UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Perubahan Fungsi Bangunan
Mohamad Ridwan, Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyo
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR x
INTISARI xii
ABSTRACT xiii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Perancangan 2
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Perancangan 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Pengaruh Perubahan Fungsi Bangunan 4
2.2 Landasan Teori 6
2.2.1 Perubahan Fungsi Bangunan 6
2.2.2 Pembebanan Struktur 6
2.2.3 Analisis Struktur 16
2.2.4 Metode *Target displacement* ASCE 41-23 17
2.2.5 Faktor Modifikasi Respon 18
2.2.6 Komponen Struktur Beton Bertulang 19
2.2.7 Metode Perkuatan Struktur 23
2.3 Peraturan dan spesifikasi teknis 29
2.4 Perancangan sebelumnya 30
BAB 3 METODE PERANCANGAN 32
3.1 Lokasi Perancangan 32
3.2 Prosedur Perancangan 32
3.3 Bagan Alir 35
3.4 Data Perancangan 35
3.4.1 Identitas Gedung 36
3.4.2 *Material Properties* Gedung 36
3.4.3 *Section Properties* Gedung Eksisting 37
3.5 Pembebanan Struktur 38
3.5.1 Beban Struktur 38
3.5.2 Kombinasi Pembebanan 44
3.6 Pemodelan Struktur Gedung 48
3.6.1 Properti Material 51
3.6.2 Properti penampang 51
3.6.3 Pendefinisian kekakuan efektif komponen 53
3.6.4 Pendefinisian *Mass Source* 54
3.6.5 Pendefinisian diafragma 54
3.6.6 Pendefinisian *Mesh Shell* 55
3.6.7 Pemodel Prosedur *Nonlinear Static (Pushover)* 55
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 62
4.1 Analisis Struktur Eksisting *Nonlinear Static* (*Pushover*) 62
4.1.1 Kurva Kapasitas *Base shear vs Displacement* 62

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Perubahan Fungsi Bangunan
Mohamad Ridwan, Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyo
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.1.2 Faktor Modifikasi Respons Aktual 64
4.1.3 *Target displacement* ASCE 41-23 65
4.1.4 Kinerja Struktur 67
4.2 Hasil Analisis Struktur Eksisting 70
4.2.1 Ragam Getar dan Partisipasi Massa 70
4.2.2 Periode Fundamental Struktur 73
4.2.3 Gaya Geser Dasar Seismik dan Statik 73
4.2.4 Simpangan Antar Lantai 74
4.2.5 Pengaruh P-Delta 76
4.2.6 Ketidakberaturan Horizontal 76
4.2.7 Ketidakberaturan Vertikal 78
4.2.8 Rekapitulasi Analisis Balok Eksisting 80
4.2.9 Rekapitulasi Analisis Kolom Eksisting 81
4.3 Hasil Analisis Perkuatan Struktur 85
4.3.1 Penambahan Kolom Baja 85
4.3.2 Perkuatan CFRP Balok 93
4.3.3 Perkuatan CFRP Kolom 99
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 105
5.1 Kesimpulan 105
5.2 Saran 106
DAFTAR PUSTAKA 107
LAMPIRAN 1 109
LAMPIRAN 2 110
LAMPIRAN 3 122
LAMPIRAN 4 136
LAMPIRAN 5 141
LAMPIRAN 6 145
LAMPIRAN 7 154
LAMPIRAN 8 160
LAMPIRAN 9 165
LAMPIRAN 10 167

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Perubahan Fungsi Bangunan
Mohamad Ridwan, Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyo
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Koefisien C_o (Table 7-55 ASCE 41-23) 17
Tabel 2.2 Faktor Reduksi (SNI 8971:2021) 23
Tabel 2.3 Faktor Reduksi Tambahan (SNI 8971:2021) 27
Tabel 3.1 Detail Balok Gedung BRIMEN (Sumber: PMTES-PETERGO) 37
Tabel 3.2 Detail Kolom Gedung BRIMEN (Sumber: PMTES-PETERGO) 37
Tabel 3.3 Detail Perkuatan Kolom Baja 37
Tabel 3.4 Beban Mati Tambahan pada Lantai 38
Tabel 3.5 Beban Mati Tambahan Dinding pada Balok 38
Tabel 3.6 Beban Mati Tambahan pada Tangga 38
Tabel 3.7 Beban Mati Tambahan pada Atap 38
Tabel 3.8 Beban Hidup Lantai Basement (Sumber: Konsultan PMTES-PETERGO) 39
Tabel 3.9 Beban Hidup Lantai 1 (Sumber: Konsultan PMTES-PETERGO) 39
Tabel 3.10 Beban Hidup Lantai 2 (Sumber: Konsultan PMTES-PETERGO) 39
Tabel 3.11 Beban Hidup Lantai 3 (Sumber: Konsultan PMTES-PETERGO) 39
Tabel 3.12 Beban Hidup Lantai Atap 39
Tabel 3.13 Kombinasi Pembebanan 44
Tabel 3.14 Kombinasi Pembebanan (Lanjutan) 45
Tabel 3.15 Kombinasi Pembebanan (Lanjutan) 46
Tabel 3.16 Kombinasi Pembebanan Perkuatan Kolom Baja 46
Tabel 3.17 Kombinasi Pembebanan Perkuatan Kolom Baja (Lanjutan) 47
Tabel 4.1 Nilai Grafik *Base shear vs Displacement* Arah X 63
Tabel 4.2 Nilai Grafik *Base shear vs Displacement* Arah Y 64
Tabel 4.3 Hasil Plot Kurva Kapasitas dan R Aktual 65
Tabel 4.4 *Target displacement* 67
Tabel 4.5 Level Kinerja Struktur Eksisting 69
Tabel 4.6 Modal Partisipasi Massa Eksisting 72
Tabel 4.7 Pengskalaan Gaya Geser Seismik 74
Tabel 4.8 Simpangan Antar Lantai 75
Tabel 4.9 *Inelastic drift dan Story Force* 76
Tabel 4.10 Pengaruh P-Delta 76
Tabel 4.11 Ketidakberaturan Tipe 1a dan 1b Arah X 77
Tabel 4.12 Ketidakberaturan Tipe 1a dan 1b Arah Y 77
Tabel 4.13 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 78
Tabel 4.14 Ketidakberaturan Berat 79
Tabel 4.15 Rekapitulasi Kegagalan Lentur 80
Tabel 4.16 Rekapitulasi Kegagalan Geser 81
Tabel 4.17 Rekapitulasi Kapasitas PMM Kolom Biaxial 82
Tabel 4.18 Rekapitulasi Kapasitas Geser Kolom 82
Tabel 4.19 Kapasitas Rasio Kolom Baja Perkuatan 87
Tabel 4.20 Kondisi Batas Lendutan pada Balok 89
Tabel 4.21 Kontrol Retak Spasi Tulangan dan Tegangan pada Balok 89
Tabel 4.22 Rekapitulasi Rasio Momen Lentur Balok Setelah Penambahan Kolom Baja 90
Tabel 4.23 Rekapitulasi Rasio Geser Balok Setelah Perkuatan Baja 91
Tabel 4.24 Simpangan Antar Lantai Setelah Perkuatan Baja 92
Tabel 4.25 Rekapitulasi Lapis CFRP Untuk Momen Lentur Negatif Balok 93
Tabel 4.26 Rekapitulasi Lapis CFRP Untuk Momen Lentur Positif Balok 93
Tabel 4.27 Perbandingan DCR Momen Lentur Balok Sebelum 94
Tabel 4.28 Rekapitulasi Lapis CFRP Untuk Gaya Geser Balok 97

Kajian Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Perubahan Fungsi Bangunan
Mohamad Ridwan, Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyo
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.29 Perbandingan DCR Gaya Geser Balok Sebelum 98
Tabel 4.30 Rekapitulasi Kebutuhan CFRP PMM Kolom 99
Tabel 4.31 Rekapitulasi Kebutuhan CFRP Geser Kolom 102
Tabel 5.1 Rasio PMM Kolom K1 123
Tabel 5.2 Perhitungan Momen Nominal Lapis Tulangan Kolom 156
Tabel 5.3 Perhitungan Momen Nominal Lapis Tulangan Kolom 157
Tabel 5.4 Perhitungan Kesetimbangan Gaya Lapis Tulangan Kolom 158
Tabel 5.5 Rekapitulasi Aksial-Lentur Kolom K1 dengan CFRP 5 Lapis 159
Tabel 5.6 Ringkasan Pemeriksaan Kegagalan Geser 165

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Kajian Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Perubahan Fungsi Bangunan
Mohamad Ridwan, Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyo
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Respons Spektrum Gempa (Sumber: SNI 1726:2019) 13
Gambar 2.2 Penentuan Simpang Antar Lantai (Sumber: SNI 1726:2019) 14
Gambar 2.3 Hubungan R, R_μ, Ω_d (Sumber: MWAFY, 2002) 18
Gambar 2.4 Gaya Geser Desain (Sumber: R18.4.2 SNI 2847:2019) 22
Gambar 2.5 Metode Perkuatan Struktur Dengan FRP 24
Gambar 2.6 Perkuatan Struktur Balok Dengan Perkuatan Lentur 25
Gambar 2.7 Skema Lilitan Pembungkusan 26
Gambar 2.8 Model tegangan-regangan beton terkekang CFRP 27
Gambar 2.9 Diagram Interaksi Representatif 29
Gambar 3.1 Lokasi Gedung BRIMEN 32
Gambar 3.2 Bagan Alir Perancangan 35
Gambar 3.3 Spektrum Respon Desain Gedung BRIMEN 43
Gambar 3.4 Denah Lantai 1 Eksisting Gedung BRIMEN 48
Gambar 3.5 Potongan Arah X Eksisting Gedung BRIMEN 49
Gambar 3.6 Potongan Arah Y Eksisting Gedung BRIMEN 49
Gambar 3.7 Pemodelan struktur Gedung BRIMEN Eksisting 50
Gambar 3.8 Properti Material Beton Dan Baja 51
Gambar 3.9 Properti Penampang Balok 51
Gambar 3.10 Properti Penampang Kolom 52
Gambar 3.11 Properti Penampang Pelat Lantai 52
Gambar 3.12 Kekakuan Komponen Struktur Kolom Dan Balok Prosedur Linear 53
Gambar 3.13 Kekakuan Komponen Struktur Kolom Dan Balok Prosedur Nonlinear 53
Gambar 3.14 Pendefinisian *Mass Source* 54
Gambar 3.15 Pendefinisian diafragma 54
Gambar 3.16 Pendefinisian *Mesh Shell* 55
Gambar 3.17 *Frame Assignment - Hinges* pada Balok 56
Gambar 3.18 *Modify Auto Hinge Assignment* untuk Balok 56
Gambar 3.19 Hinges Property Data - Momen M3 57
Gambar 3.20 *Frame Assignment - Hinges* pada Balok 57
Gambar 3.21 *Modify Auto Hinge Assignment* untuk Balok 58
Gambar 3.22 *Moment Rotation Data - Interacting* P-M2-M3 58
Gambar 3.23 *Input Load Case Gravity* 59
Gambar 3.24 *Input Load Case Push X* 60
Gambar 3.25 *Load Application Control for Nonlinier Static Analysis* 61
Gambar 3.26 Nonlinear parameters 61
Gambar 4.1 Kurva *Base shear vs Displacement* Arah X 62
Gambar 4.2 Gambar Kurva *Base shear vs Displacement* Arah Y 63
Gambar 4.3 Plot Titik Leleh dan Ultimit Kurva Kapasitas Arah X 64
Gambar 4.4 Plot Titik Leleh dan Ultimit Kurva Kapasitas Arah Y 65
Gambar 4.5 Kurva Bilinear *Base shear vs Displacement* Arah X 66
Gambar 4.6 Kurva Bilinear *Base shear vs Displacement* Arah Y 66
Gambar 4.7 Pembentukan Sendi Plastis Arah X Mode 3 68
Gambar 4.8 Pembentukan Sendi Plastis Arah Y Mode 3 68
Gambar 4.9 Mode Shape 1 Struktur Eksisting Rotasi 70
Gambar 4.10 Mode Shape 2 Struktur Eksisting Translasi Arah-Y 71
Gambar 4.11 Mode Shape 3 Struktur Eksisting Rotasi 71
Gambar 4.12 Grafik Simpangan Antar Lantai Struktur Eksisting dengan Fungsi Baru 75
Gambar 4.13 Diagram Interaksi Kolom K1 Arah X 83

Kajian Perkuatan Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Perubahan Fungsi Bangunan
Mohamad Ridwan, Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyo
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.14 Diagram Interaksi Kolom K1 Arah Y 83
Gambar 4.15 Diagram Interaksi Kolom K2 Arah X 84
Gambar 4.16 Diagram Interaksi Kolom K2 Arah Y 84
Gambar 4.17 Denah Perkuatan Kolom Lantai Dasar 85
Gambar 4.18 Denah Perkuatan Kolom Lantai 1 86
Gambar 4.19 Denah Perkuatan Kolom Lantai 2 86
Gambar 4.20 3D Visual Penambahan Kolom Baja 87
Gambar 4.21 Distribusi Momen Lentur Kondisi Layan pada Balok Tipe B46a 88
Gambar 4.22 Distribusi Gaya Geser Kondisi Layan pada Balok Tipe B46a 91
Gambar 4.23 Grafik Simpangan Antar Lantai Setelah Perkuatan Baja 92
Gambar 4.24 Denah Perkuatan Balok Lantai 1 95
Gambar 4.25 Denah Perkuatan Balok Lantai 2 95
Gambar 4.26 Denah Perkuatan Balok Lantai 3 96
Gambar 4.27 Denah Perkuatan CFRP pada Kapasitas Geser Balok Lantai 1 98
Gambar 4.28 Denah Perkuatan CFRP pada Kapasitas Geser Balok Lantai 2 99
Gambar 4.29 Diagram Interaksi K1 Arah X Setelah Perkuatan 100
Gambar 4.30 Diagram Interaksi K1 Arah Y Setelah Perkuatan 100
Gambar 4.31 Diagram Interaksi K2 Arah X Setelah Perkuatan 101
Gambar 4.32 Diagram Interaksi K2 Arah Y Setelah Perkuatan 101
Gambar 4.33 Denah Perkuatan Kolom *Basement* 103
Gambar 4.34 Denah Perkuatan Kolom Lantai 1 103
Gambar 4.35 Denah Perkuatan Kolom Lantai 3 104
Gambar 5.1 Diagram Interaksi Kolom K1 124