UNIVERSITAS
GADJAH MADA
REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
HALAMAN PERSEMBAHAN iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xii
ABSTRAK xvi
ABSTRACT xvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Batasan Masalah 3
1.6 Keaslian Penelitian 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
BAB 3 LANDASAN TEORI 9
3.1 Analisis Dinamik 9
3.1.1 Beban Dinamik 10
3.1.2 Karakteristik Dinamik 12
3.1.3 Pengukuran Dinamik Pada Struktur 14
3.2 Persamaan Gerak 15
3.2.1 *Single degree of freedom system* (SDOF) 15
3.2.2 *Multi degree of freedom system* (MDOF) 17
3.2.3 Pemrosesan Sinyal Dinamik 21
3.3 Pembebanan Pada Model Numerik 26

UNIVERSITAS GADJAH MADA
REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.1 Beban Mati 26
3.3.2 Beban Gempa 26
BAB 4 METODE PENELITIAN 38
4.1 Lokasi Penelitian 38
4.2 Alur Penelitian 38
4.3 Peralatan Penelitian 39
4.4 Prosedur Penelitian di Lapangan 41
4.5 Pemodelan Numerik Menggunakan SAP2000 46
4.5.1 Data Gedung 47
4.5.2 Pembebanan 47
4.5.3 Langkah-langkah Pemodelan Struktur 50
4.6 Pemrosesan Sinyal 56
4.6.1 Pengubahan Format File 57
4.6.2 Sinyal Hasil Rekaman Getaran 61
4.6.3 Perataan Sinyal dengan Program FFTDW05D 62
4.6.4 Respon Spektrum Hasil Olahan FFTDW05D 69
4.7 Pemrosesan Sinyal Untuk Simpangan 70
4.8 Nilai Percepatan Tiap Lantai Pada Pemodelan SAP2000 74
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN 79
5.1 Frekuensi Sinyal 79
5.2 Simpangan *(Displacement)* *80*
5.3 Faktor Amplifikasi 82
5.4 Pola Goyangan (*Mode Shape*) 84
5.5 Indeks Kerentanan (*Vulnerability index – K value*) 85
5.6 Percepatan Maksimum yang Masih dapat Diterima oleh Struktur (*Maximum Acceptable Acceleration*) 87
5.7 Pemodelan Numerik Menggunakan SAP2000 89
5.7.1 Perbandingan Nilai Frekuensi 89
5.7.2 Perbandingan Faktor Amplifikasi 90
5.7.3 Perbandingan Indeks Kerentanan 92
5.7.4 Perbandingan Percepatan Maksimum yang Masih dapat

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Diterima oleh Struktur 94
5.8. Analisis Elemen Struktur ……..……96
5.8.1 Analisis Kolom ……..96
5.8.2 Analisis Balok ……..……104
5.9. Perbedaan Hasil Perhitungan Metode Nakamura Dengan Perhitungan Menggunakan SNI 2847:2013……...116
5.10. Perbandingan Uji Eksperimen dan Perhitungan Numerik ……118
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN ……119
6.1 Kesimpulan 119
6.2 Saran 120
DAFTAR PUSTAKA 121
LAMPIRAN 123

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Prosedur analisis pembebanan gempa (SNI 1726:2012 Tabel 13) 27
Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa, Ie (SNI 1726:2012 Tabel 2) 28
Tabel 3.3 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung-1 (SNI 1726: 2012 Tabel 1) 29
Tabel 3.4 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung-2 (SNI 1726: 2012 Tabel 1) 29
Tabel 3.5 Klasifikasi Situs (SNI 1726: 2012 Tabel 3) 30
Tabel 3.6 Koefisien situs, Fa (SNI 1726: 2012 Tabel 4) 31
Tabel 3.7 Koefisien situs, Fv (SNI 1726: 2012 Tabel 5) 31
Tabel 3.8 Kategori desain seismik berdasarkan SDS (SNI 1726:2012 Tabel 6) 33
Tabel 3.9 Kategori desain seismik berdasarkan SD1 (SNI 1726:2012 Tabel 7) 33
Tabel 3.10 Koefisien batas atas perioda (SNI 1726:2012 Tabel 14) 34
Tabel 3.11 Parameter C_t dan *x* (SNI 1726:2012 Tabel 15) 35
Tabel 3.12 Simpangan antar lantai ijin, Δ_a (SNI 1726:2012 Tabel 16) 37
Tabel 4.1 Perhitungan waktu penelitian 43
Tabel 5.1 Data Frekuensi dan Percepatan Pengujian di Lapangan Arah U-S..... 79
Tabel 5.2 Data Frekuensi dan Percepatan Pengujian di Lapangan Arah B-T..... 79
Tabel 5.3 Perhitungan Nilai Simpangan dan *Story Drift* Arah U-S 82
Tabel 5.4 Perhitungan Nilai Simpangan dan *Story Drift* Arah B-T 82
Tabel 5.5 Perbandingan Simpangan Arah U-S 82
Tabel 5.6 Perbandingan Simpangan Arah B-T 82
Tabel 5.7 Perhitungan Nilai Faktor Amplifikasi Struktur Arah U-S 83
Tabel 5.8 Perhitungan Nilai Faktor Amplifikasi Struktur Arah B-T 83
Tabel 5.9 Perhitungan Nilai Indeks Kerentanan Arah U-S 86
Tabel 5.10 Perhitungan Nilai Indeks Kerentanan Arah B-T 86
Tabel 5.11 Perhitungan Percepatan Maksimum yang Masih Dapat Diterima oleh Struktur Arah U-S 87
Tabel 5.12 Perhitungan Percepatan Maksimum yang Masih Dapat Diterima

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

oleh Struktur Arah B-T 87
Tabel 5.13 Perbandingan Nilai Frekuensi dari Hasil Numeris dengan Hasil Pengujian di Lapangan untuk arah U-S 90
Tabel 5.14 Perbandingan Nilai Frekuensi dari Hasil Numeris dengan Hasil Pengujian di Lapangan untuk arah B-T 90
Tabel 5.15 Perhitungan Nilai Faktor Amplifikasi Struktur Arah U-S untuk Pemodelan SAP2000 dengan Dinding.....90
Tabel 5.16 Perhitungan Nilai Faktor Amplifikasi Struktur Arah B-T untuk Pemodelan SAP2000 dengan Dinding.....91
Tabel 5.17 Perhitungan Nilai Indeks Kerentanan Arah U-S untuk Pemodelan SAP2000 dengan Dinding 93
Tabel 5.18 Perhitungan Nilai Indeks Kerentanan Arah B-T untuk Pemodelan SAP2000 dengan Dinding.....93
Tabel 5.19 Perhitungan Percepatan Maksimum yang Masih Dapat Diterima oleh Struktur Arah U-S untuk Pemodelan SAP2000 dengan Dinding.....94
Tabel 5.20 Perhitungan Percepatan Maksimum yang Masih Dapat Diterima oleh Struktur Arah B-T untuk Pemodelan SAP2000 dengan Dinding.....95
Tabel 5.21 Konfigurasi tulangan kolom K2 98
Tabel 5.22 Rekapitulasi kapasitas lentur dan aksial kolom output pemodelan SAP2000 dengan dinding 103
Tabel 5.23 Rekapitulasi kapasitas lentur balok output pemodelan SAP2000 dengan dinding.....115
Tabel 5.24 Perbandingan Uji Eksperimen dan Perhitungan Numerik 118

REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB
BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Analisis Struktur (Suhendro,2002) 9
Gambar 3.2 Beban dinamik akibat mesin (Suhendro,2002) 11
Gambar 3.3 Cara pengukuran struktur dengan analisis dinamik (Priyosulistyo,2013) 15
Gambar 3.4 Model matematik struktur SDOF 16
Gambar 3.5 Struktur 3-DOF, free body diagram dan model matematik 17
Gambar 3.6 Hubungan antara pola getaran dan simpangan (Nakamura dkk, 2000) 20
Gambar 3.7 Percepatan dalam *domain* waktu dapat diuraikan seperti penjumlahan dari banyak gelombang sinus dengan berbagai variasi amplitudo (Priyosulistyo,2013) 21
Gambar 3.8 Fenomena Aliasing (Priyosulistyo,2013) 24
Gambar 3.9 Jenis *Filtering* dalam Basis Waktu dan Basis Frekuensi (Priyosulistyo,2013) 25
Gambar 3.10 Spektrum respon desain (SNI 1726:2012 Gambar 1) 32
Gambar 3.11 Penentuan simpangan antar lantai (SNI 1726:2012 Gambar 5) 36
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian 39
Gambar 4.2 *Accelerometer* *39*
Gambar 4.3 *Analog to Digital Converter* dan Amplifier 40
Gambar 4.4 *Accu* *40*
Gambar 4.5 Peralatan yang telah dihubungkan 41
Gambar 4.6 Titik Berat Bangunan.....42
Gambar 4.7 Lokasi titik penelitian 42
Gambar 4.8 Sketsa 3D contoh perletakan *accelerometer* *43*
Gambar 4.9 Menu *Settings*.....44
Gambar *4.10 Hardware Setup* *44*
Gambar 4.11 *New Setup* *44*
Gambar 4.12 Atur *Channel* yang digunakan 45

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.13 Mengisi Data dan Konversi Alat Sensor 45
Gambar 4.14 Proses Perekaman 46
Gambar 4.15 Data dinding 48
Gambar 4.16 Parameter Gempa 49
Gambar 4.17 *Grid* dalam SAP2000 51
Gambar 4.18 Definisi Material 52
Gambar 4.19 Defini Penampang 52
Gambar 4.20 Menggambar elemen gedung 53
Gambar 4.21 Pemodelan tumpuan 53
Gambar 4.22 Pemodelan *joint* *54*
Gambar 4.23 *Load Patterns* *54*
Gambar 4.24 *Input* beban gempa statik ekivalen 55
Gambar 2.25 *Input* respon spektrum beban gempa 55
Gambar 4.26 Pemodelan modal 56
Gambar 4.27 Tampilan Rekaman Sinyal Digital pada DEWESoft X1 SP7 57
Gambar 4.28 Tampilan Program DEWESoft X1 SP7 58
Gambar 4.29 Tampilan *IIR Filter* *58*
Gambar 4.30 Tampilan *IIR Filter setup* *59*
Gambar 4.31 Tampilan Sinyal Digital setelah di *Filter* *59*
Gambar 4.32 *Export* data 60
Gambar 4.33 *MS Excel* hasil *export* *60*
Gambar 4.34 *Save as* ke *.csv 61
Gambar 4.35 Hubungan Amplitudo terhadap Waktu pada Ch 2 arah U-S 62
Gambar 4.36 Tampilan Program FFTDW05D 64
Gambar 4.37 Tampilan Program FFTDW05D 64
Gambar 4.38 *Input channel* *64*
Gambar 4.39 *Input* jumlah data yang akan diolah 65
Gambar 4.40 *Input* Faktor Pengali 65
Gambar 4.41 *Input Unit* *66*
Gambar 4.42 Memastikan data benar 66
Gambar 4.43 *Input* jumlah spektrum 67

UNIVERSITAS GADJAH MADA
REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.44 Pemrosesan Data 67
Gambar 4.45 Tampilan Respon Spektrum K61US Ch 2 68
Gambar 4.46 Tampilan file K61US_1.FNL pada Microsoft Excel 68
Gambar 4.47 Respon Spektrum untuk Ch 2 pada 6 lantai arah U-S 69
Gambar 4.48 Tampilan Program DEWESoft X1 SP7 70
Gambar 4.49 Tampilan *IIR Filter* *71*
Gambar 4.50 Tampilan *IIR Filter setup* *71*
Gambar 4.51 Tampilan Sinyal Digital setelah diubah ke simpangan 72
Gambar 4.52 *Export* data 72
Gambar 4.53 *MS Excel* hasil *export* *73*
Gambar 4.54 *Save as* ke *.csv 73
Gambar 4.55 Tampilan SAP2000 74
Gambar 4.56 Menu *Define* *75*
Gambar 4.57 Menu *Axes* *75*
Gambar 4.58 Menu *Direction* *76*
Gambar 4.59 Menu *Frequency* 76
Gambar 4.60 Menyimpan konfigurasi 76
Gambar 4.61 *Show Tables* *77*
Gambar 4.62 *Choose Tables for Display* *77*
Gambar 4.63. Data perceatan tiap lantai 78
Gambar 4.64. *Export* ke Excel 79
Gambar 5.1 Grafik Faktor Amplifikasi Arah U-S dan B-T 84
Gambar 5.2 Pola Goyangan untuk Arah U-S (kiri) dan B-T (kanan) 85
Gambar 5.3 Grafik Indeks Kerentanan Arah U-S dan B-T 86
Gambar 5.4 Grafik Percepatan Maksimum yang Masih Dapat Diterima oleh Struktur U-S 88
Gambar 5.5 Grafik Percepatan Maksimum yang Masih Dapat Diterima oleh Struktur B-T 88
Gambar 5.6 Perbandingan Grafik Faktor Amplifikasi Arah U-S 91
Gambar 5.7 Perbandingan Grafik Faktor Amplifikasi Arah B-T 92
Gambar 5.8 Perbandingan Grafik Indeks Kerentanan Arah U-S 93

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
REVIEW KEKUATAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI (MEMBANDINGKAN UJI EKSPERIMEN DAN NUMERIK GEDUNG LAB BAHAN BANGUNAN UGM)
Agustinus Sri Pandu Bagas Kurniawan, Prof. Ir. Henricus Priyosulistyo, M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2020 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.9 Perbandingan Grafik Indeks Kerentanan Arah B-T 94
Gambar 5.10 Perbandingan Grafik Percepatan Maksimum yang Masih Dapat Diterima oleh Struktur U-S 95
Gambar 5.11 Perbandingan Grafik Percepatan Maksimum yang Masih Dapat Diterima oleh Struktur B-T 95
Gambar 5.12 Kolom K2 yang ditinjau 96
Gambar 5.13 Diagram interaksi kolom K1B arah x 101
Gambar 5.14 Diagram interaksi kolom K1B arah y 101
Gambar 5.15 Grafik nilai α menurut Bresler (Priyosulistyo, 2012) 103
Gambar 5.16 Balok B1A yang ditinjau 104
Gambar 5.17 Respons Spektrum……..116
Gambar 5.17 Void pada Lantai 2…….117