) untuk Portal Beton Bertulang dengan Dinding Geser Sebagian menggunakan *Genetic Algorithm* dan *Harmony Search Algorithm*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika di kemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 18 Juli ..... 2024

Penulis,



Athaya Hasna Fauzia

Dosen Peneliti,

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

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan kuasaNya, sehingga atas izinNya Tugas Akhir sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta telah berhasil saya tuntaskan. Meskipun masih jauh dari kata sempurna, tetapi penulis bangga dan penuh syukur atas selesainya tugas akhir ini.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Untuk diri saya sendiri yang sudah berhasil bertahan sampai menyelesaikan Tugas Akhir ini meskipun banyak hal yang terjadi dan menghambat proses penyelesaian.
2. Ibu Nur Heni Palupi dan Bapak Pambudi Hari Hartono yang sudah selalu bekerja keras, meluangkan waktu, dan memberikan doa untuk semua pencapaian penulis sampai saat ini.
3. Ibu Susi Mujadarojati dan Bapak Sugito yang sudah selalu bekerja keras, memberikan arahan serta inspirasi, dan memberikan doa untuk semua pencapaian penulis sampai saat ini.
4. Teman-teman angkatan 2020 terutama untuk grup mipan yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

## 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 sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Perbandingan Optimasi Penentuan Lokasi Pengaku Tahan Tekuk (BRB) untuk Portal Beton Bertulang dengan Dinding Geser Sebagian menggunakan *Genetic Algorithm* dan *Harmony Search Algorithm*.

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian sampai penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng., Ph.D. (Eng) selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
3. Dr. Ir. Seplika Yadi, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang memberikan masukan yang membangun untuk perbaikan laporan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen yang telah mendidik dan mengajar penulis selama perkuliahan, seluruh staff dan pegawai Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Seluruh pihak yang turut berpartisipasi membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Penulis sadar masih banyak terdapat kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini, penulis mohon maaf yang sebanyak banyaknya. Penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk para pembacanya.

Yogyakarta, 18 Juni 2024



Athaya Hasna Fauzia

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
DAFTAR NOTASI .....	xxii
DAFTAR SINGKATAN .....	xxvi
DAFTAR ISTILAH .....	xxvii
ABSTRAK .....	xxviii
<i>ABSTRACT</i> .....	xxix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori .....	21
2.2.1 Pengaplikasian SNI Beton Bertulang (SNI 2847:2019) .....	21
2.2.2 Persyaratan Tulangan Balok Pemikul Lentur SRPMK .....	22
2.2.3 Persyaratan Tulangan Balok Pemikul Geser SRPMK .....	22
2.2.4 Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) .....	24
2.2.5 Persyaratan Tulangan Kolom Pemikul Lentur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) .....	25
2.2.6 Kombinasi Pembebanan .....	26
2.2.7 Pembebanan Gempa Bersumber pada SNI 1726:2019 .....	29
2.2.8 Penggunaan Dinding SNI 2847:2019 .....	43

2.2.9	Dasar Teori Pemodelan pada STERA_3D.....	50
2.2.10	Metode Numerik STERA_3D.....	53
BAB III	METODE PENELITIAN.....	55
3.1	Umum.....	55
3.2	Metode Penelitian.....	55
3.3	Studi Referensi.....	56
3.4	Verifikasi Model.....	57
3.4.1	Data Umum Verifikasi.....	57
3.4.2	Spesifikasi Material Verifikasi.....	62
3.5	Pemodelan Struktur Menggunakan STERA_3D.....	62
3.6	Pemodelan Struktur dengan SAP2000 untuk Menentukan Berat Bangunan.....	66
3.7	Respons Spektrum di Indonesia sesuai SNI 1726:2019.....	67
3.7.1	Pemilihan Catatan Gempa/Gerakan Tanah Kuat ( <i>Strong Ground Motion</i> ) sesuai SNI 8899:2020.....	68
3.7.2	Proses Spektra <i>Ground Motions</i> sesuai SNI 8899:2020 pasal 7.9.2.3.1.....	73
3.7.3	Penyesuaian Data Akselerasi Gempa terhadap Waktu dan Respons Spektrum Indonesia.....	76
3.7.4	Pembuatan Data Gempa Utama Setelah Proses <i>Matching</i> .....	77
3.8	Implementasi <i>Genetic Algorithm</i> .....	84
3.8.1	<i>Flowchart Genetic Algorithm</i> .....	85
3.9	Implementasi <i>Harmony Search Algorithm</i> .....	86
3.9.1	Parameter <i>Harmony Search Algorithm</i> .....	87
3.9.2	<i>Flowchart Harmony Search Algorithm</i> .....	87
3.10	<i>Fitness Function</i> .....	88
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	91
4.1	Pendahuluan.....	91
4.2	Penjelasan Desain.....	91
4.3	Pembebanan.....	91
4.3.1	Pembebanan Struktur dengan SAP2000.....	91
4.3.2	Pembebanan Gempa.....	93
4.4	Hasil Penelitian.....	95

4.4.1	Hasil Pergeseran Lantai arah X.....	96
4.4.2	Grafik <i>Convergence</i> antara <i>Genetic Algorithm</i> dan <i>Harmony Search Algorithm</i> .....	98
4.4.3	Penentuan Susunan Akhir BRB dengan Metode Probabilistik .....	100
4.4.4	Waktu <i>Running Python Genetic Algorithm</i> dan <i>Harmony Search Algorithm</i> .....	116
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		119
5.1	Kesimpulan.....	119
5.2	Saran .....	120
DAFTAR PUSTAKA .....		121
LAMPIRAN.....		125



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil optimasi berdasarkan tiga algoritma (Alkhadashi <i>et al.</i> , 2022)..	16
Tabel 2. 2 Gap penelitian .....	18
Tabel 2. 3 Pembebanan gedung sekolah (SNI 1727, BSN 2020) .....	27
Tabel 2. 4 Kategori risiko berdasarkan jenis pemanfaatan struktur bangunan (SNI 1726, BSN 2019).....	29
Tabel 2. 5 Faktor keutamaan gempa (SNI 1726, BSN 2019) .....	30
Tabel 2. 6 Klasifikasi kelas situs (SNI 1726, BSN 2019).....	31
Tabel 2. 7 Koefisien situs, $F_a$ (SNI 1726, BSN 2019).....	32
Tabel 2. 8 Koefisien situs, $F_v$ (SNI 1726, BSN 2019) .....	32
Tabel 2. 9 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726, BSN 2019).....	34
Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI 1726, BSN 2019) .....	34
Tabel 2. 11 Faktor $R$ , $\Omega_0$ , dan $C_d$ untuk beberapa sistem penahan gaya gempa (SNI 1726, BSN 2019).....	35
Tabel 2. 12 Prosedur analisis yang diizinkan (SNI 1726, BSN 2019).....	38
Tabel 2. 13 Koefisien batasan atas periode (SNI 1726, BSN 2019).....	39
Tabel 2. 14 Nilai parameter periode pendekatan (SNI 1726, BSN 2019).....	39
Tabel 2. 15 Simpangan antar lantai (SNI 1726, BSN 2019).....	42
Tabel 2. 16 Tebal minimum dinding $h$ (SNI 2847, BSN 2019).....	43
Tabel 2. 17 Faktor panjang efektif $k$ (SNI 2847, BSN 2019) .....	44
Tabel 2. 18 Dinding prategang dan non prategang (SNI 2847, BSN 2019) .....	45
Tabel 2. 19 Tulangan minimum untuk dinding geser sebidang $V_u \leq 0,5\phi V_c$ (SNI 2847, BSN 2019).....	46
Tabel 2. 20 Perhitungan $\Delta_s$ (SNI 2847, BSN 2019) .....	49
Tabel 2. 21 Kekuatan BRB (Maulana <i>et al.</i> , 2022).....	52
Tabel 3. 1 Detail dimensi balok 5 lantai .....	57
Tabel 3. 2 Detail diameter kolom 5 lantai.....	58
Tabel 3. 3 Detail diameter dinding 5 lantai.....	58
Tabel 3. 4 Detail dimensi balok 10 lantai .....	58
Tabel 3. 5 Detail diameter kolom 10 lantai.....	59



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Hysteretic responses</i> pada <i>shear wall</i> pracetak konvensional (Gu <i>et al.</i> , 2019).....	5
Gambar 2. 2 <i>Hysteretic responses</i> pada <i>self-centering hybrid reinforced concrete shear walls</i> (Gu <i>et al.</i> , 2019).....	6
Gambar 2. 3 Penampang BRB yang digunakan dalam penelitian (Mohammadi <i>et al.</i> , 2019).....	7
Gambar 2.4 Detail sambungan pelat baja dengan rangka: a) balok dan b) kolom (Mohammadi <i>et al.</i> , 2019) .....	7
Gambar 2.5 Indeks kerusakan (Amezquita <i>et al.</i> , 2021).....	8
Gambar 2.6 Tampilan rangka bangunan luar dengan elemen penyangga diagonal (Castaldo <i>et al.</i> , 2021).....	9
Gambar 2.7 Perilaku seismik pada <i>reinforced concrete shear wall</i> (Li <i>et al.</i> , 2019) .....	10
Gambar 2.8 Perilaku seismik pada <i>coupled wall with BRSPs (CW-BRSP)</i> (Li <i>et al.</i> , 2019).....	10
Gambar 2.9 Perbandingan respons <i>hysteretic</i> dengan respons pengujian dengan intensitas seismik 100% (Akcelyan dan Lignos, 2021).....	11
Gambar 2.10 Optimasi peletakan BRB 10 lantai dengan dinding geser 40% (Maulana <i>et al.</i> , 2023).....	12
Gambar 2.11 Tipe kegagalan dinding geser (Mangalathu <i>et al.</i> , 2020).....	13
Gambar 2.12 Elevasi rangka RC dengan perkuatan BRB (Ouyang <i>et al.</i> , 2022) .	14
Gambar 2.13 Kurva degradasi kekakuan (Wang dan Wang, 2021).....	14
Gambar 2.14 Kurva konvergensi iterasi dengan bobot baja (Daloglu <i>et al.</i> , 2018) .....	15
Gambar 2. 15 Plot penyimpangan pada eksitasi kritis (Bekdaş <i>et al.</i> , 2022).....	16
Gambar 2. 16 Struktur BRB (Maulana, 2022) .....	17
Gambar 2. 17 Denah lebar efektif maksimum <i>wide beam</i> dan persyaratan tulangan transversal (SNI 2847, BSN 2019) .....	21
Gambar 2. 18 Ketentuan tulangan transversal dan denah lebar efektif maksimum <i>wide beam</i> A-A SNI 2847, BSN 2019).....	22
Gambar 2. 19 Pemasangan Sengkang tertutup (SNI 2847, BSN 2019).....	23

Gambar 2. 20 Detail Penulangan Balok SRPMK: (a) sengkang, (b) Tulangan Longitudinal (SNI 2847, BSN 2019).....	24
Gambar 2. 21 Ketentuan dimensi kolom (SNI 2847, BSN 2019).....	24
Gambar 2. 22 Detail tulangan transversal pada kolom (SNI 2847, BSN 2019) ...	25
Gambar 2. 23 Detail tulangan kolom pemikul lentur SNI 2847, BSN 2019) .....	26
Gambar 2. 24 Respons spektra percepatan pendek, percepatan 0,2 detik (SNI 1726, BSN 2019) .....	32
Gambar 2. 25 Respons spektra percepatan pendek, percepatan 1 detik (SNI 1726, BSN 2019) .....	33
Gambar 2. 26 Grafik respons spektra (SNI 1726, BSN 2019).....	33
Gambar 2. 27 Pegas elastis, lentur nonlinier, dan geser nonlinier untuk elemen yang dimodelkan oleh STERA_3D (Saito, 2023) .....	50
Gambar 2. 28 Model elemen kolom pada STERA_3D (Saito, 2023).....	50
Gambar 2. 29 Pemodelan penampang Kolom RC menggunakan model multi pegas: (a) penampang kolom asli dan (b) idealisasi model multi pegas (Maulana <i>et al.</i> , 2022).....	51
Gambar 2. 30 Hubungan momen-rotasi pada pegas lentur sebagai pertimbangan pada elemen struktur (Saito, 2023).....	51
Gambar 2. 31 Hubungan gaya-deformasi pada pegas geser sebagai pertimbangan nonlinier pada elemen struktur (Maulana <i>et al.</i> , 2022).....	51
Gambar 2. 32 Histeresis bilinear BRB yang diadopsi (Maulana <i>et al.</i> , 2022).....	52
Gambar 2. 33 Model elemen sebagai peredam pasif (Saito, 2023) .....	52
Gambar 2. 34 Model Bi-linear (Saito, 2023) .....	52
Gambar 2. 35 Kurva hubungan antara deformasi dan gaya nonlinier (Saito, 2023) .....	53
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian (Lanjutan).....	56
Gambar 3. 2 Detail tulangan balok 5 lantai.....	57
Gambar 3. 3 Detail tulangan kolom 5 lantai .....	58
Gambar 3. 4 Dimensi dinding 5 lantai .....	58
Gambar 3. 5 Detail tulangan balok 10 lantai.....	59
Gambar 3. 6 Detail tulangan kolom 10 lantai .....	59
Gambar 3. 7 Dimensi dinding 10 lantai .....	60

Gambar 3. 8 Detail tulangan balok 15 lantai.....	60
Gambar 3. 9 Detail tulangan kolom 15 lantai .....	61
Gambar 3. 10 Dimensi dinding 15 lantai .....	61
Gambar 3. 11 Tampilan awal STERA_3D .....	62
Gambar 3. 12 <i>Frame editor</i> untuk pengaturan jumlah lantai dan bentang .....	63
Gambar 3. 13 <i>Option member</i> untuk mengaktifkan <i>passive damper</i> .....	63
Gambar 3. 14 Pengaturan dimensi dan tulangan kolom .....	63
Gambar 3. 15 Pengaturan dimensi dan tulangan balok.....	64
Gambar 3. 16 Pengaturan dimensi dan tulangan dinding .....	64
Gambar 3. 17 Pengaturan <i>passive damper</i> .....	64
Gambar 3. 18 <i>Option for structure</i> untuk penentuan arah analisis .....	65
Gambar 3. 19 Tampilan aktual model struktur .....	65
Gambar 3. 20 Tampilan analisis telah berhasil .....	65
Gambar 3. 21 <i>Response setting</i> untuk <i>input</i> beban gempa .....	66
Gambar 3. 22 <i>Folder dialog</i> untuk peletakan <i>output running</i> model struktur.....	66
Gambar 3. 23 Pemodelan SAP2000 pada gedung 10 lantai.....	67
Gambar 3. 24 Respons Spektrum daerah Bantul (Ditjen Cipta Karya, 2021) .....	67
Gambar 3. 25 Peta sebaran magnitudo sumber gempa <i>Shallow Crustal</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan periode ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020) .....	68
Gambar 3. 26 Peta sebaran <i>source distance</i> sumber gempa <i>Shallow Crustal</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan periode ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020).....	68
Gambar 3. 27 Peta sebaran magnitudo sumber gempa <i>Benioff</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan periode ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)...	69
Gambar 3. 28 Peta sebaran <i>source distance</i> sumber gempa <i>Benioff</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan periode ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)...	69
Gambar 3. 29 Peta sebaran magnitudo sumber gempa <i>Megathrust</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan periode ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)...	69
Gambar 3. 30 Peta sebaran <i>source distance</i> sumber gempa <i>Megathrust</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan periode ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, 2020)....	70
Gambar 3. 31 $V_s/30$ Wilayah Kabupaten Bantul (Heath <i>et al.</i> , 2020) .....	71

Gambar 3. 32 Perbandingan antara input gempa dan respons spektrum sebelum dilakukan <i>matching</i> .....	75
Gambar 3. 33 Perbandingan antara input gempa dan respons spektrum sesudah dilakukan <i>matching</i> pada gedung 5 lantai.....	76
Gambar 3. 34 Perbandingan antara input gempa dan respons spektrum sesudah dilakukan <i>matching</i> pada gedung 10 lantai.....	76
Gambar 3. 35 Perbandingan antara input gempa dan respons spektrum sesudah dilakukan <i>matching</i> pada gedung 15 lantai.....	77
Gambar 3. 36 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN122_FRIULIA_A-COD000 model 5 lantai .....	77
Gambar 3. 37 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN176_IMPVAL.H_H-E13140 model 5 lantai. ....	77
Gambar 3. 38 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN191_IMPVAL.H_H-VCT075 model 5 lantai.....	78
Gambar 3. 39 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN268_VICT_SHP010.AT2 model 5 lantai.....	78
Gambar 3. 40 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN350_COALINGA.H_H-PG2090.AT2 model 5 lantai .....	78
Gambar 3. 41 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN996_NORTHR_FAR000.AT2 model 5 lantai .....	78
Gambar 3. 42 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2458_CHICHI.03_CHY025E.AT2 model 5 lantai.....	78
Gambar 3. 43 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2752_CHICHI.04_CHY101E model 5 lantai .....	79
Gambar 3. 44 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1621_DUZCE_YPT060.AT2 model 5 lantai.....	79
Gambar 3. 45 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1792_HECTOR_IRF090.AT2 model 5 lantai .....	79
Gambar 3. 46 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> Michoacan, 1985-09-19-13:17:47 UTC model 5 lantai .....	79
Gambar 3. 47 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN122_FRIULIA_A-COD000.AT2 model 10 lantai.....	79

Gambar 3. 48 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN176_IMPVAL.L.H_H-E13140.AT2 model 10 lantai.....	80
Gambar 3. 49 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN191_IMPVAL.L.H_H-VCT075.AT2 model 10 lantai .....	80
Gambar 3. 50 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN268_VICT_SHP010.AT2 model 10 lantai.....	80
Gambar 3. 51 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN350_COALINGA.H_H-PG2090.AT2 model 10 lantai .....	80
Gambar 3. 52 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN996_NORTHR_FAR000.AT2 model 10 lantai .....	80
Gambar 3. 53 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2458_CHICHI.03_CHY025E.AT2 model 10 lantai.....	81
Gambar 3. 54 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2752_CHICHI.04_CHY101E model 10 lantai .....	81
Gambar 3. 55 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1621_DUZCE_YPT060.AT2 model 10 lantai.....	81
Gambar 3. 56 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1792_HECTOR_IRF090.AT2 model 10 lantai .....	81
Gambar 3. 57 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> Michoacan, 1985-09-19-13:17:47 UTC model 10 lantai .....	81
Gambar 3. 58 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN122_FRIULIA_A-COD000 model 15 lantai .....	82
Gambar 3. 59 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN176_IMPVAL.L.H_H-E13140 model 15 lantai .....	82
Gambar 3. 60 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN191_IMPVAL.L.H_H-VCT075 model 15 lantai.....	82
Gambar 3. 61 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN268_VICT_SHP010.AT2 model 15 lantai.....	82
Gambar 3. 62 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN350_COALINGA.H_H-PG2090.AT2 model 15 lantai .....	82
Gambar 3. 63 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN996_NORTHR_FAR000.AT2 model 15 lantai .....	83

Gambar 3. 64 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2458_CHICHI.03_CHY025E.AT2 model 15 lantai.....	83
Gambar 3. 65 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2752_CHICHI.04_CHY101E model 15 lantai .....	83
Gambar 3. 66 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1621_DUZCE_YPT060.AT2 model 15 lantai.....	83
Gambar 3. 67 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1792_HECTOR_IRF090.AT2 model 15 lantai .....	83
Gambar 3. 68 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> Michoacan, 1985-09-19- 13:17:47 UTC model 15 lantai .....	84
Gambar 3. 69 Proses pengaplikasian <i>genetic algorithm</i> (Maulana <i>et al.</i> , 2022) ..	85
Gambar 3. 70 <i>Flowchart Genetic Algorithm</i> . .....	85
Gambar 3. 71 <i>Flowchart Harmony Search Algorithm</i> .....	87
Gambar 3. 72 Hubungan gaya dan deformasi <i>member</i> (Maulana <i>et al.</i> , 2022) ....	90
Gambar 4. 1 Pemodelan Pembebanan SAP2000 5 Lantai .....	91
Gambar 4. 2 Hasil Analisis SAP2000 10 Lantai.....	92
Gambar 4. 3 Hasil Analisis SAP2000 15 Lantai.....	92
Gambar 4. 4 Peta gempa untuk menentukan nilai percepatan periode pendek $S_s$ (SNI 1726, BSN 2019).....	94
Gambar 4. 5 Peta gempa untuk penentuan periode 1 detik $S_I$ SNI 1726, BSN 2019) .....	94
Gambar 4. 6 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X tanpa BRB Model 5 Lantai terhadap Gempa .....	96
Gambar 4. 7 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X tanpa BRB Model 10 Lantai terhadap Gempa .....	97
Gambar 4. 8 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X tanpa BRB Model 15 Lantai terhadap Gempa .....	97
Gambar 4. 9 Grafik hubungan iterasi dengan <i>fitness function</i> pada model 5 lantai gempa RSN 176 .....	98
Gambar 4. 10 Grafik hubungan iterasi dengan <i>fitness function</i> pada model 10 lantai gempa RSN 2752 .....	99



Gambar 4. 11 Grafik hubungan iterasi dengan <i>fitness function</i> pada model 15 lantai gempa RSN 350 .....	99
Gambar 4. 12 Penerapan BRB 5 Lantai berdasarkan optimasi <i>Genetic Algorithm</i> pada 11 masukan gerakan .....	100
Gambar 4. 13 Penerapan BRB 5 lantai berdasarkan optimasi <i>Harmony Search</i> <i>Algorithm</i> pada 11 masukan gerakan.....	100
Gambar 4. 14 Penerapan BRB 10 Lantai berdasarkan optimasi <i>Genetic Algorithm</i> pada 11 masukan gerakan .....	101
Gambar 4. 15 Penerapan BRB 10 lantai berdasarkan optimasi <i>Harmony Search</i> <i>Algorithm</i> pada 11 masukan gerakan.....	101
Gambar 4. 16 Penerapan BRB 15 Lantai berdasarkan optimasi <i>Genetic Algorithm</i> pada 11 masukan gerakan .....	102
Gambar 4. 17 Penerapan BRB 15 lantai berdasarkan optimasi <i>Harmony Search</i> <i>Algorithm</i> pada 11 masukan gerakan.....	102
Gambar 4. 18 Hasil Optimasi model 5 lantai dari <i>Genetic Algorithm</i> berdasarkan 11 gempa .....	103
Gambar 4. 19 Hasil Optimasi model 5 lantai dari <i>Harmony Search Algorithm</i> berdasarkan 11 gempa.....	103
Gambar 4. 20 Hasil Optimasi model 10 lantai dari <i>Genetic Algorithm</i> berdasarkan 11 gempa .....	104
Gambar 4. 21 Hasil Optimasi model 10 lantai dari <i>Harmony Search Algorithm</i> berdasarkan 11 gempa.....	104
Gambar 4. 22 Hasil Optimasi model 15 lantai dari <i>Genetic Algorithm</i> berdasarkan 11 gempa .....	105
Gambar 4. 23 Hasil Optimasi model 15 lantai dari <i>Harmony Search Algorithm</i> berdasarkan 11 gempa.....	105
Gambar 4. 24 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X terhadap 11 gempa menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 5 lantai.....	106
Gambar 4. 25 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X terhadap 11 gempa menggunakan <i>Harmony Search Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 5 lantai.....	107

Gambar 4. 26 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X terhadap 11 gempa menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 10 lantai.....	107
Gambar 4. 27 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X terhadap 11 gempa menggunakan <i>Harmony Search Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 10 lantai.....	108
Gambar 4. 28 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X terhadap 11 gempa menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 15 lantai.....	108
Gambar 4. 29 Grafik Pergeseran Antar Lantai Arah X terhadap 11 gempa menggunakan <i>Harmony Search Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 15 lantai.....	109
Gambar 4. 30 Grafik Perbandingan Pergeseran Arah X Rata-Rata Pada Hasil Optimasi BRB Model 5 Lantai .....	109
Gambar 4. 31 Grafik Perbandingan Pergeseran Arah X Rata-Rata Pada Hasil Optimasi BRB Model 10 Lantai .....	110
Gambar 4. 32 Grafik Perbandingan Pergeseran Arah X Rata-Rata Pada Hasil Optimasi BRB Model 15 Lantai .....	110
Gambar 4. 33 Grafik <i>Damage Index</i> antar lantai dengan <i>genetic algorithm</i> pada model 5 lantai.....	113
Gambar 4. 34 Grafik <i>Damage Index</i> antar lantai dengan <i>harmony search algorithm</i> pada model 5 lantai .....	114
Gambar 4. 35 Grafik faktor pembesaran dinamis hasil optimasi BRB.....	114
Gambar 4. 36 Grafik Faktor Pembesaran Dinamis pada Hasil Optimasi BRB Model 10 Lantai.....	115
Gambar 4. 37 Grafik Faktor Pembesaran Dinamis pada Hasil Optimasi BRB Model 15 Lantai.....	115

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. <i>CODING PYTHON</i> DENGAN <i>GENETIC ALGORITHM</i> DAN <i>HARMONY SEARCH ALGORITHM</i> .....	125
LAMPIRAN 2. <i>RUNNING SOFTWARE</i> STERA_3D .....	140
LAMPIRAN 3. PENDEFINISIAN KOLOM, BALOK, DINDING, DAN BRB PADA STERA_3D .....	143
LAMPIRAN 4. DATA PERGESERAN ANTAR LANTAI.....	147
LAMPIRAN 5. HASIL GRAFIK <i>CONVERGENCE</i> .....	156
LAMPIRAN 6 FAKTOR PEMBESARAN DINAMIS .....	166