

TUGAS AKHIR

EVALUASI KINERJA SEISMIC BANGUNAN KOMPLEK ISLAM KREATIF PASKA GEMPA CIANJUR 2022

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



Disusun oleh:

Nurul Fadillah Syachda

20190110117

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2023**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Fadillah Syachda
NIM : 20190110117
Judul : Evaluasi Kinerja Seismik Bangunan Komplek Islam
Kreatif Paska Gempa Cianjur 2022

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 01 September 2023

Yang membuat pernyataan



Nurul Fadillah Syachda

NIM: 20190110117

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR..... | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | vi |
| PRAKATA..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xv |
| DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG..... | xvi |
| DAFTAR SINGKATAN..... | xvii |
| DAFTAR ISTILAH..... | xviii |
| ABSTRAK..... | xix |
| <i>ABSTRACT</i> | xx |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Lingkup Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB II..... | 4 |
| TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI..... | 4 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka..... | 4 |

| | | |
|--------------------------------------|--|----|
| 2.2 | Dasar Teori..... | 10 |
| 2.2.1 | Gempa Bumi..... | 10 |
| 2.2.2 | Aplikasi <i>OpenQuake</i> | 11 |
| 2.2.3 | Aplikasi QGIS Destop..... | 11 |
| 2.2.9 | Ketentuan Umum Perencanaan Struktur Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019..... | 17 |
| 2.2.10 | Sendi Plastis | 29 |
| 2.2.11 | Kurva Kapasitas..... | 29 |
| 2.2.12 | Titik Kinerja | 29 |
| 2.2.13 | Kinerja Struktur Metode ATC-40..... | 30 |
| 2.2.14 | <i>Performance Point</i> | 33 |
| BAB III..... | | 34 |
| METODE PENELITIAN | | 34 |
| 3.1 | Bahan atau Materi..... | 34 |
| 3.2 | Program dan <i>Software</i> | 35 |
| 3.3 | Tempat dan Waktu Penelitian | 35 |
| 3.4 | Tahapan Penelitian..... | 35 |
| 3.4.1 | Literature Review | 36 |
| 3.4.2 | Menentukan Nilai Respon Spektra | 37 |
| 3.4.3 | Pembuatan <i>Hazard Map</i> PGA, S_s , dan S_1 | 45 |
| 3.4.4 | Analisis Perhitungan | 52 |
| 3.4.5 | Analisis <i>Pushover</i> | 52 |
| 3.4.6 | Pemodelan Struktur..... | 53 |
| 3.4.7 | Analisis Beban Gempa..... | 59 |
| 3.4.8 | Mendefinisikan Mass Source..... | 60 |
| 3.4.9 | <i>Input Data Respon Spektra</i> | 60 |
| 3.4.10 | Analisis Beban Gempa Statik..... | 61 |
| 3.4.11 | Analisis Beban Gempa Dinamik..... | 62 |
| 3.4.12 | Mendefinisikan <i>Load Case Analisis Pushover</i> | 62 |
| 3.4.13 | Memodelkan Sendi Plastis (<i>Hinge</i>)..... | 66 |
| 3.4.14 | <i>Running Analisis Pushover</i> | 69 |
| BAB IV | | 70 |
| HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | | 70 |

| | | |
|----------------------------|---|-------|
| 4.1 | Analisis Nilai Hazard Gempa Cianjur di Bangunan Islam Kreatif Cianjur | 70 |
| 4.2 | Analisis <i>Pushover</i> | 71 |
| 4.2.1 | Analisis Beban Gempa..... | 72 |
| 4.2.2 | Kurva Kapasitas..... | 73 |
| 4.3 | Level Kinerja Struktur dan Performance Point | 77 |
| 4.4 | Skema Sendi Plastis | 80 |
| BAB V..... | | 85 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | | 85 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 85 |
| 5.2 | Saran | 85 |
| DAFTAR PUSTAKA | | xxi |
| LAMPIRAN | | xxiii |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Perbandingan Antara Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis Terdahulu | 8 |
| Tabel 2.2 Berat sendiri bahan bangunan (Peraturan Pembenanan Indonesia Untuk Gedung, 1983) | 14 |
| Tabel 2. 3 Berat sendiri komponen gedung (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983)..... | 15 |
| Tabel 2. 4 Beban hidup pada lantai gedung (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983)..... | 16 |
| Tabel 2.5 Klasifikasi Situs (SNI-17260-2019)..... | 18 |
| Tabel 2.6 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (SNI-1726-2019) | 19 |
| Tabel 2.7 Faktor Keutamaan Gempa (SNI-1726-2019) | 21 |
| Tabel 2. 8 Koefisien Situs F_a (SNI-1726-2019)..... | 22 |
| Tabel 2.9 Koefisien Situs F_v (SNI-1726-2019)..... | 23 |
| Tabel 2. 10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode Pendek (SNI-1726-2019) | 24 |
| Tabel 2.11 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode 1 Detik (SNI-1726-2019) | 24 |
| Tabel 2. 12 Faktor R , C_d , dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik (SNI-1726- 2019) | 26 |
| Tabel 2.13 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung (SNI-1726- 2019) | 27 |
| Tabel 2.14 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x (SNI-1726-2019) | 27 |
| Tabel 2.15 Kondisi Bangunan Setelah Terjadi Gempa dan Kategori Bangunan pada Tingkat Kinerja Struktur (ATC-40 <i>Chapter 3-3</i> , 1996) | 31 |
| Tabel 2.16 Batas Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur (ATC-40, 1996)..... | 32 |
| Tabel 3.1 Nilai PGA Pada Stasiun BMKG (BMKG, 2022)..... | 43 |
| Tabel 4.1 Hasil Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> Arah X..... | 74 |
| Tabel 4.2 Hasil Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> Arah Y | 74 |
| Tabel 4.3 Keterangan Warna Sendi Plastis | 81 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Peta Hazard (sumber : <i>google.com</i>)..... | 13 |
| Gambar 2.2 Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)..... | 18 |
| Gambar 2.3 Peta Parameter Respon Spektra Periode 0,2 Detik (S_s) (SNI-1726-2019) | 21 |
| Gambar 2.4 Peta Parameter Respon Spektra Periode 1 Detik (S_1) (SNI-1726-2019) | 22 |
| Gambar 2.5 Spektra Respon Desain (SNI-1726-2019)..... | 25 |
| Gambar 2.6 Kurva Kapasitas (ATC-40 <i>Figure 8-1</i> , 1996) | 29 |
| Gambar 2.7 Penentuan titik kinerja menurut metode spektra kapasitas (ATC-40, 1996) | 30 |
| Gambar 2.8 Kurva Kapasitas Tingkat Kinerja Struktur (ATC-40 <i>Figure 6-6</i> , 1996) | 31 |
| | |
| Gambar 3.1 Tampak atas TK Islam Kreatif | 34 |
| Gambar 3.2 Kerusakan pada bangunan..... | 34 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian | 36 |
| Gambar 3.4 Diagram Alir Tahapan Menentukan Nilai PGA menggunakan <i>OpenQuake</i> | 37 |
| Gambar 3.5 Tampilan Daerah pada USGS VS30 <i>Map Viewer</i> | 39 |
| Gambar 3.6 Tampilan Konfigurasi <i>Source Model</i> | 39 |
| Gambar 3.7 Tampilan <i>Source Model</i> | 40 |
| Gambar 3.8 Tampilan File GMPE <i>Logic Tree</i> | 40 |
| Gambar 3. 9 Tampilan File <i>Source Model</i> | 41 |
| Gambar 3. 10 Tampilan Gabungan File dalam WinRAR | 41 |
| Gambar 3. 11 Tampilan <i>Running Awal OpenQuake Engine</i> | 42 |
| Gambar 3. 12 Tampilan <i>Website OpenQuake Engine</i> | 42 |
| Gambar 3.13 Tampilan <i>Outputs</i> Pada <i>Website OpenQuake Engine</i> | 42 |
| Gambar 3.14 Tampilan Nilai PGA pada QGIS Desktop | 44 |
| Gambar 3.15 Diagram Alir Tahapan Membuat Peta Hazard menggunakan QGIS Desktop | 45 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.16 Tampilan Awal Input Batas Kecamatan | 46 |
| Gambar 3.17 Tampilan <i>OpenQuake</i> IMRT..... | 46 |
| Gambar 3. 18 Tampilan <i>Layer Hazard Maps</i> | 47 |
| Gambar 3.19 Parameter <i>TIN Interpolation</i> | 47 |
| Gambar 3.20 Tampilan Hasil <i>TIN Interpolation</i> | 48 |
| Gambar 3.21 Parameter Clip Raster by Mask Layer | 48 |
| Gambar 3. 22 Tampilan hasil Clip Raster by Mask Layer..... | 49 |
| Gambar 3.23 Tampilan Symbology Shp_Batas | 49 |
| Gambar 3. 24 Tampilan <i>Symbology Layer Clipped Mask</i> | 50 |
| Gambar 3. 25 Tampilan Hasil <i>Layer Clipped Mask</i> berupa nilai PGA | 50 |
| Gambar 3. 26 Tampilan Properties Shp_Batas..... | 51 |
| Gambar 3. 27 Tampilan Hasil Akhir Peta <i>Hazard</i> Gempa Cianjur Tahun 2022 .. | 51 |
| Gambar 3.28 Diagram Alir Tahapan Analisis <i>Pushover</i> menggunakan SAP2000 24 | 52 |
| Gambar 3.29 Tampilan Input Material Baja | 54 |
| Gambar 3. 30 Tampilan Input Material Beton | 55 |
| Gambar 3.31 Tampilan <i>Input</i> Beban..... | 55 |
| Gambar 3. 32 Tampilan <i>Input Frame Loads</i> | 56 |
| Gambar 3.33 Beban Mati pada Bagian Atap Bangunan | 56 |
| Gambar 3.34 Beban Hidup pada Bagian Atap Bangunan..... | 57 |
| Gambar 3.35 Beban Hujan pada Bagian Atap Bangunan | 57 |
| Gambar 3.36 Beban Angin pada Bagian Atap Bangunan..... | 58 |
| Gambar 3. 37 Tampilan <i>Frame Release</i> | 58 |
| Gambar 3. 38 Tampilan Frame setelah Release | 59 |
| Gambar 3.39 Tampilan <i>Running Analysis</i> | 59 |
| Gambar 3. 40 Tampilan <i>Mass Source Data</i> | 60 |
| Gambar 3.41 Tampilan Nilai Respon Spektra..... | 61 |
| Gambar 3. 42 Tampilan <i>Base Reaction</i> Akibat Beban Gempa Statik | 61 |
| Gambar 3. 43 Tampilan <i>Base Reaction</i> Akibat Beban Gempa Dinamik..... | 62 |
| Gambar 3.44 Tampilan <i>Load Case Gravity</i> | 63 |
| Gambar 3. 45 Tampilan Load Case PUSH-X | 63 |
| Gambar 3.46 Tampilan <i>Load Application Control</i> | 64 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3. 47 Tampilan <i>Results Saved</i> | 64 |
| Gambar 3. 48 Tampilan <i>Load Case PUSH-Y</i> | 65 |
| Gambar 3. 49 Tampilan <i>Load Application Control PUSH-Y</i> | 65 |
| Gambar 3.50 Tampilan <i>Select Frame Balok</i> | 66 |
| Gambar 3.51 Tampilan <i>Assign Frame Hinges Balok</i> | 67 |
| Gambar 3. 52 Tampilan <i>Auto Hinge Assignment Data Balok</i> | 67 |
| Gambar 3.53 Tampilan <i>Select Frames Kolom</i> | 68 |
| Gambar 3. 54 Tampilan <i>Assign Frame Hinges Kolom</i> | 68 |
| Gambar 3.55 Tampilan <i>Auto Hinge Assignment Data Kolom</i> | 69 |
| Gambar 3. 56 <i>Running Analysis</i> | 69 |
| Gambar 4.1 Tampilan Nilai PGA Gempa Bumi Cianjur Tahun 2022..... | 70 |
| Gambar 4. 2 Peta <i>Hazard</i> berdasarkan nilai PGA Gempa Bumi Cianjur Tahun 2022..... | 71 |
| Gambar 4.3 Grafik Simulasi Respon Spektra | 71 |
| Gambar 4.4 Tampilan Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> Arah X..... | 73 |
| Gambar 4.5 Tampilan Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> Arah Y | 73 |
| Gambar 4.6 Grafik Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> Arah X (<i>Displacement</i>)..... | 75 |
| Gambar 4.7 Grafik Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> Arah X (<i>Base Force</i>)..... | 76 |
| Gambar 4.8 Grafik Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> Arah Y (<i>Displacement</i>)..... | 76 |
| Gambar 4.9 Grafik Kurva Kapasitas <i>Pushover</i> Arah Y (<i>Base Force</i>)..... | 77 |
| Gambar 4.10 Tampilan <i>Pushover Curve</i> | 77 |
| Gambar 4.11 Parameter <i>ATC-40 Capacity Spectrum</i> | 78 |
| Gambar 4.12 Tampilan Setelah <i>Input Parameter ATC-40 Capacity Spectrum</i> | 78 |
| Gambar 4.13 Nilai <i>Performance Point Pushover X</i> | 80 |
| Gambar 4.14 Nilai <i>Performance Point Pushover Y</i> | 80 |
| Gambar 4.15 Tampilan <i>Step Awal Sendi Plastis Arah X</i> | 82 |
| Gambar 4.16 Tampilan <i>Step Sendi Plastis Pada Kolom Arah X</i> | 82 |
| Gambar 4.17 Tampilan <i>Step Akhir Sendi Plastis Arah X</i> | 83 |
| Gambar 4.18 Tampilan <i>Step Awal Sendi Plastis Arah Y</i> | 83 |
| Gambar 4.19 Tampilan <i>Step Akhir Sendi Plastis Arah Y</i> | 84 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-------|
| Lampiran 1 Lampiran 1 Bentuk Bangunan TK Islam Kreatif Cianjur Pada Program SAP2000 (Tampak Depan) | xxiii |
| Lampiran 2 Denah Bangunan TK Islam Kreatif Cianjur Cianjur Pada Program SAP2000 (Tampak Atas) | xxiii |
| Lampiran 3 Kerusakan Pada Bangunan | xxiv |
| Lampiran 4 Kerusakan Pada Bangunan | xxiv |
| Lampiran 5 Kerusakan Pada Bangunan | xxv |
| Lampiran 6 Kerusakan Pada Bangunan | xxv |

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

| Simbol | Dimensi | Keterangan |
|---------------|---------|---|
| U | [Kn] | Kuat Perlu |
| D | [Kn] | Beban Mati |
| L | [Kn] | Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik |
| S_S | [-] | Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik |
| S_1 | [-] | Parameter spektral desain perioda pendek |
| S_{MS} | [-] | Parameter spektral desain perioda 1 detik |
| S_{DS} | [-] | Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek |
| S_{D1} | [-] | Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik |
| S_a | [g] | Spektra percepatan (<i>spectral acceleration</i>) |
| S_d | [m] | Spektra perpindahan (<i>spectral displacement</i>) |
| V | [kN] | Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur |
| δ_t | [-] | Rasio simpangan struktur (<i>drift ratio</i>) |
| T_{eff} | [detik] | Periode efektif |
| β_{eff} | [%] | Rasio redaman |
| H_{Total} | [m] | Tinggi total bangunan |
| C_a | [-] | Percepatan tanah puncak |
| C_v | [-] | Nilai koefisien gempa |
| T | [detik] | Periode getar fundamental struktur |
| T_L | [detik] | Periode transisi panjang |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|------|--|
| ATC | : <i>Applied Technology Council</i> |
| BMKG | : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika |
| PGA | : <i>Peak Ground Acceleration</i> |
| PGV | : <i>Peak Ground Velocity</i> |
| DSHA | : <i>Deterministic Seismic Hazard Analysis</i> |
| SNI | : Standar Nasional Indonesia |
| SIG | : Skala Intensitas Gempa |
| GMPE | : <i>Ground Motion Prediction Equations</i> |
| QGIS | : <i>Quantum Geographic Information System</i> |
| USGS | : <i>United States Geological Survey</i> |

DAFTAR ISTILAH

1. *Mainshock*
Merupakan gempa bumi utama atau gempa primer yang terjadi dalam sebuah rangkaian gempa bumi.
2. *Aftershock*
Merupakan gempa bumi yang terjadi setelah gempa utama (*mainshock*).
3. *Peak Ground Acceleration (PGA)*
Nilai percepatan tanah maksimum pada saat terjadinya gempa bumi.
4. *Hazard*
Fenomena alam, kondisi, atau kejadian yang memiliki potensi menyebabkan kerusakan, kerugian, atau bahaya bagi manusia, lingkungan, dan properti.
5. Desain Seismik
Proses merancang struktur bangunan agar memiliki ketahanan yang memadai terhadap guncangan gempa bumi.
6. *Strong Column Weak Beam*
Apabila terjadi keruntuhan atau kegagalan struktur, maka yang runtuh dan rusak terlebih dahulu adalah baloknya.
7. *Base Shear*
Gaya horizontal total yang ada pada dasar bangunan ketika terjadi guncangan gempa bumi.
8. *Roof Displacement*
Merupakan perpindahan secara horizontal atau vertikal dari struktur atap pada saat terjadinya guncangan gempa bumi.
9. *Open Frame*
Analisis pada SAP2000 yang digunakan untuk menganalisis struktur berupa rangka terbuka dengan elemen utama seperti balok dan kolom tanpa elemen tambahan seperti dinding geser atau pelat.