

PERBAIKAN KOLOM PENDEK BETON BERTULANG MENGGUNAKAN GLASS FIBER JACKET DENGAN VARIASI TINGKAT PEMBEBANAN

Randi Angriawan Tarigan

Politeknik Saint Paul Sorong

Email : randi@poltekstpaul.ac.id

Abstrak

Kolom beton bertulang merupakan elemen struktur yang berperan penting dalam menjamin stabilitas dan keamanan bangunan. Kerusakan pada kolom dapat mengakibatkan penurunan kapasitas dukung dan meningkatkan resiko kegagalan struktur, sehingga diperlukan metode perbaikan yang efektif untuk mengembalikan kinerja kolom. Perbaikan kolom beton bertulang dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti *concrete jacketing*, *steel jacketing*, dan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*). Penggunaan FRP sebagai material perkuatan telah berkembang karena mampu meningkatkan kapasitas struktur tanpa menambah dimensi penampang secara signifikan. Namun penggunaan material FRP seperti *Glass Fiber Reinforced Polymer*, *Aaramid Fiber Reinforced Polymer*, dan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* masih relatif terbatas karena biaya yang cukup tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan *glass fiber* tipe *woven roving* yang umum digunakan dalam pembuatan tandon air sebagai alternatif perbaikan kolom yang lebih ekonomis. Pengujian dilakukan terhadap 7 benda uji kolom pendek dengan ukuran penampang melintang 120 mm x 120 mm dan panjang 750 mm. Benda uji kolom diberikan beban aksial tekan dengan eksentrisitas 60 mm dengan variasi tingkat pembebanan 60%, 70% dan 80% dari beban aksial maksimum. Kolom kemudian dibungkus dengan tiga lapis *glass fiber* dan diberikan beban aksial tekan hingga runtuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *glass fiber jacketing* mampu meningkatkan kapasitas beban aksial kolom setelah diperbaiki sebesar 16,93%, 38,94%, dan 26,61% pada variasi tingkat pembebanan 60%, 70%, dan 80%.

Kata kunci : kolom pendek, perbaikan kolom, *glass fiber*, kapasitas beban aksial

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *retrofit* dalam bidang konstruksi khususnya pada kolom beton bertulang telah mengalami kemajuan. Pada bidang konstruksi, teknologi *retrofit* sangat diperlukan untuk dapat mendukung kekuatan struktur dari konstruksi bangunan. Dalam suatu sistem struktur, kolom merupakan elemen utama yang berfungsi menyalurkan beban dari bagian atas bangunan ke pondasi sehingga keberadaannya sangat menentukan kestabilan konstruksi secara keseluruhan.

Bangunan seperti rumah tinggal, gedung perkantoran, maupun fasilitas umum pada umumnya dirancang agar mampu memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penggunaannya. Namun, dalam pelaksanaannya masih dapat ditemukan berbagai bentuk kerusakan atau bahkan kegagalan struktur. Pada struktur beton bertulang, potensi kegagalan tersebut perlu diminimalkan, terutama pada elemen kolom. Kerusakan yang terjadi pada kolom tidak hanya mempengaruhi kinerja elemen tersebut, tetapi juga dapat berdampak pada elemen struktur lainnya yang saling terhubung.

Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki tingkat aktivitas seismik yang tinggi,

sehingga berpotensi mengalami gempa bumi di berbagai wilayah. Kondisi tersebut mengharuskan setiap bangunan yang direncanakan memperhitungkan ketahanan terhadap beban gempa. Meskipun telah dirancang sesuai ketentuan yang berlaku, bangunan yang mengalami gempa tetap berisiko mengalami kerusakan dengan tingkat yang bervariasi, mulai dari kerusakan ringan, sedang, hingga berat.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk memperbaiki kerusakan pada elemen struktur bangunan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah *concrete jacketing*. Metode ini terbukti mampu meningkatkan kapasitas struktur, namun memiliki beberapa keterbatasan. Penambahan lapisan beton menyebabkan dimensi penampang elemen struktur menjadi lebih besar. Selain metode *concrete jacketing*, perbaikan kolom beton bertulang juga dapat dilakukan menggunakan material berbasis serat (*fiber reinforced polymer*). Meskipun demikian, penggunaan material *fiber reinforced polymer* yang tersedia di pasaran, seperti *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP), *Aamid Fiber Reinforced Polymer* (AFRP), dan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP), masih relatif

terbatas karena biaya yang cukup tinggi. Dalam penelitian ini digunakan material *glass fiber* tipe *woven roving* yang diproduksi dalam negeri sebagai bahan perbaikan kolom yang mengalami kerusakan lentur. Material ini umumnya digunakan dalam pembuatan tandon air, sehingga mudah diperoleh di pasaran dengan harga yang lebih terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kapasitas beban aksial kolom pendek yang diperbaiki dengan *glass fiber jacket*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolom Pendek

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pada pasal 12.12.2, pengaruh kelangsingan pada komponen struktur tekan boleh diabaikan (kolom yang termasuk dalam kategori kolom pendek) pada rangka portal tak bergoyang apabila dipenuhi:

$$\frac{KL_U}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

K	= faktor panjang efektif kolom
L_U	= panjang bersih kolom
r	= radius girasi atau jari-jari inersia penampang kolom
$M_1 ; M_2$	= momen yang kecil dan yang besar pada ujung kolom
I	= momen inersia penampang kolom
A	= luas penampang kolom

2.2 Beban Aksial Eksentris pada Kolom

Kolom yang menerima beban aksial dengan eksentrisitas akan mengalami keruntuhan tekan dan keruntuhan tarik. Keruntuhan tekan merupakan kondisi keruntuhan yang terjadi ketika beton pada daerah tekan mencapai regangan maksimum dan mengalami kehancuran sebelum tulangan tarik mencapai regangan luluh. Keruntuhan tarik merupakan kondisi keruntuhan yang terjadi ketika tulangan tarik mencapai regangan luluh terlebih dahulu sebelum beton pada daerah tekan mencapai regangan maksimum. Menurut Nawy (1990) perhitungan beban aksial di daerah keruntuhan tarik pada penampang kolom segiempat dapat dihitung dengan persamaan (2)

$$P_n = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d \left\{ \frac{h-2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h-2e}{2d} \right)^2 + 2 \frac{f_y}{0,85 f'c} \rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

$f'c$	= kuat tekan beton pada umur 28 hari
f_y	= tegangan luluh tulangan tarik
d'	= selimut efektif tulangan tekan
d	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
e	= eksentrisitas
ρ	= rasio tulangan tarik

2.3 Sistem Perkuatan dengan *Glass Fiber Jacket*

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sudjati dkk (2013) hasil pengujian kolom beton bertulang yang diberi lapisan *glass fiber* mampu meningkatkan kemampuan tekan aksial maksimum kolom untuk satu lapis, dua lapis, dan tiga lapis *glass fiber* secara berturut-turut yaitu sebesar 48,70%, 48,87%, dan 74,46%.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Sudjati dkk (2014), kolom dengan eksentrisitas 70 mm diberi perkuatan *glass fiber* terjadi peningkatan beban sebesar 35,86%. Sedangkan pada kolom normal dengan eksentrisitas 90 mm yang diberi perkuatan dengan *glass fiber* terjadi peningkatan beban sebesar 57,54%.

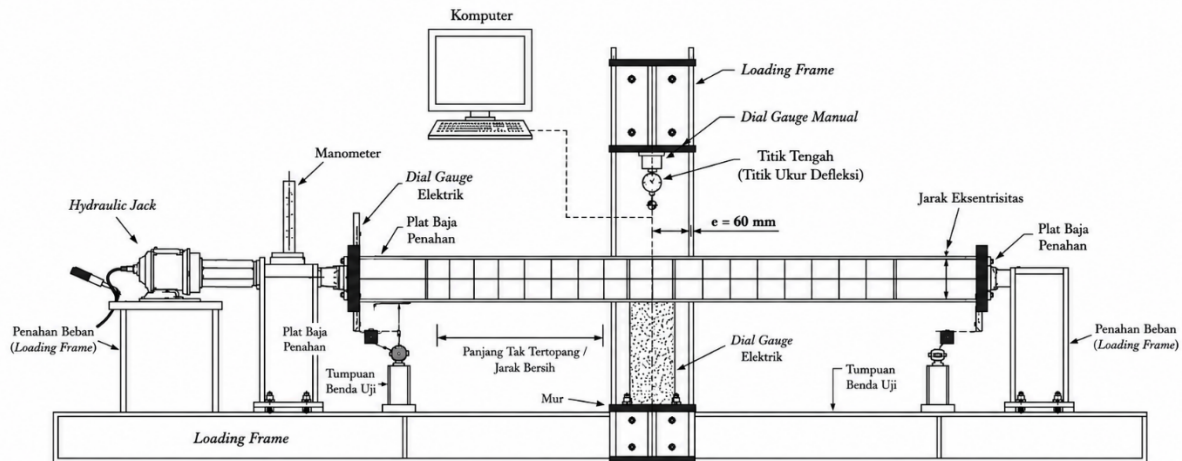
3. METODOLOGI

Penelitian diawali dengan pengujian sifat fisik agregat yang digunakan sebagai bahan penyusun beton. Pengujian agregat halus (pasir) meliputi pemeriksaan gradasi, berat jenis, daya serap air, kadar lumpur, dan kandungan zat organik. Untuk pengujian agregat kasar berupa batu pecah meliputi pemeriksaan gradasi, berat jenis, daya serap air, serta pengujian keausan menggunakan metode *Los Angeles Abrasion Test*. Hasil pengujian material selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perancangan campuran beton yang mengacu pada SNI T-15-1990-03.

Penelitian menggunakan 7 benda uji kolom pendek berukuran 120 mm x 120 mm x 750 mm. Seluruh benda uji diberikan pembebanan aksial tekan dengan eksentrisitas sebesar 60 mm hingga mengalami kerusakan lentur. Tiga benda uji pada

masing-masing kelompok kolom digunakan sebagai kolom pembanding tanpa perbaikan. Sementara itu, benda uji lainnya terlebih dahulu dibebani hingga mencapai tingkat pembebanan sebesar 60%, 70%, dan 80% dari beban aksial maksimum. Setelah mengalami kerusakan,

Kolom diperbaiki dengan membungkus permukaannya menggunakan tiga lapis *fiber glass jacket*. Selanjutnya, benda uji diberi pembebanan aksial tekan kembali hingga mencapai kondisi runtuh. Konfigurasi pengujian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi Pengujian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Material

Pengujian material dilakukan di dalam laboratorium, sehingga data yang dihasilkan telah sesuai dengan prosedur pengujian material. Didapatkan data-data sebagai berikut:

- Semen tipe I
- Pemeriksaan Modulus Halus Butiran Pasir diperoleh hasil 3,38.
- Pemeriksaan Berat Jenis Pasir diperoleh hasil $2,83 \text{ gr/cm}^3$ dan penyerapannya adalah 2,67%.
- Pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir diperoleh hasil 0,8%.
- Pemeriksaan kandungan zat organik dalam pasir dengan menggunakan *Gardner Standard Colour* menunjukkan warna no 5.
- Pemeriksaan Modulus Halus Butiran Kerikil (*Split*) diperoleh hasil 6,41.
- Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil diperoleh hasil $2,79 \text{ gr/cm}^3$ dan penyerapannya adalah 1,73%.
- Pemeriksaan kandungan lumpur dalam kerikil diperoleh hasil 1%.

- Pemeriksaan keausan kerikil (*split*) diperoleh hasil 25,12%.
- Hasil pengujian nilai rata-rata batas luluh baja (f_y) adalah 343,18 MPa dan hasil nilai rata-rata kuat tarik maksimum (f_u) adalah 505,54 MPa.
- Nilai kuat tekan rata-rata benda uji silinder beton adalah 28,30 MPa.

4.2 Kapasitas Beban Aksial Kolom

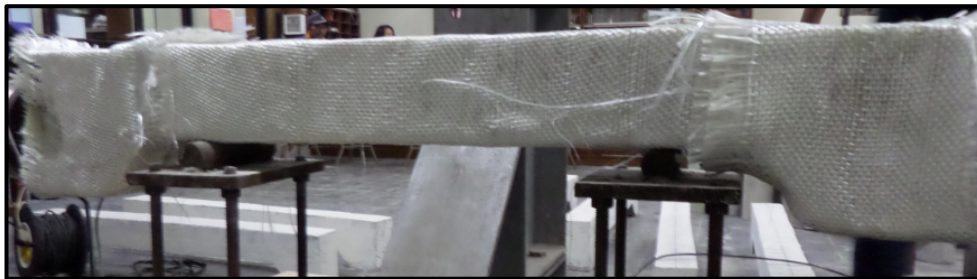
Hasil pengujian kolom disajikan pada tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, kolom pendek yang diperbaiki menggunakan tiga lapis *glass fiber* menunjukkan kapasitas beban aksial sebesar 16,93%, 38,94%, dan 26,61% pada variasi tingkat pembebanan 60%, 70%, dan 80%. Kolom yang sudah mengalami retak akibat kombinasi beban aksial dan momen lentur setelah dibungkus dengan *glass fiber* dengan 3 lapis menunjukkan peningkatan kapasitas beban aksial dibandingkan kolom pembanding.



Gambar 2. Kerusakan Pada Kolom Perbaikan 60%



Gambar 3. Kerusakan Pada Kolom Perbaikan 70%



Gambar 4. Kerusakan Pada Kolom Perbaikan 80%

Tabel 1. Hasil Pengujian Kapasitas Beban Aksial Kolom

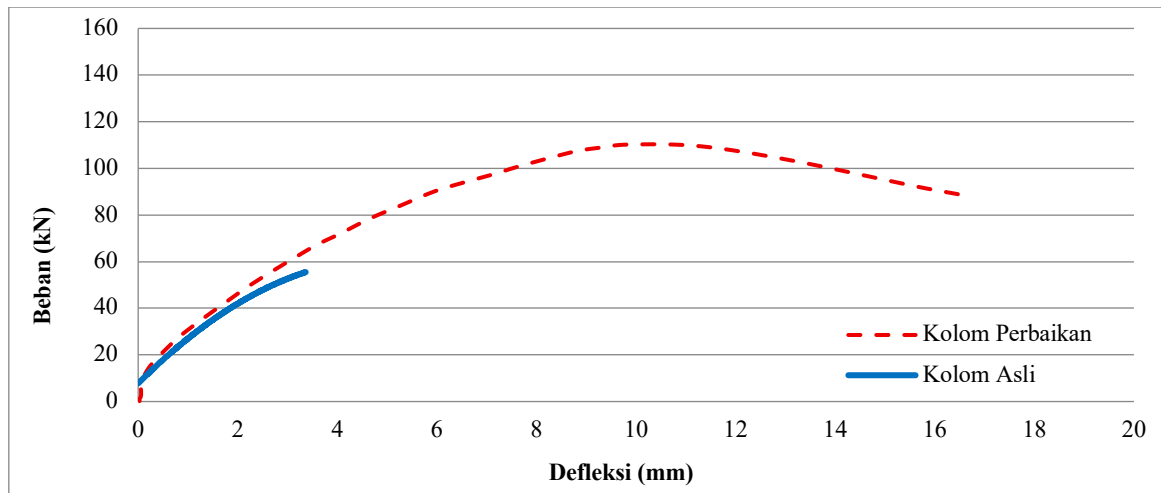
Tingkat Pembebanan (%)	Beban Aksial Maksimum (kN)		Selisih (%)
	Kolom Perbaikan	Kolom Pembanding	
60	110.29	94.32	16.93
70	131.05	94.32	38.94
80	119.42	94.32	26.61

4.3 Hubungan Beban Aksial dan Lendutan Kolom

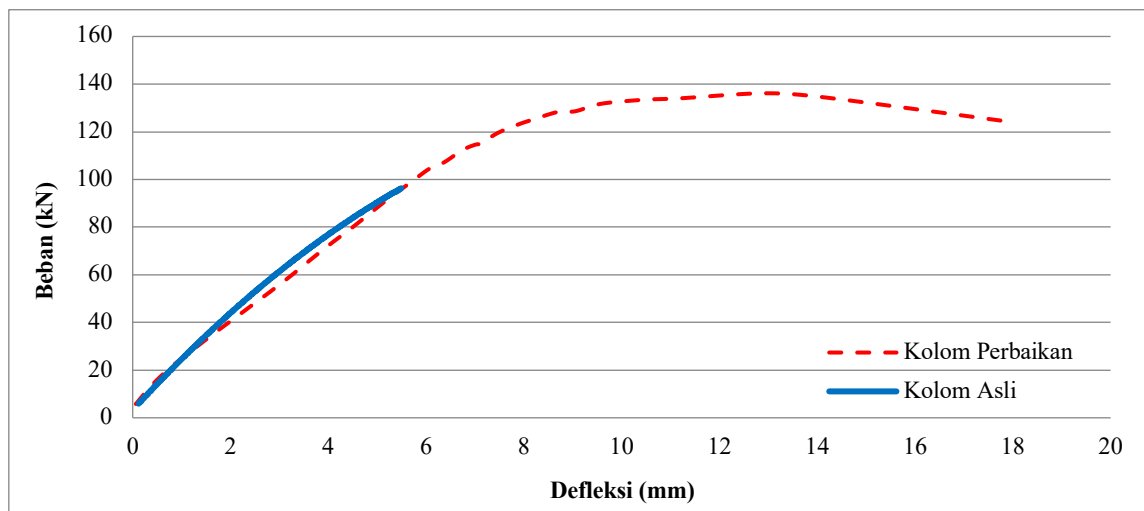
Hubungan antara beban aksial dan lendutan kolom pada tingkat pembebanan 60%, 70%, dan 80% ditunjukkan pada gambar 5, gambar 6, dan gambar 7. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kolom yang diperbaiki menggunakan *glass fiber jacket* memiliki kekakuan lebih tinggi dibandingkan kolom asli, yang ditunjukkan oleh

kurva beban dan lendutan yang berada di atas kurva kolom asli.

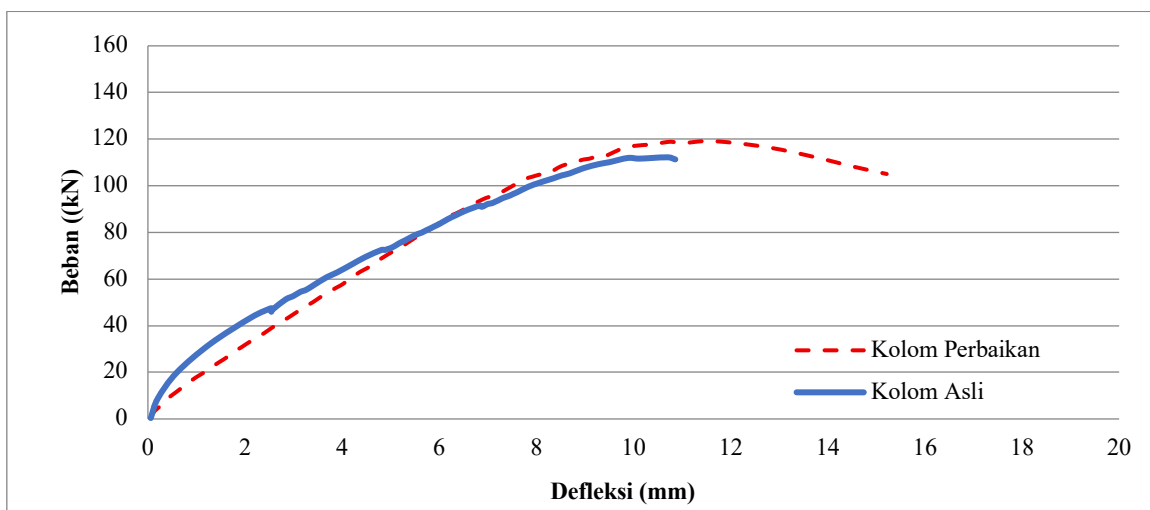
Gambar 8 menunjukkan bahwa kolom yang telah diperbaiki memiliki kekakuan lebih tinggi dibandingkan kolom pembanding, yang ditunjukkan oleh kurva beban aksial dan lendutan yang berada di atas kurva kolom pembanding.



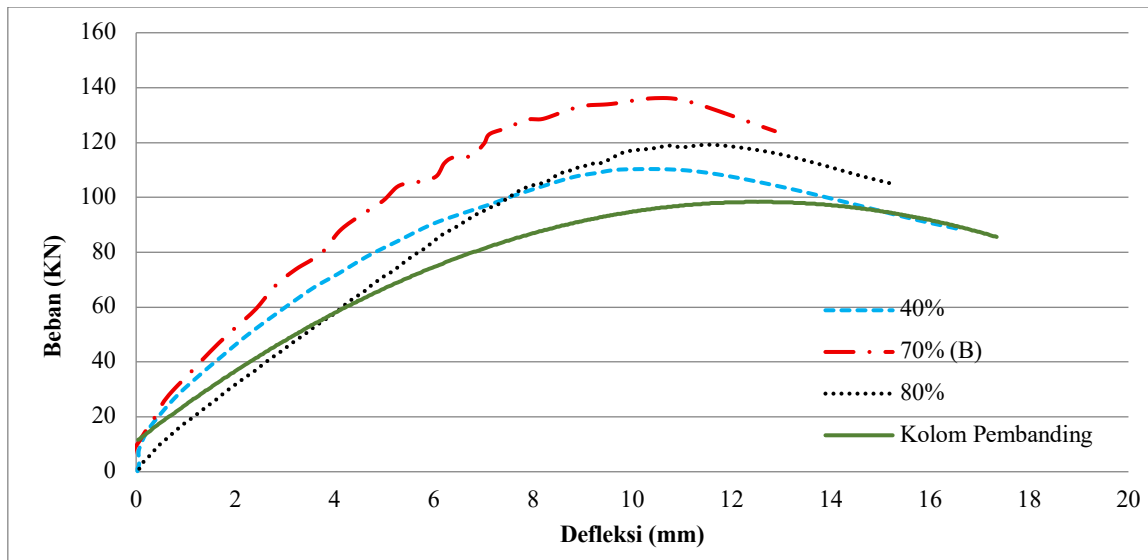
Gambar 5. Hubungan beban aksial dan lendutan kolom dengan tingkat pembebanan 60%



Gambar 6. Hubungan beban aksial dan lendutan kolom dengan tingkat pembebanan 70%



Gambar 7. Hubungan beban aksial dan lendutan kolom dengan tingkat pembebanan 80%



Gambar 8. Hubungan beban aksial dan lendutan kolom perbaikan dan kolom pembanding

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbaikan menggunakan tiga lapis *glass fiber* mampu meningkatkan kapasitas beban aksial kolom sebesar 16,93%, 38,94%, dan 26,61% pada tingkat pembebanan 60%, 70%, dan 80%. Selain meningkatkan kapasitas beban, perbaikan dengan *glass fiber jacket* meningkatkan kekakuan kolom, yang ditunjukkan oleh kemampuan kolom menahan beban yang lebih besar dibandingkan kolom asli dan kolom pembanding.

6. DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur

Beton Untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional.

Nawy, E. G. (1990). Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar. Eresco.

SK SNI T-15-1990-03. (1990). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Yayasan LPMB.

Sudjati, J. J., Caroline, L., & Tama, C. M. (2014). Perkuatan Kolom Beton Bertulang Dengan Glass Fiber Jacket Pada Kondisi Keruntuhan Tarik. *Prosiding KoNTekS 8*, Institut Teknologi Nasional Bandung.

Sudjati, J. J., Nugroho, H., & Mahendra, P. G. (2013). Perkuatan Kolom Beton Bertulang Dengan Glass Fiber Jacket Untuk Meningkatkan Kapasitas Beban Aksial. *Prosiding KoNTekS 7*, Universitas Sebelas Maret Surakarta.