

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu peristiwa yang signifikan bagi sejarah kota Semarang adalah terjadinya kebakaran di Pasar 'X'. Pasar 'X' merupakan salah satu bangunan ikonik yang dimiliki oleh Kota Semarang. Ikonik tersebut disebabkan adanya *value* cagar budaya di dalam bangunan tersebut (Nurdin, 2016).

Kasus kebakaran yang terjadi pada pasar "X" telah mendisfungsikan bangunan. Struktur pasar "X" terbuat dari beton bertulang sehingga bila terkena panas di atas 250°C, beton akan mengalami retak, terkelupas (*spalling*), dan kehilangan kekuatan. Kehilangan kekuatan terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semennya (Tjokrodinuljo, 2000).

Menurut Ahmad dkk., (2009) beton yang telah dipanasi pada 200°C selama 3 jam, kuat tekan rata – ratanya 85,83% dari beton normal. Jika dibakar sampai temperatur 400°C, kuat tekan rata – ratanya 58,40% dari beton normal. Selanjutnya pada suhu 600°C, kuat tekan rata – ratanya 35,08%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya kenaikan temperatur, kuat tekan beton akan menurun.

Menurut *Concrete Society Technical Report 68*, efek kebakaran memberikan reaksi buruk terhadap elemen beton struktural. Pemanasan beton menyebabkan serangkaian perubahan mineralogi secara progresif dan perubahan kekuatan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Perubahan Mineralogi dan Kekuatan Pada Beton Akibat Pemanasan

Heating Temperature (°C)	Changes Caused by Heating	
	Mineralogical Changes	Strength Changes
70 – 80	<i>Dissociation of ettringite</i>	<i>Minor loss of strength possible (<10%)</i>
105	<i>Loss of physically bound water in aggregate and cement matrix commences, increasing capillary porosity</i>	
120 – 163	<i>Decomposition of gypsum</i>	
250 – 350	<i>Oxidation of iron compounds causing pink or red discolouration of aggregate. Loss of bound water in</i>	<i>Significant loss of strength</i>



Heating Temperature (°C)	Changes Caused by Heating	
	Mineralogical Changes	Strength Changes
	<i>cement matrix and associated degradation becomes more prominent</i>	<i>commences at 300°C</i>
450 – 500	<i>Dehydroxylation of portlandite. Aggregate calcines and will eventually change colour to white or grey</i>	
573	<i>5% increase in volume of quartz (-to – quartz transition) causing radial cracking around the quartz grains in the aggregate</i>	<i>Concrete not structurally useful after heating in temperatures in excess of 500 – 600°C</i>
600 – 800	<i>Release of carbon dioxide from carbonates may cause a considerable contraction of the concrete (with severe micro-cracking of the cement matrix)</i>	
800 – 1200	<i>Dissociaion and extreme thermal stress cause complete disintegration of calcareous constituents, resulting in whitish-grey concrete colour and severe micro-cracking</i>	
1200	<i>Concrete starts to melt</i>	
1300 - 1400	<i>Concrete melted</i>	

(Sumber : Ingham, 2009)

Hampir semua bangunan yang terbakar akan mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut diperlukan penilaian untuk dapat menentukan metode perbaikan yang tepat. Menurut Rochman (2006), ada beberapa tahapan untuk mengetahui tingkat kerusakan gedung yaitu *visual inspection*, *non – desctructive test*, *destructive test*, dan *full scale loading test*. Berdasarkan pengujian Laboratorium Rekayasa Struktur Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Pasar “X” mengalami kebakaran dengan suhu berkisar 450-500 °C karena perubahan warna menjadi putih keabu-abuan yang terjadi pada beton.

Setelah mengetahui tingkat kerusakan kemudian ditentukan metode yang tepat untuk memperbaiki kerusakan tersebut. Pada umumnya, sistem perbaikan yang dapat digunakan ada empat seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Sistem Perbaikan Struktur Pasca Kebakaran

Sistem Perbaikan	Definisi
Perbaikan sebagian (<i>partial</i>)	Perbaikan sebagian hanya dilakukan pada bagian elemen struktur yang mengalami kerusakan ringan, dimana tingkat kerusakan hanya terjadi pada daerah permukaan luarnya saja dan tidak sampai ke inti penampang elemen struktur
Perbaikan total	Perbaikan total dilakukan bila elemen struktur sudah mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang besar



Sistem Perbaikan	Definisi
Memperbaiki dimensi	Perbaikan dimensi perlu dilakukan dengan tujuan untuk menambah kekuatan struktur agar struktur mampu menerima beban sesuai dengan fungsi bangunan sebelum terbakar. Perbaikan dimensi ada beberapa cara yaitu penambahan serat <i>fiber</i> dan <i>epoxy</i> serta memberi lapisan pada elemen struktur dengan membungkus beton <i>drymix</i>
Menambah elemen baja	Penambahan elemen baja dilakukan dengan tujuan menambah kekuatan struktur, karena dengan menambah elemen baja maka bentang balok dan luasan pelat lantai akan lebih kecil, sehingga beban konstruksi akan terdistribusi secara merata

(Sumber : Priyanto, 2011)

Menurut Zhang (2012), ada empat metode untuk memperbaiki dan memperkuat beton bertulang seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Metode Memperbaiki dan Memperkuat Beton Bertulang

Sistem Perbaikan	Definisi
<i>Section enlargement and concrete jacketing</i>	Metode <i>section enlargement and concrete jacketing</i> dilakukan dengan cara menambahkan lapisan beton tambahan di sekeliling beton eksisting
<i>External reinforcement</i>	Metode <i>external reinforcement</i> dilakukan dengan penambahan baja tulangan eksternal pada beton
<i>Strengthening beams using of steel plates</i>	Metode <i>unbounded external strengthening</i> dilakukan dengan cara menambahkan material baja seperti <i>wire rope</i> , <i>steel clamping</i> dan <i>post – tension units</i>
<i>Unbounded external strengthening</i>	Metode <i>section enlargement and concrete jacketing</i> dapat meningkatkan kapasitas beban lebih efektif daripada metode lainnya.

(Sumber : Zhang, 2012)

Bangunan Pasar “X” telah direncanakan dan dilakukan pekerjaan perbaikan bangunan dengan memperkuat struktur namun tetap mempertahankan nilai histori dari bangunan tersebut. Dengan beberapa metode perbaikan saat ini, cara yang digunakan dalam perbaikan struktur Pasar “X” akibat kebakaran adalah dengan menggunakan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP).

FRP memiliki banyak kelebihan dibanding cara lainnya yaitu materialnya memiliki kuat tarik sangat tinggi, ringan, tidak berkarat, modulus elastisitas yang mendekati baja tulangan. Pelaksananya cepat dan mudah, tidak memerlukan area kerja yang



luas serta minimal gangguan pada operasinya dengan kata lain tidak menutup lalu lintas selama pelaksanaan (Hioe, 2017)

Menurut Obaidat (2010), penambahan lapisan FRP pada beton mampu meningkatkan kuat geser sebesar 23% dan peningkatan kuat lentur sebesar 7% sampai 33%. Beton yang dilapisi dengan FRP juga memiliki kekakuan yang lebih tinggi daripada beton biasa.

Penambahan jumlah lapisan perkuatan FRP pada beton meningkatkan beban ultimit yang mampu diterima beton seperti yang dinyatakan oleh Sobuz dkk., (2010), satu lapis FRP meningkatkan 54%, dua lapis FRP meningkatkan 73%, dan tiga lapis FRP meningkatkan 85%. Penggunaan FRP yang berbentuk U juga mampu meningkatkan kuat lentur beton sebesar 23%.

Perkuatan beton dengan 2 lapis FRP, 4 lapis FRP, 6 lapis FRP dan 12 lapis FRP mampu meningkatkan beban ultimit yang mampu diterima beton sebanding dengan jumlah lapisannya. Perkuatan beton dengan *preloading* FRP memiliki beban ultimit lebih besar dibandingkan dengan beton yang diperkuat dengan FRP tanpa *preloading* (Rahimi dan Hutchinson, 2001).

Metode pemasangan FRP memiliki kelebihan dan kelemahan. Menurut Burgoyne (2009), FRP merupakan serat yang kuat, tidak berkarat, dan tahan terhadap klorida. Penggunaan FRP mampu meningkatkan kapasitas lentur, selain itu FRP sebagai perkuatan eksternal mampu menguatkan struktur dari beban yang ekstrim seperti gempa bumi dan benturan. Pemasangan FRP memiliki kelemahan yaitu biaya pemasangannya yang FRP relatif mahal. Hal ini disebabkan harga bahan baku yang tinggi. Selain itu, pemasangan FRP harus dilaksanakan dengan teliti karena, sedikit robekan pada seratnya akan menjalar serat lainnya.

Dalam bidang teknik sipil, metode dalam perbaikan struktur bangunan selain pemasangan lapisan FRP cukup banyak, salah satunya adalah *concrete jacketing*. Ada banyak hal yang dipertimbangkan dalam pemilihan metode perbaikan seperti tingkat kerusakan, biaya, dan lahan yang ada.



Metode *concrete jacketing* dipilih karena menurut Julio dkk., (2003) perbaikan menggunakan *concrete jacketing* mampu meningkatkan kekuatan, kekakuan dan durabilitas kolom. Metode ini juga tidak memerlukan tenaga spesialis dalam pelaksanaannya. Alcoer dan Jirsa (1991), menyimpulkan bahwa penggunaan *concrete jacketing* untuk perbaikan meningkatkan kekuatan beton sebesar 65% dan peningkatan kekakuan sebesar 50%.

Metode *concrete jacketing* memiliki kelebihan dan kelemahan. Menurut Okakpu (2013), metode *concrete jacketing* sangat efisien dalam meningkatkan kapasitas geser kolom dan balok. Peningkatan kuat lentur juga diperoleh akibat dari penambahan tulangan pada lapisan beton luar. Kelemahan metode ini adalah menambah penampang elemen serta menambah berat dari struktur.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya dan masalah kebakaran yang sering terjadi diperlukan sebuah penanganan yang tepat. Dalam menangani masalah tersebut secara ilmiah dan tepat, digunakan berbagai metode penaksiran, serta analisis secara komputasi. Oleh karena itu, pentingnya penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan perbaikan struktur beton bertulang dengan menggunakan FRP dan *concrete jacketing*. Perbedaan tersebut dapat ditinjau dari kekuatan struktur dan selanjutnya besar biaya material yang digunakan untuk perbaikan.

1.2 Rumusan Masalah

Upaya perkuatan struktur khususnya akibat kebakaran masih sangat terbatas, sehingga evaluasi pemodelan guna studi kasus sebuah Pasar “X” ini menjadi sangat penting. Berdasarkan uraian yang telah dijabarkan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- A. Bagaimana kekuatan struktur kolom beton bertulang Pasar “X” pasca kebakaran melalui analisis komputasi dengan alat bantu *software* ETABS 2016.



- B. Bagaimana kekuatan struktur kolom beton bertulang Pasar “X” setelah diperbaiki dengan metode pemasangan FRP dan didukung dengan perhitungan berdasarkan ACI 440.2R-08
- C. Bagaimana kekuatan struktur kolom beton bertulang Pasar “X” setelah diperbaiki dengan metode *concrete jacketing* dan didukung dengan perhitungan berdasarkan IS 15988 2013.
- D. Berapa besar biaya material perbaikan struktur kolom beton bertulang Pasar “X” setelah diperbaiki dengan metode *concrete jacketing* dibanding dengan pemasangan FRP.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perbaikan struktur kolom beton bertulang Pasar “X” dengan metode pemasangan FRP dan *concrete jacketing* dari aspek kekuatan (terhadap gaya tekan aksial, momen, dan gaya geser) dan biaya material.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah memberikan rekomendasi perbaikan kolom dari aspek kekuatan dan biaya material mengenai metode perbaikan pada struktur gedung pasca kebakaran.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

- A. Fungsi bangunan yang diteliti adalah Pasar “X” bagian utara di Semarang
- B. Struktur yang diteliti adalah struktur kolom beton bertulang.
- C. Metode perbaikan yang direncanakan dan dibandingkan adalah *concrete jacketing* dan pemasangan FRP.
- D. Aspek yang dibandingkan adalah kekuatan struktur dan biaya material.



E. Perhitungan perkuatan struktur dilakukan dengan acuan desain pemasangan FRP berdasarkan ACI 440.2R-08, dan desain *concrete jacketing* berdasarkan IS 15988 2013.

1.6 Batasan Masalah

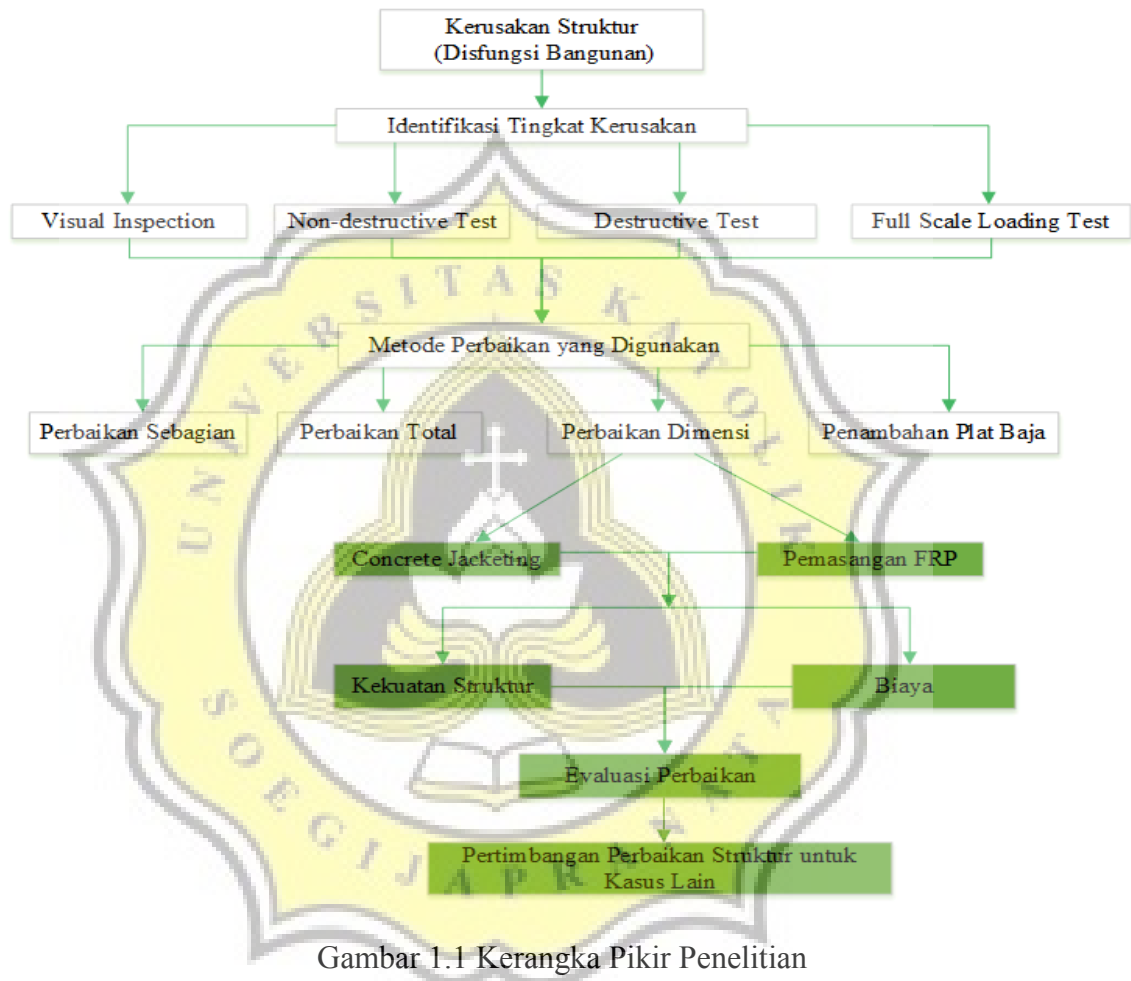
Batasan masalah ini adalah:

- A. Perbandingan yang dilakukan menggunakan perhitungan dan analisis pemodelan struktur secara komputasi dengan *software ETABS 2016*.
- B. Penetapan kondisi pembebanan, kombinasi beban pada struktur beton mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002.
- C. Penentuan beban pada struktur, dengan asumsi berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung SNI-03-1727-1989-PPURG.
- D. FRP yang digunakan dalam perhitungan adalah jenis *carbon* bentuk *wrap* atau lembaran berupa FRC 530 dan FRC 300 keluaran produk dari Fosroc International Ltd.
- E. FRC 300 memiliki kuat tarik 590 kgf/cm^2 , dengan ketebalan per lapisan 0,167 mm, dan ukuran 0,5 m x 100 m.
- F. FRC 530 memiliki kuat tarik 1.050 kgf/cm^2 , dengan ketebalan per lapisan 0,293 mm, dan ukuran 0,5 m x 50 m.
- G. Perhitungan biaya material untuk *concrete jacketing* berdasarkan Harga Satuan Pekerjaan Bahan & Upah Pekerjaan Konstruksi Provinsi Jawa Tengah Edisi III Tahun 2018.
- H. Perhitungan biaya material untuk pemasangan FRP berdasarkan Fosroc International Ltd.



1.7 Kerangka Pikir Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disusun kerangka pikir penelitian seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka Pikir Penelitian