UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Peningkatan Kapasitas Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang dengan Kombinasi Perkuatan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Rod dan Wrap pada Kondisi Beban Gravitasi (Studi Kasus: Gedung D Geografi UGM)
Maria Helen Kurniawati, Ir. Dian Sestining Ayu, S.T., M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

MOTTO DAN PERSEMBAHAN v

KATA PENGANTAR i

INTISARI iii

***ABSTRACT* ..... iv**

DAFTAR ISI 1

DAFTAR TABEL 6

DAFTAR GAMBAR 7

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN 9

BAB 1 PENDAHULUAN 13

1.1 Latar Belakang 13

1.2 Rumusan Masalah 15

1.3 Tujuan Penelitian 16

1.4 Batasan Masalah 16

1.5 Manfaat Penelitian 17

1.6 Keaslian Penelitian 17

BAB 2 LANDASAN TEORI 21

2.1 Struktur Beton Bertulang 21

2.1.1 Fase Sebelum Retak (*Uncracked Elastic*) 21

2.1.2 Fase Sesudah Retak Sebelum Leleh Tulangan (*Cracked Elastic*) 22

2.1.3 Fase Pasca-Leleh (*Plastic*) 23

2.1.4 Penurunan Kapasitas Beton Bertulang Akibat Usia dan Lingkungan 24

2.2 Fiber Reinforced Polymer (FRP) 25

2.2.1 Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Rod 28

2.2.2 Carbon Fiber Reinforced Polymer CFRP Wrap 29

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Peningkatan Kapasitas Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang dengan Kombinasi Perkuatan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Rod dan Wrap pada Kondisi Beban Gravitasi (Studi Kasus: Gedung D Geografi UGM)
Maria Helen Kurniawati, Ir. Dian Sestining Ayu, S.T., M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3 Analisis Pembebanan 31
2.3.1 Jenis Beban 31
2.3.2 Kombinasi Pembebanan (SNI 1727:2020) 31
2.3.3 Perhitungan Momen dan Gaya Geser Terfaktor 32
2.4 Properti Material 32
2.4.1 Beton 32
2.4.2 Baja Tulangan 33
2.4.3 *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) 33
2.5 Diagram Tegangan dan Regangan pada Balok 34
2.5.1 Diagram Tegangan dan Regangan Balok Beton Bertulang Tanpa Perkuatan 34
2.5.2 Diagram Tegangan dan Regangan Balok dengan Perkuatan CFRP Rod 35
2.6 Kapasitas Lentur Balok Eksisting 35
2.6.1 Faktor Distribusi Tegangan Tekan Ekuivalen (β_1) 36
2.6.2 Rasio Tulangan Seimbang dan Rasio Tulangan Maksimum 36
2.6.3 Rasio Tulangan Terpasang 37
2.6.4 Tinggi Blok Tegangan Tekan Ekuivalen (a) 37
2.6.5 Verifikasi Regangan pada Tulangan Tarik 38
2.6.6 Momen Nominal (Mn) dan Kuat Lentur Rencana (φMn) 38
2.7 Kapasitas Geser Balok Eksisting 39
2.7.1 Kuat Geser yang Disumbangkan oleh Beton (Vc) 39
2.7.2 Kuat Geser yang Disumbangkan oleh Tulangan Sengkang (Vs) 40
2.7.3 Kuat Geser Nominal Total (Vn) dan Kuat Geser Rencana (φVn) 41
2.7.4 Pemeriksaan Tulangan Geser Minimum (Av,min) 42
2.7.5 Pemeriksaan Jarak Maksimum Antar Sengkang (smaks) 42
2.8 Perkuatan Lentur dengan CFRP Rod Metode *Near Surface Mounted* (NSM) 43
2.8.1 Prinsip Metode NSM 43
2.8.2 Sifat Material Desain Sistem FRP 43
2.8.3 Perhitungan Awal Penampang 44
2.8.4 Kondisi Regangan Awal (εbi) pada Sisi Tarik 45

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Peningkatan Kapasitas Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang dengan Kombinasi Perkuatan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Rod dan Wrap pada Kondisi Beban Gravitasi (Studi Kasus: Gedung D Geografi UGM)
Maria Helen Kurniawati, Ir. Dian Sestining Ayu, S.T., M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.8.5 Koefisien Lekatan NSM (κm) 46
2.8.6 Perkiraan Ke dalaman Sumbu Netral (c) - Iterasi Awal 46
2.8.7 Tingkat Regangan Efektif FRP (εfe) 46
2.8.8 Regangan pada Baja Tulangan (ε_s) 47
2.8.9 Tegangan pada Baja Tulangan FRP 47
2.8.10 Resultan Gaya Internal dan Cek Keseimbangan 48
2.8.11 Iterasi c hingga Keseimbangan Gaya Terpenuhi 49
2.8.12 Komponen Kekuatan Lentur (M_{ns} dan M_{nf}) 49
2.8.13 Kekuatan Lentur Desain Penampang (ϕM_n) 50
2.8.14 Rasio Perkuatan Lentur 51
2.9 Perkuatan Geser dengan CFRP Wrap 51
2.9.1 Prinsip Metode EBR 51
2.9.2 Sifat Material Desain Sistem FRP 51
2.9.3 Tingkat Regangan Efektif Perkuatan FRP Geser 52
2.9.4 Kontribusi Perkuatan FRP terhadap Kekuatan Geser 53
2.9.5 Kekuatan Geser Penampang Setelah Perkuatan 54
2.9.6 Peningkatan kapasitas geser 55

BAB 3 METODE PENELITIAN 56
3.1 Lokasi Studi 56
3.2 Pengumpulan Data 57
3.2.1 Data Primer 57
3.2.2 Data Sekunder 57
3.3 Prosedur Penelitian 59
3.4 Alat Penelitian 61

BAB 4 HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN 62
4.1 Objek Tinjauan 62
4.2 Analisis Gaya Dalam 65
4.2.1 Kombinasi Pembebanan untuk Gaya Geser (SNI 1727:2020) 66
4.2.2 Kombinasi Pembebanan untuk Momen Negatif (SNI 1727:2020) 66
4.2.3 Kombinasi Pembebanan untuk Momen Positif (SNI 1727:2020) 66
4.3 Analisis Lentur Sebelum Perkuatan 67
4.3.1 Momen Negatif Tumpuan (Tulangan Tumpuan Atas) 67

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Analisis Peningkatan Kapasitas Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang dengan Kombinasi Perkuatan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Rod dan Wrap pada Kondisi Beban Gravitasi (Studi Kasus: Gedung D Geografi UGM)
Maria Helen Kurniawati, Ir. Dian Sestining Ayu, S.T., M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.3.2 Momen Positif Tumpuan (Tulangan Tumpuan Bawah) 69
4.3.3 Momen Negatif Lapangan (Tulangan Lapangan Atas)..... 70
4.3.4 Momen Positif Lapangan (Tulangan Lapangan Bawah) 72
4.4 Analisis Geser Sebelum Perkuatan 73
4.4.1 Geser Tumpuan 73
4.4.2 Geser Lapangan..... 76
4.5 Desain Torsi 77
4.5.1 Parameter Penampang untuk Perhitungan Torsi 77
4.5.2 Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi..... 78
4.6 Analisis Perkuatan Menggunakan CFRP Rod 78
4.6.1 Properti CFRP Rod 79
4.7 Desain Lentur (ACI 440.2R-17 chapter 16.3)..... 80
4.7.1 Statis Momen dan Inersia Retak 80
4.7.2 Perhitungan Garis Netral Keseimbangan 82
4.7.3 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok..... 83
4.7.4 Pengecekan Tegangan Layan..... 83
4.8 Analisis Perkuatan Menggunakan CFRP Wrap 84
4.8.1 Properti CFRP Wrap 85
4.9 Desain Geser (ACI 440.2R-17 chapter 16.6) 86
4.9.1 Regangan Efektif..... 86
4.9.2 Perhitungan Kapasitas Geser..... 86
4.10 Analisis Peningkatan Kapasitas 87
4.11 Pembahasan Hasil Perkuatan Balok B1 dan B2..... 88
4.11.1 Kondisi Balok Tanpa Perkuatan 88
4.11.2 Kondisi Balok dengan Perkuatan CFRP Rod..... 89
4.11.3 Kondisi Balok dengan Perkuatan CFRP Wrap 89
4.12 Metode Pelaksanaan Pemasangan CFRP Rod di Lapangan 89
4.12.1 Pekerjaan Persiapan 91
4.12.2 Persiapan Permukaan Beton..... 92
4.12.3 Pelaksanaan Aplikasi Nitorod CR..... 92
4.13 Metode Pelaksanaan Pemasangan CFRP Wrap di Lapangan 96
4.13.1 Pekerjaan Persiapan 97

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Analisis Peningkatan Kapasitas Lentur dan Geser Balok Beton Bertulang dengan Kombinasi Perkuatan
Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Rod dan Wrap pada Kondisi Beban Gravitasi (Studi Kasus: Gedung D Geografi UGM)**
Maria Helen Kurniawati, Ir. Dian Sestining Ayu, S.T., M.T.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.13.2 Persiapan Permukaan Beton 100
4.13.3 Pelaksanaan Aplikasi Nitowrap CW 100
4.14 Pertimbangan Pemasangan CFRP Rod dan Wrap di Lapangan 103

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 105
5.1 Kesimpulan 105
5.2 Saran 106

DAFTAR PUSTAKA 108

LAMPIRAN 109