

**PEMODELAN SISTEM *OUTRIGGER* Dan *BELT-TRUSS*
PADA MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
GRAND DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA**

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

**ACHMAD ASSEGAF ARFIANSYAH
NIM. 5.17.04.08.0.001**



**UNIVERSITAS ISLAM MAJAPAHIT (UNIM)
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

2021

**PEMODELAN SISTEM *OUTRIGGER* Dan *BELT-TRUSS*
PADA MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
GRAND DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA**

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana (S-1) Teknik Sipil

**ACHMAD ASSEGAF ARFIANSYAH
NIM. 5.17.04.08.0.001**

**UNIVERSITAS ISLAM MAJAPAHIT
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

2021

PENGESAHAN

Skripsi/Tugas Akhir dengan Judul

**PEMODELAN SISTEM *OUTRIGGER* Dan *BELT-TRUSS*
PADA MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
GRAND DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA**

Oleh :

ACHMAD ASSEGAF ARFIANSYAH

NIM. 5.17.04.08.0.001

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji dan Dinyatakan
Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Tanggal 5 Agustus 2021

Ditetapkan di : Universitas Islam Majapahit

Tanggal : 05 Agustus 2021

Yang Menetapkan,

Dekan Fakultas



M. Adik Rudiyanto, MT

NIDN/NPP. 0717027402

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi/Tugas Akhir dengan Judul

PEMODELAN SISTEM *OUTRIGGER* Dan *BELT-TRUSS* PADA MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN GRAND DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA

Oleh :

ACHMAD ASSEGAF ARFIANSYAH

NIM. 5.17.04.08.0.001

Telah Disetujui untuk Diuji

Mojokerto, 5 Agustus 2021

Pembimbing I



(Diah Sarasanty, ST., MT)

NIDN. 0701058001

Pembimbing II



(Edhi Soewartono, ST., MT)

NIDN. 0716127001

PERSETUJUAN PENGUJI

Skripsi/Tugas Akhir dengan Judul

PEMODELAN SISTEM *OUTRIGGER* Dan *BELT-TRUSS* PADA MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN GRAND DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA

Oleh :

ACHMAD ASSEGAF ARAFIANSYAH

NIM. 5.17.04.08.0.001


Telah Diuji di Depan Dewan Penguji


Pada Tanggal 5 Agustus 2021


Susunan Dewan Penguji

1. Diah Sarasanty, MT (Ketua Penguji)
NIDN. 0701058001
2. Edhi Soewartono, MT (Penguji I)
NIDN. 0716127001
3. Wuwuh Asriningpuri, MT (Penguji II)
NIDN. 0703017303

Tanda Tangan







PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Achmad Assegaf Arfiansyah

NIM : 51704080001

Program Studi/

Fakultas/Universitas : Teknik Sipil/Teknik/UNIM

Judul Skripsi/Tugas Akhir : PEMODELAN SISTEM
OUTRIGGER Dan *BELT-TRUSS*
PADA MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHARMAHUSADA LAGOON
SURABAYA

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi/Tugas Akhir yang saya buat dengan judul sebagaimana di atas adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar dan bebas dari unsur plagiarisme sesuai UU RI No. 1 Tahun 2010 tentang pencegahan dan penanggulangan plagiat di Perguruan Tinggi.

Mojokerto, 05 Agustus 2021

Penulis,



Achmad Assegaf Arfiansyah
NIM. 51704080001

RIWAYAT HIDUP



Nama lengkap saya Achmad Assegaf Arfiansyah, sekarang saya berumur 21 tahun. Saya anak pertama dari tiga bersaudara. Selain itu, saya juga bisa mengaplikasikan program AutoCAD, Skethcup dengan baik. Dalam dunia kerja saya sudah berpengalaman 2 tahun dibidang ini (DRAFTER). Saya mampu bekerja dengan Tim maupun Individu dengan baik. Sopan, ramah juga termasuk kepribadian saya.

PROFIL

Nama : Achmad Assegaf A
Ttl : Mojokerto, 14-01-1999
Alamat : Dsn. Bolorejo RT.004/RW.002
Ds. Mojojajar, Kec. Kemlagi
Kab. Mojokerto
Agama : Islam
Status : Belum kawin

PENDIDIKAN

(2011) Lulusan Madrasah Ibtidaiyah
Ulumuddin – Mojokerto

(2014) Lulusan SMP Negeri 1 Kemlagi –
Mojokerto
- **Juara 1 Lomba Bola Voli se-Kabupaten**

(2017) Lulusan SMK Negeri 1 Kemlagi -
Mojokerto

KONTAK

No Handphone :
- 0818-0653-4868 (Whatsapp)

EMAIL:
achmadassegaf14@gmail.com

HOBİ

- Olahraga
- Musik

PENGALAMAN KERJA

PUSKESMAS (Administrasi)
- **Bekerja pada tahun 2017**

SMP Islam Beratkulon (Staff TU)
- **Bekerja pada tahun 2017**

KONTRAKTOR (Drafter)

- **Bekerja pada tahun 2018-2020**

Demikian riwayat hidup penulis untuk sekedar diketahui.

Terima Kasih

Wassalam

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya

Nama : Achmad Assegaf Arfiansyah

NIM : 51704080001

Fakultas/Kejuruan : Teknik Sipil

Jenis : Aplikasi Struktur

Judul : Pemodelan Sistem *Outrigger* dan *Belt-Truss* pada
Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Grand
Dharmahusada Lagoon Surabaya

Dengan ini saya menyatakan bahwa menyetujui untuk :

1. Memperbolehkan hak kepada Perpustakaan atas penulisan karya ilmiah saya, untuk perkembangan ilmu pengetahuan.
2. Memberi, dan apapun itu untuk kepentingan akademis kepada Perpustakaan, tanpa adanya ijin dari saya selama penulisan masih dicantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak lain, dari semua bentuk tuntutan hukum yang ada atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Mojokerto, 05 Agustus 2021

Yang menyatakan

Achmad Assegaf Arfiansyah

“PEMODELAN SISTEM *OUTRIGGER* Dan *BELT-TRUSS* PADA MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN GRAND DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA”

Oleh : Achmad Assegaf Arfiansyah

Dosen Pembimbing I : Diah Sarasanty, MT.

Dosen Pembimbing II : Edhi Soewartono, MT

ABSTRAK

Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon memiliki 45 lantai dengan ketinggian 139,10 m, dengan struktur yang langsing, simpangan yang terjadi akibat beban lateral cenderung berlebihan. Maka, diperlukan solusi untuk meminimalisir simpangan yang terjadi tanpa mengubah dimensi elemen struktur yang sudah ada. Dengan mempertahankan dimensi elemen yang sudah ada, gedung dimodifikasi dengan sistem *outrigger* dan *belt-truss*. Sistem *outrigger* dan *belt-truss* efektif dalam meningkatkan kekakuan bangunan. Sehingga masalah simpangan yang berlebihan akibat beban lateral dapat teratasi. Dalam perencanaan tersebut diketahui momen terbesar yang dihasilkan dari beban gempa pada bangunan, *outrigger* dan *belt-truss* dipasang pada lantai tertentu yakni pada momen paling besar pada bangunan. Dari analisa menggunakan program bantu *sap 2000* momen yang dihasilkan pada struktur gedung itu sendiri dapat direduksi oleh sistem *outrigger* ini, selain itu keuntungan menggunakan sistem ini dapat menghemat biaya pembangunan proyek gedung tersebut.

Kata Kunci : *Outrigger*, *Belt-Truss*, Beban lateral, *Hig rise building*.

**“OUTRIGGER AND BELT-TRUSS SYSTEM MODELING ON STRUCTURE
MODIFICATION OF THE GRAND DHARMAHUSADA APARTMENT BUILDING
LAGOON SURABAYA“**

ABSTRACT

Grand Dharmahusada Lagoon Apartment has 45 floors with a height of 139.10 m, with a slender structure, deviations caused by lateral loads tend to be excessive. So, a solution is needed to minimize the deviation that occurs without changing the dimensions of the existing structural elements. By maintaining the dimensions of the existing elements, the building was modified with an outrigger and belt-truss system. The outrigger and belt-truss systems are effective in increasing building rigidity. So that the problem of excessive drift due to lateral loads can be resolved. In the plan, it is known that the largest moment resulting from earthquake loads on the building, outrigger and belt-truss are installed on certain floors, namely at the greatest moment in the building. From the analysis using the SAP 2000 auxiliary program the moments generated in the building structure itself can be reduced by this outrigger system, besides the advantages of using this system can save the cost of building the project.

Keywords: Outrigger, Belt-Truss, Lateral load, High rise building.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PERSETUJUAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PNGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR DIAGRAM.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pemodelan Sistem.....	6
2.2 Pengertian Sistem Struktur Beton Bertulan.....	6
2.3 Struktur Bangunan.....	10
2.3.1 (<i>Upper Structur</i>) Struktur Atas.....	10
2.3.2 (<i>Lower Structur</i>) Struktur Bawah.....	10

2.4	Pembebanan.....	10
2.4.1	Beban Mati	10
2.4.2	Beban Hidup.....	11
2.4.3	Beban Angin.....	11
2.4.4	Beban Gempa	11
2.4.5	Pembebanan Kombinasi	19
2.4.6	<i>Outrigger</i>	19
2.4.6.1	Keuntungan Menggunakan Sistem <i>Outrigger</i>	20
2.4.6.2	Kelemahan Menggunakan Sistem <i>Outrigger</i>	20
2.4.6.3	Aplikasi.....	20
2.4.6.4	<i>Belt-Truss</i>	20
2.4.7	Pengertian <i>Software SAP 2000</i>	22
2.4.7.1	Sekilas Mengenai <i>SAP 2000</i>	22
2.4.7.2	Fasilitas <i>SAP 2000</i>	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		23
3.1	Diagram Alir	23
3.2	Pengumpulan Data	24
3.2.1	Data Umum Bangunan	24
3.2.2	Data Modifikasi.....	24
3.2.3	Data Bahan	24
3.3	Data Tanah	25
3.4	Studi Literatur.....	25
3.5	Peraturan	25
3.6	Literatur Yang Berkaitan	25
3.7	<i>Preliminary Design</i>	26
3.7.1	Dimensi Pelat	26
3.7.2	Dimensi Tangga	26

3.7.3	Dimensi Balok	27
3.7.4	Dimensi Kolom	27
3.7.5	Dimensi <i>Outrigger</i> dan <i>Belt-Truss</i>	27
3.7.5.1	<i>Outrigger</i>	27
3.7.5.2	<i>Belt-Truss</i>	27
3.8	Perencanaan Pembebanan.....	27
3.8.1	Beban Mati (DL)	27
3.8.2	Beban Hidup (LL)	28
3.8.3	Beban Angin (WL)	28
3.8.4	Beban Gempa (EQ).....	28
3.8.5	Kombinasi Beban	28
3.9	Pemodelan Struktur <i>Outrigger</i> dan <i>Belt-Truss</i>	28
3.10	Analisa Struktur.....	28
3.11	Analisa Gaya Dalam	29
3.12	Desain Elemen Struktur	29
3.12.1	Struktur Pelat Lantai dan Tangga	29
3.12.2	Struktur Balok.....	29
3.12.3	Struktur Kolom.....	29
3.12.4	Struktur <i>Outrigger</i>	29
3.12.5	Struktur <i>Belt-Truss</i>	29
3.13	Perencanaan Sambungan.....	30
3.14	Kontrol Rangka dan Sambungan	30
3.15	Gambar Perencanaan.....	30
BAB IV	<i>PRELIMINARY DESIGN</i>	31
4.1	Data Perencanaan	31
4.2	<i>Preliminary Design</i> Balok	31
4.2.1	Dimensi Balok Induk.....	32

4.2.2	Dimensi Balok Anak	32
4.3	<i>Preliminary Design</i> Pelat Lantai	33
4.4	<i>Preliminary Design</i> Kolom	40
4.5	<i>Preliminary Design Shearwall/Dinding Geser</i>	45
4.6	<i>Preliminary Design Outrigger</i>	52
4.7	Perencanaan Pelat.....	53
4.7.1	Data Perencanaan Pelat	54
4.7.2	Pembebanan Pelat.....	54
4.7.2.1	Pelat Atap	54
4.7.2.2	Pelat Lantai	55
4.7.3	Penulangan Pelat	56
4.8	Pemodelan Struktur	67
4.9	Pembebanan.....	69
4.9.1	Beban Mati	69
4.9.2	Beban Hidup.....	70
4.9.3	Beban Angin.....	70
4.9.4	Beban Gempa	70
4.10	Analisa Struktur.....	74
4.10.1	Berat Sendiri Bangunan	74
4.10.2	Menghitung Waktu Fundamental Rumus Empiri.....	75
4.10.3	Faktor Respon Gempa (C_1).....	76
4.10.4	Faktor Keutamaan Gedung	77
4.10.5	Parameter Daktilitas Struktur Gedung	77
4.10.6	Beban Geser Dasar Nominal (V)	77
4.10.7	Parameter Percepatan Desain	77
4.10.8	Perhitungan Gaya Geser Seismik.....	78

4.10.9 Distribusi Vertikal Gaya Gempa (Ex)	80
4.10.10 Distribusi Vertikal dan Horizontal Gaya Gempa	80
4.11 Balok <i>Outrigger</i>	85
BAB V PENUTUP	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	91
DAFTAR PUSTAKA.....	92

DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar 1.1 : Struktur bangunan gedung <i>U.S Bank Center, Wisconsin</i>	3
2.	Gambar 2.1 : Pemodelan <i>Shearwalls (ETABS)</i>	7
3.	Gambar 2.2 : Struktur <i>Outrigger</i> dan Cadik.....	7
4.	Gambar 2.3 : Struktur Gabungan (<i>Dual System</i>)	8
5.	Gambar 2.4 : Pemasangan Dinding Geser	8
6.	Gambar 2.5 : Tipe Penampang Dinding Geser	9
7.	Gambar 2.6 : (a) Dinding penahan (b) Dinding penahan batas komponen..	9
8.	Gambar 2.7 : (a) Gaya bekerja (b) Dinding penahan batas komponen	9
9.	Gambar 2.8 : Sistem Struktur Portal (Balok & Kolom).....	9
10.	Gambar 2.9 : Peta PGA untuk S_s ($T = 0,2s$).....	13
11.	Gambar 2.10 : Peta PGA untuk S_1 ($T = 1s$).....	14
12.	Gambar 2.11 : <i>Spectrum respons desain</i>	18
13.	Gambar 2.12 : Struktur bangunan menggunakan sistem <i>outrigger</i> dan <i>belt truss</i>	21
14.	Gambar 2.13 : Penggunaan batang <i>Outrigger</i>	21
15.	Gambar 2.14 : Tampilan awal program <i>SAP 2000</i>	22
16.	Gambar 4.1 : Balok Induk (B1)	32
17.	Gambar 4.2 : Balok Induk (BA).....	32
18.	Gambar 4.3 : Pelat Lantai SP2	33
19.	Gambar 4.4 : Pelat Lantai S1A	34
20.	Gambar 4.5 : Pelat Lantai S1B	34
21.	Gambar 4.6 : Pelat Lantai SR	35
22.	Gambar 4.7 : Pelat Lantai SB	35
23.	Gambar 4.8 : Balok B1 As – 1 Joint	36
24.	Gambar 4.9 : Balok B1 As – 2 Joint	37

25.	Gambar 4.10 : Balok BA As – 2 Joint.....	38
26.	Gambar 4.11 : Denah <i>Shearwall</i> SW1	49
27.	Gambar 4.12 : Denah <i>Shearwall</i> SW2	52
28.	Gambar 4.13 : <i>Outrigger Truss</i>	52
29.	Gambar 4.14 : Dimensi Pelat Lantai Tipe S1A.....	56
30.	Gambar 4.15 : Nilai L2 dan Ln untuk momen arah sb. X.....	59
31.	Gambar 4.16 : Nilai L2 dan Ln untuk momen arah sb. Y.....	60
32.	Gambar 4.17 : Zona batas regangan dan variasi faktor reduksi.....	61
33.	Gambar 5.1 : Pemodelan desain struktur.....	68
34.	Gambar 5.2 : WEB Puskim kota Surabaya	72
35.	Gambar 5.3 : Kurva respon spektrum desain.....	74
36.	Gambar 5.4 : Wilayah Gempa Surabaya	76
37.	Gambar 5.5 : <i>Response Spectrum</i>	76
38.	Gambar 5.6 : Tinggi efektif <i>Outrigger</i>	86
39.	Gambar 5.7 : Zona Batas Regangan dan variase factor reduksi kekuatan ϕ dengan regangan tarik Neto ϵ_t	87
40.	Gambar 5.8 : <i>Axial Forces</i>	90
41.	Gambar 5.9 : Momen 2-2.....	90
42.	Gambar 5.10 : Momen 3-3.....	90
43.	Gambar 5.11 : <i>Shearforces</i>	90

DAFTAR TABEL

1.	Tabel 2.1 : Kategori Resiko.....	11
2.	Tabel 2.2 : Faktor Keutamaan Gempa.....	12
3.	Tabel 2.3 : Klasifikasi Situs.....	12
4.	Tabel 2.4 : Koefisien Situs, Fa.....	14
5.	Tabel 2.5 : Koefisien Situs, Fv.....	15
6.	Tabel 2.6 : Kategori Desain Seismik Sesuai Parameter Respon Percepatan Dalam Periode Pendek.....	16
7.	Tabel 2.7 : Kategori Desain Seismik Sesuai Parameter Respon Percepatan Dalam Periode 1 Detik.....	16
8.	Tabel 2.8 : Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x.....	17
9.	Tabel 4.1 : Resume Pendimensionan Balok.....	33
10.	Tabel 4.2 : Resume Pelat Lantai.....	40
11.	Tabel 4.3 : Beban Mati Lantai Basement 3 – Lantai 3.....	41
12.	Tabel 4.4 : Beban Mati Lantai Atap.....	41
13.	Tabel 4.5 : Resume Pendimensionan Kolom.....	44
14.	Tabel 4.6 : Resume <i>Pendimensionan</i> SW1.....	45
15.	Tabel 4.7 : Resume <i>Pendimensionan</i> SW1 (TS).....	48
16.	Tabel 4.8 : Resume Pendimensionan SW2.....	50
17.	Tabel 4.9 : Resume Pendimensionan SW2 (TS).....	51
18.	Tabel 4.10 : Beban mati per-m ² pada pelat atap.....	54
19.	Tabel 4.11 : Beban mati Pelat Lantai (QDL).....	55
20.	Tabel 4.12 : Beban mati tambahan Lt. Atap (per-m ²).....	69
21.	Tabel 4.13 : Beban mati tambahan lantai (per-m ²).....	69
22.	Tabel 4.14 : Beban hidup pada lantai (per-m ²).....	70
23.	Tabel 4.15 : Data N _{sot} DB-1.....	70
24.	Tabel 4.16 : Resume Nilai N Tiap tarik.....	71

25.	Tabel 4.17 : Resume Nilai N Tiap tarik.....	72
26.	Tabel 4.18 : Kurva respon desain	73
27.	Tabel 4.19 : Berat sendiri basmenet 3	74
28.	Tabel 4.20 : Berat sendiri basmenet 2	75
29.	Tabel 4.21 : Vdinamik <i>Ouput SAP 2000</i>	79
30.	Tabel 4.22 : Vdinamik <i>Ouput SAP 2000</i> setelah dikali skala	79
31.	Tabel 4.23 : Momen <i>output sap2000</i>	81
32.	Tabel 4.24 : Nilai F dan V Struktur	81

DAFTAR DIAGRAM

1. Diagram 3.1 : Tahapan Analisis 23

DAFTAR LAMPIRAN

1. Gambar Drawing *AutoCAD*