

EVALUASI PERKUATAN STRUKTUR MENGGUNAKAN CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP) PADA STRUKTUR BETON BERTULANG PROYEK TRANSFORMASI GEDUNG SARINAH THAMRIN, JAKARTA PUSAT

¹Ngirtjuk Hirwo ²Abdul Rozak

¹Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,
ngirtjukhirwo@gmail.com

Abstrak

Gedung Sarinah merupakan Gedung yang dibangun pertama kali pada 17 Agustus 1962 bergerak dalam bidang ritel dan perdagangan. Peresmian Gedung Sarinah pertama dilakukan pada tanggal 15 Agustus 1966, sekaligus menandai kehadirannya sebagai pusat perbelanjaan pertama di Indonesia. Gedung ini memiliki 14 lantai tower, dan 2 lantai podium dengan 1 lapis basement. Gedung Sarinah melakukan Transformasi pada tahun 2020 dengan beberapa perubahan. Gedung Sarinah sudah melakukan perubahan dan akan dilakukan evaluasi Analisa kekuatannya dan akan mencari perhitungan kebutuhan perkuatannya pada struktur balok. Karena Gedung sarinah sudah berusia lebih dari 50 tahun, Gedung ini masih dihitung berdasarkan peraturan yang lama. Sehingga diperkirakan struktur eksistingnya membutuhkan perkuatan.

Struktur merupakan hal yang sangat penting dari suatu bangunan, Perkuatan Transformasi Gedung Sarinah ini menggunakan teknologi bernama FRP dan menggunakan material *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP), karena dalam pelaksanaannya CFRP lebih mudah dilakukan dilapangan karena tidak perlu membongkar elemen struktur eksisting sehingga dapat mempercepat pengerjaan konstruksinya. CFRP yang digunakan untuk perkuatan Transformasi Gedung Sarinah adalah CFRP yang di produksi oleh Fosroc. dilakukan evaluasi Analisa perkuatan struktur pada perkuatan balok dengan menggunakan CFRP, yang mengacu pada peraturan yang berlaku diantaranya, ASCE 7-16 *Minimum Design Loads for buildings and other Structures*, SNI 2847-2019 tentang persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung, ASCE 41-12, ACI 440 2R-17 tentang Assessment dan Perkuatan Struktur.

Keywords : Evaluasi, Perkuatan Struktur, CFRP, Struktur Balok, Beton Bertulang

1. PENDAHULUAN

Gedung Sarinah adalah Gedung bersejarah peninggalan Presiden Ir. Soekarno yang mana sudah berusia 60 Tahun sejak didirikan pada tahun 1962, dan diresmikan oleh presiden Ir. Soekarno pada tahun 1966. Gedung ini memiliki 14 lantai tower, dan 2 lantai podium dengan 1 lapis basement. Gedung Sarinah melakukan transformasi dan ada beberapa perubahan pada penampilan visual Gedung, dimulai pada tahun 2020, Gedung sarinah mulai direnovasi oleh PT. Wijaya Karya dan selesai di Desember 2021 dan diresmikan di bulan Juli 2022 oleh Presiden Ir. Jokowi. Perubahan pada Gedung ini memiliki 14 lantai tower, dan 3 lantai Tambahan yang diberi nama Anex di keliling tower utama dengan 1 lapis Basement.

Gedung Sarinah ini sudah berumur 60 tahun, Gedung ini masih dihitung berdasarkan peraturan yang lama, adanya perbedaan peraturan SNI lama dan yang terbaru saat ini. Sehingga diperkirakan struktur eksistingnya membutuhkan perkuatan. Perkuatan struktur pada umumnya bertujuan untuk mengembalikan atau meningkatkan kekuatan elemen struktur agar mampu menahan beban sesuai dengan beban rencana dan umur rencana. Metode perkuatan struktur bisa dilakukan dengan cara penyelubungan dengan beton atau *Concrete Jacketing*, penyelubungan dengan baja atau *Steel Jacketing* dan penyelubungan dengan material ringan komposit yaitu *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) (Sunaryo, Taufik H., Siswanto, 2009).

Fiber Reinforced Polymer (FRP) adalah salah satu alternatif material yang dapat digunakan sebagai material perkuatan dan perbaikan struktur. FRP merupakan perkuatan struktur yang mempunyai gaya tarik yang tinggi. Dektalitas yang tinggi, beratnya ringan tidak memerlukan peralatan yang berat untuk membawanya ke lokasi, selain itu dalam pelaksanaan tidak mengganggu aktivitas yang ada pada daerah perbaikan struktur tersebut (Phalguni Mukhopadhyaya, dan NarayanSwamy, 2001). FRP dapat terbuat dari 3(tiga) bahan komposit, yaitu Carbon, Glass, dan Aramid. Perkuatan struktur Gedung Sarinah ini menggunakan FRP jenis *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP).

CFRP adalah serat karbon yang didefinisikan sebagai serat yang mengandung setidaknya 90% berat karbon. Serat karbon tidak menunjukkan korosi atau pecah pada suhu kamar. Fungsi perkuatan dengan system CFRP adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, axial dan daktilitas. Cara pemasangan CFRP adalah dengan melilitkannya mengelilingi permukaan perimeter elemen struktur yang diperkuat dengan menggunakan perekat epoxy resin. Sistem kerjanya sama dengan tulangan transversal konvensional. (Karmila,Agoes,Tavio,2013).

2. METODOLOGI

2.1. Jenis Penelitian

Sebuah penelitian dapat terlihat dalam bentuk jenis penelitian itu sendiri yang akan digunakan dalam penelitian tersebut. Pada penelitian ini digunakan jenis evaluasi pada pekerjaan yang sudah selesai. *Variable* dalam penelitian ini adalah Efektifitas Kinerja Perkuatan Struktur menggunakan FRP pada Balok Beton Bertulang. Dengan melakukan evaluasi analisa struktur eksisting dan perhitungan efektifitas kinerja FRP.

Langkah selanjutnya setelah mengetahui jenis penelitian dan *variabelnya*, maka metodologi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metodologi Penelitian Evaluasi Kausal-Komperatif, pemilihan ini berdasar dari kecocokan karena dianggap mampu

menyelesaikannya rumusan masalah dan penelitian yang dibahas.

2.2. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah-langkah yang diambil oleh peneliti untuk mengumpulkan data atau informasi untuk diolah dan dianalisis secara ilmiah.

2.2.1. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dan dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber yang telah ada yang berupa dokumen-dokumen pelaksanaan proyek. Data sekunder yang dikumpulkan dari sumber yang didapat dari perencana dan dari engineering pada proyek Transformasi Gedung Sarinah Thamrin. Adapun dokumen yang dikumpulkan diantaranya sebagai berikut :

- a. Data Perencanaan
 - Data Informasi Awal
 - Data Peraturan dan Standart Acuan
 - Data Konfigurasi Bangunan
 - Data Pembebanan Struktur
 - Data Kombinasi Pembebanan
 - Data Pemodelan Struktur
- b. Data Hasil Assessment Gedung Eksisting
 - Data Hasil Assessment Struktur Beton Eksisting
 - Data Hasil Assessment Baja Tulangan
- c. Data Perkuatan Struktur FRP
- d. Data Analisa Penilitia

2.2.2. Metode Analisis Data

Metode analisis data adalah kegiatan menganalisis data, dari data yang telah didapatkan maka melakukan kajian dengan teori dan data-data yang sudah diperoleh. Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu metodologi Evaluasi Korelasi atau teknik menganalisis untuk menentukan sejauh mana terdapat hubungan antara dua *variabel*. Berdasarkan rumusan masalah yang ada, data yang akan dianalisis antara lain:

1. Analisis Perhitungan Stuktur Eksisting Gedung Sarinah Pada Balok G13 350x750 yang kekurangan gaya pada kekuatan lentur dan geser.
 - a. Perhitungan gaya Lentur.

- b. Perhitungan Gaya Geser.
2. Analisis Perhitungan Perkuatan Struktur menggunakan CFRP pada struktur Balok G13 350x750 yang membutuhkan perkuatan struktur pada kekuatan lentur dan geser.
- a. Perhitungan Perkuatan Lentur.
 - b. Perhitungan Perkuatan Geser.

2.2.3. Metode Pembahasan Hasil Analisis

Dari hasil penelitian dan pembahasan kemudian diinterpretasikan dan pembahasan penelitian dengan pemaparan. Hasil analisis dibedakan menjadi dua kondisi di mana hasil analisis sebelum melakukan perkuatan struktur menggunakan FRP dan sesudah melakukan perkuatan struktur menggunakan FRP. Kondisi dimana Sebelum melakukan FRP adalah kondisi yang tidak diharapkan, sedangkan kondisi yang sudah dilakukan FRP adalah kondisi yang sesuai harapan. Dan mengevaluasi hasil yang telah dilakukan oleh perencana terhadap bangunan area tower utama pada Gedung Sarinah.

3. PEMBAHASAN

3.1. Data Penelitian

Pada bab ini akan dilakukan pengumpulan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang didapat dari hasil Data Perencanaan, Data Assessment Gedung eksisting, dan Data Perkuatan Struktur.

3.1.1. Data Perencanaan

Sebelum melakukan reiew design struktur maka diperlukan data-data yang di butuhkan untuk mengecek kelayakan design sebelumnya, dengan tujuan mengidentifikasi kondisi actual struktur bangunan Gedung. Dengan pertimbangan Bangunan Eksisting Sarinah sejak tahun 1966, sudah berdiri (50 tahun lebih) dan merupakan Cagar Budaya, analisa untuk pengecekan struktur eksisting dengan peraturan yang terbaru dan dilakukan menggunakan prosedur berdasarkan ASCE 41-17 (*Seismic Evaluation and Retrofit of Exisiting Buildings*).

3.1.2. Data Hasil Asesment Gedung Eksisting

Data hasil Assessment Gedung eksisting untuk mengetahui data atau informasi dari proses dan hasil keadaan struktur Gedung eksisting Sarinah, dan digunakan sebagai referensi review untuk perkuatan struktur yang digunakan. Data ini berupa data pengujian kondisi eksisting struktur Gedung dan material test.

3.1.3. Data Perkuatan Struktur FRP

Pekuatan Struktur menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) yang dijelaskan pada BAB II (2.19 CFRP) yang diisyaratkan oleh ACI 440.2R-02 (*Guide For the Design and Konstruktion of Externally Bonded FRP Systems for Stengthening Concrete Structures*) (01). Type Nitrowrap CWS450 High Strenght, produk dari Fosroc.

3.1.4. Data Analisis Penelitian

Pada Penelitian ini yang akan di teliti hanya pada struktur balok dan mengambil sampel dari hasil anilisis data perencana yang sudah dilakukan dan mencari perhitungan konvensional terhadap kinerja pada perkuatan struktur balok yang telah diperkuat menggunakan CFRP. Ada 3 Cara instalasi perkuatan struktur balok menggunakan FRP dengan fungsi yang berbeda yang digunakan di Gedung Transformasi Sarinah ini.

3.2. Analisis Data

Setelah data yang diperlukan sudah tersedia, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis data. Analisi data ini hanya membahas pada area Tower utama tidak pada area Anex. Dan pembahasan pada penelitian ini hanya pada Struktur Balok. Terdapat perubahan masa pada area tower dijelaskan pada tabel 3.1 Persentase penambahan massa setelah rencana renovasi yang paparkan data oleh perencana.

Tabel 3.1 Persentase Penambahan massa setelah rencana renovasi

Sebelum (kN)	Sesudah (kN)	Selisih Persentase (%)
785072 kN	820396 kN	4,50%

Sumber: Dokument Team Engineering Proyek Sarinah.

Penambahan massa di area tower cukup minim dibawah 5% massa area Tower Awal. Dikarenakan penambahan massa bangunan setelah renovasi termasuk minim, maka area tower eksisting akan direview dengan ASCE 41-17 sebagai bangunan Eksisting.

Berdasarkan pada data Analisa penelitian, penelitian ini hanya pada struktur atas elemen balok beton bertulang. Pengujian laporan hasil assessment dilakukan pengecekan kebutuhan balok terhadap desain yang ada. Pada Analisa penelitian ini yang mengacu pada ASCE 41-17 didapat Kapasitas Balok pada Gedung Area Tower rata-rata tidak melebihi kapasitas desain hanya sedikit balok (± 251 dari total balok 2239) yang melebihi sehingga perlu dilakukan perkuatan struktur. Analisis data penelitian ini akan memperlihatkan hasil resume dari hasil analisis data dan perhitungan untuk elemen struktur balok pada Gedung Sarinah, yang sudah dilakukan oleh perencana menggunakan software bantuan berupa tabel.

Berdasarkan hasil review eksisting yang membutuhkan perkuatan struktur. Maka pada Analisis data ini akan dilakukan perhitungan konvensional terhadap struktur yang melebihi kapasitas elemen struktur. Perhitungan analisis struktur akan mengambil sampel data dari hasil review eksisting terhadap struktur balok area tower yang membutuhkan gaya lentur dan gaya geser. Berikut data analisis struktur yang akan di hitung disajikan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Moment and Shear Check Balok

Lantai	Label	Section	Moment Capacity (kNm)	Moment Check	Shear Capacity (kN)	Shear Check
UG	B96	G9	620.5	Not OK	474.9	Not OK

Sumber: Penulis

Berdasarkan pada data tabel 3.2 Balok dengan label B96 section G9 yang terletak di lantai UG, mengacu pada gambar As Build Struktur merupakan balok dengan Jenis G13 350x750 yang membutuhkan gaya lentur dan gaya geser.

Tipe Balok/Lantai	B13		
Lantai (G)			
Dimensi	350 x 750		
Relatif	1.025	1.025	1.025
Relatif	1.025	1.025	1.025
Spasi	20.0 - 200	20.0 - 200	20.0 - 200

Gambar 3.1 Detail Balok G13 350 x 750

Sumber: Penulis

Analisis data penelitian perhitungan ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu analisis perhitungan eksisting dan analisis perhitungan perkuatan menggunakan CFRP.

3.3. Pembahasan Hasil Analisis

3.3.1. Analisis Perhitungan Struktur Eksisting Gaya Lentur

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada perhitungan balok struktur eksisting B13, disajikan Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil Analisis perhitungan struktur sebelum diperkuat terhadap Gaya Lentur

Lantai	Jenis Balok	Dimensi	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Moment Check	PERSENTASE
UG	B13	350 x 750	620.5	582.1	Not OK	0.94

Sumber: Penulis

Karna kekuatan lentur balok harus lebih besar dari momen lentur terfaktor maka perkuatan lentur pada area tumpuan ini bisa disebut **Not Oke** yang mana membutuhkan perkuatan struktur.

3.3.2. Analisis Perhitungan Struktur Eksisting Gaya Geser

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada perhitungan balok struktur eksisting B13, disajikan Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Hasil Analisis perhitungan struktur struktur sebelum diperkuat Terhadap Gaya Geser

Lantai	Jenis Balok	Dimensi	Vu (kNm)	Vn (kNm)	Moment Check	PERSENTASE
UG	B13	350 x 750	474.9	375.3	Not OK	0.79

Sumber: Penulis

Karna kekuatan gaya geser balok harus lebih besar dari gaya geser terfaktor maka perkuatan geser pada area tumpuan ini bisa disebut **Not**

Oke yang mana membutuhkan perkuatan struktur.

3.3.3. Analisis Perhitungan Perkuatan Struktur Gaya Lentur Menggunakan CFRP

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada perhitungan balok struktur eksisting B13, disajikan Tabel 3.5

Tabel 3.5 Hasil Analisis perhitungan perkuatan struktur Balok terhadap Gaya Geser

Lantai	Jenis Balok	Dimensi	Mu (kNm)	Mn (kNm)	Perkuatan	Moment Check	PERSENTASE
UG	B13	350 x 750	620,5	659,14	1 Layer	OK	1,06

Sumber: Penulis

Setelah dilakukan Perkuatan Struktur menggunakan CFRP, balok B13 hanya membutuhkan 1 lapis CFRP untuk meningkatkan elemen struktur kekuatan lentur terpenuhi dan lebih besar dari moment terfaktor.

3.3.4. Analisis Perhitungan Perkuatan Struktur Gaya Geser Menggunakan CFRP

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada perhitungan balok struktur eksisting B13, disajikan Tabel 3.6

Tabel 3.6 Hasil Analisis perhitungan perkuatan struktur Balok terhadap Gaya Lentur

Lantai	Jenis Balok	Dimensi	Vu (kN)	Vn (kN)	Perkuatan	Moment Check	PERSENTASE
UG	B13	350 x 750	474,9	543,34	1 Layer	OK	1,14

Sumber: Penulis

Setelah dilakukan Perkuatan Struktur menggunakan CFRP, balok B13 hanya membutuhkan 1 lapis CFRP untuk meningkatkan elemen struktur kekuatan geser bisa terpenuhi dan lebih besar dari gaya geser terfaktor.

3.3.5. Diagram Hasil Evaluasi Perkuatan Struktur Pada Balok B13 Menggunakan CFRP

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada perhitungan balok struktur, dapat dilihat hasil persentase kenaikan pada struktur yang sudah dilakukan perkuatan menggunakan CFRP berupa diagram pada perkuatan struktur balok B13, disajikan Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Persentase Kenaikan Perkuatan Struktur menggunakan CFRP
Sumber : Penulis

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan evaluasi untuk kinerja perkuatan pada Gedung Sarianah dengan menggunakan CFRP maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil Analisa perhitungan perkuatan pada balok B13 350x750 kapasitas untuk kekuatan lentur (Mn) 659,14 kNm lebih besar dari moment terfaktor (Mu) 620,5 kNm dan kekuatan geser (Vn) 543,34 kN lebih besar dari gaya geser terfaktor (474,9) kN bisa disebut okey. Jadi balok B13 350x750 dengan penambahan perkuatan menggunakan CFRP sangat efektif bisa meningkatkan kapasitas elemen struktur pada kekuatan geser dan lentur pada balok hanya dengan menambah perkuatan 1 lapis CFRP.
- Berdasarkan hasil Analisa perhitungan perkuatan pada balok B13 350x750 Persentase kekuatan lentur dan geser pada struktur balok beton bertulang setelah diperkuat mengalami kenaikan menjadi 1.06% yang mana sebelum diperkuat 0.94% pada gaya lentur. Sedangkan untuk gaya geser yang sudah diperkuat menggunakan CFRP mengalami kenaikan menjadi 1,14% yang mana sebelum diperkuat 0.79%.

5. DAFTAR PUSTAKA

American Concrete Institute. 2019. *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures* (ACI 440.2R-02). ACI Committee 440.

- American Society Of Civil Engineers 2019.
Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE 41-17).
- Badan Standarisasi Nasional (SNI) 2019
Jakarta Badan Standarisasi Nasional
(2019) *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2019.* Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional (2019) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2019.* Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional (2015) *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung SNI 1729:2015.* Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Stadarisasi Nasional (2017) *Tata Cara Persyrata Geoteknik untuk Bangunan Gedung SNI 1729:2015.* Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.