



**SKRIPSI**

**EVALUASI KINERJA SEISMIC STRUKTUR BETON DENGAN  
ANALISIS *PUSHOVER* MENGGUNAKAN PROGRAM SAP 2000**

**(Studi Kasus : Bangunan Masjid Al-Bakrie di Dusun Bermi, Jagaraga,  
Kecamatan Kuripan, Kabupaten Lombok Barat.)**

Diajukan sebagai syarat-syarat untuk mencapai program Strata Satu (S-1) Pada  
Fakultas Teknik Universitas Islam Al-Azhar

Disusun oleh:

**MUKTINAL HIRJAN**

**NIM : 020.01.0024**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM AL-AZHAR  
MATARAM  
2024**



**EVALUASI KINERJA SEISMIC STRUKTUR BETON DENGAN  
ANALISIS *PUSHOVER* MENGGUNAKAN PROGRAM SAP 2000**

Disusun oleh

**MUKTINAL HIRJAN**  
**NIM : 020.01.0024**

Telah dipertahan di depan Panitia

Pada tanggal, 19 agustus 2024

Skripsi yang diterima sebagai bagian dari persyaratan untuk mencapai kebulatan  
Studi Strata (S1) Pada Fakultas Teknik  
Universitas Islam Al-Azhar  
2024

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



**H. Lutfi, S.T.M.T.**  
**NIDK. 8954120021**



**EVALUASI KINERJA SEISMIK STRUKTUR BETON DENGAN  
ANALISIS *PUSHOVER* MENGGUNAKAN PROGRAM SAP 2000**

Disusun oleh

**MUKTINAL HIRJAN**

**NIM : 020.01.0024**

Telah diajukan kepada Tim Dosen Pembimbing

Pada tanggal, 19 agustus 2024

Menyetujui,

Pembimbing I,

**Juanita, ST., M.Eng**  
**NIDN : 0810078403**

Pembimbing II,

**Auliya Isti Makrifa, M.Eng**  
**NIDN :0826069003**

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

**H. Lutfi, ST., MT.**  
**NIDK. 8954120021**



**EVALUASI KINERJA SEISMIC STRUKTUR BETON DENGAN  
ANALISIS *PUSHOVER* MENGGUNAKAN PROGRAM SAP 2000**

Disusun oleh

**MUKTINAL HIRJAN**  
**NIM : 020.01.0024**

Telah diajukan kepada Tim Dosen Pembimbing

Pada tanggal, 19 agustus 2024

Susunan Tim Penguji :

1. **Jauhari Prasetiawan, M.Eng**  
NIDN : 0829069002
2. **Juanita, ST., M.Eng**  
NIDN : 0810078403
3. **Auliya Isti Makrifa, M.Eng**  
NIDN :0826069003

(.....)  
(.....)  
(.....)

## HALAMAN PERNYATAAN

Nama : Muktinal Hirjan

NIM : 020.01.0024

Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis  
*Pushover* Menggunakan Program Sap 2000

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan hasil dari saya sendiri, baik untuk data maupun hasil analisa yang tercantum sebagai bagian skripsi ini. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Mataram, 19 Agustus 2024



Muktinal Hirjan

## HALAMAN PERSEMBAHAN

1. Untuk Kedua orang tua tercinta, yaitu superhero dan panutanku, Ayahanda yaitu Bapak Abdurrahman yang mendidikku menjadi laki-laki yang bertanggung jawab terhadap keputusan yang telah penulis ambil, Terimakasih yang selalu berjuang dalam mengupayakan yang terbaik untuk kehidupan penulis maupun dari segi materi dan sebagainya, beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
2. Pintu surgaku, Bidadari dunia akhiratku, Ibunda Mu'ayanah, Terimakasih sebesar-besarnya yang telah kuat mendidik penulis yang nakal dan keras kepala ini dan apalah penulis tanpa kasih sayang yang tidak henti-hentinya dengan penuh cinta dan selalu memberikan dukungan serta do'a yang teramat tulus, sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
3. Teruntuk Kakak terbaikku Abdul Majid Afandi yang selalu mendukung jalan pilihan penulis dan selalu menghibur serta memberikan semangat kepada adik yang sering membantah dirimu dimasa kecil dahulu, Saya ucapkan terimakasih atas segala-galanya yang engkau berikan di masa pendewasaan ini.
4. Untuk Muktinal Hirjan, diri saya sendiri yang telah bekerja keras, meluangkan waktu dan materi, berjuang sejauh ini, mampu menerima dan ikhlas menghadapi berbagai tekanan dan tidak pernah sekalipun berniat untuk menyerah, Terimakasih! ini merupakan suatu pencapaian yang patut untuk dirimu banggakan.
5. Teruntuk adikku Muhammad Yasin Rokyan Dan Muhammad Sobri Ihsan, Terimakasih karena sudah bersedia menemani dan mendukung kakaknya hingga saat ini, dan menemani jalan cerita keluhan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis *Pushover* Menggunakan Program Sap 2000” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program S-1 di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Al- Azhar .

Penulis menyadari dalam penulisan proposal ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muh.Ansyar, MP., Selaku Rektor Universitas Islam Al-azhar.
2. Bapak H. Lutfi, ST., MT., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Al- Azhar.
3. Bapak Ir. H. M.Arifuddin Fahmi, MT., Selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Al- Azhar.
4. Ibu Restusari Evayanti, ST., M.Eng., Selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Al- Azhar.
5. Bapak Jauhari Prasetiawan, M.Eng., Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Al- Azhar.
6. Ibu Juanita, ST., M.Eng., Selaku Dosen Pembimbing I.
7. Ibu Auliya Isti Makrifa, M.Eng., Selaku Dosen Pembimbing II.
8. Seluruh dosen Fakultas Teknik Universitas IslamAl-Azhar yang telah memberikan ilmunya.
9. Kedua Orang Tua yang telah mendoakan dan memberikan dukungan dengan baik.

Mataram,.....2024

Penulis

Muktinal Hirjan  
020.01.0024

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xvii</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xviii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
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
<b>BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	6
2.2. Landasan Teori .....	12
2.2.1. Proses Gempa.....	12
2.2.2. Risiko Gempa di Indonesia.....	13
2.2.3. Prinsip beban gempa pada struktur bangunan gedung .....	16
2.2.4. Prosedur Analisis Beban Gempa.....	21
2.2.5. Prosedur Gaya Lateral Pada Struktur Bangunan.....	32
2.2.6. Gaya Gravitasi Pada Struktur Bangunan .....	35
2.2.7. Analisis Ragam Respon Spektrum.....	39
2.2.8. Perencanaan Kapasitas ( <i>Capacity Design</i> ) .....	39
2.2.9. Pemodelan Sendi Plastis .....	42



2.2.10. Analisis Pushover dengan Metode Kapasitas .....	44
2.2.11. Simpangan Antar Lantai Tingkat Ijin.....	50
2.2.12. Kriteria Bangunan Tahan Gempa Berbasis Kinerja .....	51
2.2.13. Kriteria Bangunan dikatakan Aman Saat dianalisa dengan Metode Pushover Analysis .....	54
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>57</b>
3.1. Lokasi Penelitian .....	57
3.2. Sumber Data.....	57
3.2.1. Data Primer .....	57
3.2.2. Data Skunder.....	58
3.3. Alat .....	58
3.4. Tahapan Analisis .....	58
3.4.1. Studi Literatur .....	58
3.4.2. Pengumpulan Data .....	59
3.4.3. Pemodelan 3D .....	59
3.4.4. Perhitungan pembebanan.....	61
3.4.5. Analisis Respon Spectrum.....	61
3.4.6. Penentuan Sendi Plastis .....	62
3.4.7. Analisis Pembebanan Nonlinier Pushover.....	62
3.4.8. Analisis Kinerja Struktur dari Hasil Analisis Pushover .....	63
3.5. Parameter Kontrol Hasil Analisa Pushover Terhadap Batasan Peraturan .....	63
3.6. Bagan Alir ( <i>Flow Chart</i> ).....	65
3.7. Jadwal Penelitian .....	66
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>67</b>
4.1. Data Struktur Bangunan.....	67
4.1.1. Data Material dan Fungsi Bangunan .....	67
4.1.2. Data Seismik Bangunan.....	67
4.2. Analisis Struktur Bangunan .....	67
4.2.1. Model Struktur .....	67
4.2.2. Pembebanan Struktur .....	69

4.2.3. Pengaruh Beban Gempa (Seismik) .....	72
4.2.4. Berat Struktur Dan Letak Pusat <i>Massa</i> Lantai.....	76
4.2.5. Analisis <i>Pushover</i> .....	78
4.3. Analisis Struktur Bangunan <i>Pushover</i> .....	115
4.3.1. Evaluasi Kinerja Struktur .....	115
4.3.2. Kriteria Kinerja Struktur.....	118
4.4. Tampilan Gaya Dalam Struktur .....	120
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>121</b>
5.1 Kesimpulan .....	121
5.2 Saran .....	123
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>124</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Hasil Penelitian Terdahulu .....	9
Tabel 2.2.	Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa.....	21
Tabel 2.3.	Faktor keutamaan gempa .....	23
Tabel 2.4.	Klasifikasi situs .....	24
Tabel 2.5.	Koefisien situs $F_a$ .....	25
Tabel 2.6.	Koefisien situs $F_v$ .....	26
Tabel 2.7.	Kombinasi beban .....	28
Tabel 2.8.	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek .....	30
Tabel 2.9.	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik .....	30
Tabel 2.10.	Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$ , untuk sistem penahan gaya gempa.....	31
Tabel 2.11.	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	34
Tabel 2.12.	Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	35
Tabel 2.13.	Berat sendiri bahan bangunan .....	36
Tabel 2.14.	Berat sendiri komponen gedung.....	37
Tabel 2.15.	Beban hidup terdistribusi merata dan terpusat minimum .....	38
Tabel 2.16.	Beban hidup pada lantai gedung .....	39
Tabel 2.17.	Simpangan antar lantai ijin, $\Delta_a$ .....	51
Tabel 2.18.	Batasan rasio drift atap menurut ATC-40.....	55
Tabel 2.19.	Batasan Tipe bangunan pada <i>Capacity Spectrum Method</i> .....	55
Tabel 3.1.	Jadwal Penelitian .....	66
Tabel 4.1.	Percepatan batuan dasar terpetakan.....	73
Tabel 4.2.	Hasil perhitungan nilai $S_a$ .....	75
Tabel 4.3.	<i>Modal Participating Mass Ratios</i> .....	98
Tabel 4.4.	<i>Base Reaction</i> .....	98
Tabel 4.5.	Perbandingan gaya geser statik dan dinamik .....	98
Tabel 4.6.	<i>Joint Displacement</i> .....	99

Tabel 4.7	Simpangan Lantai Arah x .....	99
Tabel 4.8	Simpangan Lantai Arah y .....	99
Tabel 4.9	Nilai performance point dari hasil SAP 2000 <i>student</i> V.19.....	112
Tabel 4.10	Recap Hasil Analisis Respon Spektrum Dan Analisis <i>Pushover</i> .....	119
<i>Tabel 4.11</i>	<i>Element forces frame</i> .....	120

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema pergerakan permukaan tanah .....	12
Gambar 2.2 Skema pergeseran/benturan antar plat tektonik.....	13
Gambar 2.3 Beban gempa pada struktur bangunan .....	19
Gambar 2.4 Model getaran struktur .....	20
Gambar 2.5 Contoh peta parameter $S_s$ .....	23
Gambar 2.6 Contoh peta parameter $S_1$ .....	23
Gambar 2.7 Spektrum respon desain .....	28
Gambar 2.8 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa.....	31
Gambar 2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah .....	31
Gambar 2.10 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	32
Gambar 2.11 Respon struktur.....	39
Gambar 2.12 Mekanisme leleh pada struktur gedung .....	40
Gambar 2.13 Terbentuknya sendi plastis pada kolom.....	41
Gambar 2.14 Posisi Sumbu lokal Balok Struktur pada Program SAP 2000.....	42
Gambar 2.15 Posisi Sumbu lokal Kolom Struktur pada Program SAP 2000.....	43
Gambar 2.16 Sendi plastis yang terjadi pada balok dan kolom .....	43
Gambar 2.17 Titik Kinerja menurut Metode Spektrum Kapasitas .....	48
Gambar 2.18 Ilustrasi <i>Pushover dan Capacity Curve</i> .....	49
Gambar 2.19 Penentuan Performance Point.....	50
Gambar 2.20 Ilustrasi keruntuhan gedung .....	52
Gambar 2.21 Kurva kriteria kinerja.....	53
Gambar 3.1 Sistem koordinat yang digunakan dalam program SAP 2000.....	56
Gambar 3.2 Sistem koordinat yang digunakan dalam program SAP 2000.....	59
Gambar 3.3 Bagan alir analisis <i>pushover</i> .....	64
Gambar 4.1 Portal struktur (X-Z).....	68
Gambar 4.2 Portal struktur (X-Z).....	68
Gambar 4.3 Portal struktur (X-Y).....	69

Gambar 4.4 Desain spectra Masjid Al-Bakrie.....	72
Gambar 4.5 Diagram respon spectrum Masjid Al-Bakrie .....	73
Gambar 4.6 Diagram respon spectrum Tanah Batuan .....	76
Gambar 4.7 Model Persepektif struktur .....	77
Gambar 4.8 Model Pembebanan struktur.....	77
Gambar 4.9 Input Material Beton tahap 1 .....	78
Gambar 4.10 Input Material Beton tahap 2.....	79
Gambar 4.11 Input Material Beton tahap 3.....	79
Gambar 4.12 Material Beton Tahap 4.....	80
Gambar 4.13 Input Material Baja tulangan tahap 1 .....	81
Gambar 4.14 Input Material Baja tulangan tahap 2.....	81
Gambar 4.15 Input Material Baja tulangan tahap 3.....	82
Gambar 4.16 Material Baja tulangan tahap 4.....	83
Gambar 4.17 Penampang Kolom Rencana .....	84
Gambar 4.18 Pemodelan Penampang Kolom Tahap 1 .....	84
Gambar 4.19 Pemodelan Penampang Kolom Tahap 2 .....	85
Gambar 4.20 Pemodelan Penampang Kolom Tahap 3 .....	85
Gambar 4.21 Pemodelan Penampang Kolom Tahap 4 .....	86
Gambar 4.22 Penampang Balok Rencana .....	86
Gambar 4.23 Pemodelan Penampang Balok Tahap 3.....	87
Gambar 4.24 Pemodelan Penampang Balok Tahap 4.....	87
Gambar 4.25 Jenis-Jenis Beban yang Bekerja .....	88
Gambar 4.26 Input Respon Spektrum 1 .....	89
Gambar 4.27 Input Respon Spektrum 2.....	89
Gambar 4.28 Input Respon Spektrum 3 .....	90
Gambar 4.29 Input Beban Gempa Dinamik Tahap 1 .....	91
Gambar 4.30 Input Beban Gempa Dinamik Tahap 2 .....	91
Gambar 4.31 Input Beban Gempa Dinamik Tahap 3 .....	92
Gambar 4.32 Input Beban kombinasi (COMB3) & ENVELOPE.....	93
Gambar 4.33 Menentukan Parameter Tahap 1 .....	94
Gambar 4.34 Menentukan Parameter Tahap 2 .....	94

Gambar 4.35 Menentukan Parameter Tahap 3 .....	95
Gambar 4.36 Menentukan Setiap Lantai Sebagai Diaphragma Tahap 1 .....	95
Gambar 4.37 Menentukan Setiap Lantai Sebagai Diaphragma Tahap 2 .....	96
Gambar 4.38 Menentukan Setiap Lantai Sebagai Diaphragma Tahap 3 .....	96
Gambar 4.39 Menentukan Setiap Lantai Sebagai Diaphragma Tahap 4 .....	97
Gambar 4.40 Diagram simpangan antar lantai arah X.....	101
Gambar 4.41 Diagram simpangan antar lantai arah Y .....	102
Gambar 4.42 Input Case Gravitasi Tahap 1 .....	103
Gambar 4.43 Input Case Gravitasi Tahap 2 .....	103
Gambar 4.44 Input Case Gravitasi Tahap 3 .....	104
Gambar 4.45 Input Case Pushover Tahap 1 .....	104
Gambar 4.46 Input Case Pushover Tahap 2.....	105
Gambar 4.47 Input Case Pushover Tahap 3.....	105
Gambar 4.48 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Balok Tahap 1 .....	106
Gambar 4.49 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Balok Tahap 2 .....	107
Gambar 4.50 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Balok Tahap 3 .....	107
Gambar 4.51 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Balok Tahap 4.....	108
Gambar 4.52 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Balok Tahap 5 .....	109
Gambar 4.53 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Kolom Tahap 1 .....	109
Gambar 4.54 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Kolom Tahap 2 .....	110
Gambar 4.55 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Kolom Tahap 3 .....	110
Gambar 4.56 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Kolom Tahap 4 .....	111
Gambar 4.57 Input Titik Tinjau Sendi Plastis Pada Kolom Tahap 5 .....	112
Gambar 4.58 Running Pushover Analysis Tahap 1 .....	112
Gambar 4.59 Running Pushover Analysis Tahap 2.....	113
Gambar 4.60 Grafik pushover .....	113
Gambar 4.61 Grafik Kapasitas <i>spectrum</i> (ATC-40).....	114

## DAFTAR NOTASI

- RN : Risiko terjadinya gempa selama umur rencana
- $T_R$  : Periode ulang terjadinya gempa
- N : Umur rencana dari bangunan
- a : Percepatan pergerakan permukaan tanah akibat getaran gempa
- m : Massa bangunan
- W : Gaya berat struktur bangunan
- $C_s$  : Koefisien respon seismik
- W : Gaya berat struktur bangunan
- $S_a$  : Spektrum respon percepatan desain
- $I_e$  : Faktor keutamaan gempa  $W =$  Kombinasi dari beban mati dan beban hidup yang direduksi
- $S_s$  : Parameter respons spektral untuk perioda pendek.
- $S_1$  : Parameter respons spektral untuk perioda 1,0 detik.
- $S_{DS}$  : Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek
- $S_{D1}$  : Parameter respons spektral untuk perioda 1,0 detik.
- T : periode getar fundamental struktur.
- G : gravitasi bumi
- R : Faktor reduksi gempa.
- V : Geser dasar seismik.
- $C_s$  : Koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan 0.
- W : Berat seismik efektif menurut 0.
- hn : ketinggian struktur
- $C_{vx}$  : faktor distribusi vertical
- V : gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur
- $W_i$  : bagian berat seismik efektif total struktur ( ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i
- $W_x$  : bagian berat seismik efektif total struktur ( ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat x
- k : eksponen yang terkait dengan periode struktur



$D_t$  : Perpindahan atap total.

$D_1$  : Perpindahan pada kondisi sendi plastis pertama.

$H_{tot}$  : Tinggi total struktur gedung.