

ANALISIS EXTERIOR BEAM-COLUMN JOINT BETON BERTULANG DENGAN PERKUATAN CFRP MENGGUNAKAN MIDAS FEA

Arif Sandjaya¹, Muhammad Rafi Fathurrahman², dan Sunarjo Leman³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
arifs@ft.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
Muhammad.325190116@stu.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
sunarjo@ft.untar.ac.id

Masuk: 10-07-2023, revisi: 01-02-2024, diterima untuk diterbitkan: 16-07-2024

ABSTRACT

With increasing knowledge and technological advances, earthquake resistance regulations are undergoing updates. Buildings that existed before the new regulations will need to be reviewed. If it turns out that the results of the review do not meet the requirements of the new regulations, then one solution is retrofitting. Fiber reinforced polymer (FRP) has emerged as a viable alternative for reinforcing reinforced concrete components. The advantages of FRP are that it is corrosion resistant, lighter than steel reinforcement, high tensile strength, and easy application. FRP can be in the form of rods, grids, or sheets. There are generally 5 types of FRP, namely glass fiber reinforced polymer (GFRP), aramid fiber reinforced polymer (AFRP), carbon fiber reinforced polymer (CFRP), basalt fiber reinforced polymer (BFRP), and natural fiber reinforced polymer (NFRP). This research will present CFRP as reinforcement for reinforced concrete beam and column connections. Variations in CFRP length in the column were analyzed using MIDAS FEA. 1 models of reinforced concrete beam and column connections were made without CFRP and 7 models with CFRP. The analysis results show that CFRP can increase the load capacity carried by the connection by up to 25% and there is a limit to the length of CFRP use due to the limited capacity of concrete.

Keywords: Retrofitting/reinforcement; carbon fiber reinforced polymer; beam and column connections; reinforced concrete

ABSTRAK

Dengan bertambahnya pengetahuan dan kemajuan teknologi, peraturan tahan gempa mengalami pembaruan. Bangunan yang sudah ada sebelum peraturan baru perlu ditinjau kembali. Jika ternyata hasil peninjauan tidak memenuhi persyaratan dari peraturan baru, maka salah satu solusinya adalah perkuatan. *Fiber reinforced polymer* (FRP) telah muncul sebagai alternatif yang layak untuk perkuatan komponen beton bertulang. Kelebihan FRP adalah tahan korosi, lebih ringan dibandingkan perkuatan baja, kuat tarik yang tinggi, dan aplikasi yang mudah. FRP dapat berbentuk *rod*, *grid*, ataupun lembaran. FRP secara umum ada 5 jenis, yaitu *glass fiber reinforced polymer* (GFRP), *aramid fiber reinforced polymer* (AFRP), *carbon fiber reinforced polymer* (CFRP), *basalt fiber reinforced polymer* (BFRP), dan *natural fiber reinforced polymer* (NFRP). Penelitian ini akan menampilkan CFRP sebagai perkuatan pada hubungan balok dan kolom beton bertulang. Variasi panjang CFRP pada kolom dianalisis menggunakan MIDAS FEA. Dibuat 1 model sambungan balok dan kolom beton bertulang tanpa CFRP dan 7 model dengan CFRP. Hasil analisis menunjukkan CFRP dapat meningkatkan kapasitas beban yang dipikul sambungan hingga 25% dan ada batas panjang penggunaan CFRP karena terbatasnya kemampuan beton.

Kata kunci: Perkuatan; *carbon fiber reinforced polymer*; hubungan balok dan kolom; beton bertulang

1. PENDAHULUAN

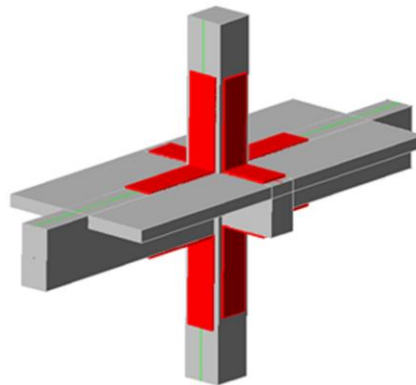
Sambungan adalah tempat yang menghubungkan satu komponen dengan komponen lainnya. Sambungan balok-kolom harus menahan beban bolak-balik yang mengembangkan kekuatan lentur dari balok yang bersebelahan (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Komponen struktural pada jenis pembebanan yang berbeda didasarkan oleh desain dan perincian tulangan (Park & Paulay, 1975). Perhatian khusus harus diberikan pada desain sambungan balok-kolom pada struktur beton bertulang, karena area sambungan balok-kolom paling rentan terhadap beban seismik. Gaya seismik pada sambungan balok-kolom akan menjadi gaya geser, gaya geser pada sambungan balok kolom akan jauh lebih besar selama pembebanan seismik, dan akan menyebabkan kerusakan/retakan pada struktur (Maulana, 2020).

Keruntuhan geser sambungan balok-kolom diidentifikasi sebagai penyebab utama keruntuhan banyak bangunan selama gempa bumi baru-baru ini.

Teknik renovasi yang efektif dan ekonomis untuk meningkatkan kekuatan geser sambungan pada struktur sangat diperlukan. *Fiber reinforced polymer* (FRP) telah muncul sebagai alternatif yang layak untuk perkuatan komponen beton bertulang. FRP telah banyak diaplikasikan untuk perkuatan kolom, balok, dan pelat. Perkuatan menggunakan FRP dapat berbentuk *rod*, *grid*, dan lembaran. FRP memiliki beberapa kelebihan seperti tahan korosi, lebih ringan dibandingkan perkuatan baja, kuat tarik yang tinggi, dan aplikasi yang mudah. Perkuatan dengan lapisan FRP terbukti mampu meningkatkan kuat lentur balok secara signifikan, menghasilkan peningkatan kekakuan, dan kemampuan balok berdeformasi (Luastika et al., 2019).

Khoeri (2020) melakukan studi 3 macam perkuatan yang berbeda pada kolom dengan *concrete jacketing*, *steel jacketing*, dan FRP. Dengan menyamakan biaya yang digunakan pada 3 perkuatan tersebut, ditinjau perbandingan kekuatan, kemudahan dalam pelaksanaan, waktu pelaksanaan, dan estetika. *Steel jacketing* unggul dalam kekuatan, sedangkan FRP unggul dalam kemudahan dalam pelaksanaan, waktu pelaksanaan, dan estetika.

Yu et al. (2015) menggunakan komposit FRP berbentuk L (Gambar 1) untuk memperbaiki sambungan balok-kolom interior. Lembaran FRP berbentuk L memiliki regangan yang jauh lebih rendah daripada regangan efektif.



Gambar 1. Model FRP berbentuk L (Yu et al., 2015)

Eco Multi Sinergi (2023) memproduksi 5 jenis komposit FRP, yaitu *glass fiber reinforced polymer* (GFRP), *aramid fiber reinforced polymer* (AFRP), *carbon fiber reinforced polymer* (CFRP), *basalt fiber reinforced polymer* (BFRP), dan *natural fiber reinforced polymer* (NFRP).

Akhlaghi dan Mostofinejad (2020) menggunakan CFRP untuk meningkatkan kapasitas kuat lateral sambungan balok-kolom beton bertulang eksterior. CFRP direkatkan pada sisi atas dan bawah balok sepanjang bagian kritis dari muka kolom. 4 sistem penjangkaran dievaluasi pada 5 sambungan, yang terdiri dari 1 sambungan biasa dan 4 sambungan retrofit dengan pembebanan siklik. Hasil percobaan menunjukkan berpindahnya kinerja engsel plastis di sepanjang balok dari permukaan kolom.

Penelitian ini akan mencari panjang efektif CFRP yang digunakan pada kolom dari sambungan balok-kolom beton bertulang eksterior.

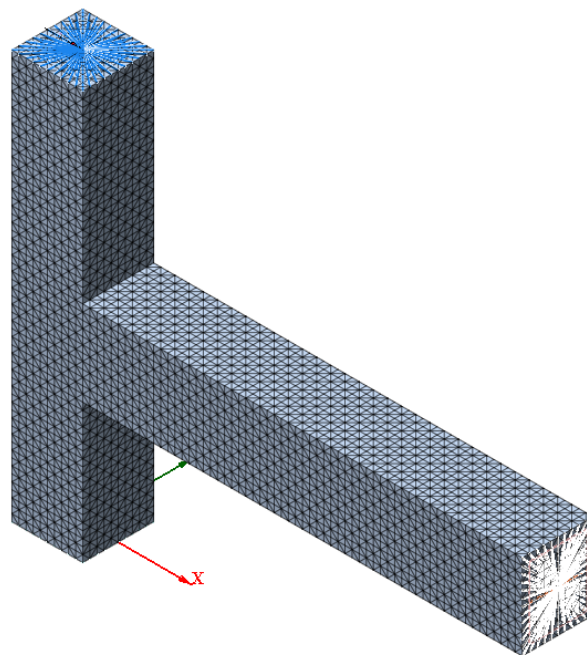
2. METODE PENELITIAN

Model hubungan balok kolom dibuat tanpa perkuatan dan menggunakan CFRP berdasarkan Akhlaghi dan Mostofinejad (2020). Pemodelan perletakan kolom bagian bawah menggunakan perletakan sendi, bagian atas kolom menggunakan rol dan pada bagian ujung balok menggunakan perletakan rol vertikal sesuai dengan pengujian laboratorium. Beban yang digunakan berupa beban lateral *force* yang diletakan di atas kolom dapat dilihat pada Gambar 2. Dimensi kolom adalah 250x250 mm dan balok adalah 250x300 mm. Panjang total model kolom adalah 1500 mm dan panjang total balok adalah 1500 mm. Dilakukan modifikasi panjang CFRP kolom yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan ilustrasi cara pemasangan CFRP pada Gambar 3. Panjang CFRP pada balok adalah 300 mm. Tabel 2 memperlihatkan properti material yang digunakan pada model.

Elemen pengisi material baja menggunakan fungsi *Von mises* dengan tegangan leleh dari material baja. Ukuran *mesh* elemen *solid* yang digunakan sebesar 25x25x25 mm seperti pada Gambar 4.

Tabel 2. Material properti model (Akhlaghi & Mostofinejad, 2020)

Steel	Diameter (mm)	Elastic Modulus (GPa)	Yield Strength (MPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)
#8	8	200	460	719
#10	10	205	511	675
#12	12	209	547	698
#14	14	206	473	627
Fiber	Elastic Modulus (GPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Ultimate Tensile strain (%)	Thickness (mm)
Sika Wrap -300C	230	3900	1,5	0,17
Resin	Elastic Modulus (GPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Ultimate Tensile strain (%)	
Sikadur-330	4,5	30	0,9	

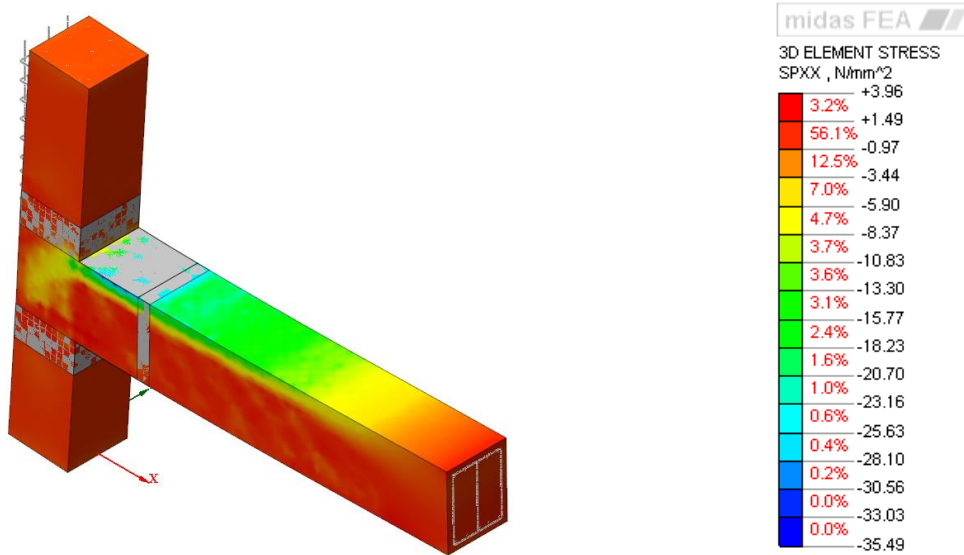


Gambar 4. Model uji MIDAS FEA

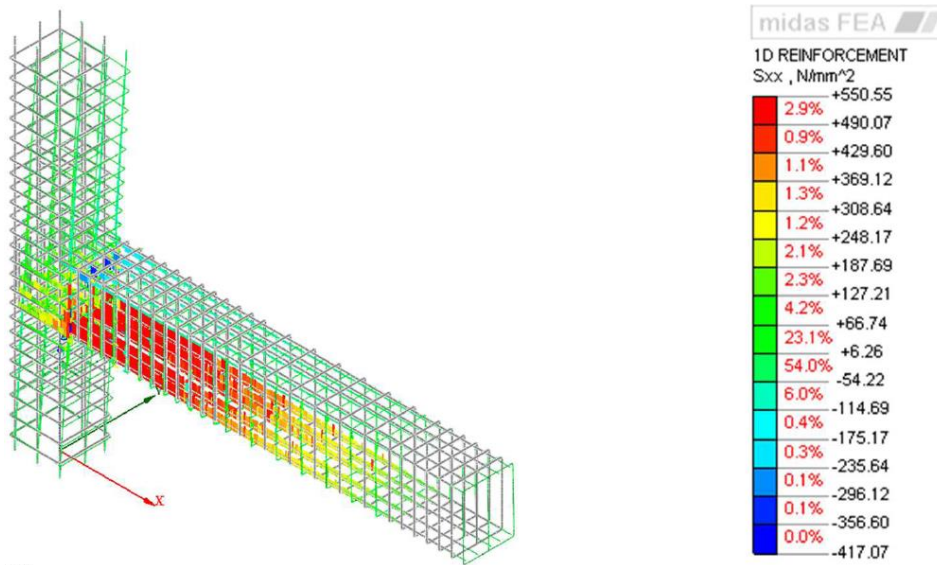
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model RS-1H300 dengan panjang CFRP pada kolom sebesar 125 mm dapat dilihat pada Gambar 5-6. Model ini masih termasuk salah satu uji laboratorium yang dilakukan Akhlaghi dan Mostofinejad (2020). Perbandingan uji laboratorium dengan MIDAS FEA dapat dilihat pada Tabel 3, dimana sudah kurang dari 5% yang memperlihatkan model pada MIDAS FEA dapat mendekati uji laboratorium.

Hasil analisis MIDAS FEA untuk semua model pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik pada Gambar 7.



Gambar 5. Tegangan beton model RS-1H300



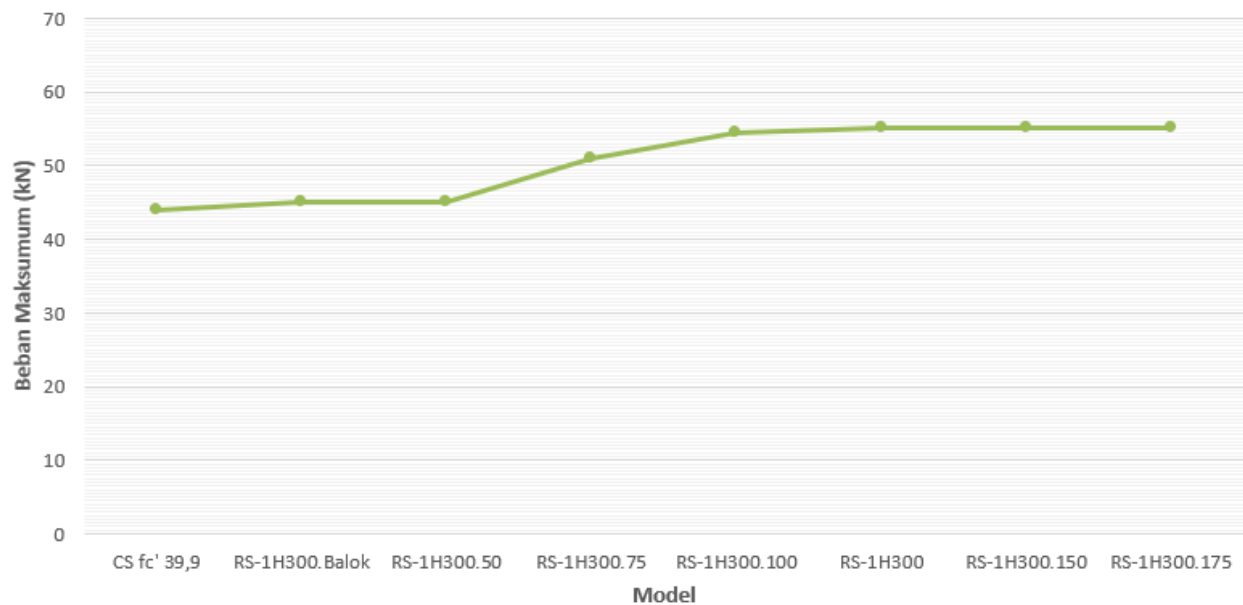
Gambar 6. Tegangan tulangan model RS-1H300

Tabel 3. Perbandingan beban maksimum uji laboratorium dan MIDAS FEA

Model	Uji Lab (kN)	MIDAS FEA (kN)	Selisih Perbedaan (%)
CS fc 45	48,4	48	0,83
RS-1H300	52,7	55	4,36

Tabel 4. Hasil beban maksimum (*peak load*) pada kolom *unconfined* dan *confined* menggunakan CFRP

Model	MIDAS FEA (kN)
CS fc 39,9	44
RS-1H300.Balok	45
RS-1H300.50	45
RS-1H300.75	51
RS-1H300.100	54,5
RS-1H300	55
RS-1H300.150	55
RS-1H300.175	55



Gambar 7. Grafik peningkatan beban maksimum (*peak load*) pada kolom *unconfined* dan *confined* menggunakan CFRP

Gambar 7 menunjukkan peningkatan beban maksimum (*peak load*) pada model yang telah dibuat. Perkuatan CFRP meningkatkan beban yang dapat dipikul, tetapi ada batas panjang dimana sampai pada beton gagal terlebih dahulu walaupun CFRP diperpanjang.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan hasil analisis sebagai berikut:

1. Panjang efektif CFRP pada kolom untuk mencapai perkuatan yang efektif di 125 mm, diperkirakan setengah dari dimensi kolom.
2. Dengan adanya perkuatan CFRP terjadi kenaikan kekuatan pada hubungan balok kolom hingga 25%.

Dapat dilakukan penelitian variasi dimensi balok-kolom untuk mendukung perkiraan panjang efektif CFRP pada kolom adalah setengah dari dimensi kolom.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhlaghi, A., & Mostofinejad, D. (2020). Experimental and analytical assessment of different anchorage systems used for CFRP flexurally retrofitted exterior RC beam-column connections. *Structures*, 28, 881-893. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.09.037>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan* (SNI 2847:2019).
- Eco Multi Sinergi. (2023). Jenis serat dan matriks dalam bahan FRP. *Eco Multi Sinergi*. <https://www.ecosinergi.com/jenis-serat-dan-matriks-bahan-frp/>
- Khoeri, H. (2020). Pemilihan metode perbaikan dan perkuatan struktur akibat gempa (studi kasus pada Bank Sulteng Palu). *Jurnal KONSTRUKSIA*, 12(1), 93-104. <https://doi.org/10.24853/jk.12.1.93-104>
- Luastika, G. N., Lingga, A. A., & Lestyowati, Y. (2019). Perkuatan lentur balok beton bertulang dengan glass fiber reinforced polymer. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 6(2). <https://dx.doi.org/10.26418/jelast.v6i2.35569>
- Maulana, H. (2020). Perkuatan sambungan balok-kolom beton bertulang dengan variasi T-plat baja. *Proceedings of the 6th Andalas Civil Engineering Conference 2019, Indonesia*, 125-132.
- Park, R., & Paulay, T. (1975). *Reinforced concrete structures*. John Wiley & Sons, Inc.
- Yu, J., Shang, X., & Lu, Z. (2015). Efficiency of externally bonded L-shaped FRP laminates in strengthening reinforced-concrete interior beam-column joints. *Journal of Composites for Construction*, 20(3), 04015064. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0000622](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000622)