

# **EVALUASI KINERJA SEISMIK STRUKTUR MENARA SABILULUNGAN 99 KABUPATEN BANDUNG DENGAN METODE ANALISIS STATIS NONLINEAR *PUSHOVER***

**NAUFAL RIFQI ARRAFI**



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



**IPB University**  
Bogor Indonesia

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Evaluasi Kinerja Seismik Menara Sabilulungan 99 Kabupaten Bandung dengan Metode Analisis Statis Nonlinear *Pushover*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Maret 2024

Naufal Rifqi Arrafi  
F4401201011

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRAK

NAUFAL RIFQI ARRAFI. Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Menara Sabilulungan 99 Kabupaten Bandung dengan Metode Analisis Statis Nonlinear Pushover. Dibimbing oleh ERIZAL dan SEKAR MENTARI

Salah satu wilayah dengan kerawanan gempa bumi yang tinggi adalah Pulau Jawa. Menara Sabilulungan 99 yang terletak di Kabupaten Bandung ini merupakan menara dengan struktur beton bertulang yang memiliki sistem rangka pemikul momen. Periode struktur yang dimiliki adalah sebesar 2,6 detik. Rasio partisipasi massa yang diperoleh mencapai nilai di atas 90% baik arah x dan arah y pada ragam getar ke 9. Gaya geser dasar yang diperoleh ketika titik performa tercapai dalam analisis pasca-elastik adalah sebesar 10402,90 kN untuk arah x dan 10178,88 kN untuk arah y. Perpindahan lateral atap pada arah x dan arah y masing-masing adalah sebesar 568,53 mm dan 602,51 mm ketika titik performa struktur tercapai. Berdasarkan parameter deformasi struktur pada acuan ATC 40 dan FEMA 356, tingkat kinerja struktur merupakan *Life Safety* (LS). Daktilitas yang dimiliki struktur pada arah x dan y masing-masing adalah sebesar 1,7 dan 2,4 sehingga struktur tergolong ke dalam daktilitas rendah pada arah x dan daktilitas sedang pada arah y.

**Kata Kunci:** beban gempa; analisis *pushover*; kinerja seismik; daktilitas; menara sabilulungan 99

## ABSTRACT

NAUFAL RIFQI ARRAFI. Seismic Performance Evaluation of the Sabilulungan 99 Tower Structure in Bandung Regency using the Nonlinear Static Pushover Analysis Method. Supervised by ERIZAL and SEKAR MENTARI.

One of the regions with high earthquake vulnerability is Java Island. The Sabilulungan 99 Tower, located in Bandung Regency, is a tower with a reinforced concrete structure that features a moment-resisting frame system. The structure's period is 2.6 seconds. The mass participation ratio obtained reaches values above 90% in both the x and y directions in the 9<sup>th</sup> vibration mode. The base shear force obtained when the performance point is reached in the post-elastic analysis is 10,402.90 kN in the x direction and 10,178.88 kN in the y direction. The lateral displacement of the roof in the x and y directions is 568.53 mm and 602.51 mm, respectively, when the structure's performance point is reached. Based on the structural deformation parameters according to FEMA 356 guidelines, the structure's performance level is *Life Safety* (LS). The structure's ductility in the x and y directions is 1.7 and 2.4, respectively, classifying the structure as having low ductility in the x direction and moderate ductility in the y direction.

**Keywords:** *earthquake load; pushover analysis; seismic performance; ductility; sabilulungan 99 tower*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024<sup>1</sup>  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

# **EVALUASI KINERJA SEISMIK STRUKTUR MENARA SABILULUNGAN 99 KABUPATEN BANDUNG DENGAN METODE ANALISIS STATIS NONLINEAR *PUSHOVER***

**NAUFAL RIFQI ARRAFI**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**Tim Penguji pada Ujian Skripsi:**

- 1 Sekar Mentari S.T., M.T.**
- 2 Joana Febrita S.T., M.T.**





Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Menara Sabilulungan 99  
Kabupaten Bandung dengan Metode Analisis Statis Nonlinear  
*Pushover*

Nama : Naufal Rifqi Arrafi  
NIM : F4401201011

Pembimbing 1:  
Dr. Ir. Erizal, M. Agr., IPM.  
NIP. 19650106 199002 1 001  
Pembimbing 2:  
Sekar Mentari, S.T., M.T.  
NIP. 3276056206930004

Disetujui oleh



Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan:  
Dr. Ir. Erizal, M. Agr., IPM.  
NIP. 19650106 199002 1 001



Tanggal Ujian:  
25 Juni 2024

Tanggal Lulus: 110 JUL 2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



### @Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga usulan penelitian ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih untuk penelitian yang akan dilaksanakan pada bulan Februari 2023 sampai bulan April 2024 ini ialah analisis struktur suatu gedung, dengan judul “Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Menara Sabilulungan 99 Kabupaten Bandung dengan Metode Analisis Statis Nonlinear *Pushover*”.

Ucapan terima kasih ditunjukkan kepada:

1. Dr. Ir. Erizal, M. Agr., IPM., selaku dosen pembimbing saya yang telah memberikan arahan, masukan, dukungan, dan bimbingannya.
2. Sekar Mentari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan masukan dalam penyusunan usulan penelitian ini.
3. Bambang Widyanarko, S.T., selaku *project manager* proyek pembangunan Menara Sabilulungan 99 PT Amber Hasya yang telah memberikan izin untuk memberikan data yang diperlukan dalam penelitian ini.
4. Kedua orang tua yaitu Bapak Ranto Sandwiadji dan Ibu Teti Kuswati yang selalu memberikan dukungan serta do'a.

Semoga usulan penelitian ini dapat memberikan arahan sehingga penelitian yang diusulkan dapat terlaksana dengan baik dan bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Maret 2024

*Naufal Rifqi Arrafi*



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Struktur Bangunan Tahan Gempa	4
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen	5
2.3 Pembebanan Struktur	5
2.4 Beban Gempa Rencana	7
2.5 Parameter Seismik Struktur dalam SNI 1726:2019	9
2.6 <i>Performance-Based Seismic Engineering</i>	11
2.7 Daktilitas Struktur	15
III METODE	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Data Struktur Gedung	17
3.4 Prosedur Penelitian	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Pemodelan Analitis Struktur	21
4.2 Beban Gravitasi Struktur ( <i>Gravity Load</i> )	24
4.3 Beban Gempa Rencana Kecamatan Soreang	25
4.4 Periode Struktur	26
4.5 Rasio Partisipasi Massa	26
4.6 Gaya Geser Dasar	28
4.7 Hasil Analisis <i>Pushover</i>	29
V SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Simpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	63

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR TABEL

1	Faktor $R$ , $\Omega_0$ , dan $Cd$ untuk sistem pemikul momen	5
2	Kombinasi pembebanan metode ultimit ( <i>ultimit limit state</i> )	6
3	Kombinasi pembebanan metode tegangan izin ( <i>service limit state</i> )	6
4	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	10
5	Nilai parameter periode pendekatan $Ct$ dan $x$	10
6	Data dimensi komponen struktur kolom	18
7	Data dimensi komponen struktur balok	18
8	Momen inersia dan luas penampang yang diizinkan	23
9	Beban hidup merata yang dimasukkan dalam ETABS	24
10	Beban mati tambahan yang dimasukkan dalam model ETABS	25
11	Parameter percepatan gempa wilayah Kabupaten Bandung	26
12	Periode struktur	26
13	Rasio partisipasi massa struktur	27
14	Gaya geser dasar seismik	28
15	Distribusi sendi plastis arah $x$	30
16	Distribusi sendi plastis arah $y$	31
17	Target perpindahan dengan metode DCM	32
18	Batas deformasi struktur	34
19	Kinerja struktur berdasarkan ATC-40	34
20	Kinerja struktur berdasarkan FEMA 356	35
21	Deskripsi kerusakan pada komponen struktur pada kinerja <i>life safety</i>	36
22	Gaya geser tingkat ketika struktur mulai mengalami keruntuhan	37
23	Klasifikasi tingkat daktilitas struktur dalam FEMA 356	39

## DAFTAR GAMBAR

1	Spektrum respons desain (BSN 2019a)	7
2	Kurva kriteria keruntuhan (ATC-40 1996)	12
3	Skema penggunaan prosedur analisis inelastis untuk memperkirakan gaya dan deformasi yang diberikan dan model analisis nonlinier dari bangunan (FEMA 440 2005)	13
4	Representasi grafis dari <i>Capacity-Spectrum Method</i> (ATC 40 1996)	14
5	Tahapan analisis <i>pushover</i> dengan <i>coefficient method of displacement</i>	14
6	Parameter struktur dalam kurva <i>pushover</i> (Annan <i>et al.</i> 2008)	15
7	Peta lokasi penelitian	16
8	Diagram alir penelitian	19
9	Konfigurasi garis bantu vertikal pada ETABS (a) Konfigurasi garis bantu ( <i>grid</i> ) horizontal pada ETABS (b)	21
10	<i>Input</i> data material beton K-350 pada ETABS (a) <i>Input</i> data material baja (BJTD-40 dan BJTP-24) pada ETABS (b)	22
11	<i>Input</i> kekuatan material beton K-350 (a) <i>Input</i> kekuatan material baja BJTD-40 (b) <i>Input</i> material baja sengkang BJTP-24 (c)	22
12	Model analitis 3D struktur beton bertulang Menara Sabilulungan 99	23
13	Model analitis 3D struktur atap baja pada elevasi +17,5 m	24
14	Model analitis 3D struktur Atap Baja pada Elevasi +58,5 m	24
15	Kurva respons spektrum Kabupaten Bandung	25
16	Ragam getar struktur translasi arah x (b) translasi arah y (b) dan rotasi arah z (c)	27
17	Denah kolom lantai 2 Elevasi +6,90 m	29
18	Hasil kurva <i>pushover</i> arah x dan arah y	29
19	Tingkat performa struktur analisis <i>pushover</i> (Kalibhat <i>et al.</i> 2014)	30
20	Sendi plastis pertama yang terbentuk untuk (a) dan sendi plastis yang terbentuk pada tahap 12 (b) untuk <i>pushover</i> arah x	31
21	Sendi plastis pertama yang terbentuk untuk (a) dan sendi plastis yang terbentuk pada tahap 12 (b) untuk <i>pushover</i> arah y	32
22	Target perpindahan atap ( $\delta T$ ) struktur arah x dan arah y	33
23	Parameter <i>maximum total drift</i> berdasarkan ATC-30 (ATC-30 1996)	33
24	Kondisi struktur pada target perpindahan atap arah x (a) Kondisi struktur pada target perpindahan atap arah y	34
25	Kurva simpangan inelastik antar lantai	36
26	Distribusi beban lateral pada analisis <i>pushover</i> (Gupta 2017)	37
27	Distribusi gaya geser tingkat ketika struktur mulai runtuh ( $>CP$ )	38



## DAFTAR LAMPIRAN

1	Peta lokasi penelitian	45
2	Gambar tampak depan dan potongan Menara Sabilulungan 99	46
3	Denah arsitektur lantai dasar Menara Sabilulungan 99	47
4	Detail penulangan komponen kolom struktur Menara Sabilulungan (1)	48
5	Detail penulangan komponen kolom struktur Menara Sabilulungan (2)	49
6	Detail penulangan komponen balok struktur Menara Sabilulungan (1)	50
7	Detail penulangan komponen balok struktur Menara Sabilulungan (2)	51
8	Detail penulangan komponen balok struktur Menara Sabilulungan (3)	52
9	Detail penulangan komponen balok struktur Menara Sabilulungan (4)	53
10	Denah pelat lantai struktur Menara Sabilulungan 99 (2)	55
11	Denah pelat lantai struktur Menara Sabilulungan 99 (3)	56
12	Denah pelat lantai struktur Menara Sabilulungan 99 (4)	57
13	Parameter gerak tanah $S_s$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)	58
14	Parameter gerak tanah, $S_1$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)	59
15	Peta transisi periode panjang, TL, wilayah Indonesia	60
16	Reaksi perletakan pada model struktur atap baja elevasi +58,5 m	61
17	Reaksi perletakan pada model struktur atap baja elevasi +17,5 m	62

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.