

PERKUATAN STRUKTUR KOLOM DAN BALOK AKIBAT PERUBAHAN LAYOUT RUANGAN DENGAN METODE CFRP (Studi Kasus : Pembangunan Masjid AS-shohabat Tembalang)

Danang Prastyo N S^{1,*}), Ratih Prawesti¹⁾, Sugiharto¹⁾, Sukoyo¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang Semarang 50275 Telepon (024) 76480569

^{*)}Email : danangprastyoarpansa@gmail.com

Abstract

This research was conducted to analyse the alternative which might be done to give solution for column structure reinforcement and bar in case of building room layout change. There were 4 methods which were presented for analysing column structure reinforcement and bar in this research. The dimensions of the removed column were 25x40 cm with a length of 350 cm and the reinforced beams were 25x40 cm with span length of 800 cm. This research also showed the price which was gotten from various methods did as consideration of solution chosen. The analysis was conducted by using SAP2000 application. This analysis was done by 2 column removal without reinforcement which in the fact the structure is not powerful if there is not any reinforcement by the result of 2 column removal so that for safety anticipation, it is better if reinforcement is implemented. The first method is the method with the elimination of 2 columns but without the reinforced structure, after SAP2000 analysis on the portal, obtained the maximum moment that happened was 76,1 KN exceeding the permitted moments of 62 KN so that this will be dangerous to the strength of the structure, therefore for security anticipation should be done reinforcement. The second method which is the first solution is the method of Jacketing Column & Beam obtained the result that the building was considered safe by enlarging the original beam dimensions 25x40 cm to 35x65 cm and the original columns 25x30 cm to 40x40 cm. It is also supported by the value of the moments shown not exceeding the maximum allowed moments. The third method is an alternative to the second retrofit solution by providing additional structural elements instead of the existing missing columns, but with this method it will interfere with the aesthetic value of the building, since the new element beams are very visible. The last method is the use of CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer), this method proved to be the most efficient way to overcome the structural reinforcement problems at As-Shohabat mosque in terms of processing time, labor cost, and sufficient strength to replace the reinforcement that occurs due to the reduction of the column that supports the block.

Kata kunci: *strengthening column and beam, strengthening structure, CFRP*

PENDAHULUAN

Struktur bangunan yang telah direncanakan dengan baik dan dibangun, terkadang dalam masa pembangunan atau saat difungsikan

mempunyai beberapa permasalahan. Permasalahan tersebut dapat berkaitan dengan kegagalan dan kerusakan konstruksi bangunan akibat kesalahan perencanaan, pelaksanaan, keluhan

ketidaknyamanan, perubahan persyaratan peraturan bangunan, atau disebabkan oleh pengalihan fungsi bangunan dari yang telah direncanakan semula.

Bahkan dalam proses pembangunan pun bisa terjadi perubahan karena perubahan rencana tata ruang atau perubahan *layout* ruang sehingga memungkinkan untuk dilakukan perubahan guna mencapai bangunan dengan fungsi yang diharapkan sesuai dengan rencana.

Bangunan masjid adalah salah satu bangunan penting dalam masyarakat, bangunan masjid sangat diharapkan mampu menampung banyak jamaah dalam melakukan ibadah. Dalam kasus ini adalah salah satu contoh permasalahan bangunan dengan alasan keluhan ketidaknyamanan dan alasan efektifitas ruang tampung untuk digunakan secara maksimal. Akibat dari rencana perubahan tersebut harus dilakukan perubahan struktur pada ruang tersebut karena posisinya yang berakibat tidak efektifnya ruang yang direncanakan dapat maksimal menampung jamaah.

Namun demikian, sebelum memutuskan upaya perkuatan struktur ini dilakukan, diperlukan kajian yang mendalam dan pengujian lapangan yang teliti, karena akan sangat menentukan apakah upaya tersebut masih memungkinkan untuk bangunan itu dan upaya perkuatan apa yang selanjutnya akan dilakukan untuk kasus tersebut.

Kegagalan dan kerusakan struktur bangunan dalam skala yang masih dapat ditoleransi dapat

dilakukan upaya perbaikan struktur, yaitu usaha untuk mengembalikan fungsi struktur seperti semula. Sedangkan perkuatan struktur merupakan usaha untuk meningkatkan kinerja struktur yang sudah ada, memberikan elemen baru atau perkuatan, dan bila mungkin menghilangkan bagian struktur yang tidak diperlukan.

Perubahan layout ruangan bisa terjadi tidak hanya di bagian struktur, tetapi untuk kasus perubahan layout ruangan yang bermasalah pada letak strukturnya dan berakibat pada ketidakamanan struktur yang langsung terhubung terhadapnya, maka harus dilakukan perkuatan yang praktis, kuat dan memerlukan waktu yang cepat.

Pada bangunan masjid As-Shohabat terdapat permasalahan pada lantai 2 masjid yang kolom pada ruangan tersebut menyebabkan tidak maksimal untuk menampung jumlah jamaah, untuk itu dilakukan pemotongan pada struktur kolom lantai 2 tersebut. Akibat dari pemotongan kolom pada lantai 2 akan berakibat pada struktur yang berada di atasnya, untuk itu dilakukan perkuatan struktur pada balok lantai 2 dengan penggunaan CFRP. Digunakannya CFRP adalah solusi tercepat dan efisien dalam hal ini sebagai perkuatan untuk balok yang penahanya dihilangkan guna mendapatkan tujuan perubahan *layout* ruangan yang diinginkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Toefany (2015), menganalisis beton bertulang dapat mengalami kegagalan fungsi dimana struktur tersebut tidak mampu lagi menahan beban yang

bekerja disebabkan karena adanya kerusakan pada beton sehingga diperlukan adanya sistem perkuatan pada beton tersebut. *Concrete Jacketing* adalah salah satu sistem perkuatan atau perbaikan beton dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan. Selain itu penelitian juga dilakukan oleh Helmholtzstrasse (2012), menganalisa penggunaan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* sebagai penambah kekuatan struktur yang efisien dan high performance sebagai perkuatan. Penggunaan CFRP untuk konstruksi beton expose adalah solusi tepat untuk estetika dan mendapatkan struktur yang kuat serta efisien waktu. Penelitian tentang CFRP ini juga telah dilakukan oleh Charter dan Barus (2014), melakukan analisis terhadap pemasangan CFRP pada kolom yang berbentuk persegi dan kolom yang berbentuk bulat. Dalam penelitian ini mereka memberikan variasi pembebanan aksial pada kolom struktur yang di analisis. Dari hasil analisis diperoleh bahwa peningkatan kuat tekan setelah dilapisi dengan CFRP pada kolom bulat adalah sebesar 46,05% sementara pada kolom persegi meningkat sebesar 31,4%. Dan pada pembebanan sentris pada kolom hasil eksperimen diperoleh peningkatan kapasitas aksial sebesar 73,26% pada kolom bulat, dan peningkatan kapasitas aksial sebesar 67,42% pada kolom persegi.

Persamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Toefany (2015) yaitu mengkaji tentang *Concrete Jacketing* pada struktur. Persamaan

dengan penelitian yang dilakukan oleh Helmholtzstrasse (2012) adalah menganalisis penggunaan CFRP dalam perkuatan struktur. Persamaan penelitian yang dilakukan oleh Charter dan Barus (2014) adalah penggunaan CFRP untuk perkuatan struktur sedangkan perbedaan dengan penelitian kami adalah kali tidak menggunakan variasi beban aksial dan kolom yang kami perkuat hanya berbentuk persegi.

METODE PENELITIAN

Pengambilan Data

Penelitian dilakukan di masjid objek skripsi ini, yaitu masjid As-Shohabat Semarang. Alamat terletak di Jalan Banjarsari Selatan, Tembalang, Semarang. Dilapangan mencari data – data yang diperlukan seperti denah bangunan, mutu beton, dan tulangan yang dipakai dalam objek. Pelaksanaan penelitian diawali dengan mempelajari denah bangunan. Melakukan Hammer test dilakukan guna menemukan mutu beton yang dipakai dalam bangunan objek.

Analisis Data

Pada penelitian ini kami menggunakan program SAP2000 untuk menganalisis. Analisis SAP2000 pertama kali dengan metode pertama yaitu metode penghilangan 2 kolom pada lantai 2 dan tidak memberi tambahan perkuatan apapun, hanya kolom dan balok existing saja yang tersisa. Lalu untuk melihat kekuatan pada metode ke dua dengan SAP2000 guna membandingkan dengan kekuatan bangunan existing dengan cara

menambahkan dimensi pada kolom dan balok. Pada metode ketiga setelah kolom dan balok existing untuk menjadi pembanding pada metode ketiga ini diberikan tambahan elemen struktur berupa kolom yang berfungsi sebagai angkur yang berguna untuk memperpendek bentang balok. Lalu metode terakhir yang keempat adalah dengan menggunakan pelat carbon sebagai perkuatan struktur dalam keadaan existing.

Pengujian

Untuk mendapatkan hasil efisiensi biaya di tiap metode pada penelitian ini, maka harus dilakukan analisis efisiensi biaya yang akan membuktikan anggaran yang paling efisien dari semua metode. Cara membandingkan biaya dilakukan dengan cara membrackdown semua pekerjaan untuk setiap metode. Dimulai dari diketahui pekerjaan yang akan dilakukan sehingga volume pekerjaan didapatkan. Lalu melakukan analisis kebutuhan bahan dan alat. Setelah itu, dilakukan analisis lamanya waktu pekerjaan yang akan menghasilkan kebutuhan jumlah tenaga kerja, dari analisis ini akan didapatkan perbandingan harga setiap metode sehingga akan merujuk pada satu metode yang memiliki efisiensi harga yang membuktikan dugaan.

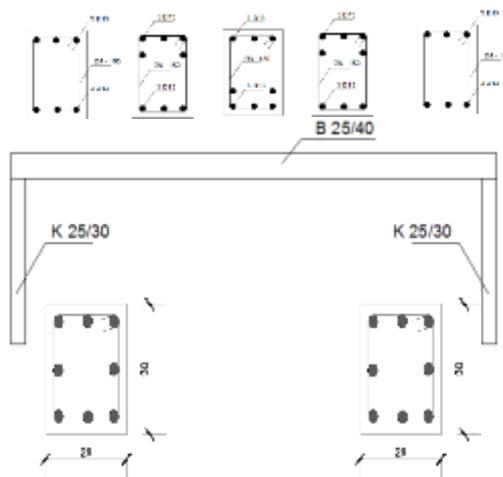
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini ada 4 alternatif yang disajikan, yang pertama yaitu alternatif tanpa perkuatan, perkuatan dengan metode jacketing kolom dan

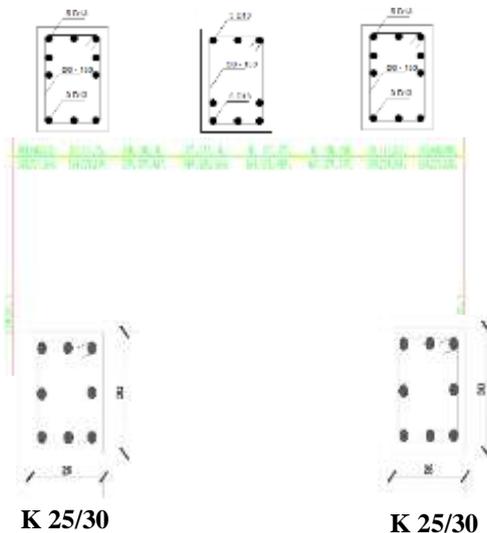
balok, perkuatan dengan metode penambahan struktur elemen, dan yang terakhir yaitu perkuatan dengan metode penambahan CFRP. Pada penelitian ini dengan memperhatikan faktor kekuatan dan biaya diperoleh hasil yang paling kuat dan paling sedikit biaya nya yaitu metode penambahan CFRP.

Penulangan dengan metode penambahan CFRP yaitu penulangan yang sudah dihilangkan kolomnya dan diberi perkuatan struktur dengan menambahkan CFRP pada balok ataupun kolom. Pada metode ini menggunakan portal yang sama dengan portal metode tanpa perkuatan. Pada gambar 1 di bawah adalah jumlah tulangan dan perletakkannya yang berada di lapangan. Pada gambar 1 pada balok bagian atas dan bawah pada bagian tumpuan terpasang 3 tulangan dengan diameter 13mm. Kemudian pada balok tengah bagian atas pada bidang tarik terpasang 3 tulangan dan pada bidang tekan terpasang 5 tulangan, sedangkan pada balok bagian bawah bidang tarik terpasang 5 tulangan dan bidang tekan terpasang 3 tulangan.

Selanjutnya pada kedua kolom terpasang 8 tulangan dengan diameter 13 mm. Proses selanjutnya yaitu menganalisa data existing yang ada dilapangan kemudian dianalisa dengan menggunakan SAP 2000. Pada gambar 2 adalah penulangan yang dibutuhkan setelah dianalisa dengan menggunakan program SAP.



Gambar 1. Jumlah tulangan dan perletakkannya



Gambar 2. Penulangan yang dibutuhkan setelah dianalisa dengan SAP

Pada gambar 2 tersebut dapat dilihat jumlah tulangan yang dibutuhkan. Setelah melihat analisa dari program SAP 2000 tersebut dengan penghilangan 2 kolom dan dibandingkan dengan kondisi dilapangan didapatkan hasil bahwa perencanaan tidak aman. Hal itu dikarenakan pada tulangan tumpuan, jumlah tulangan yang terpasang belum memenuhi atau kurang, maka dari itu perlu dilakukan penambahan CFRP

(*Carbon Fiber Reinforced Polymer*). CFRP ini nantinya diharapkan bisa menggantikan kekurangan tulangan yang terjadi pada balok ataupun kolom. Pada daerah tumpuan tersebut terdapat gaya tarik yaitu momen yang sangat besar, momen tersebut mencapai 76,14 KN sehingga tidak mampu menahan momen yang ada. Maka dari itu pada tumpuan balok perlu untuk diberikan perkuatan

struktur dengan penambahan bahan CFRP ini.

Terdapat 6 tulangan dengan diameter 13mm yang dibutuhkan, tetapi di lapangan hanya terpasang 3 tulangan, maka dari itu masih membutuhkan 3 tulangan lagi agar memenuhi syarat dan aman.

Perhitungan kekuatan tulangan sebagai berikut :

Menurut Jimmy Carter Tarigan dalam jurnal ilmiah, menggunakan:

F_y Tulangan = 400 Mpa,

F_c' CFRP = 4900 Mpa

Menurut J. Thambah Sembiring (2010, 34) untuk mencari kekuatan tulangan masing-masing digunakan cara sebagai berikut:

$$3 \times A_s \times F_y = F_c' \times \text{Luas CFRP}$$

$$3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 400 = 4900 \times \text{Luas CFRP}$$

$$159.198 = 4900 \times \text{Luas CFRP}$$

$$\text{Luas CFRP} = 159.198 \text{ mm}^2 \text{ Mpa} / 4900 \text{ Mpa}$$

$$\text{Luas CFRP} = 32,489 \text{ mm}^2$$

Mencari panjang kebutuhan CFRP :

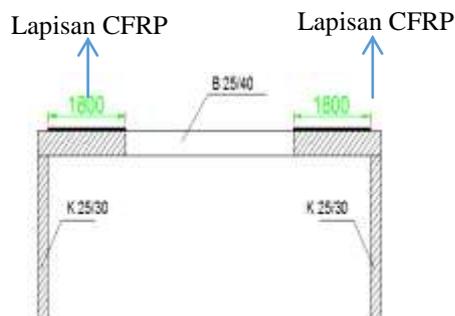
$$\text{Diketahui tebal CFRP} = 0,15 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi Panjang} &= 32,489 / 0,15 \text{ mm} \\ &= 216,593 \text{ mm} = 21,66 \text{ cm} \end{aligned}$$

Panjang bentang tulangan tumpuan yaitu 2 x 180 cm. Gambar 3 di bawah adalah potongan melintang balok yang akan diberikan penambahan CFRP. Pada gambar 3 tersebut, balok yang digunakan yaitu ukuran 250x300mm dan penempatan CFRP diletakan diatas permukaan balok dengan ukuran lebar CFRP nya yaitu 220mm dengan ketebalan 0,15mm. Selanjutnya penempatan CFRP pada potongan memanjang balok dapat dilihat di gambar 4 di bawah.



Gambar 3 Potongan Melintang



Gambar 4 Potongan Memanjang Balok

Pada gambar 4 ini dapat dilihat perletakan dari CFRP nya yaitu diatas permukaan balok dengan panjang

1800mm yang dipasang dari tepi balok yaitu daerah tumpuan balok.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa yang didapat dengan melakukan analisa pada objek analisa yaitu bangunan masjid As – Shohabat yang mengalami perubahan layout ruangan, secara umum dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan CFRP dalam mengatasi permasalahan perkuatan struktur untuk masjid As-Shohabat karena kekurangan tulangan yang didapat dari hasil analisis SAP2000 menghasilkan kekurangan tulangan terjadi pada bagian atas balok yang bertemu dengan pelat lantai sehingga penggunaan CFRP untuk perkuatan adalah pilihan solusi yang ideal karena dari perhitungan biaya penggunaan CFRP lebih ekonomis dibandingkan dengan menggunakan metode lain dalam permasalahan ini.

UCAPKAN TERIMA KASIH

Tulisan ini diolah dari data laporan skripsi penulis di Program Studi Teknik Perawatan Dan Perbaikan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada redaksi dan reviewer jurnal ini yang telah memberikan koreksi dan masukan bagi penyempurnaan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Dipohusodo, I., 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Gurki, J.Thambah Sembiring., 2010. *Beton bertulang (edisi revisi)*. Bandung: Rekayasa Sains.

Helmholtzstrasse. 2012.”*Toward A Durability Freamework For Structural Element And Structure Made Of Or Strengthened With High Performance Fiber Reinforced Composites*” SciVerse ScienceDirect (94-104)

I. Christiawan , A. Triwiyono , dan H. Christady. 2008. “*Evaluasi Kinerja Dan Perkuatan Struktur Gedung Guna Alih Fungsi Bangunan (Studi Kasus : Perubahan Fungsi Ruang Kelas Menjadi Ruang Perpustakaan Pada Lantai II Gedung G Universitas Semarang)*”. Forum Teknik Sipil No. XVIII/1-Januari (725-38)

Ignatius C. 2011. ”*Perkuatan (Strengthening) Struktur Kolom dengan Metoda Penambahan Tulangan*”. Forum Teknik Sipil Vol. 16 No. 3 Periode April (135-140)

Jenefer Toefani K, M.D. J. Sumajouw, dan R. S. Windah. 2015. “*Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Metode Concrete Jacketing*”. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.3 Maret (167-174)

Tarigan J.C dan Sanci B. 2014. “*Analisis Perbandingan Kolom Beton Bertulang Berbentuk Bulat Dan Persegi Menggunakan Carbon Fiber Wrap Terhadap Variasi Pembebanan Aksial (Eksperimen)*”. Forum Teknik Sipil No. XVIII/1-Januari (1—10)

Triwiyono,A., 2006, *Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton Pasca*

*Gempa dengan FRP, Makalah
Seminar Perkembangan
Standard dan Methodologi*

*Konstruksi Tahan Gempa,
Himpunan Ahli Konstruksi
Indonesia, Medan.*