

PERENCANAAN BIAYA DAN WAKTU TERHADAP PERKUATAN STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN FRP (*FIBER REINFORCED POLYMER*)

Dasa Aprisandi ¹, Bambang Hariyanto ² dan Titi Siti Masturoh ³

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Banten Jaya, Jl. Raya Ciwaru II No.73 Kota Serang, Banten

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Banten Jaya, Jl. Raya Ciwaru II No.73 Kota Serang, Banten

Email: mahesadepsong@gmail.com ¹

Email: bhariyanto212@gmail.com ²

Email: titisitimasturoh96@gmail.com ³

ABSTRAK

Gedung milik PT. XYZ Bandung merupakan bangunan yang dibangun sejak lama dan sudah berusia 30 tahun, direncanakan penambahan fungsi pada ruangan arsip di lantai 3 (tiga) bangunan untuk *Safe Deposit Box* (SDB). Perkuatan struktur bangunan bertingkat dengan FRP baik secara analisa struktur maupun biaya dan waktu yang digunakan perlu menggunakan material tertentu untuk menjadikan struktur yang layak dan aman. Perencanaan ini menggunakan teknologi metode *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) SIKA Carbodur S1012 pada Balok Existing dan SIKA Wrap 231C pada kolom existing, mempersiapkan permukaan beton, mempersiapkan permukaan CFRP, persiapan pemasangan/instalasi CFRP, dan Curing. Adapun hasil analisis biaya dan waktu yang dilakukan peneliti untuk pekerjaan perkuatan struktur adalah sebesar Rp. 636.133.050,00. Dengan pengerjaan selama 29 hari kerja. Perencanaan dengan teknologi ini pelaksanaan CFRP lebih mudah dilakukan dilapangan karena tidak perlu membongkar elemen struktur dan dapat mempercepat pengerjaan konstruksinya

Kata Kunci : *Perkuatan Struktur Bangunan Bertingkat, FRP (Fiber Reinforced Polymer), Perencanaan Biaya dan Waktu.*

1. PENDAHULUAN

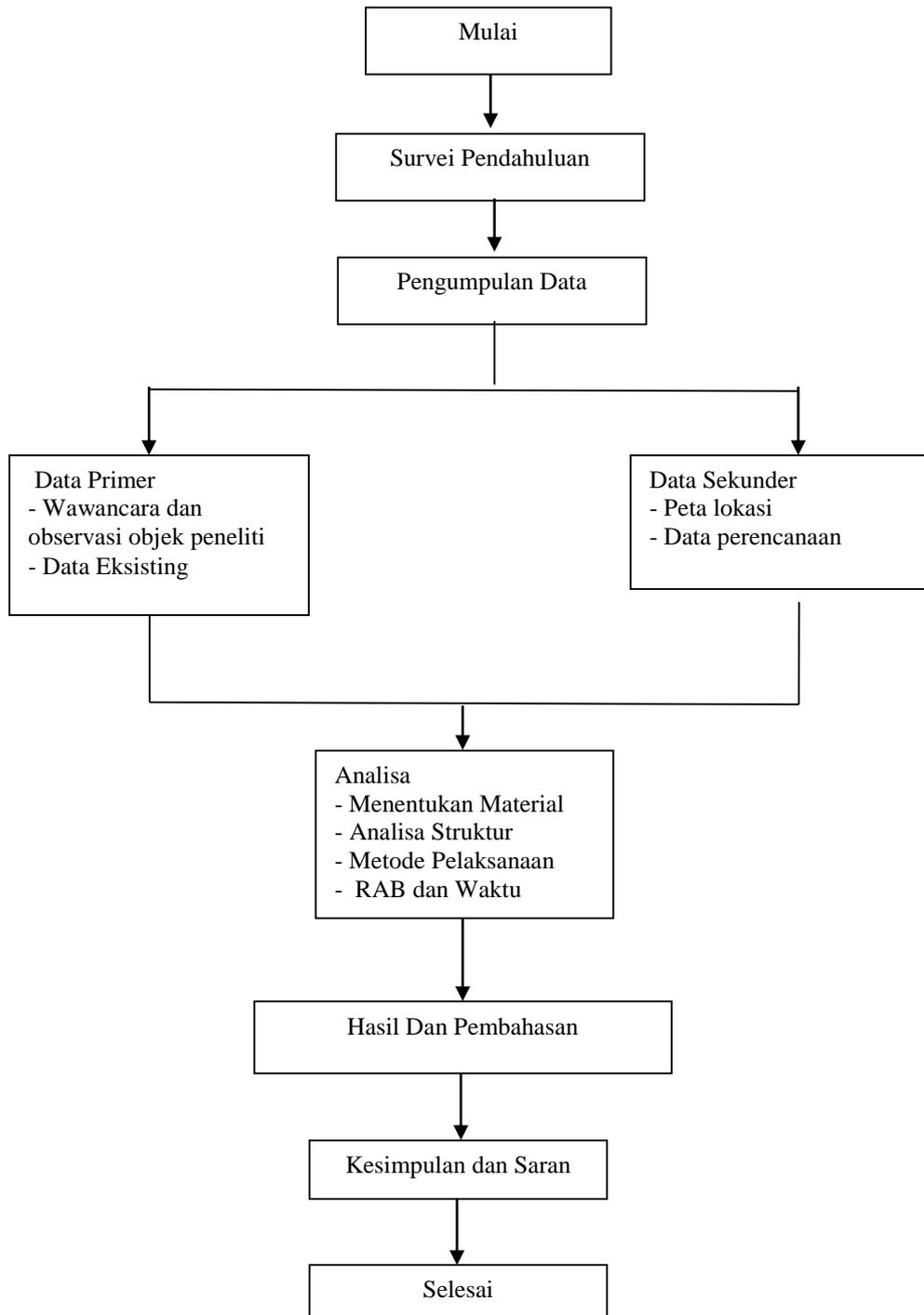
Gedung milik PT. XYZ Bandung merupakan bangunan yang dibangun sejak lama dan sudah berusia 30 tahun, direncanakan penambahan fungsi pada ruangan arsip di lantai 3 (tiga) bangunan untuk *Safe Deposit Box* (SDB). Industri perbankan telah mengalami perubahan besar dalam beberapa tahun terakhir, bank milik pemerintah maupun swasta berlomba-lomba dalam memberikan pelayanan terbaik kepada nasabah atau pelanggan (Ervianto, W.I. 2005).. PT. XYZ merupakan bank milik pemerintah atau BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang terletak di Jalan Asia Afrika No.119 Bandung akan melakukan revitalisasi gedung dengan menambahkan ruang arsip dan SDB (*Safe Deposite Box*). SDB adalah suatu wadah atau kotak penyimpanan harta atau surat berharga, yang biasanya ditempatkan pada suatu ruang khazanah yang dirancang secara khusus dari bahan baja yang kokoh, tahan bongkar dan tahan api untuk menjaga keamanan barang yang disimpan dan kenyamanan penggunaanya (Vemmy, Yudith, 2017).

Permasalahan yang terjadi adalah gedung milik PT. XYZ Bandung merupakan bangunan yang dibangun sejak lama dan sudah berusia 30 tahun. Ruang SDB akan diletakan di lantai dua bangunan, sehingga perlu diakan audit struktur untuk mengetahui kelayakan dan kinerja bangunan. Audit struktur telah dilakukan pada tahun 2016, dan kesimpulannya adalah kuat tarik besi beton tidak memenuhi standar yang disyaratkan dan perlu dilakukan perkuatan struktur pada lantai yang akan digunakan untuk ruang SDB. Untuk itulah perlu dilakukan perkuatan struktur dengan metode dan material tertentu (Rosyidah, Anis dkk. 2010). Rumusan masalah dalam perencanaan ini adalah material apa yang tepat untuk perkuatan struktur tersebut, bagaimana metode pelaksanaan pekerjaan perkuatan struktur dan berapa biaya dan waktu pelaksanaan yang dibutuhkan untuk melaksanakan perkuatan struktur tersebut. Sehingga perencanaan biaya dan waktu terhadap perkuatan struktur bangunan bertingkat dengan frp (*fiber*

reinforced polymer), (Christiawan, Ignatius 2009), bertujuan penelitian mengetahui kekuatan FRP untuk perkuatan struktur gedung, mengetahui metode pemasangan FRP, mengetahui biaya dan waktu yang digunakan dan sebagai referensi pelaku usaha kontruksi dalam melakukan perkuatan struktur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bagan Alir Perencanaan



Gambar 1 Bagan Alir Perencanaan

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat dijelaskan bahwa pengumpulan data didapatkan data eksisting dimaksudkan bahwa data tersebut berupa gambar arsitek 4 lantai dan gambar struktur 4 lantai. Gambar arsitek berupa gambar denah per lantai, gambar tampak dan gambar potongan. Gambar struktur berupa gambar denah kolom dan denah pembalokan tiap lantai pada gedung arsip SDB yang terletak di Jalan Asia Afrika No.119 Bandung sedangkan data perencanaan merupakan data tersebut berupa gambar arsitek dan gambar struktur gedung dengan tambahan lantai. Data perencanaan juga termasuk data mutu CFRP yang akan digunakan. Gambar arsitek berupa gambar denah per lantai, gambar tampak dan gambar potongan. Gambar struktur berupa gambar denah kolom dan denah pembalokan tiap lantai. Analisa struktur dalam perencanaan ini menggunakan Peraturan-peraturan yang akan dipakai sebagai acuan dalam perencanaan ini antara lain:

1. PPIUG 1983 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung.
2. SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
4. SNI 03-1726-2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
5. ACI 440.2R-08 *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures.*

Selain dasar tersebut perencanaan ini meninjau pada perencanaan sebelumnya yang sesuai dengan struktur bangunan bertingkat menggunakan FRP (Noorhidana, Purwanto. 2012).

Metode Pelaksanaan Pemasangan FRP

Metode pelaksanaan pemasangan perkuatan CFRP berdasarkan brosur dari PT. SIKA dilakukan dengan beberapa langkah.

Persiapan Permukaan Beton

Persiapan permukaan beton meliputi :

- 1) Secara umum, permukaan balok/kolom yang akan diperkuat harus bersih, kering, rata, yakni tidak ada bagian dari permukaan yang menonjol ataupun terdapat lubang. Menghilangkan debu, minyak, senyawa kimia, partikel asing dan bahan ikatan lainnya termasuk cat dari permukaan kolom dengan membersihkan atau cara mekanis yang lain sebelum instalasi CFRP dilakukan.
- 2) Jika terdapat permukaan beton yang kondisinya buruk harus diperbaiki terlebih dahulu.
- 3) Permukaan yang tidak rata harus diisi dengan mortar perbaikan yang tepat.
- 4) Hati-hati supaya tidak terjadi pengembunan air di permukaan balok/beton yang akan diinstalasi CFRP.

Persiapan Permukaan CFRP

Persiapan permukaan CFRP meliputi :

- 1) Potong CFRP sesuai kebutuhan untuk dipasang dibalok/kolom sesuai perhitungan.
- 2) Membersihkan permukaan plate dengan sehingga tidak terkontaminasi debu.
- 3) Tunggu sampai permukaan benar-benar kering sebelum diberi bahan perekat adhesif. Lebih kurang 10 menit.

Pemasangan CFRP

Pemasangan / instalasi CFRP :

- 1) Oleskan bahan perekat adhesif (Sikadur 30) pada plate CFRP yang akan digunakan dengan menggunakan spatula khusus, sehingga bahan perekat dapat dioleskan dengan rata.
- 2) Tempelkan CFRP yang sudah ada bahan perekatnya ke permukaan beton yang akan diperkuat.
- 3) Setelah menempel lalu ditekan dari sisi luar sehingga bahan perekat dapat menyatu dengan permukaan beton.
- 4) Hilangkan sisa bahan perekat yang berada di sisi luar CFRP.

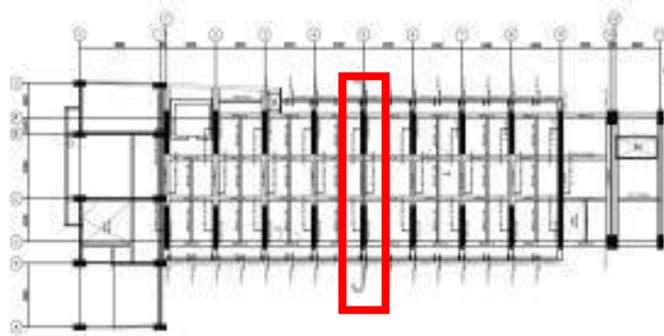
Curing

1. Waktu lamanya curing ditentukan oleh produsen *CFRP*, biasanya 24 sampai 72 jam tergantung suhu lingkungan
2. Suhu curing harus dipertahankan dalam kisaran suhu normal seperti yang ditunjukkan pada kemasan.
3. Beton komposit harus dipastikan memiliki kepadatan dan ketebalan yang seragam dan tidak ada rongga udara di dalamnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Perkuatan Struktur

3.1.1 Analisis Perkuatan Balok existing



Sumber: Laporan Audit PT. Triprima Karya Konsultan

Gambar 2 Gambar Balok yang ditinjau

Data balok existing :

- Bentang = 10871 mm
- Lebar balok = 540 mm
- Tinggi balok = 810 mm
- As lentur tarik = 2660,93 mm² (7D22)
- Momen Nominal ($\emptyset M_n$) = 601,39 kNm
- Momen Ultimate (M_u) = 740,486 kNm

Data Bahan Perkuatan

- Nama Bahan = SIKA Carbodur S1012
- Type = CFRP *Laminate Tape*
- Lebar = 100 mm
- Tebal = 1.2 mm
- Luasan FRP (A_f) = 100 mm x 1,2 mm = 120 mm²

- Tensile Strength (f_{tu}^*) = 2800 Mpa
- Regangan Putus (ϵ_{fu}^*) = > 1,7%
- Modulus Elasticity (E_f) = 165.000 Mpa
- Faktor Reduksi (CE) = 0,95 (ACI 440.2R-08)

1. Perhitungan Design Material

Desain kuat tarik ultimate FRP (f_{fu}) harus direduksi akibat pengaruh lingkungan.

$$\begin{aligned}
 - f_{fu} &= CE \times f_{fu}^* & (1) \\
 - f_{fu} &= 0,95 \times 2800 \text{ MPa} \\
 - f_{fu} &= 2660 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Desain regangan putus FRP (ϵ_{fu}) juga harus direduksi.

$$\begin{aligned}
 - \epsilon_{fu} &= CE \times \epsilon_{fu}^* & (2) \\
 - \epsilon_{fu} &= 0,95 \times 0,017 \\
 - \epsilon_{fu} &= 0,01615 \text{ mm/mm}
 \end{aligned}$$

2. Regangan Efektif pada FRP dapat dicari dengan rumus :

$$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe} \quad (3)$$

Dimana :

$$E_f = 165.000 \text{ MPa}$$

ϵ_{fe} = regangan efektif FRP yang tidak boleh melebihi tegangan pada saat debonding terjadi (ϵ_{fd})

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{cu} \cdot \frac{d_f - c}{c} - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd} \quad (4)$$

Dimana :

ϵ_{fe} = regangan maksimum yang bisa dimanfaatkan pada serta tekan beton beton terluar (0,003). δ

$$\epsilon_{fe} = H_{balok} = 810 \text{ mm}$$

ϵ_{fd} = regangan dibeton pada saat pemasangan FRP, dimana beban yang bekerja adalah beban mati struktur dan beban mati tambahan pada struktur tersebut.

$$\epsilon_{bi} = \frac{\delta}{E_c} = \frac{M_D + SDL}{4700 f_c} = \frac{\frac{1}{8} \left(\frac{4,88 \text{ N}}{\text{mm}^2} + 7,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) \cdot 80002}{\frac{1}{6} \cdot 400 \cdot 7502} = 0,0000927$$

ϵ_{fd} = regangan dimana debonding akan terjadi

$$\epsilon_{fd} = 0,41 \cdot \frac{f_c}{E_{eff}} \leq 0,9 \cdot \epsilon_{fu} = 0,41 \cdot \frac{35}{16500 \times 1,2} \leq 0,9 \cdot 0,0162 = 0,0055 \leq 0,0146$$

Jadi :

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{cu} \cdot \frac{d_f - c}{c} - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd} \quad (5)$$

$$= 0,003 \cdot \frac{810-134,5}{134,5} - 0,0000927 = 0,0149 > \epsilon_{fd} 0,0055$$

Maka :

$$\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd} = 0,0055$$

Tegangan efektif pada FRP dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \epsilon_{fe} &= E_f \cdot \epsilon_{fe} \\ &= 165.000 \text{ MPa} \cdot 0,0055 = 907,5 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (6)$$

Selanjutnya dapat diketahui jumlah CFRP yang dibutuhkan untuk perkuatan lentur balok.

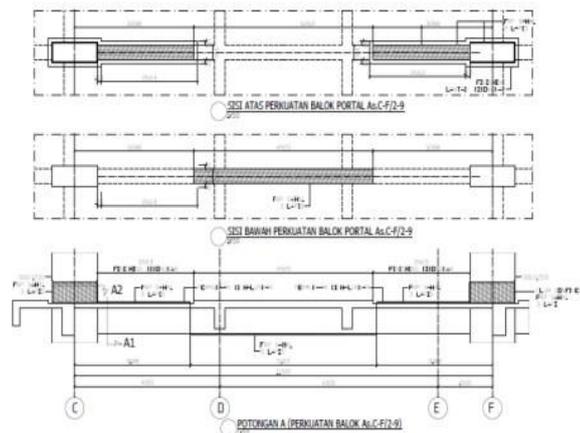
$$\Psi_f \cdot A_f \cdot f_{fe} \cdot h \frac{\beta_{1,c}}{2} = 139096000 \text{ Nmm}$$

$$0,85 \cdot A_f \cdot 907 \cdot 810 - \frac{0,8 \cdot 134,5}{2} = 139096000$$

$$583 \cdot 313,775 \cdot n = 139096000$$

$$A_f = \frac{139096000}{583 \cdot 313,775} = 238,4 \text{ mm}^2$$

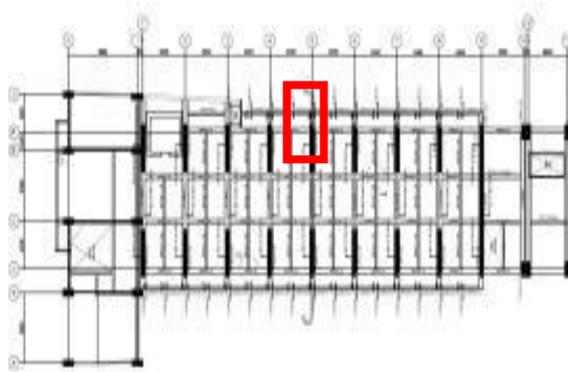
$$\frac{A_{f \text{ perlu}}}{A_{f1 \text{ CFRP}}} = \frac{238,4}{120} = 1,98 \text{ (dikalikan angka keamanan } 1,5 = 3 \text{ lapis)}$$



Sumber: Laporan Audit PT. Triprima Karya Konsultan

Gambar 3 Pemasangan FRP pada Balok

3.1.2 Analisis Perkuatan Kolom



Sumber: Laporan Audit PT. Triprima Karya Konsultan

Gambar 4 Gambar Kolom yang ditinjau

Contoh perhitungan kekuatan kolom yang terletak di lantai 3 (tiga) yang membutuhkan kekuatan geser : Data kolom existing.

Lebar kolom = 500 mm
Panjang kolom = 1250 mm
Tinggi kolom = 4000 mm

Data bahan kekuatan

- Nama Bahan = SIKA Wrap 231C
- Type = CFRP *Wrap*
- Lebar = 500 mm
- Tebal = 1.131 mm
- Tensile Strength (f_{fu}^*) = 4800 Mpa
- Regangan Putus (ϵ_{fu}^*) = > 1,8%
- Modulus Elasticity (E_f) = 234.000 Mpa
- Faktor Reduksi (CE) = 0,95 (ACI 440.2R-08)

1. Perhitungan Design Material

Desain kuat tarik ultimate FRP (f_{fu}) harus direduksi akibat pengaruh lingkungan

$$f_{fu} = CE \times f_{fu}^* \quad (7)$$
$$= 0,95 \times 4800 \text{ MPa} \quad f_{fu} = 4560 \text{ MPa}$$

Desain regangan putus FRP (ϵ_{fu}) juga harus direduksi

$$\epsilon_{fu} = CE \times \epsilon_{fu}^* \quad (8)$$
$$\epsilon_{fu} = 0,95 \times 0,018$$
$$\epsilon_{fu} = 0,0171 \text{ mm/mm}$$

2. Regangan efektif

Regangan efektif pada kolom dan balok yang diperkuat dengan dibungkus sepenuhnya dengan FRP besarnya dibatasi < 0,4%. Regangan efektif FRP (ϵ_{fe}) dapat ditentukan dengan rumus: $\epsilon_{fe} = 0,75 \cdot \epsilon_{fu} \leq 0,004$ $\epsilon_{fe} = 0,75 \cdot 0,0171 \leq 0,004$ $\epsilon_{fe} = 0,0128 > 0,004$, maka : $\epsilon_{fe} = 0,004$

Maka, tegangan FRP adalah

$$f_{fe} = E_f \cdot \epsilon_{fe} \quad (9)$$

$$= 234.000 \text{ MPa} \cdot 0,004$$

$$= 936 \text{ MPa}$$

3. Gaya Geser

Gaya geser yang akan dipikul FRP dapat dihitung dari kebutuhan perkuatan gaya geser, faktor reduksi geser dan faktor reduksi geser FRP.

$$V_f = \Delta V_u \phi_{vf} \quad (10)$$

$$= 191,35 \text{ kN} \cdot 0,85 \cdot 0,95$$

$$= 236,966 \text{ kN}$$

4. Jadi luasan FRP yang dibutuhkan dapat dicari :

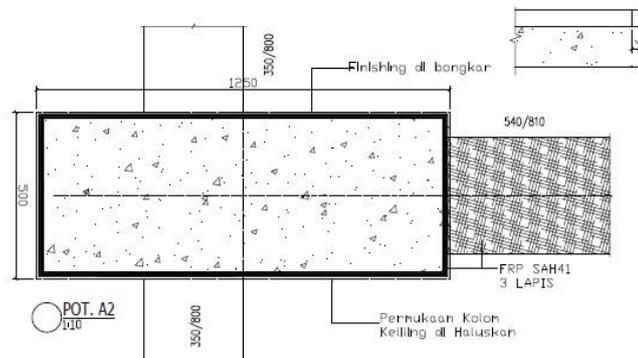
$$A_f = \frac{v_f}{\epsilon_f \cdot E_f \cdot d_f}$$

$$= \frac{236,966 \text{ kN}}{0,004 \cdot 234 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}} \cdot 1250 \text{ mm} = 0,21$$

5. Jumlah CRFP Wrap yang dibutuhkan adalah : n =

$$n = \frac{A_f}{2 \cdot t_f}$$

$$= \frac{0,21}{2 \cdot 0,131} = 0,80 \text{ dikalikan angka keamanan } 1,5 = 1,2. \text{ Dibulatkan } = 2 \text{ lapis.}$$



Sumber: Laporan Audit PT. Triprima Karya Konsultan

Gambar 5 Pemasangan FRP pada Kolom

3.3 Analisis Biaya Pekerjaan Pemasangan FRP

Berdasarkan daftar volume pekerjaan pekerjaan pemasangan FRP dengan analisa satuan harga pekerjaan (AHSP) tahun 2012 didapatkan rencana anggaran biaya seperti dibawah ini :

Tabel 1 Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
I.	PEKERJAAN STRUKTUR				

1	Perkuatan Balok				
	a. Bongkar finishing	m ²	26,11	65.000,00	1.697.150,00
	b. Perataan permukaan beton	m ²	26,11	125.000,00	3.263.750,00
	c. FRP untuk balok	m ²	168,37	2.820.000,00	474.803.400,00
2	Perkuatan Kolom				
	a. Bongkar finishing	m ²	31,75	65.000,00	2.063.750,00
	b. FRP untuk Kolom	m ²	95,25	1.620.000,00	154.305.000,00
	Total				636.133.050,00

Jadi, biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pemasangan FRP adalah sebesar Rp. 636.133.050,00.

3.4 Analisis Waktu Pekerjaan Pemasangan FRP

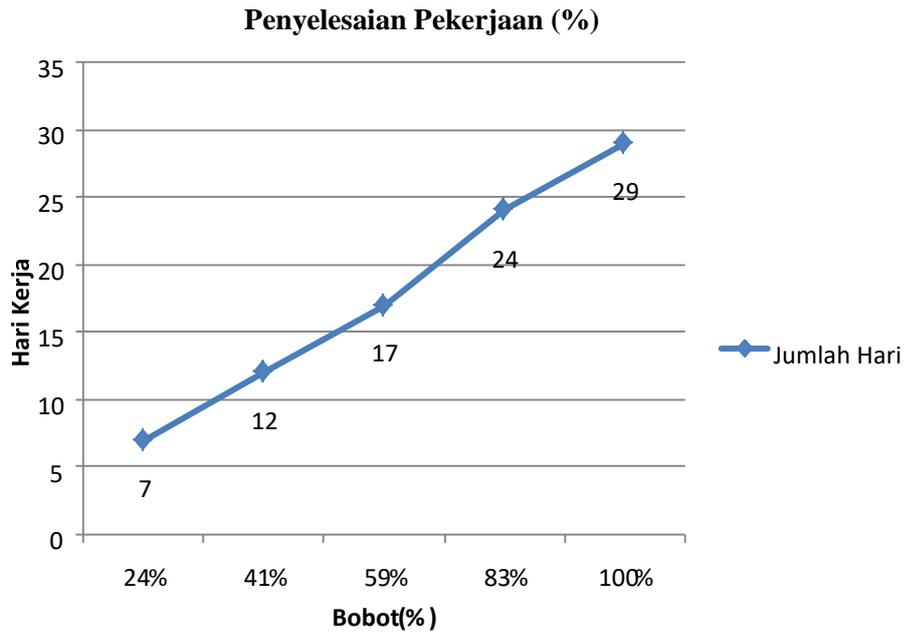
Waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan perkuatan struktur adalah :

Tabel 2 Waktu Pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Volume	Waktu Yang Dibutuhkan (Hari)
I. PEKERJAAN STRUKTUR				
1	Perkuatan Balok			
	a. Bongkar finishing	m ²	26,11	7
	b. Perataan permukaan beton	m ²	26,11	5
	c. FRP untuk balok	m ²	168,37	5
2	Perkuatan Kolom			
	a. Bongkar finishing	m ²	31,75	7
	b. FRP untuk Kolom	m ²	95,25	5

Jadi, untuk menyelesaikan pemasangan FRP membutuhkan waktu 29 hari kerja.

Setelah menghitung rincian biaya dan menghitung waktu yang dibutuhkan dalam perkuatan struktur bangunan bertingkat dengan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) maka kita dapat menyajikannya kedalam kurva S sebagai berikut:



Gambar 6 Kurva S Penyelesaian Pekerjaan (%)

Tabel 3 Jadwal Pelaksanaan

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Hari	Waktu Pelaksanaan Hari ke																													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
I.	PEKERJAAN STRUKTUR																															
1	Perkuatan Balok																															
	1) Bongkar finishing	7																														
	2) Perataan permukaan beton	5																														
	3) FRP untuk balok	5																														
2	Perkuatan Kolom																															
	1) Bongkar finishing	7																														
	2) FRP untuk Kolom	5																														
	Jumlah	29																														
	Rencana Progres Harian (%)																															
	Kumulatif Progres Harian (%)																															

Jadi, untuk menyelesaikan pemasangan FRP dibutuhkan waktu 29 hari.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perencanaan untuk peningkatan penguatan struktur material yang akan digunakan dalam perkuatan Balok adalah SIKA Carbodur S1012 tipe CFRP *Laminate Tape* sebanyak 3 lapis, dan material perkuatan Kolom adalah SIKA Wrap 231 C tipe CFRP *Wrap* sebanyak 2 lapis. Adapun tahapan metode pelaksanaan dilakukan pengerjaan mempersiapkan permukaan beton, mempersiapkan permukaan CFRP, Persiapan pemasangan/instalasi CFRP, dan Curing dengan biaya yang dibutuhkan Rp 636,133,050.00 dengan waktu yang dibutuhkan selama 29 hari kerja

5. DAFTAR PUSTAKA

- Christiawan, Ignatius. (2009). *Perkuatan (Strengthening) Struktur Beton Dengan Fiber Reinforced Polymer (FRP)*. Metana ISSN : 1858-2907. **Vol. 6**, No. 1 Periode April 2009, Semarang.
- Ervianto, W.I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi. Edisi revisi*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Karmila, Agoes, Tavio. (2008). *Metode Eksperimental Struktur Kolom Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan CFRP sebagai Eksternal Confinement*. Jurnal Teknologi Terpadu, ISSN: 2338-6649, **Vol. 1**, No.1, Oktober, Malang.
- Mulyadi. (2015). *Akuntansi Biaya*. Edisi Lima. Unit Penerbit dan Percetakan Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN, Yogyakarta.
- Noorhidana, Purwanto. (2012). *Daktalitas Kolom yang Diperkuat dengan CFRP*. Jurnal Teknik Sipil UBL, **Vol. 3**, No 2, Oktober 2012, Bandar Lampung.
- Pangestu, Nuroji, Antonius. (2006). *Pengaruh Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Polymer terhadap Perilaku Lentur Struktur Beton Bertulang*". Pilar, Volume-15, No.2, September, Semarang.
- Parvin, Azadeh and Brighton, David. (2014). *FRP Composites Strengthening of Concrete Columns under Various Loading Conditions*. Polymers, ISSN: 2073-4360, **Vol. 6**, 3 April, The University of Toledo, Toledo-USA.
- Purnomo, Setyo. (2020). *Penanganan Kerusakan Infrastruktur di Indonesia*. Materi Seminar. Politeknik Bandung, Bandung.
- Rameshkhumar, Kulkarni. (2014). *Flexural Behavioural Study on RC Beam with Externally Bonded Aramid Fiber Reinforced Polymer*. *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*. eISSN: 2319-1163, pISSN: 2321-7308, **Vol. 3**, Rajarambapu Institute of Technology, Maharashtra-India.
- Rosyidah, Anis dkk. (2010). *Perkuatan Struktur pada Bangunan Rumah Tinggal 3 Lantai*. Politeknologi, Jakarta.
- Sudjati, Tarigan, Tresna. (2015). *Perbaikan Kolom Beton Bertulang Menggunakan Glass Fiber Jacket dengan Variasi Tingkat Pembebanan*. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9)*. Komda VI BMPTTSSI-Makassar. Oktober, Makassar.
- Sika CarboDur® Near Surface Mounted Reinforcement 16.10.2013, VERSION 2, 850-41-007.
- Sika Wrap® -231. Woven Carbon Fiber Fabric for Structural Strengthening. Edition 1, 2008.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*, Edisi Kedua, Jilid 1. Erlangga, Jakarta.
- Stoner, James A.F., dkk. (2018). *Manajemen jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Vemmy, Yudith. (2017). *"Perkuatan Gedung Dengan Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Studi Kasus Menggunakan Layout Gedung Laboratorium C-Dast Dan Ruang Kuliah Bersama Universitas Jember"*. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.