

Analisis Perbandingan Perilaku Balok Beton Bertulang Dengan Penggunaan Tulangan Baja Konvensional Dan Tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) Pada Gedung 3 Lantai

ALYA LUTHFIYAH DESPIYANTIE¹, EUNEKE WIDYANINGSIH².

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung

Email : Alyalutt@gmail.com

ABSTRAK

Struktur beton bertulang umumnya menggunakan baja sebagai tulangan, namun sifatnya yang rentan korosi dapat mengurangi umur layan bangunan. Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) menjadi alternatif dengan keunggulan tahan korosi, ringan, dan berkekuatan tarik tinggi. Penelitian ini membandingkan kinerja balok beton bertulangan baja dan GFRP melalui analisis numerik pada gedung 3 lantai menggunakan ETABS, dengan dua pemodelan: seluruh elemen bertulangan baja dan kombinasi balok GFRP–kolom baja. Parameter yang dibandingkan meliputi kapasitas momen lentur (M_n), gaya geser (V_n), serta perubahan dimensi dan jumlah tulangan struktur balok GFRP. Hasil analisis menunjukkan bahwa balok GFRP mampu meningkatkan kapasitas momen lentur hingga 17,83% dibanding baja, namun memiliki kapasitas geser lebih rendah karena keterbatasannya dalam menahan tegangan tekan.

Kata kunci: Balok, Tulangan Baja, GFRP.

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan infrastruktur, penggunaan material yang tepat sangat penting untuk memastikan kekuatan dan daya tahan struktur. Tulangan baja telah lama menjadi pilihan utama dalam konstruksi beton bertulang karena kekuatannya yang tinggi dan kemudahan dalam pemasangan. Namun, tulangan baja juga memiliki kelemahan, terutama dalam hal korosi yang dapat mengurangi umur pakai struktur.

Sebagai alternatif, tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) telah banyak diperkenalkan dan digunakan di beberapa negara seperti Amerika Serikat, Canada, China, Jepang, dan Jerman sebagai pengganti tulangan baja konvensional. Beberapa negara tersebut juga telah mengembangkan pedoman untuk penggunaan GFRP dalam konstruksi (Goldston, 2016). *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) merupakan jenis perkuatan yang terbuat dari serat kaca yang terikat dalam matriks polimer. Beberapa keuntungan ditawarkan oleh tulangan GFRP sebagai material tulangan alternatif, yaitu kuat tarik yang tinggi, berat jenis yang relatif lebih ringan, dan ketahanan terhadap korosi.

Penelitian ini melakukan perbandingan balok beton bertulang dengan menggunakan tulangan baja dan tulangan GFRP dengan pemodelan *software* ETABS dari aspek batas kekuatan pada model bangunan gedung kantor dengan pembebanan dan rasio kapasitas yang sama.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan memodelkan gedung kantor 3 lantai, lokasi penelitian ini berada di Bandung. Pemodelan dilakukan dengan bantuan *software* ETABS. Dua variasi pemodelan digunakan yaitu struktur beton bertulang baja dan struktur dengan balok GFRP dan kolom baja. Data yang digunakan meliputi data sekunder yang diambil dari *Detail Engineering Design* (DED).

Pengolahan data dilakukan dari hasil seluruh data yang telah diperoleh, meliputi:

1. Mutu beton yang digunakan $f'_c = 29$ MPa.
2. Mutu baja: $f_y = 420$ MPa, $f_u = 525$ MPa.
3. Mutu GFRP: kuat tarik ultimit $f_{tu} = 690$ MPa dan modulus elastisitas $E_f = 51.000$ MPa.
4. Pembebanan *dead*, *superimposed dead*, *live*, dan gempa mengikuti SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019.

Parameter yang dibandingkan meliputi: kapasitas momen lentur (M_n), gaya geser (V_n), serta perubahan dimensi dan jumlah tulangan struktur balok GFRP akibat persamaan rasio kapasitas dengan balok tulangan baja. Perhitungan analisis pada balok tulangan baja mengacu pada SNI 2847:2019 dan pada balok tulangan GFRP mengacu pada ACI 440.1R-15.

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis struktur gedung 3 lantai antara yang menggunakan beton bertulang baja konvensional dan beton bertulang *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) menggunakan bantuan *software* ETABS 2020. Data yang diinput pada *software* ETABS yaitu pembebanan struktur, klasifikasi zona gempa, dan jumlah tingkat gedung adalah sama. Hasil analisis ETABS berupa gaya-gaya dalam yang nantinya digunakan dalam analisis perhitungan pengecekan kapasitas momen lentur (M_n), gaya geser (V_n), serta perubahan dimensi dan jumlah tulangan struktur balok GFRP akibat persamaan rasio kapasitas dengan balok tulangan baja. Berikut dilampirkan hasil *output* gaya-gaya dalam balok pada ETABS pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Output Gaya Dalam Balok Pada ETABS

Balok	Gaya Geser (V_u)	Mu Tumpuan (M_u^-)	Mu Lapangan (M_u^+)
	kN	kNm	kNm
B1	440,248	-703,239	430,011
B2	449,801	-1175,701	453,134
B3	193,995	-247,272	170,748
B5	107,758	-61,178	42,687

3.1 Analisis Pemodelan Gedung Balok Tulangan Baja

Berikut dilampirkan hasil analisis pada pemodelan gedung balok tulangan baja pada **Tabel 2**. untuk kapasitas momen lentur (M_n), **Tabel 3**. untuk gaya geser (V_n), **Tabel 4**. Detail tulangan balok.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Momen Lentur Balok Tulangan Baja

Tipe Balok	Momen Lentur (kNm)									
	Tumpuan			Rasio Kapasitas	Ket	Lapangan			Rasio Kapasitas	Ket
	Mn	Ø Mn	Mu			Mn	Ø Mn	Mu		
	kNm	kNm	kNm			kNm	kNm	kNm		
B1	1265,998	1139,398	703,239	0,617	OK	1220,318	1098,286	430,011	0,392	OK
B2	1356,947	1221,252	1175,701	0,963	OK	1119,633	1007,670	453,134	0,450	OK
B3	344,731	310,258	247,272	0,797	OK	317,393	285,653	170,748	0,598	OK
B5	74,407	66,966	61,178	0,914	OK	64,070	57,663	42,687	0,740	OK

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisis Gaya Geser Balok Tulangan Baja

Tipe Balok	Gaya Geser (kN)									
	Tumpuan			Rasio Kapasitas	Ket	Lapangan			Rasio Kapasitas	Ket
	Vn	Ø Vn	Vu			Vn	Ø Vn	Vu		
	kN	kN	kN			kN	kN	kN		
B1	1962,212	1471,659	440,248	0,299	OK	1467,453	1100,589	435,158	0,395	OK
B2	1531,282	1148,461	449,801	0,392	OK	1120,143	840,108	409,682	0,488	OK
B3	744,013	558,009	193,995	0,348	OK	544,250	408,188	99,517	0,243	OK
B5	548,526	411,395	107,758	0,262	OK	419,6732	314,755	70,653	0,225	OK

Tabel 4. Detail Balok Tulangan Baja

No	Tipe Balok	Dimensi, b x h	Tulangan Tumpuan			Tulangan Lapangan		
		(mm)	As	As'	Tranversal	As	As'	Tranversal
1	B1	600 x 950	7D19	8D19	3D13-100	8D19	7D19	3D13-150
2	B2	450 x 800	8D19	9D19	3D13-100	7D19	8D19	3D13-150
3	B3	300 x 600	3D19	4D19	2D13-100	4D19	3D19	2D13-150
4	B5	250 x 400	2D16	3D16	2D13-80	3D16	2D16	2D13-110

3.2 Analisis Pemodelan Gedung Balok Tulangan GFRP

Berikut dilampirkan hasil perhitungan kebutuhan tulangan balok GFRP dengan menggunakan hasil output gaya dalam maksimum pada pemodelan ETABS gedung balok tulangan baja, sebelum dilakukannya persamaan rasio kapasitas balok antara balok tulangan GFRP dan balok tulangan baja konvensional. Dapat dilihat pada **Tabel 5.** menunjukan detail balok tulangan GFRP.

Tabel 5. Detail Balok Tulangan GFRP

No	Tipe Balok	Dimensi, b x h	Tulangan Tumpuan			Tulangan Lapangan		
		(mm)	As	As'	Tranversal	As	As'	Tranversal
1	B1	600 x 900	8D25	2D25	3D13-100	2D22	7D22	3D13-150
2	B2	550 x 850	10D25	2D25	3D13-100	2D22	6D22	3D13-150
3	B3	350 x 600	8D19	2D19	2D13-100	2D19	5D19	2D13-150
4	B5	250 x 350	5D16	2D16	2D13-80	2D16	5D16	2D13-110

Pada **Tabel 6.** menunjukkan kapasitas momen lentur (M_n) dan **Tabel 7.** menunjukkan gaya geser (V_n) pada balok tulangan GFRP.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Analisis Momen Lentur Balok Tulangan GFRP

Tipe Balok	Momen Lentur (kNm)									
	Tumpuan			Rasio Kapasitas	Ket	Lapangan			Rasio Kapasitas	Ket
	Mn	Ø Mn	Mu			Mn	Ø Mn	Mu		
	kNm	kNm	kNm			kNm	kNm	kNm		
B1	1707,537	939,145	703,239	0,749	OK	1135,792	624,686	430,011	0,688	OK
B2	1598,964	1039,327	1175,701	0,988	OK	915,310	503,421	453,134	0,900	OK
B3	481,527	312,993	247,272	0,790	OK	382,781	210,530	170,748	0,811	OK
B5	104,393	67,855	61,178	0,902	OK	104,393	67,855	42,687	0,629	OK

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Analisis Gaya Geser Balok Tulangan GFRP

Tipe Balok	Gaya Geser (kN)									
	Tumpuan			Rasio Kapasitas	Ket	Lapangan			Rasio Kapasitas	Ket
	Vn	Ø Vn	Vu			Vn	Ø Vn	Vu		
	kN	kN	kN			kN	kN	kN		
B1	837,360	628,020	440,248	0,701	OK	588,080	441,060	440,248	0,998	OK
B2	801,264	600,948	449,801	0,748	OK	604,628	453,471	449,801	0,971	OK
B3	362,978	272,233	193,995	0,713	OK	282,395	211,796	193,995	0,916	OK
B5	222,732	167,049	107,758	0,645	OK	170,877	128,158	107,758	0,841	OK

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada kedua pemodelan gedung yaitu gedung dengan balok tulangan baja dan balok tulangan GFRP didapatkan kesimpulan bahwa balok dengan tulangan GFRP efektif meningkatkan kapasitas lentur balok hingga 17,83% pada balok B2 dibanding balok tulangan baja pada studi ini, namun kapasitas geser menurun sehingga desain tulangan geser harus lebih konservatif. Dan dengan ditetapkannya rasio kapasitas yang sama pada elemen struktur balok GFRP didapatkan perubahan pada masing-masing dimensi dan jumlah tulangannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur hanya milik Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya kepada penulis. Tanpa pertolongan-Nya penulis tidak akan dapat menyelesaikan artikel ini dengan baik. Dan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan bimbingan kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan artikel. Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan artikel ini. Maka dari itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun kesempurnaan artikel ini agar dapat menjadi lebih baik dan bermanfaat baik bagi penulis maupun bagi yang membaca.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Mahaidi, R. (2019). *Corrosion effects on the durability of reinforced concrete structures: A review. Construction and Building Materials*, 210, 1-12.
- American Concrete Institute. (2015). ACI 440.1R-15: *Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with fiber-reinforced polymer (FRP) bars*. American Concrete Institute.
- Jabbar, S. A., & Farid, S. B. H. (2018). *Replacement of steel rebars by GFRP rebars in the concrete structures. Karbala International Journal of Modern Science*, 4(3), 216-227.
- Khan, M. (2020). *The importance of material selection in infrastructure development: A focus on GFRP in reinforced concrete structures. Journal of Civil Engineering and Management*, 26(3), 245-256.
- Mulyono, S. (2004). Beton bertulang: Kombinasi dari beton dan tulangan baja. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 123-130.
- Ridwan, S. T., M. T., & Ph.D. (2021). Pemanfaatan *Fibre Reinforced Polymer* (FRP) sebagai alternatif pengganti tulangan baja pada struktur beton bertulang. *Jurnal Ilmu Teknik - Sistem*, 10(3), 63-70.
- Rifliansah, W. P., Tavio, & Iranata, D. (2022). Studi penggunaan tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) sebagai substitusi tulangan baja konvensional pada model bangunan gedung 8 lantai. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(3), 123-130.
- Santos, A. (2021). *Performance evaluation of GFRP in structural applications: Challenges and opportunities. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 10(5), 123-130.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). SNI 1726:2019 - Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2019). SNI 2847:2019 - Spesifikasi beton struktural. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2020). SNI 1727:2020 - Beban untuk perencanaan struktur bangunan. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2021). SNI 8970:2021 - Panduan perancangan dan pelaksanaan beton struktural bertulang batang serat berpolimer. Badan Standardisasi Nasional.