

Kajian Eksperimental Dan Simulasi Numerik Penggunaan Fiberglass Sebagai Bahan Serat Pada Balok Beton

Hadi Surya Wibawanto Sunarwadi¹, Deviany Kartika², Mohammad Erfan³,
Adi Susetyo Dermawan⁴

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang ,

⁴Program Studi Teknik Sipil, Universitas Achmad Yani Banjarmasin

Email: hadiwibawanto@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK: Konstruksi balok beton bertulang membutuhkan material penyusun yang tahan dan memiliki kemampuan berdeformasi yang baik. Beton adalah material yang memiliki kemampuan tekan yang baik dibandingkan dengan kemampuan tarik yang lemah. Sehingga, dalam penelitian ini adalah menggunakan *fiberglass* sebagai fiber didalam beton untuk menguatkan kemampuan tarik pada beton tersebut. Dari hasil penelitian awal didapatkan bahwa kapasitas tekan pada beton dengan penggunaan *fiberglass* naik menjadi 27% dibandingkan dengan beton polos tanpa serat. Sedangkan jika ditinjau pada kapasitas tarik pada beton menunjukkan hasil bahwa terjadi peningkatan sebesar 32% dibandingkan dengan beton polos tanpa serat. Kemudian dari hasil simulasi numerikal didapatkan bahwa penggunaan fiberglass pada konstruksi balok lentur dapat meminimalkan lendutan sebesar 12%, mengurangi tegangan tekan maksimum sebesar 0,04% dan tegangan tarik maksimum sebesar 0,71%.

Kata kunci: Beton berserat, Fiberglass, Simulasi Numerikal.

EXPERIMENTAL STUDY AND NUMERICAL SIMULATION OF THE EFFECTS OF USING FIBERGLASS AS A FIBER MATERIAL IN CONCRETE BEAM

ABSTRACT: Construction of reinforced concrete beams requires resistant material with good deformability. Concrete is a material that is strong in compression but weak in tension. So, this research is to use fiberglass as a fiber in concrete to strengthen the tensile strength of the concrete. The results of the initial research found that the compressive strength capacity of concrete with the use of fiberglass increased to 27% compared to plain concrete without fiber. Meanwhile, if we look at the tensile capacity of concrete, it shows that there is an increase of 32% compared to plain concrete without fiber. The result from the numerical simulation results was found that using fiberglass in the construction of flexural beams can reduce deflection by 12%, reduce the maximum compressive stress by 0.04%, and the maximum tensile stress by 0.71%.

Keywords: Fiber Concrete, Fiberglass, Numerical Simulation.

PENDAHULUAN

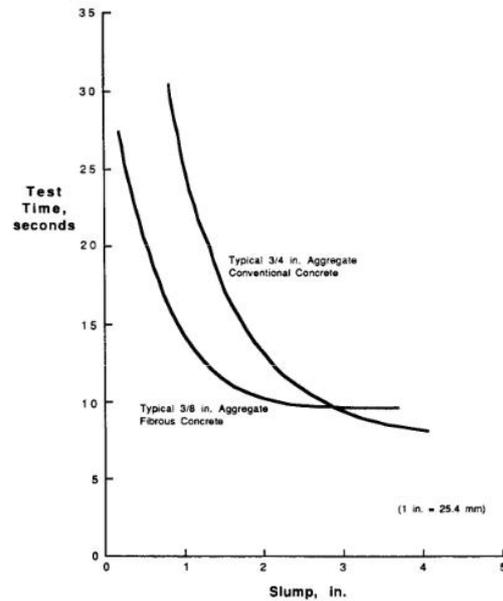
Beton polos memiliki sifat yang lemah terhadap tarik (ACI Committee 544, 2001), hal ini karena beton polos bersifat brittle atau getas. Sehingga pada penerapannya beton selalu dikompositkan dengan material baja, agar sisi kemampuan beton yang lemah terhadap tarik dapat diakomodir oleh propertis baja. Beton memiliki modulus elastisitas yang jauh lebih kecil dibandingkan baja, bahkan mencapai 1/10 kali nya. ($E_s = 200.000 \text{ MPa}$; $E_c = 4700 \sqrt{f_c} \text{ MPa}$).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (kumar et al., 2016), bahwa pemanfaatan dan penggunaan fiberglass sebagai serat buatan pada beton bertulang khususnya pada elemen beton polos tanpa tulangan dapat memberikan manfaat baik bagi konstruksi beton. Dalam campuran 1% fiberglass terhadap jumlah semen dapat mereduksi dan meminimalkan terjadinya retak pada beton. Selain itu, dengan fiberglass dapat menaikkan kapasitas tekan pada beton, menaikkan kapasitas tarik dan lentur pada beton (Bartos, 2017).

Menurut penelitian yang dikemukakan oleh (Artiningsih et al., 2021) fiberglass juga digunakan sebagai material pembungkus repairing jacketing pada beton yang mengalami kerusakan akibat beban awal (overloading ataupun poor construction). Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa penggunaan fiberglass sebagai perkuatan eksternal pada balok lentur dapat menaikkan kapasitas lentur sebesar 52% pada balok dengan kerusakan level 3, dan 115% pada balok dengan kerusakan level 1.

Oleh karena latarbelakang penelitian diatas, maka dalam penelitian ini terbagi atas 2 pembahasan. Yang pertama adalah membahas tentang kajian eksperimental pengaruh penggunaan fiberglass sebagai material fiber didalam beton pada beton polos terhadap tinjauan kapasitas mekanis beton berupa kuat tekan beton dan kuat tarik beton. Sedangkan pembahasan yang kedua adalah mengkaji secara numerical tentang pengaruh nilai kuat tarik dan kuat tekan pada beton (akibat penggunaan serat)

terhadap kapasitas lentur dengan tinjauan lendutan (deformasi), tegangan tulangan, tegangan beton.



Gambar 1. Slump beton konvensional dan beton berserat

Berdasarkan gambar diatas (ACI Committee 544, 1999) menunjukkan grafik nilai slump terhadap waktu pada beton konvensional dan beton berserat. Disimpulkan bahwa penggunaan serat didalam beton akan mengurangi nilai slump pada beton dan tentu mngurangi nilai *workability* / kelecakan sehingga diperlukan *admixture superplasticizer*.

TEORI DAN METODE

Survey Material

Penelitian ini dimulai dengan melakukan survey dari material yang akan digunakan, yaitu jenis material fiberglass yang akan digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan persiapan material untuk pengecoran beton.



Gambar 2. Fiberglass
(sumber : www.kelistrikanku.com/2022/10)

Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton secara prinsipnya adalah kemampuan dari material beton menerima beban uni-aksial tekan maksimum yang ke daerah penampang beton (benda uji) hingga mengalami keruntuhan. Adapun nilai dari kuat tekan beton diperoleh dari perhitungan beban tekan maksimum persatuan luas penampang. Alat yang digunakan adalah Compression Testing Machine. Pengujian kuat tekan beton diambil berdasarkan variasi umur beton yaitu 7,14,dan 28 hari setelah beton dicor. Adapun hasil tegangan regangan beton menggunakan metode

$$\sigma_c = P / A \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(Pers. 1)}$$

Keterangan:

- P = Beban uni-aksial tekan maksimal (N)
- A = Luas penampang benda uji beton (mm²)
- (BSN SNI 1974, 2011)

Pengujian Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton (*tensile strength of concrete rupture*) merupakan kemampuan maksimum dari material beton dalam menerima beban tarik hingga beton hancur.

$$\sigma_t = P / A \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2)}$$

Keterangan:

- P = Beban uni-aksial tarik maksimal (N)
- A = Luas penampang benda uji beton (mm²)

Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas pada beton didapatkan dari perbandingan antara tegangan dan regangan beton. Parameter modulus elastisitas beton sangat mempengaruhi performa beton polos dalam menerima beban lentur.

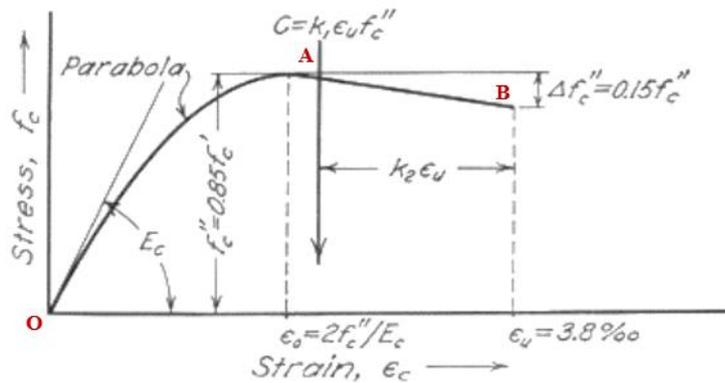
Menurut (BSN SNI 2847, 2013) pasal 8.5, menjelaskan bahwa nilai parameter elastisitas untuk beton dengan nilai wc antara 1440 sampai 2560 kg/m³ adalah sebagai berikut :

$$E_c = W_c^{1.5} \cdot 0,043 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots \text{(Pers. 3)}$$

(N/mm²)

Keterangan:

- E_c = Modulus Elastisitas Beton (MPa)
- W_c = Berat Volume Beton (kg/m³)
- F_c' = Kuat Tekan Beton (MPa)



Gambar 3. Tegangan Regangan (Hognestad, 1951) dalam (Sunarwadi, 2021)

Analisis Simulasi Numerik

Adapun simulasi yang dilakukan pada program bantu Ansys Student Version adalah dengan analisis Static Structural.

Adapun beberapa parameter input dan urutan analisis mengacu pada guidebook penggunaan aplikasi serta merujuk pada petunjuk yang disusun oleh (Tjitradi, n.d.).

Beberapa pertimbangan dalam menginput parameter non-linear harus mengikuti pada dasar teori beton (Sunarwadi et al., 2019) . Hal ini dikarenakan parameter pada beton non-linear cukup kompleks. Oleh karena itu, penulis menggunakan beberapa referensi yang sesuai dan relevan. Termasuk merujuk pada penelitian yang pernah dilakukan oleh (Barbosa and Ribeiro, 1998) . (Sunarwadi, 2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Eksperimental

Kuat Tarik Beton

Dari hasil pada tabel 1 dan 2 dibawah menunjukkan hasil bahwa dengan penambahan serat fiberglass pada mortar (yang direpresentasikan pada beton) dapat

meningkatkan kapasitas tarik pada campuran mortar/ beton. Pada prinsipnya, material fiber akan dominan meningkatkan kapasitas Tarik pada material mortar/ beton. Adapun kenaikan kapasitas Tarik yang terjadi adalah sebesar 32%. Selain itu serat, dapat meminimalkan retak pada benda uji dalam menerima beban maksimum.

Tabel 1. Hasil eksperimen kuat tarik beton polos

KODE	Berat (gram)	Patahan		Luas Penampang Patah (mm ²)	Beban (kN)	Kuat Tarik (MPa)
		Panjang (mm)	Lebar (mm)			
P1	123,5	34	25	850	0,85	1,000
P2	129	33	24	792	0,95	1,199
P3	126	26	24	624	0,8	1,282
RATA - RATA		31	24	755	0,9	1,161

Tabel 2. Hasil eksperimen kuat tarik beton berserat *fiberglass*

KODE	Berat (gram)	Patahan		Luas Penampang Patah (mm ²)	Beban (kN)	Kuat Tarik (MPa)
		Panjang (mm)	Lebar (mm)			
F1	135,6	26	27	702	1,25	1,781
F2	127,5	25	36	900	1,26	1,400
F3	124,5	34	26	884	1,24	1,403
RATA - RATA		28	30	828	1,3	1,528

Kuat Tekan Beton

Dari hasil pada tabel 3 dan 4 dibawah menunjukkan hasil dengan penambahan material serat fiberglass pada mortar (yang Tabel 3. Hasil eksperimen kuat tekan beton polos

direpresentasikan pada beton) akan meningkatkan kapasitas tekan pada campuran mortar/ beton. Kenaikan kapasitas tekan menjadi 27%.

KODE	Berat (gram/cm ³)	Patahan		Luas Penampang Patah (mm ²)	Beban (kg)	Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (mm)	Lebar (mm)			
P1	0,0122	50	50	2500	64	25,641
P2	0,0120	50	50	2500	56	22,436
P3	0,0123	50	50	2500	54	21,635
RATA - RATA		48	50	2500	58,00	23,24

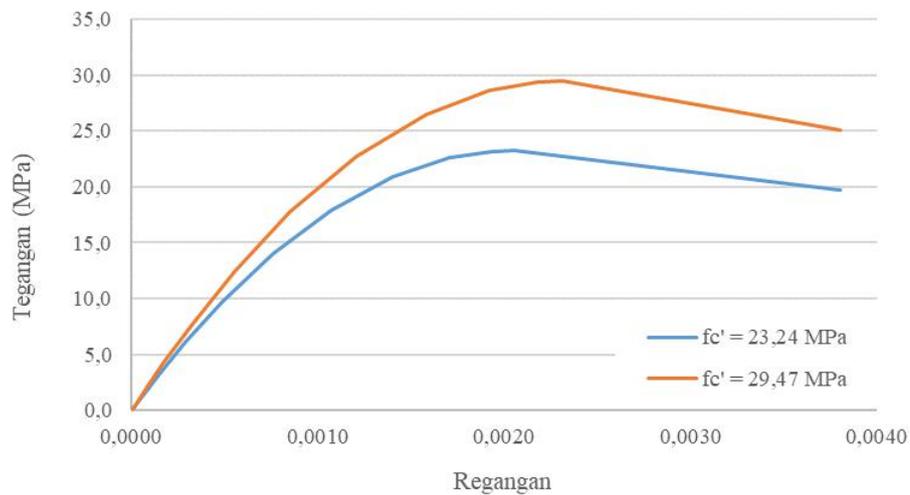
Tabel 4. Hasil eksperimen kuat tekan beton berserat *fiberglass*

KODE	Berat (gram/cm ³)	Patahan		Luas Penampang Patah (mm ²)	Beban (kg)	Kuat Tekan (MPa)
		Panjang (mm)	Lebar (mm)			
F1	0,0117	50	50	2500	76	30,400
F2	0,0117	50	50	2500	69	27,600
F3	0,0115	50	50	2500	76	30,400
RATA - RATA		50	50	2500	73,67	29,47

Hubungan Tegangan – Regangan Beton Unconfined

Dari perhitungan prediksi hubungan tegangan dan regangan sesuai pada gambar 4 dibawah ini sesuai dengan usulan (Hognestad), menunjukkan bahwa material

dengan f_c' (kuat tekan) lebih besar akan dapat meningkatkan regangan ultimate yang lebih besar pada kondisi beton mencapai puncak kuat tekan. Selanjutnya data tersebut digunakan untuk analisa simulasi numerik pada balok lentur.

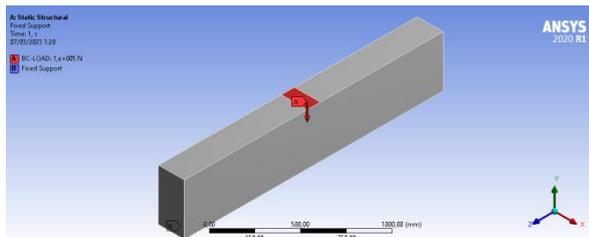


Gambar 4. Tegangan Regangan (Hognestad, 1951) dalam (Sunarwadi, 2021)

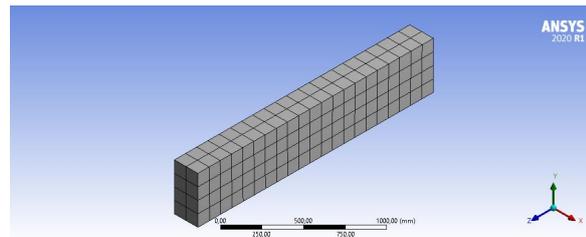
Pemodelan Simulasi Numerikal

Analisis simulasi numerical menggunakan program bantu Ansys Student Version berbasis metoda elemen hingga. Pada gambar 5 menunjukkan boundary condition (Constrain dan Restrain) yaitu berupa titik

pengaplikasian beban terpusat dan juga tumpuan sederhana yang digunakan. Sedangkan pada gambar 6 menunjukkan pemodelan meshing pada elemen uji yaitu dengan metode quadrilateral dengan sizing maksimum sebesar 100 mm.



Gambar 5. Boundary Condition Model : Titik Beban dan Tumpuan

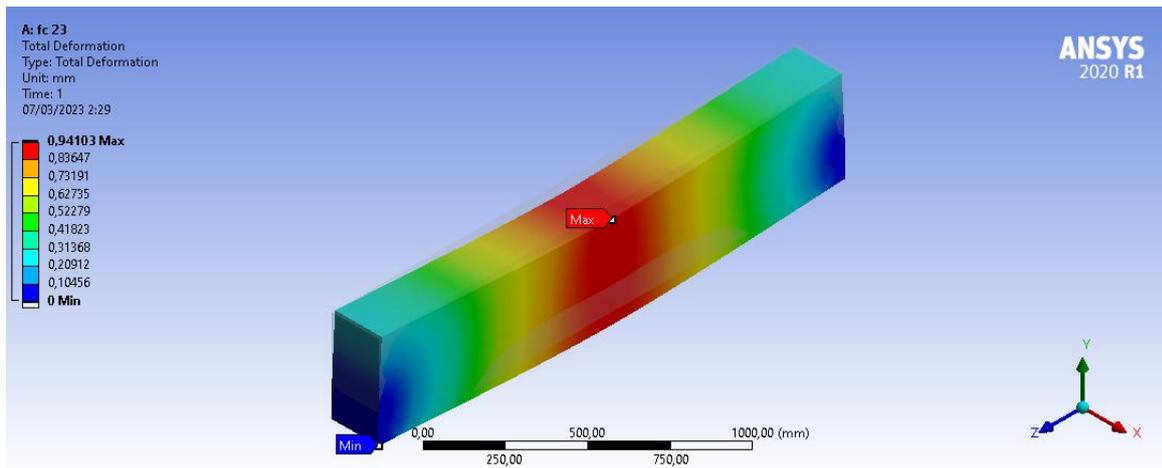


Gambar 6. Meshing Elemen

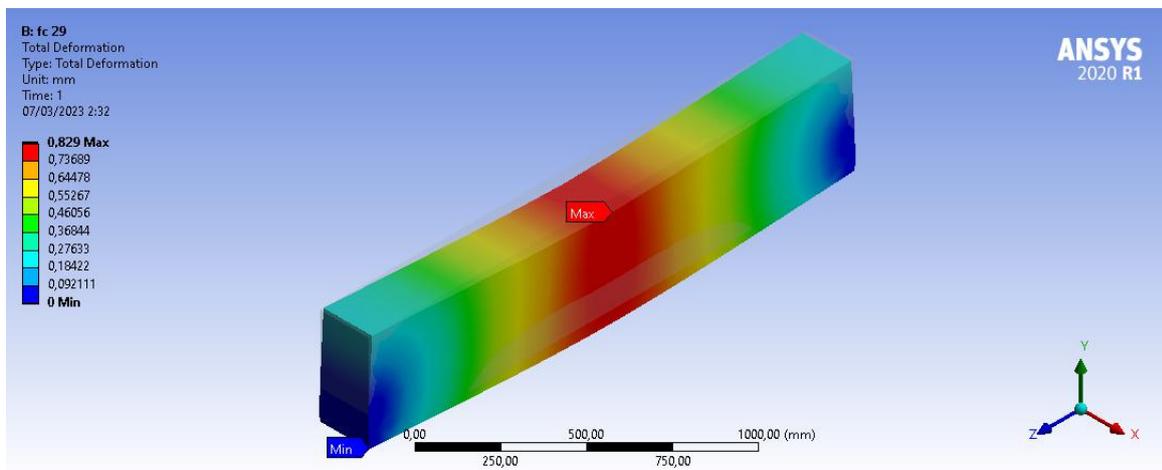
Pengaruh Fiberglass Terhadap Lendutan Balok Lentur

Dari hasil analisis, terlihat pada gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa kuat tekan dan kuat tarik pada material beton polos akan berpengaruh terhadap kemampuan mekanis balok ataupun komponen lainnya dalam

menerima beban, khususnya dalam hal ini yaitu berupa beban lentur. Benda uji dengan penambahan serat fiberglass memiliki lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan benda uji dengan tanpa penambahan serat fiberglass. Dengan penambahan fiberglass dapat mereduksi defleksi balok lentur sebesar 12%.



Gambar 7. Deformasi total balok tanpa penggunaan fiberglass

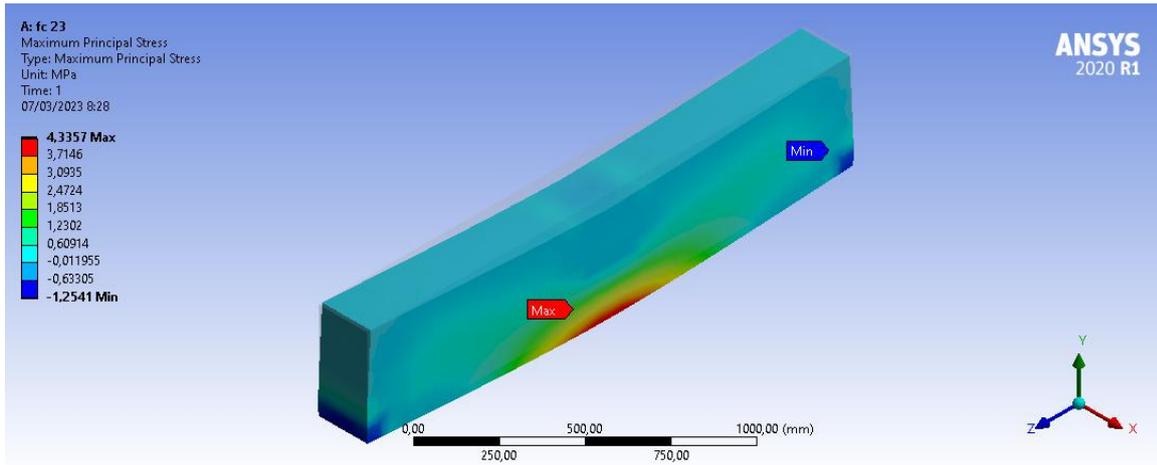


Gambar 8. Deformasi total balok dengan penggunaan fiberglass

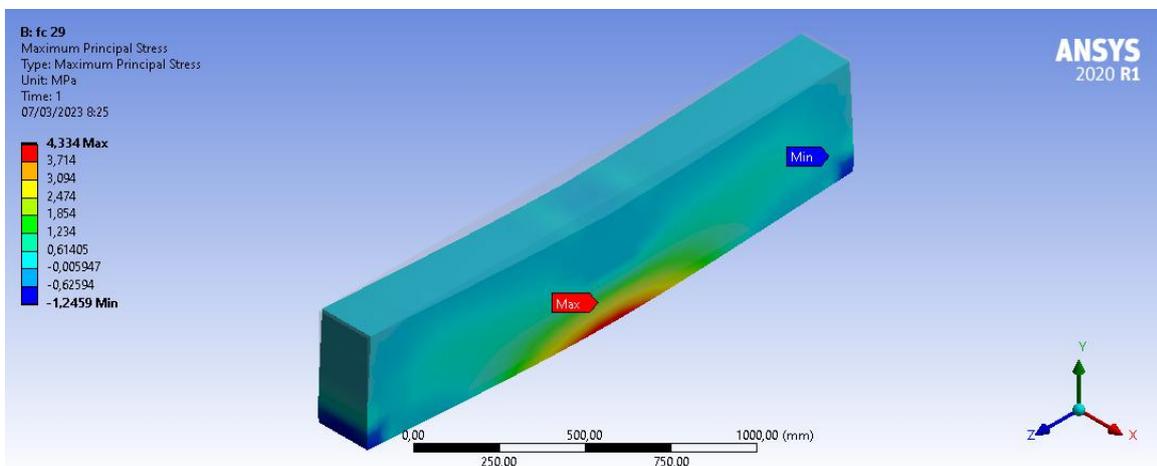
Pengaruh Fiberglass Terhadap Tegangan Tekan dan Tegangan Tarik Maksimum Balok

Dari hasil analisis, terlihat pada gambar 9 dan 10 menunjukkan bahwa pengaruh pada tegangan tekan dan tarik maksimum yang terjadi antara beton dengan penggunaan fiberglass maupun tidak menggunakan

fiberglass adalah sangat kecil. Dengan penambahan fiberglass dapat mereduksi tegangan tekan pada balok berkisar 0,04%, sedangkan dari sisi tarik maksimum berkisar 0,71%. Tentunya walaupun hasilnya kecil dan tidak signifikan, namun dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan serat dalam beton dapat mereduksi tegangan tarik maupun tekan yang terjadi.



Gambar 9. Tegangan yang terjadi balok dengan tanpa penggunaan fiberglass



Gambar 10. Tegangan yang terjadi balok dengan penggunaan fiberglass

SIMPULAN

Beton merupakan material yang memiliki kemampuan Tarik yang cukup rendah. Sedangkan kondisi pembebanan dan reaksi tegangan yang terjadi dapat berupa tegangan tekan dan tegangan Tarik yang dominan. Sehingga dalam aplikasinya beton dikombinasikan secara komposit bersamaan dengan tulangan. Hal ini bertujuan untuk dapat meningkatkan kemampuan tarik pada struktur beton bertulang. Sehingga dapat mereduksi lendutan dan tegangan yang terjadi.

Dalam penelitian yang pernah dilakukan (Sunarwadi et al., 2019) bahwa untuk dapat meningkatkan kemampuan mekanis dari kolom beton bertulang yang telah mengalami kerusakan performa, maka dibutuhkan tulangan yang memadai yang dipasang pada struktur beton perkuatan

(concrete jacketing) untuk dapat mengakomodir dan menaikkan kapasitas Tarik dari beton tersebut.

Disisi lain, penggunaan tulangan dalam beton (rasio tulangan) dapat sedikit dikurangi dengan cari menaikkan kapasitas Tarik yang dimiliki oleh beton tersebut. Cara yang dapat disiasati adalah dengan penggunaan fiber/ serat dalam beton.

Dari hasil analisis numerical didapatkan, bahwa penggunaan fiberglass dalam beton polos dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 27%, dan mampu meningkatkan kemampuan tarik sebesar 32%. Sedangkan jika diaplikasikan pada balok beton polos lentur, penggunaan fiberglass mampu mereduksi deformasi/ defleksi balok lentur yang terjadi sebesar 12%, dan juga mampu mengurangi tegangan tekan maksimum yang

terjadi sebesar 0,04% tegangan tarik maksimum sebesar 0,71%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Program Hibah Internal pada Institut Teknologi Nasional Malang. Ucapan terimakasih kami sebagai tim peneliti kepada Rektor ITN Malang, Ketua LPPM ITN Malang beserta tim, Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan Kepala Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang beserta seluruh Dosen dan Tendik. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan keilmuan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. 1999. Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete Reported by ACI Committee 544. In *ACI* (Vol. 544).
- ACI Committee 544. 2001. *ACI 544.1-96 Fiber Reinforced Concrete*.
- Artiningsih, T.P., L., L., Helmi, N. 2021. Retrofitting of Reinforced Concrete Beams Using a Fiberglass Jacketing System. *Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering*, 4(1): 44.
- Barbosa, A.F., Ribeiro, G.O. 1998. Analysis Of Reinforced Concrete Structures Using Ansys Nonlinear Concrete Model. *COMPUTATIONAL MECHANICS*, 1-7.
- Bartos, P.J.M. 2017. Glassfibre Reinforced Concrete: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 246. 1.
- BSN SNI 1974. 2011. *SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Teton dengan Benda Uji Silinder*.
- BSN SNI 2847. 2013. *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*.
- kumar, Jdc., Abhilash, G., Khan, Pk., sai, Gm., ram, Vt., professor, -Assistant, Tech Students, -b. 2016. Experimental Studies on Glass Fiber Concrete. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, (5): 100-104.
- Sunarwadi, H.S.W. 2021. Performa Struktur Kolom Pasca Perkuatan Dengan Metode Jacketing Bertulangan Bambu. *Jurnal Bentang*, 9(1): 47-54.
- Sunarwadi, H.S.W., Wibowo, A., Wisnumurti. 2019. The Effect of Structure Performance on RC Strengthening Using Concrete Jacketing Method. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 4(2): 231-235.
- Tjitradi, D. n.d. *ANSYS Reinforced Concrete Beam (RC BEAM) 1 ANSYS Workbench Modelling of Reinforced Concrete Beam*. pp. 1-30. pp. 1-30.