

## **TUGAS AKHIR**

# **PERBANDINGAN OPTIMASI PENENTUAN LOKASI PENGAKU TAHAN TEKUK (BRB) UNTUK PORTAL BETON BERTULANG DENGAN DINDING SEBAGIAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM* DAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM***

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



**Disusun oleh:**

**Nugra Sentono Putra**

**20200110260**

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

**2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nugra Sentono Putra  
NIM : 20200110260  
Judul : Perbandingan Optimasi Penentuan Lokasi Pengaku Tahan Tekuk (BRB) untuk Portal Beton Bertulang dengan Dinding Sebagian menggunakan *Genetic Algorithm* dan *Particle Swarm Optimization Algorithm*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul Perbandingan Optimasi Penentuan Lokasi Pengaku Tahan Tekuk (BRB) untuk Portal Beton Bertulang dengan Dinding Sebagian menggunakan *Genetic Algorithm* dan *Particle Swarm Optimization Algorithm* dan didanai melalui skema Hibah Penelitian Internal Batch 1B LRI UMY pada tahun 2024 oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2023/2024 dengan nomor hibah 50/R-LRI/XII/2023.

Yogyakarta, 18 Juli 2024

Penulis



Nugra Sentono Putra

Dosen Peneliti

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname, is written over the text 'Dosen Peneliti'.

Ir. Taufiq Ilham Maulana, 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 saya persembahkan untuk:

1. Penulis sendiri yang telah berjuang menyelesaikan Tugas Akhir dengan berusaha keras dan mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah. Sesulit apapun proses penyusunan Tugas Akhir ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.
2. Bapak Slamet, S.E., M.Pd. yang telah memberikan motivasi penulis sejak kecil agar menempuh pendidikan setinggi-tingginya dan mampu melebihi apa yang beliau gapai. Terimakasih atas semua yang telah diberikan dan selamat menikmati masa-masa terakhir bekerja sebelum purna tugas.
3. Ibu Misiyah yang telah memberikan berjuta-juta doa kepada penulis agar menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terimakasih atas semua yang diberikan kepada penulis dan mendidik sejak kecil agar mengerti bahwa dunia itu keras.
4. Kedua adik penulis, Anindyo Danu Sentono dan Azzahra Auera Dianty yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman angkatan 2020 terutama kelas F yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Dosen Pembimbing tersabar Bapak Taufik Ilham Maulana yang sudah membimbing serta memberikan saran selama ini sehingga penulis dapat 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.

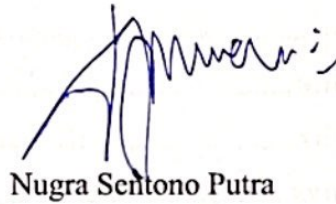
Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk merbandingkan Optimasi Penentuan Lokasi Pengaku Tahan Tekuk (BRB) untuk Portal Beton Bertulang dengan Dinding Sebagian menggunakan *Genetic Algorithm* dan *Particle Swarm Optimization 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 hingga 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, 11 Juli 2024



Nugra Sentono Putra

WILAYAH KAWASAN PERUSAHAAN ...

PANTUN ...

DAFTAR ISI ...

DAFTAR TABEL ...

DAFTAR GAMBAR ...

DAFTAR LAMPIRAN ...

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN ...

DAFTAR SINGKATAN ...

DAFTAR BERTITIK ...

ABSTRAK ...

ASSALAMU ...

DAFTAR PUSTAKA ...

1.1. Latar belakang ...

1.2. Rumusan Masalah ...

1.3. Tujuan Penelitian ...

1.4. Manfaat Penelitian ...

1.5. Manfaat teoritis ...

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI ...

2.1. Tinjauan Pustaka ...

2.2. Landasan Teori ...

2.2.1. Peraturan Menteri 2547/2018 tentang Deteksi Perulangan ...

2.2.2. Peraturan Menteri Penetapan Balok Perulangan Beton Sifat Momen (SNI 2847/2019) ...

2.2.3. Peraturan Menteri Penetapan Balok Perulangan Geser Sifat Momen (SNI 2847/2019) ...

2.2.4. Peraturan Menteri Ketersediaan Ketersediaan (SNI 2847/2019) ...

2.2.5. Peraturan Menteri Penetapan Ketersediaan Perulangan Beton Sifat Momen (SNI 2847/2019) ...

## 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.....	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....	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.....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Batasan masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori.....	20
2.2.1. Penggunaan SNI 2847:2019 tentang Beton Bertulang .....	20
2.2.2. Persyaratan Penulangan Balok Pemikul Lentur SRPMK (SNI 2847 :2019).....	21
2.2.3. Persyaratan Penulangan Balok Pemikul Geser SRPMK (SNI 2847 :2019).....	22
2.2.4. Komponen Struktur Kolom (SNI 2847:2019) .....	24
2.2.5. Persyaratan Penulangan Kolom Pemikul Lentur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	24

2.2.6.	Persyaratan Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019 .....	26
2.2.7.	Kombinasi Pembebanan .....	40
2.2.8.	Penggunaan Dinding SNI 2847:2019 .....	43
2.2.9.	Pemodelan Pada STERA_3D .....	51
2.2.10.	Metode Numerik STERA_3D .....	54
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>56</b>
3.1.	Umum .....	56
3.2.	Metode Penelitian .....	56
3.3.	Studi Referensi.....	57
3.4.	Verifikasi Model.....	58
3.4.1.	Data Umum Verifikasi .....	58
3.4.2.	Spesifikasi Material Verifikasi .....	63
3.5.	Pemodelan Struktur Gedung Menggunakan STERA_3D.....	63
3.6.	Permodelan Struktur dengan SAP2000 untuk Menentukan Berat Bangunan .....	67
3.7.	Respons Spektrum di Indonesia sesuai SNI 1726:2019 .....	68
3.7.1.	Pemilihan Catatan Gempa/Gerakan Tanah Kuat ( <i>Strong Ground Motion</i> ) sesuai SNI 8899:2020 .....	69
3.7.2.	Proses <i>Spektra Ground Motions</i> sesuai SNI 8899:2020 pasal 7.9.2.3.1.....	74
3.7.3.	Penyesuaian Data Akselerasi Gempa terhadap Waktu dan Respons Spektrum Indonesia .....	77
3.7.4.	Pembuatan Data Gempa Utama Setelah Proses <i>Matching</i> .....	78
3.8.	<i>Genetic Algorithm</i> (GA) .....	85
3.8.1.	<i>Flowchart Genetic Algorithm</i> .....	86
3.9.	<i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	87
3.9.1.	Parameter <i>Particle Swarm Optimization</i> .....	87
3.9.2.	<i>Flowchart Particle Swarm Optimization</i> .....	88
3.10.	<i>Fitness Function</i> .....	89
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>92</b>
4.1.	Pendahuluan.....	92
4.2.	Penjelasan Desain .....	92

4.3.	Pembebanan .....	92
4.3.1.	Pembebanan SAP2000.....	92
4.3.2.	Beban Gempa.....	94
4.4.	Hasil Penelitian .....	96
4.4.1.	Hasil Pergeseran Antar Lantai Pada Arah X Tanpa BRB .....	97
4.4.2.	Hasil Grafik <i>Convergence</i> antara <i>Genetic Algorithm</i> dan <i>Particle Swarm Optimization Algorithm</i> .....	99
4.4.3.	Penentuan Susunan Akhir BRB dengan Metode Probabilistik.....	101
4.4.4.	Waktu <i>Running Python Genetic Algorithm</i> dan <i>Particle Swarm Optimization</i> .....	117
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		119
5.1	Kesimpulan .....	119
5.2	Saran .....	120
DAFTAR PUSTAKA .....		121
LAMPIRAN.....		125



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Gap penelitian .....	17
Tabel 2. 2 Hubungan jenis pemanfaatan struktur dengan kategori risiko (SNI 1726, BSN 2019).....	26
Tabel 2. 3 Hubungan kategori risiko dengan faktor keutamaan gempa, $I$ (SNI 1726, BSN 2019).....	26
Tabel 2. 4 Hubungan Parameter Kemampuan Tanah Dengan Klasifikasi Situs Tanah (SNI 1726, BSN 2019).....	27
Tabel 2. 5 Koefisien situs, $F_a$ (SNI 1726, BSN 2019).....	28
Tabel 2. 6 Koefisien situs, $F_v$ (SNI 1726, BSN 2019).....	28
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726, BSN 2019).....	31
Tabel 2. 8 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik (SNI 1726, BSN 2019).....	31
Tabel 2. 9 Faktor $R$ , $\Omega_0$ , dan $C_d$ untuk beberapa sistem penahan gaya gempa (SNI 1726, BSN 2019).....	32
Tabel 2. 10 Prosedur Analisis yang diizinkan (SNI 1726, BSN 2019).....	35
Tabel 2. 11 Koefisien batas atas periode (SNI 1726, BSN 2019).....	36
Tabel 2. 12 Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ (SNI 1726, BSN 2019).....	36
Tabel 2. 13 Simpangan antar lantai ijin (SNI 1726, BSN 2019).....	40
Tabel 2. 14 Pembebanan gedung sekolah (SNI 1727, BSN 2020).....	41
Tabel 2. 15 Tebal minimal dinding $h$ (SNI 2847, BSN 2019).....	44
Tabel 2. 16 Faktor panjang efektif $k$ (SNI 2847, BSN 2019).....	45
Tabel 2. 17 $V_c$ Dinding prategang dan non prategang (SNI 2847, BSN 2019).....	46
Tabel 2. 18 Tulangan minimum untuk dinding dengan geser sebidang $V_u \leq 0,5\phi V_c$ (SNI 2847, BSN 2019).....	47
Tabel 2. 19 Perhitungan $\Delta_s$ (SNI 2847, BSN 2019).....	50
Tabel 2. 20 Kekuatan BRB .....	53
Tabel 3.1 Detail dimensi balok model 5 lantai .....	58
Tabel 3.2 Detail diameter kolom model 5 lantai.....	59
Tabel 3.3 Detail diameter dinding model 5 lantai.....	59
Tabel 3. 4 Detail dimensi balok model 10 lantai .....	59

Tabel 3. 5 Detail diameter kolom model 10 lantai.....	60
Tabel 3. 6 Detail diameter dinding model 10 lantai.....	61
Tabel 3. 7 Detail dimensi balok model 15 lantai .....	61
Tabel 3. 8 Detail diameter kolom model 15 lantai.....	62
Tabel 3. 9 Detail diameter dinding model 15 lantai.....	62
Tabel 3.10 Spesifikasi mutu pekerjaan struktur.....	63
Tabel 3. 11 Spesifikasi baja tulangan.....	63
Tabel 3. 12 Pemilihan catatan gempa di Kabupaten Bantul .....	72
Tabel 3. 13 Daftar gempa yang digunakan pada model 5 lantai.....	72
Tabel 3. 14 Daftar gempa yang digunakan pada model 10 lantai.....	73
Tabel 3. 15 Daftar gempa yang digunakan pada model 15 lantai.....	74
Tabel 3. 16 Periode pada model bangunan dengan mempertimbangkan efek P- delta .....	76
Tabel 3. 17 Periode pada model bangunan dengan tidak mempertimbangkan efek P-delta .....	76
Tabel 3. 18 <i>Damage Index</i> terhadap tampilan fisik struktur (Park dan Ang, 1985) .....	91
Tabel 4. 1 Hasil beban tiap lantai pada model 5 lantai .....	94
Tabel 4. 2 Hasil beban tiap lantai pada model 10 lantai .....	94
Tabel 4. 3 hasil beban tiap lantai pada model 15 lantai .....	94
Tabel 4. 4 Acuan penggambaran respon spektra sesuai SNI 1729:2019.....	96
Tabel 4. 5 Rata-rata <i>Damage Index</i> pada balok (kiri dan kanan) dari hasil optimasi <i>Genetic Algorithm</i> dan <i>Particle Swarm Optimization</i> .....	114
Tabel 4. 6 Perbandingan waktu <i>Running</i> antara <i>Genetic Algorithm</i> dan <i>Particle Swarm Optimization Algorithm</i> pada model gedung 5 lantai. ....	117
Tabel 4. 7 Perbandingan waktu <i>Running</i> antara <i>Genetic Algorithm</i> dan <i>Particle Swarm Optimization Algorithm</i> pada model gedung 10 lantai. ....	117
Tabel 4. 8 Perbandingan waktu <i>Running</i> antara <i>Genetic Algorithm</i> dan <i>Particle Swarm Optimization Algorithm</i> pada model gedung 15 lantai. ....	118

## 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> , 2020) .....	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</i> (CW-BRSP). (Li <i>et al.</i> , 2019).....	10
Gambar 2. 9 Perbandingan respon <i>hysteretic</i> dengan respon pengujian dengan intensitas seismik 100%. (akcelyan dan lignos, 2021).....	11
Gambar 2. 10 Model rangka RC 2D 10 lantai dengan dinding geser 40% (Maulana <i>et al.</i> , 2023).....	11
Gambar 2. 11 Tipe kegagalan dinding geser (Mangalathu <i>et al.</i> , 2020).....	12
Gambar 2. 12 Elevasi rangka RC dengan perkuatan BRB (Ouyang <i>et al.</i> , 2022) 13	
Gambar 2. 13 Kurva degradasi kekakuan. (Wang <i>et al.</i> , 2021).....	14
Gambar 2. 14 Kurva konvergensi bangunan yang dioptimalkan dengan pendekatan desain yang berbeda: (A) desain berbasis kode dan (B) desain berbasis LCC. (Amiri, 2023).....	15
Gambar 2. 15 Kurva konvergensi algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> : (A) desain berbasis profil lingkaran dan (B) desain berbasis profil lingkaran. (Hoseini <i>et al.</i> , 2021).....	16
Gambar 2. 16 Struktur BRB (Maulana, 2022).....	16
Gambar 2. 17 Denah lebar efektif maksimum balok lebar ( <i>wide beam</i> ) dan persyaratan tulangan transversal (SNI 2847, BSN 2019).....	20

Gambar 2. 18 Potongan A-A denah lebar efektif maksimum balok lebar ( <i>wide beam</i> ) dan persyaratan tulangan transversal (SNI 2847, BSN 2019)	21
Gambar 2. 19 Jenis-jenis pemasangan sengkang (SNI 2847, BSN 2019)	23
Gambar 2. 20 Detail Penulangan Balok SRPMK: (a) sengkang, (b) Tulangan Longitudinal (SNI 2847, BSN 2019)	23
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)	25
Gambar 2. 24 Respons spektra percepatan pendek yaitu percepatan 0,2 detik (SNI 1726, BSN 2019)	29
Gambar 2. 25 Respons spektra percepatan pendek yaitu percepatan 1 detik (SNI 1726, BSN 2019)	29
Gambar 2. 26 Ketentuan Penggambaran Grafik Respons Spektra (SNI 1726, BSN 2019)	30
Gambar 2. 27 Model elemen untuk balok (Saito, 2023)	51
Gambar 2. 28 Model elemen untuk kolom (Saito, 2023)	52
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)	52
Gambar 2. 30 Hubungan momen-rotasi pada pegas lentur untuk pertimbangan non linier pada elemen struktur (Saito, 2023)	52
Gambar 2. 31 Hubungan gaya-deformasi pada pegas geser untuk pertimbangan non linier pada elemen struktur (Maulana <i>et al.</i> , 2022)	53
Gambar 2. 32 <i>Hysteresis bilinear</i> BRB yang diadopsi (Maulana <i>et al.</i> , 2022)	53
Gambar 2. 33 Model elemen untuk peredam pasif (Saito, 2023)	54
Gambar 2. 34 <i>Bi-linear</i> Model (Saito, 2023)	54
Gambar 2. 35 Kurva hubungan antara deformasi dengan gaya nonlinier (Saito, 2023)	55
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian	56
Gambar 3. 2 Detail tulangan balok	58
Gambar 3.3 Detail tulangan kolom	59

Gambar 3.4 Dimensi dinding .....	59
Gambar 3. 5 Detail tulangan balok .....	60
Gambar 3. 6 Detail tulangan kolom .....	60
Gambar 3. 7 Dimensi dinding .....	61
Gambar 3. 8 Detail tulangan balok .....	61
Gambar 3. 9 Detail tulangan kolom .....	62
Gambar 3. 10 Dimensi dinding .....	62
Gambar 3. 11 Tampilan awal STERA_3D .....	63
Gambar 3. 12 <i>Frame editor</i> untuk pengaturan jumlah lantai dan bentang .....	64
Gambar 3. 13 <i>Option member</i> untuk mengaktifkan <i>passive damper</i> .....	64
Gambar 3. 14 Pengaturan dimensi dan tulangan kolom .....	64
Gambar 3. 15 Pengaturan dimensi dan tulangan balok.....	65
Gambar 3. 16 Pengaturan dimensi dan tulangan dinding .....	65
Gambar 3. 17 Pengaturan <i>passive damper</i> .....	65
Gambar 3. 18 <i>Option for structure</i> untuk penentuan arah analisis .....	66
Gambar 3. 19 Tampilan aktual model struktur .....	66
Gambar 3. 20 Tampilan analisis telah berhasil .....	66
Gambar 3. 21 <i>Response setting</i> untuk <i>input</i> beban gempa .....	67
Gambar 3. 22 <i>Folder dialog</i> untuk peletakan <i>output running</i> model struktur .....	67
Gambar 3. 23 Permodelan SAP2000 pada gedung 10 lantai .....	68
Gambar 3. 24 Respons Spektrum daerah Bantul (Ditjen Cipta Karya, 2021) .....	68
Gambar 3. 25 Peta sebaran magnitudo gempa <i>Shallow Crustal</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan perioda ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)	69
Gambar 3. 26 Peta sebaran <i>source distance</i> gempa <i>Shallow Crustal</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan perioda ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)	69
Gambar 3. 27 Peta sebaran magnitudo sumber gempa <i>Benioff</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan perioda ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)	70
Gambar 3. 28 Peta sebaran <i>source distance</i> sumber gempa <i>Benioff</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan perioda ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)	70
Gambar 3. 29 Peta sebaran magnitudo sumber gempa <i>Megathrust</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan perioda ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)	70

Gambar 3. 30 Peta sebaran <i>source distance</i> gempa <i>Megathrust</i> untuk $S_a$ 0.2s dengan perioda ulang gempa 2500 tahun (SNI 8899, BSN 2020)	71
Gambar 3. 31 $V_s30$ Kabupaten Bantul (Heath <i>et al.</i> , 2020)	72
Gambar 3. 32 Perbandingan antara <i>input</i> gempa dan respons spektrum sebelum dilakukan <i>matching</i> .	76
Gambar 3. 33 Perbandingan antara <i>input</i> gempa dan respons spektrum sesudah dilakukan <i>matching</i> pada gedung 5 lantai.	77
Gambar 3. 34 Perbandingan antara <i>input</i> gempa dan respons spektrum sesudah dilakukan <i>matching</i> pada gedung 10 lantai.	77
Gambar 3. 35 Perbandingan antara <i>input</i> gempa dan respons spektrum sesudah dilakukan <i>matching</i> pada gedung 15 lantai.	78
Gambar 3. 36 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN122_FRIULI.A_A- COD000 untuk gedung 5 lantai.	78
Gambar 3. 37 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN176_IMPVAL.L.H_H- E13140 untuk gedung 5 lantai.	78
Gambar 3. 38 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN191_IMPVAL.L.H_H- VCT075 untuk gedung 5 lantai.	79
Gambar 3. 39 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN268_VICT_SHP010.AT2 untuk gedung 5 lantai.	79
Gambar 3. 40 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN350_COALINGA.H_H-PG2090.AT2 untuk gedung 5 lantai. .....	79
Gambar 3. 41 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN996_NORTHR_FAR000.AT2 untuk gedung 5 lantai.	79
Gambar 3. 42 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2458_CHICHI.03_CHY025E.AT2 untuk gedung 5 lantai....	79
Gambar 3. 43 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2752_CHICHI.04_CHY101E untuk gedung 5 lantai.	80
Gambar 3. 44 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1621_DUZCE_YPT060.AT2 untuk gedung 5 lantai.	80
Gambar 3. 45 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1792_HECTOR_IRF090.AT2 untuk gedung 5 lantai.	80

Gambar 3. 46 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> Michoacan, 1985-09-19-13:17:47 UTC untuk gedung 5 lantai. ....	80
Gambar 3. 47 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN122_FRIULI.A_A-COD000.AT2 untuk gedung 10 lantai.....	80
Gambar 3. 48 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN176_IMPVAL.L.H_H-E13140.AT2 untuk gedung 10 lantai.....	81
Gambar 3. 49 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN191_IMPVAL.L.H_H-VCT075.AT2 untuk gedung 10 lantai. ....	81
Gambar 3. 50 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN268_VICT_SHP010.AT2 untuk gedung 10 lantai.....	81
Gambar 3. 51 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN350_COALINGA.H_H-PG2090.AT2 untuk gedung 10 lantai. ....	81
Gambar 3. 52 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN996_NORTHR_FAR000.AT2 untuk gedung 10 lantai. ....	81
Gambar 3. 53 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2458_CHICHI.03_CHY025E.AT2 untuk gedung 10 lantai. ....	82
Gambar 3. 54 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2752_CHICHI.04_CHY101E untuk gedung 10 lantai. ....	82
Gambar 3. 55 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1621_DUZCE_YPT060.AT2 untuk gedung 10 lantai. ....	82
Gambar 3. 56 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1792_HECTOR_IRF090.AT2 untuk gedung 10 lantai. ....	82
Gambar 3. 57 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> Michoacan, 1985-09-19-13:17:47 UTC untuk gedung 10 lantai. ....	82
Gambar 3. 58 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN122_FRIULI.A_A-COD000 untuk gedung 15 lantai. ....	83
Gambar 3. 59 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN176_IMPVAL.L.H_H-E13140 untuk gedung 15 lantai. ....	83
Gambar 3. 60 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN191_IMPVAL.L.H_H-VCT075 untuk gedung 15 lantai. ....	83

Gambar 3. 61 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN268_VICT_SHP010.AT2 untuk gedung 15 lantai.....	83
Gambar 3. 62 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN350_COALINGA.H_H-PG2090.AT2 untuk gedung 15 lantai. .....	83
Gambar 3. 63 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN996_NORTHR_FAR000.AT2 untuk gedung 15 lantai.....	84
Gambar 3. 64 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2458_CHICHI.03_CHY025E.AT2 untuk gedung 15 lantai.	84
Gambar 3. 65 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN2752_CHICHI.04_CHY101E untuk gedung 15 lantai.....	84
Gambar 3. 66 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1621_DUZCE_YPT060.AT2 untuk gedung 15 lantai. ....	84
Gambar 3. 67 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> RSN1792_HECTOR_IRF090.AT2 untuk gedung 15 lantai.....	84
Gambar 3. 68 Catatan gempa <i>matched Acceleragrams</i> Michoacan, 1985-09-19- 13:17:47 UTC untuk gedung 15 lantai. ....	85
Gambar 3. 69 Proses umum sampel <i>Genetic Algorithm</i> (Maulana <i>et al.</i> , 2022)...	86
Gambar 3. 70 <i>Flowchart Genetic Algorithm</i> .....	86
Gambar 3. 71 <i>Flowchart Particle Swarm Optimizaton Algorithm</i> .....	88
Gambar 3. 72 Hubungan gaya dan deformasi <i>member</i> (Maulana <i>et al.</i> , 2022) ....	91
Gambar 4. 1 Permodelan 5 Lantai SAP2000. ....	92
Gambar 4. 2 Permodelan 10 Lantai SAP2000. ....	93
Gambar 4. 3 Permodelan 15 Lantai SAP2000. ....	93
Gambar 4. 4 Peta gempa untuk menentukan nilai percepatan periode pendek $S_s$ (Badan Standarisasi Nasional, 2019).....	95
Gambar 4. 5 Peta gempa untuk penentuan periode 1 detik $S_I$ (Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2019) .....	95
Gambar 4. 6 Grafik pergeseran antar lantai arah x tanpa BRB terhadap gempa model 5 Lantai. ....	97
Gambar 4. 7 Grafik pergeseran antar lantai arah x tanpa BRB terhadap gempa model 10 Lantai. ....	98



Gambar 4. 8 Grafik pergeseran antar lantai arah x tanpa BRB terhadap gempa model 15 Lantai. ....	98
Gambar 4. 9 Grafik hubungan iterasi dengan <i>fitness function</i> pada model 5 lantai. ....	99
Gambar 4. 10 Grafik hubungan iterasi dengan <i>fitness function</i> pada model 10 lantai. ....	100
Gambar 4. 11 Grafik hubungan iterasi dengan <i>fitness function</i> pada model 15 lantai. ....	100
Gambar 4. 12 Penerapan BRB 5 lantai berdasarkan optimasi <i>Genetic Algorithm</i> pada 11 gempa. ....	101
Gambar 4. 13 Penerapan BRB 5 lantai Berdasarkan optimasi <i>Particle Swarm Optimization</i> pada 11 gempa. ....	101
Gambar 4. 14 Penerapan BRB 10 lantai berdasarkan optimasi <i>Genetic Algorithm</i> pada 11 gempa. ....	102
Gambar 4. 15 Penerapan BRB 10 lantai berdasarkan optimasi <i>Particle Swarm Optimization</i> pada 11 gempa. ....	102
Gambar 4. 16 Penerapan BRB 15 lantai berdasarkan optimasi <i>Genetic Algorithm</i> pada 11 gempa. ....	103
Gambar 4. 17 Penerapan BRB 15 lantai berdasarkan optimasi <i>Particle Swarm Optimization</i> pada 11 gempa. ....	103
Gambar 4. 18 Hasil optimasi model 5 lantai dari <i>Genetic Algorithm</i> . ....	104
Gambar 4. 19 Hasil optimasi model 5 lantai dari <i>Particle Swarm Optimization</i> . ....	104
Gambar 4. 20 Hasil optimasi model 10 lantai dari <i>Genetic Algorithm</i> . ....	105
Gambar 4. 21 Hasil optimasi model 10 lantai dari <i>Particle Swarm Optimization</i> . ....	105
Gambar 4. 22 Hasil optimasi model 15 lantai dari <i>Genetic Algorithm</i> . ....	106
Gambar 4. 23 Hasil optimasi model 15 lantai dari <i>Particle Swarm Optimization</i> . ....	106
Gambar 4. 24 Grafik pergeseran antar lantai arah x menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 5 lantai. ....	107
Gambar 4. 25 Grafik pergeseran antar lantai arah x menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i> pada hasil optimasi BRB model 5 lantai. ....	108

Gambar 4. 26 Grafik pergeseran antar lantai arah x menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 10 lantai. ....	108
Gambar 4. 27 Grafik pergeseran antar lantai arah x menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i> pada hasil optimasi BRB model 10 lantai. ....	109
Gambar 4. 28 Grafik pergeseran antar lantai arah x menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> pada hasil optimasi BRB model 15 lantai. ....	109
Gambar 4. 29 Grafik pergeseran antar lantai arah x menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i> pada hasil optimasi BRB model 15 lantai. ....	110
Gambar 4. 30 Grafik perbandingan pergeseran arah x rata-rata pada hasil optimasi BRB model 5 lantai. ....	110
Gambar 4. 31 Grafik perbandingan pergeseran arah x rata-rata pada hasil optimasi BRB model 10 lantai. ....	111
Gambar 4. 32 Grafik perbandingan pergeseran arah x rata-rata pada hasil optimasi BRB model 15 lantai. ....	111
Gambar 4. 33 Grafik <i>Damage Index</i> antar lantai pada optimasi <i>Genetic Algorithm</i> .....	114
Gambar 4. 34 Grafik <i>Damage Index</i> antar lantai pada optimasi <i>Genetic Algorithm</i> .....	115
Gambar 4. 35 Grafik faktor pembesaran dinamis pada hasil optimasi BRB model 5 lantai. ....	115
Gambar 4. 36 Grafik faktor pembesaran dinamis pada hasil optimasi BRB model 10 lantai. ....	116
Gambar 4. 37 Grafik faktor pembesaran dinamis pada hasil optimasi BRB model 15 lantai. ....	116

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Coding python</i> menggunakan <i>Genetic Algorithm</i> dan <i>Particle Swarm Optimization</i> .....	125
Lampiran 2 Pendefinisian kolom, balok, dinding, dan BRB pada STERA_3D	143
Lampiran 3 <i>Running software</i> STERA_3D .....	148
Lampiran 4 Hasil grafik <i>convergence</i> .....	152
Lampiran 5 Data pergeseran antar lantai .....	159
Lampiran 6 Data Faktor perbesaran dinamis .....	168