



**MODIFIKASI STRUKTUR ATAS BANGUNAN  
APARTEMEN 32 LANTAI DENGAN SISTEM GANDA  
DI KOTA SURABAYA**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada Universitas Muhammadiyah Surabaya  
untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana Teknik**

**LUKMAN HAKIM  
NIM. 20161333013**

**DOSEN PEMBIMBING  
Ir. BAMBANG KISWONO, M.T.  
MAKSUM, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
2022**

Skripsi disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar  
**Sarjana Teknik (S.T.)**

Oleh :

Lukman Hakim  
20161333013

Tanggal Ujian : .....  
Dewan Penguji,



Ir. Bambang Kiswono, M.T.  
Pembimbing I



Maksum, S.T., M.T.  
Pembimbing II



Arifien Nursandah, S.T., M.T.  
Penguji



Richo Oktavian Indarto, S.T., M.T.  
Penguji

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Vicky Dharmawan, M. Ars.

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Sipil



Arifien Nursandah, S.T., M.T.

## PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Lukman Hakim

NIM : 20161333013

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian atau seluruhnya.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil plagiasi, baik sebagian atau seluruhnya, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 15 Agustus 2022

ataan,  
  
Lukman Hakim  
NIM. 20161333013

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.

Dalam penyusunan tugas akhir banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah tugas akhir dapat terselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak (Almarhum), Ibu (Almarhumah) dan saudara-saudara tercinta, yang telah memberikan dukungan moral dan doa dalam mengerjakan skripsi.
2. Istri tercinta sebagai penyemangat terbesar yang selalu setia mendampingi dalam susah maupun senang dalam memberikan dukungan moral dan do'anya.
3. Bapak Arifien Nursandah, S.T., M.T. selaku Kaprodi Teknik Sipil.
4. Bapak Ir. Bambang Kiswono, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memotivasi penyusunan skripsi ini.
5. Para dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil atas ilmu yang telah diajarkan yang membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Sahabat seperjuangan mencari ilmu yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih semua bantuan dan saran-saran yang telah diberikan selama pengerjaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap agar tugas akhir ini bermanfaat bagi kami semua dalam mencapai tujuan pembelajaran.

Surabaya, 15 Agustus 2022

Penulis

## MOTTO HIDUP

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ  
وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ ءَامَنَ أَهْلُ  
الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِّنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمْ  
الْفٰسِقُونَ ١١٠

Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik.

عَنْ أَبِي مُوسَى عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ  
وَسَلَّمَ قَالَ: «إِنَّ الْمُؤْمِنَ لِلْمُؤْمِنِ  
كَالْبُنْيَانِ يَشُدُّ بَعْضُهُ بَعْضًا» وَشَبَّكَ  
أَصَابِعَهُ. رَوَاهُ الْبُخَارِيُّ وَمُسْلِمٌ

Dari Abi Musa dari Nabi SAW, beliau bersabda, “Sungguh (sebagian) mukmin kepada (sebagian) mukmin lainnya seperti bangunan, yang menguatkan sebagian dengan sebagian lainnya.” Dan beliau menyilangkan jari-jarinya. (HR. Bukhari dan Muslim)

# DAFTAR ISI

---

---

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
MOTTO HIDUP .....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Uraian Umum .....	5
2.2 Pembebanan.....	5
2.2.1 Beban Mati .....	5
2.2.2 Beban Hidup.....	6
2.2.3 Beban Angin.....	6
2.2.4 Beban Gempa .....	9
2.2.5 Kuat Perlu.....	9
2.2.6 Kuat Rencana.....	10
2.3 Gempa.....	12
2.3.1 Spektrum Respon Desain.....	12
2.3.2 Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa .....	13
2.3.3 Klasifikasi Situs.....	15
2.3.4 Kategori Desain Seismik .....	17

2.3.5	Sistem dan Parameter Struktur Berdasarkan KDS.....	18
2.3.6	Faktor Redundansi.....	19
2.3.7	Periode Fundamental Pendekatan.....	19
2.3.8	Gaya Geser Dasar Seismik.....	20
2.3.9	Mekanisme Kerja Strong Column-Weak Beam.....	23
2.3.10	Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	24
2.3.11	Pengaruh P-Delta.....	24
2.3.12	Ketidakteraturan Horisontal.....	25
2.3.13	Ketidakteraturan Vertikal.....	27
2.4	Struktur Atas ( <i>Upper Structure</i> ).....	29
2.4.1	Pelat Lantai.....	30
2.4.2	Balok.....	36
2.4.3	Kolom.....	40
2.4.4	Dinding Struktural.....	48
BAB III METODE PENELITIAN.....		57
3.1	Bagan Alir Perencanaan Struktur Gedung.....	57
3.2	Tahap Pengumpulan Data.....	59
3.1.1	Pengumpulan Gambar Arsitek.....	59
3.1.2	Pengumpulan Data Tanah.....	59
3.1.3	Pengumpulan Data Pembebanan.....	59
3.1.4	Pengumpulan Data Gedung.....	59
BAB IV.....		61
PEMBAHASAN.....		61
4.1	Preliminary Design.....	61
4.1.1	Tebal Pelat Lantai.....	61
4.1.2	Dimensi Balok.....	61
4.1.3	Dimensi Kolom.....	62
4.1.4	Tebal Dinding Geser.....	63
4.2	Permodelan Struktur.....	63
4.3	Pembebanan Struktur.....	65
4.3.1	Beban Gravitasi.....	66
4.3.2	Beban Angin.....	66
4.3.3	Beban Gempa.....	67
4.3.4	Kombinasi Pembebanan.....	71
4.4	Analisa Struktur.....	72

4.4.1	Partisipasi Massa .....	72
4.4.2	Analisa Gempa .....	73
4.4.3	Penentuan Simpangan Antar Lantai .....	76
4.4.4	Pengaruh P-Delta .....	76
4.4.5	Ketidakteraturan Struktur .....	77
4.4.6	Reduksi Kekakuan Penampang .....	82
4.5	Perencanaan Struktur Atas.....	82
4.5.1	Perencanaan Pelat Lantai.....	82
4.5.2	Perencanaan Balok .....	87
4.5.3	Perencanaan Kolom.....	95
4.5.4	Perencanaan Dinding Geser.....	101
BAB V PENUTUP.....		107
5.1	Kesimpulan.....	107
5.2	Saran .....	112
DAFTAR PUSTAKA .....		113
LAMPIRAN.....		115



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban Hidup Merata .....	6
Tabel 2.2 Faktor Arah Angin, $K_d$ .....	7
Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan ( $\phi$ ) .....	11
Tabel 2.4 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa.....	13
Tabel 2.5 Klasifikasi Situs .....	16
Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Menggunakan Nilai $S_{DS}$ .....	17
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Menggunakan Nilai $S_{DI}$ .....	17
Tabel 2.8 Sistem Struktur dan Parameter Struktur Berdasarkan KDS ..	18
Tabel 2.9 Nilai Faktor Redudansi .....	19
Tabel 2.10 Koefisien Batas Atas Terhadap Periode.....	19
Tabel 2.11 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	20
Tabel 2.12 Simpangan Antar Lantai Ijin.....	24
Tabel 2.13 Ketidakberaturan Horisontal Struktur .....	26
Tabel 2.14 Ketidakberaturan Vertikal Struktur .....	27
Tabel 2.15 Tebal Minimum Pelat Satu Arah Bila Tanpa Menghitung Lendutan .....	31
Tabel 2.16 Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat .....	33
Tabel 2.17 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior .....	35
Tabel 2.18 Tebal Minimum Balok .....	37
Tabel 4.1 Data Dimensi Balok .....	61
Tabel 4.2 Data Dimensi Kolom .....	62
Tabel 4.3 Tinggi Antarlantai .....	65
Tabel 4.4 Spesifikasi Material.....	65
Tabel 4.5 Pembebanan Gravitasi Lantai .....	66
Tabel 4.6 Kasus Beban Angin Desain.....	67
Tabel 4.7 Nilai SPT Rata-rata Tiap Lapisan (B1).....	68
Tabel 4.8 Nilai SPT Rata-rata Tiap Lapisan (B2).....	68
Tabel 4.9 Penentuan Klasifikasi Situs.....	69
Tabel 4.10 Parameter Respon Spektrum dengan Situs E .....	69
Tabel 4.11 Hubungan Antara Periode dengan Spektrum Respons Percepatan Desain .....	70
Tabel 4.12 Tabel Kombinasi Pembebanan.....	71

Tabel 4.13 Periode dan <i>Modal Participating Mass Ratio</i> .....	72
Tabel 4.14 Gaya Geser Dasar.....	74
Tabel 4.15 Pengecekan Struktur Rangka Terhadap Gaya Gempa.....	76
Tabel 4.16 Pengecekan Ketidakberaturan Horisontal .....	79
Tabel 4.17 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal .....	81
Tabel 4.18 Reduksi Kekakuan Penampang.....	82
Tabel 4.19 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai .....	83
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Penulangan Pelat Lantai Tipe S12.a .....	86
Tabel 4.21 Perhitungan Tulangan Lentur Balok .....	87
Tabel 4.22 Perhitungan Tulangan Geser Balok.....	90
Tabel 4.23 Perhitungan Tulangan Torsi Balok .....	92
Tabel 4.24 Hasil Perhitungan Penulangan Balok Tipe G45.60.a .....	94
Tabel 4.25 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom.....	96
Tabel 4.26 Perhitungan Tulangan Geser Kolom.....	97
Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Penulangan Kolom Tipe K50.120.a.....	99
Tabel 4.28 Perhitungan Penulangan Dinding Geser .....	101
Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Penulangan Dinding Geser Tipe P1.a..	104
Tabel 5.1 Spesifikasi Material.....	107
Tabel 5.2 Pembebanan Gravitasi Lantai .....	108
Tabel 5.3 Parameter Respon Spektrum dengan Situs E .....	109
Tabel 5.4 Gaya Geser Dasar.....	109
Tabel 5.5 Pengecekan Struktur Rangka Terhadap Gaya Gempa.....	110
Tabel 5.6 Pengecekan Ketidakberaturan Horisontal .....	110
Tabel 5.7 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal.....	110

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Apartemen Cornell .....	1
Gambar 2.1 Kasus Beban Angin Desain.....	8
Gambar 2.2 Variasi nilai $\phi$ terhadap $\epsilon_i$ untuk $f_y = 420$ MPa.....	12
Gambar 2.3 $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget ( $MCE_R$ ).....	12
Gambar 2.4 $S_1$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget ( $MCE_R$ ).....	13
Gambar 2.5 Eksponen Terkait dengan Periode Struktur .....	23
Gambar 2.6 <i>Strong Column-Weak Beam</i> .....	23
Gambar 2.7 Rasio Bentang Pelat Lantai .....	31
Gambar 2.8 Koefisien Momen dan Geser SNI 2847:2013 Pasal 8.3.3 .	33
Gambar 2.9 Tulangan Transversal Pada Balok .....	38
Gambar 2.10 Geser Desain untuk Balok.....	40
Gambar 2.11 Nilai $k$ Rangka Tidak Bergoyang .....	42
Gambar 2.12 Nilai $k$ Rangka Bergoyang .....	43
Gambar 2.13 Tulangan Transversal Pada Kolom .....	45
Gambar 2.14 Geser Desain untuk Kolom .....	46
Gambar 2.15 Luas Joint Efektif .....	48
Gambar 2.16 Dinding dengan Bukaan .....	51
Gambar 2.17 Rasio Tulangan Longitudinal Untuk Kondisi Pembatas Dinding Tipikal.....	55
Gambar 4.1 Model 3D Struktur Apartemen 32 Lantai.....	64
Gambar 4.2 Denah Lantai 2 ~ 32 .....	65
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Periode ( $T$ ) dengan Spektrum Respons Percepatan desain ( $SA$ ) .....	71
Gambar 4.4 Desain Gaya Geser Arah X .....	75
Gambar 4.5 Desain Gaya Geser Arah Y .....	75
Gambar 4.6 Grafik Simpangan Antarlantai.....	76
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh P-Delta .....	77
Gambar 4.8 Grafik Ketidakberaturan Torsi .....	78
Gambar 4.9 Grafik Ketidakberaturan Tingkat Lunak .....	79
Gambar 4.10 Grafik Ketidakberaturan Massa.....	80

Gambar 4.11 Grafik Ketidakberaturan Kuat Lateral.....	81
Gambar 4.12 Lokasi Pelat S12.a Lantai 3.....	82
Gambar 4.13 Penulangan Pelat Lantai Tipe S12.a.....	86
Gambar 4.14 Lokasi Balok G45.60.a Lantai 3.....	87
Gambar 4.15 Penulangan Balok Tipe G45.60.a.....	95
Gambar 4.16 Lokasi Kolom K50.120.a Lantai 3.....	95
Gambar 4.17 Diagram Interaksi Kolom Tipe K50.120.a ( <i>spColumn</i> )	100
Gambar 4.18 Penulangan Kolom Tipe K50.120.a.....	100
Gambar 4.19 Lokasi Dinding Geser P1.a Lantai 2.....	101
Gambar 4.20 Diagram Interaksi Dinding Geser Tipe P1.a ( <i>spColumn</i> ) .....	105
Gambar 4.21 Penulangan Dinding Geser Tipe P1.a.....	105
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Periode (T) dengan Spektrum Respons Percepatan desain (SA).....	109

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Borehole B1 .....	115
Lampiran 2 Data Borehole B2 .....	116
Lampiran 3 Permodelan Struktur Apartemen .....	117
Lampiran 4 Data Struktur Tabel 1.1 <i>Story Definitions</i> .....	118
Lampiran 5 Data Struktur Tabel 1.2 <i>Mass Source Definition &amp; Tael 1.3 Center Of Mass And Rigidity</i> .....	119
Lampiran 6 Data Struktur Tabel 1.4 <i>Mass Summary by Diaphragm &amp; Tael 1.5 Mass Summary by Story</i> .....	120
Lampiran 7 Data Struktur Tabel 1.5 <i>Mass Summary by Story (continued) &amp; Tabel 1.6 Mass Summary by Group</i> .....	121
Lampiran 8 Data Properti Tabel 2.1 <i>Material Properties General &amp; Tabel 2.2 Frame Section Property Definitions Summary</i> .....	122
Lampiran 9 Data Properti Tabel 2.2 <i>Frame Section Property Definitions Summary (continued)</i> .....	123
Lampiran 10 Data Properti Tabel 2.3 <i>Shell Sections &amp; Tabel 2.4 Reinforcement Sizes</i> .....	124
Lampiran 11 Data Beban Tabel 3.1 <i>Load Pattern &amp; Tabel 3.2 Functions Response Spectrum ASCE7-10</i> .....	125
Lampiran 12 Data Beban Tabel 3.2 <i>Functions Response Spectrum ASCE7-10 (continued)</i> .....	126
Lampiran 13 Data Beban Tabel 3.3 <i>Load Case Definitions Summary &amp; Tabel 3.4 Load Combination Definitions</i> .....	127
Lampiran 14 Data Beban Tabel 3.4 <i>Load Combination Definitions (continued)</i> .....	128
Lampiran 15 Data Beban Tabel 3.4 <i>Load Combination Definitions (continued)</i> .....	129

## DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. 2011. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-11)*, First Printing. Farmington Hills: ACI.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727:2013. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013. Jakarta: BSN.
- Berita-Bisnis, 2016. *Ciputra Surya Rilis Cornell Apartment Surabaya*. <http://www.berita-bisnis.com/berita/4285--ciputra-surya-rilis-cornell-apartment-surabaya.html> (diakses 05 Desember 2019).
- Budiono, B. dkk. 2017. *Contoh Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Momen Pimikul Khusus dan Sistem Dinding Struktur Khusus di Jakarta*. Bandung: ITB.
- Fadli, M. H. 2015. *Aplikasi ETABS Pada Perancangan Gedung 15 Lantai dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Ganda Sebagai Penahan Beban Gempa Sesuai SNI 1726:2012*. Jakarta: E-Book.
- Imran, I. dan Hendrik, F. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB.
- Imran, I. dan Zulkifli, E. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB.
- Lewa, S. T. P. 2018. *Perancangan Struktur Atas Gedung Apartemen 10 Lantai di Jakarta Barat*. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Nasution, A. 2009. *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB.

- Putra, Y. D. H. 2018. *Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Lagoon Resort Tower A Bekasi dengan Menggunakan Sistem Ganda dan Balok Pratekan pada Lantai 18. Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Reza, A.M. 2021. *Balok - 2: Output Gaya Dalam ETABS dan Contoh Desain Balok SRPMK. Tutorial*. Dipublikasikan. Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=-DHS4mkCdp0>
- Reza, A.M. 2021. *Kolom - 2: Output Gaya Dalam ETABS dan Contoh Desain Kolom SRPMK. Tutorial*. Dipublikasikan. Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=FwM-Vye574U>
- Reza, A.M. 2021. *Dinding Geser - 2: Output Gaya Dalam ETABS dan Contoh Desain Dinding Geser. Tutorial*. Dipublikasikan. Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=j7-Z3cc0aSA>
- Undang Undang No. 16 Tahun 1985. *Tentang : Rumah Susun*. Jakarta: Presiden RI.