

**PENANGANAN PERBAIKAN PELAT STRUKTUR PADA
BANGUNAN PASCA KEBAKARAN**

(Studi Kasus : Gedung Plaza Sukaramai Pekanbaru)

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Pada Program
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau Pekanbaru*



Oleh

MOH OODRI KATINO

12 311 0687

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang mengambil judul **“Penanganan Pelat Struktur Pada Bangunan Pasca Kebakaran (Studi Kasus Gedung Plaza Sukarmai) Kota Pekanbaru”**

Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebahagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Alasan penulis mengambil judul ini adalah untuk mengetahui hubungan pengujian vibrasi pada pelat pasca kebakaran, momen dan gaya angkat dengan *Metode Stress Realease* dan tahapan dalam perbaikan pelat struktur pasca kebakaran.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya, Terima Kasih.

Wassalamu'alaiakum Wr. Wb

Pekanbaru, 10 April 2019

Moh Oodri Katino

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Dengan segala kerendahan hati peneliti ingin menyampaikan dan mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dengan memberikan dorongan dan dukungan yang tak terhingga terutama kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C.L. sebagai Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT., MS.Tr sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT. sebagai Wakil Dekan Bidang Akademis Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak M. Ariyon, ST., MT. sebagai Wakil Dekan Bidang Keuangan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Syawaldi, M.Sc. sebagai Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT sebagai Dosen Pembimbing I
7. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT. sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan sebagai Dosen Pembimbing II
8. Ibu Bismi Annisa, ST., MT. sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
9. Ibu Dr. Elizar, ST., MT. sebagai Dosen Penguji.
10. Ibu Dra.Hj. Astuti Boer., M.si. sebagai Dosen Penguji.
11. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Seluruh Staf dan Karyawan/i Tata Usaha (TU) Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Seluruh Staf dan Karyawan/i Perpustakaan Teknik Universitas Islam Riau.

14. Orang tua tercinta H. Katino dan Murjinem yang selama ini tak henti-hentinya mendo'akan, memberikan semangat, dan memberikan dukungan.
15. Abang saya Bowo dan adik saya Ahmad beserta keluarga besar saya yang telah memberikan dorongan dan juga motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir.
16. Seluruh teman-teman yang selalu memberi semangat, dukungannya dan iri hati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, Viorenza, Ari Corades, Agung Istanto, Bagus Banter, Saidil Amri, Ibal, Reymond, Dedek Icap, dek Yoga dan seluruh teman-teman yang tidak disebutkan lagi nama-namanya.
17. Seluruh teman-teman Teknik Sipil kelas A, kelas B, dan kelas C angkatan 2012.
18. Seluruh senior dan junior Teknik Sipil yang telah memberi semangat dan dukungannya.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi kita semua terutama bagi penulis sendiri.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Pekanbaru, April 2019
Penulis

MOH QODRI KATINO

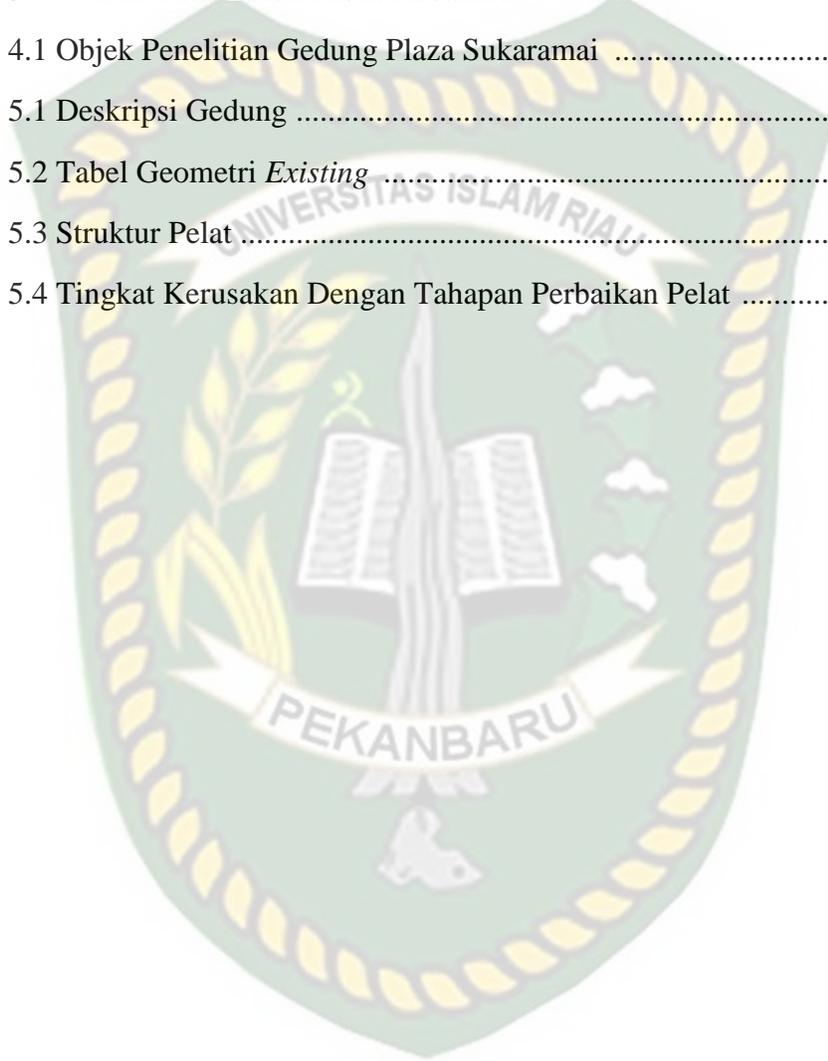
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	9
BAB III. LANDASAN TEORI	11
3.1 Pelat Struktur	11
3.2 Beton	11
3.2.1 Sifat Beton Pasca Kebakaran	12

3.2.2 Pengaruh Suhu Kebakaran Terhadap Suatu Struktur beton Bertulang	13
3.3 Jenis Pengujian Pada Beton Pasca Kebakaran	14
3.3.1 <i>Core Drill Test</i>	15
3.3.2 <i>Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPV)</i>	15
3.3.3 <i>Cover Meter Test</i>	17
3.3.4 <i>Steel Tensile Test</i>	17
3.3.5 Pengujian Vibrasi Pasca Kebakaran	19
3.4 Klasifikasi Kerusakan Beton Pasca Kebakaran	21
3.5 Perbaikan Struktur Pasca Kebakaran	24
3.5.1 Perbaikan Struktur Dengan <i>Sandblasting</i>	25
3.5.2 Perbaikan Struktur Dengan Injeksi	26
3.5.3 Perbaikan Struktur Dengan <i>Grouting</i>	27
3.6 Beberapa Contoh Metode Perbaikan	31
BAB IV. METODE PENELITIAN	35
4.1 Lokasi Penelitian	35
4.2 Objek Penelitian	35
4.3 Teknik Pengumpulan Data	36
4.4 Tahapan Penelitian	37
4.5 Bagan Alir Penelitian	39
4.6 Tahapan Analisa Data	40
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
5.1 Data Struktur Bangunan	41
5.2 Hasil Pengamatan Visual Kondisi Pelat	42
5.3 Hasil Analisa Perhitungan Metode <i>Stress Release</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Warna Pada Beton Pasca Kebakaran	13
Tabel 4.1 Objek Penelitian Gedung Plaza Sukaramai	36
Tabel 5.1 Deskripsi Gedung	41
Tabel 5.2 Tabel Geometri <i>Existing</i>	41
Tabel 5.3 Struktur Pelat	42
Tabel 5.4 Tingkat Kerusakan Dengan Tahapan Perbaikan Pelat	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Cara Pengukuran pada tes UPV	16
Gambar 3.2. Perbaikan Pelat dengan <i>Coating</i>	30
Gambar 3.3. Perbaikan Pelat dengan <i>Grouting</i>	32
Gambar 3.4. Perbaikan Pelat dengan <i>Prepacked Concrete</i>	33
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	35
Gambar 4.2 <i>Flow Chart</i> Pelaksanaan Penelitian.....	39
Gambar 5.1 Kerusakan Pada Pelat Lantai 1	42
Gambar 5.2 Kerusakan Pada Pelat Lantai 2.....	43
Gambar 5.3 Kerusakan Pada Pelat Lantai 3.....	44
Gambar 5.4 Kerusakan Pada Pelat Lantai Dak Atap	44
Gambar 5.5 Gambar Bidang Pelat MD-ME/M19-M20 Saat <i>Stress Release</i>	45
Gambar 5.6 Hasil Momen Maksimum Menggunakan <i>SAFE</i>	46
Gambar 5.7 Perletakan Setiap Gaya Pada Angkur Menggunakan <i>SAFE</i>	47
Gambar 5.8 Lendutan 7 cm yang terjadi Pada Pelat Menggunakan <i>SAFE</i>	48
Gambar 5.9 Hasil Gaya Angkat Pada Setiap Angkur Menggunakan <i>SAFE</i>	48
Gambar 5.10 Prinsip Kerja <i>Sandblasting</i>	51
Gambar 5.11 Mesin <i>Compressor</i>	52
Gambar 5.12 Selang Pada Saat <i>Sandblasting</i>	53
Gambar 5.13 Tabung <i>Blasting/Sagola</i>	54
Gambar 5.14 Selang Penghubung Antar <i>Napple</i>	56
Gambar 5.15 <i>Napple</i> Injeksi	56
Gambar 5.16 Material <i>Estobond EC Hard</i> 1 Kg dan <i>Base</i> 4 Kg	57
Gambar 5.17 Material <i>Estorex DP Hard</i> 1,7 Kg dan <i>Base</i> 3,3 Kg.....	58

Gambar 5.18 <i>Compressor Mini</i>	58
Gambar 5.19 <i>Low Pressure Injection (LPI)</i>	59
Gambar 5.20 <i>Material Estop Grouting 30 kg</i>	62
Gambar 5.21 <i>Mesin Compressor Grouting</i>	63
Gambar 5.22 <i>Tabung Sagola</i>	63
Gambar 5.23 <i>Selang Grouting</i>	64



DAFTAR NOTASI

A_s	= Luas Tulangan
b	= Bentang Pelat
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
E_c	= Modulus Elastisitas Beton
E_s	= Modulus elastisitas baja tulangan
f_c'	= Mutu Beton
f_y	= Mutu Baja
F_r	= Kekuatan beton dalam menahan tarik
F	= Frekuensi
h	= Tebal pelat
I_g	= Momen Inersia Penampang Utuh
M_{cr}	= Momen Cracking
M_{max}	= Momen Maksimum
r	= rata-rata
Y_t	= Tinggi Efektif

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

- A.1 Penelitian Terdahulu
- A.2 Analisis Data Perhitungan momen dan gaya angkat pada saat stress release

LAMPIRAN B

- 1. Dokumentasi
- 2. Shop Drawing Denah Kerusakan Pelat

LAMPIRAN C

- 1. Administrasi
- 2. Surat Keterangan Penetapan Pembimbing Tugas Akhir
- 3. Berita Acara Asistensi
- 4. Surat Keterangan Persetujuan Seminar Tugas Akhir
- 5. Berita Acara Seminar Tugas Akhir

PENANGANAN PERBAIKAN PELAT STRUKTUR PASCA KEBAKARAN (STUDI KASUS PLAZA SUKARAMAI) KOTA PEKANBARU

MOH QODRI KATINO
NPM: 123 110 687

Abstrak

Kebakaran merupakan hal yang sering terjadi, baik kebakaran rumah, gedung, pasar, dan sebagainya. Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi saat ini, struktur bangunan menjadi lebih rentan terhadap kebakaran karena pemicunya yang semakin beragam dan sulit diantisipasi. Banyak hal yang menyebabkan terjadinya kebakaran pada bangunan mulai dari hubungan arus pendek listrik dan kelalaian manusia. Kebakaran mengakibatkan adanya kerusakan pada struktur pasca kebakaran dan tentu akan berpengaruh terhadap kekuatan dari struktur tersebut. Tingkat kerusakan yang terjadi sangat tergantung pada intensitas api dan durasi kebakaran.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi kerusakan pelat struktur pada bangunan pasca kebakaran secara pengamatan visual, hubungan pengujian vibrasi terhadap tingkat kerusakan, mengetahui momen dan gaya angkat pada struktur pelat yang melendut dengan metode Stress Release, dan Tahapan metode perbaikan pelat struktur pasca kebakaran. Metode penelitian dilakukan tinjauan langsung lapangan dan mendokumentasikan proses tahapan perbaikan pelat struktur.

Dari hasil analisa metode Stress Release didapat momen cracking (M_{cr}) = 74,08 KNm dan momen maksimum (M_{max}) = 23,544 KNm serta gaya angkat pelat sebesar 7 ton. Tahapan Perbaikan pelat pasca kebakaran dilakukan berdasarkan tingkat kerusakan, kerusakan berat dengan menggunakan metode grouting dengan bahan grouting, kerusakan menengah pelat dengan menggunakan metode injection, dan kerusakan ringan hanya membersihkan pelat dari kotoran pasca kebakaran dengan sandblasting.

Kata Kunci: Perbaikan Struktur, Pasca Kebakaran, Pelat, Momen Cracking, Stress Release

HANDLING OF STRUCTURAL PLATE IMPROVEMENT POST FIRE (CASE STUDY OF SUKARAMAI PLAZA) CITY OF PEKANBARU

MOH QODRI KATINO

NPM: 123 110 687

Abstract

Fires are things that often occur, both fire houses, buildings, markets, and so on. Along with the times and technology today, building structures are more vulnerable to fires because the triggers are increasingly diverse and difficult to anticipate. Many things cause fires in buildings ranging from electrical short circuit and human negligence. Fire causes damage to the structure after the fire and certainly will affect the strength of the structure. The level of damage that occurs depends on the intensity of the fire and the duration of the fire.

The purpose of this study was to determine the condition of the structural damage to the post-fire building by visual observation, the relationship of vibration testing to the level of damage, knowing the moment and lift force on the slab plate structure with the Stress Release method, and the stages of structural plate repair post fire. The research method carried out a direct review of the field and documented the process stages of structural plate repair.

Based on visual observations of structural plate elements on the 1st floor, 2nd floor, 3rd floor and not roof plates, cracks have occurred in the core plate and exfoliation of concrete blankets from existing plates. In some plates the structure of the condition of the concrete blanket surface is only a hair crack. From the results of the Stress Release analysis, the moment of cracking (M_{cr}) = 74.08 KNm and maximum moment (M_{max}) = 23.544 KNm and plate lift force of 7 tons. Stages of post-fire plate repairs are carried out based on the level of damage, heavy damage using the grouting method with grouting material, intermediate damage to the plate using the injection method, and minor damage only cleaning the plate from post-fire dirt with sandblasting.

Keywords: Structure, Post Fire, Plate, Moment Cracking Improvement, Stress Release

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebakaran merupakan hal yang sering terjadi, baik kebakaran rumah, gedung, pasar, dan sebagainya. Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi saat ini, struktur bangunan menjadi lebih rentan terhadap kebakaran karena pemicunya yang semakin beragam dan sulit diantisipasi. Banyak hal yang menyebabkan terjadinya bencana kebakaran pada bangunan mulai dari hubungan arus pendek listrik, pemakaian alat perlengkapan listrik yang tidak sesuai standar, sambaran petir, meledaknya tabung gas LPG atau bahkan kelalaian manusia yang saat ini menjadi penyebab utama terjadinya kebakaran di Indonesia.

Struktur pelat yang mengalami kebakaran akan mengalami penurunan kekuatan pada saat dan setelah terjadi kebakaran diakibatkan temperatur yang tinggi saat terjadinya kebakaran. Temperatur yang tinggi saat terjadi kebakaran memiliki pengaruh yang besar terhadap kedua jenis material baik beton maupun baja. Walaupun, jika dibandingkan dengan material lain, beton merupakan bahan bangunan yang memiliki daya tahan terhadap api yang relative lebih baik, tetapi pada saat terbakar beton akan menyerap panas sehingga terjadi suhu tinggi yang berlebihan. Beban suhu yang tinggi dan berlebih inilah yang mengakibatkan kerusakan pada beton bertulang secara fisik maupun mekanisnya (Suban, 2012).

Plaza Sukaramai memiliki areal seluas 10.000 m^2 dan struktur bangunan bertingkat 4. Pasar yang terletak di Kota Pekanbaru Provinsi Riau itu dibangun sebagai pusat perbelanjaan masyarakat Kota Pekanbaru. Secara garis besar Plaza Sukaramai memiliki ukuran panjang sekitar 146.6m, lebar 117.6m dan tinggi total bangunan 15.5m dari lantai Lower ground floor/basement. Plaza Sukaramai terbakar pada hari

Selasa, 9 Desember 2015 dengan kondisi bangunan mengalami kerusakan. Tingkat kerusakan yang terjadi sangat tergantung pada intensitas api dan durasi kebakaran.

Elemen struktur yang telah terbakar akan mengalami penurunan kekuatan baik pada tulangan pembesian maupun pada kekuatan betonnya. Komponen struktur seperti balok, pelat, dan kolom mengalami penurunan kekuatan pada saat terjadinya kebakaran, pada elemen struktur tersebut telah terjadi deformasi hal ini terbukti dengan terkelupasnya selimut beton, hancurnya beton dan penurunan kekuatan struktur. Perbaikan elemen struktur yang mengalami kebakaran tergantung tingkat besarnya kerusakan dan penurunan kekuatan yang terjadi. Perbaikan yang tepat dan dapat memberikan perlindungan terhadap elemen struktur dan peningkatan kekuatan struktur serta kualitas bahan struktur yang digunakan. Bahan yang digunakan antara bahan yang lama dengan bahan yang baru harus mempunyai kekuatan ikat yang tinggi sehingga tidak terjadi geser/*slip*, bahan pengganti yang digunakan tidak boleh mengalami retakan atau susut (*shrinkage*) yang terlalu besar dan bahan yang digunakan sebagai bahan pengganti minimal mempunyai kekuatan yang sama dengan bahan yang lama sebelum mengalami kebakaran (Priyanto, 2009)

Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini akan dibahas tentang “Penanganan Perbaikan Pelat Struktur Pasca Kebakaran (Studi Kasus Plaza Sukaramai) Kota Pekanbaru”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi kerusakan pelat struktur pada Plaza Sukaramai pasca kebakaran secara pengamatan visual
2. Berapakah nilai momen maksimum, momen *cracking* dan gaya angkat yang dihasilkan pada saat *stress realease* dilakukan pasca kebakaran
3. Bagaimana tahapan perbaikan pelat struktur pada Plaza Sukaramai pasca kebakaran berdasarkan dengan tingkat kerusakan

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi kerusakan pelat struktur pada Plaza Sukaramai pasca kebakaran secara pengamatan visual
2. Menghitung momen dan gaya angkat pelat struktur yang melendut pada Plaza Sukaramai pasca kebakaran.
3. Mengetahui metode tahapan perbaikan pelat struktur pada Plaza Sukaramai pasca kebakaran berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai kerusakan pelat beton pasca kebakaran dan perbaikan pelat struktur pasca kebakaran.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya tentang rehabilitas bangunan gedung pasca kebakaran dan menjadikan hasil penelitian sebagai referensi untuk dikembangkan dalam melakukan perbaikan atau perkuatan struktur pelat pada gedung pasca kebakaran.
3. Memberikan informasi mengenai tahapan pekerjaan perkuatan atau perbaikan pelat struktur pasca kebakaran dengan tingkat kerusakan

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah penelitian dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Tidak melakukan uji kuat tekan silinder *Core Drill*, pengujian alat palu beton (*Schmidt Hammer Test*), kuat tarik baja tulangan dan uji tekan hasil *Core Drill*.
2. Tidak menghitung elemen structural kecuali pelatlantai.
3. Tidak menganalisis kekuatan struktur keseluruhan gedung *existing* dengan gedung setelah terbakar.
4. Tidak mengkaji waktu dan biaya pelaksanaan.

5. Analisa hanya dilakukan pada kondisi kerusakan pelat, menghitung momen dan gaya angkat pasca kebakaran dan metode penanganan yang digunakan dalam perbaikan pasar Plaza Sukaramai pasca kebakaran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka merupakan peninjauan kembali (*review of related literature*). Sesuai dengan arti tersebut suatu tinjauan pustaka berfungsi sebagai peninjauan kembali pustaka (laporan penelitian dan sebagainya) tentang masalah yang berkaitan tidak terlalu harus tepat identik dengan bidang permasalahan yang dihadapi, termasuk pula yang sering dan berkala (*collateral*).

2.2 Penelitian Sebelumnya

Tinjauan pustaka berisikan tentang penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan untuk memberikan solusi bagi penelitian yang sedang dilakukan dalam permasalahan yang tidak terpecahkan demi mendapatkan hasil penelitian yang sangat memuaskan. Dalam penelitian ini disajikan beberapa hasil penelitian terdahulu yaitu oleh Satriawijaya (2015), Vinda Aprilia Darumba (2014), Kusdiman Joko Priyanto (2009), dan Burhan Tatong (2007).

Wijaya (2015), penelitian berjudul “*Perkuatan Ruko Pasar Sentral Pasca Kebakaran*” Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkuatan gedung pasca kebakaran khususnya pada bagian balok. Data diambil melalui sebuah studi kasus yang telah mengalami kebakaran sebagai sebuah pendekatan tinjauan hubungan perilaku beton dengan tingkat temperature yang telah diteliti sebelumnya. Studi kasus ini merupakan studi lapangan pada sebuah struktur yakni Gedung Pasar Sentral yang terbakar pada hari Rabu, 7 Mei 2014. Gedung Pasar Sentral merupakan sebuah struktur terbuka dengan komponen utamanya terbuat dari struktur beton. Penelitian ini diutamakan pada besarnya perkuatan balok yang sudah terbakar. Besarnya kekuatan sisa diuji dengan 4 (tiga) macam pengujian yakni Uji Evaluasi Visual Struktur untuk mengetahui data permukaan struktur, Uji Schmidt Hammer Test untuk mengetahui keseragaman beton, Uji kuat tekan beton untuk mengetahui nilai kuat tekan beton (f_c'), dan Uji kuat tarik baja

Tulangan untuk mendapatkan nilai kuat tarik sisa baja (f_y'). Jenis pengujian 1 dan 2 merupakan pengujian langsung di lapangan, sedangkan jenis pengujian 3 dan 4 adalah pengujian yang dilakukan di laboratorium setelah mengambil sampel di lapangan. Data hasil pengujian kuat tarik baja digunakan dalam analisis komputasi dan manual untuk mengetahui perbandingan hubungan kuat tekan beton dan besarnya beban luar yang mampu dipikul lalu kemudian data tersebut digunakan untuk analisis perbaikan/perkuatan balok beton bertulang. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan balok beton bertulang pasca perbaikan/perkuatan sangat besar.

Darumba (2014), penelitian ini berjudul "*Analisis Kekuatan Struktur Pada Pasca Kebakaran*" Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan sisa elemen struktur beton bertulang pasca kebakaran dan kemudian merekomendasikan metode perbaikan struktur. Data diambil dari sebuah studi kasus sebelumnya pada bangunan ruang perkuliahan dan laboratorium terpadu Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 04 Oktober 2014 pukul 02.45. Pengujian ini dilakukan dengan 3 (tiga) jenis, yaitu: 1. Uji Evaluasi Struktur untuk memperoleh data struktur awal, 2. Uji Schmidt Hammer Test untuk mengetahui keseragaman beton dan memperoleh nilai kuat tekan struktur beton, 3. Uji Kuat Tarik Baja Tulangan untuk memperoleh nilai kuat tarik sisa baja (f_y). Hasil perhitungan struktur menunjukkan bahwa struktur beton telah mengalami penurunan kekuatan struktur sebesar 10% dengan tingkat kerusakan tidak merata pada daerah terbakar (kerusakan sedang dan kerusakan berat) dan metode perbaikan yang direkomendasikan yaitu penambalan/plesteran pada bagian yang tergolong rusak sedang dan rekonstruksi pada struktur yang mengalami rusak berat.

Priyanto (2013), penelitian ini berjudul "*Perbaikan Elemen Struktur Pasca Kebakaran*" penelitian ini berisikan tentang kebakaran merupakan bencana yang dapat terjadi setiap saat dan kapan saja. Banyak bangunan telah mengalami kebakaran karena berbagai sebab, antara lain akibat hubungan arus pendek, ledakan gas, sambaran petir dan sebagainya. Akibat dari kebakaran jelas akan berpengaruh pada kekuatan struktur atau suatu elemen struktur. Upaya yang

dilakukan dengan cara memberikan perlindungan terhadap elemen struktur, melakukan sistem perancangan struktur yang tepat, dan peningkatan kualitas bahan struktur yang dipakai. Namun apabila hal itu terjadi, suatu elemen struktur diharapkan masih dapat dilakukan perbaikan pasca kebakaran, tergantung dari tingkat penurunan kekuatannya. Kerusakan biasanya terjadi tidak merata, tergantung dari besarnya panas yang dipancarkan dan juga tergantung pada letak pusat sumber panas. Dimana elemen struktur yang terkena pancaran panas lebih dekat dari sumber panas maka tingkat kerusakannya akan lebih parah. Perbaikan elemen struktur yang mengalami kerusakan harus segera dilakukan dengan metode perbaikan yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :Bahan yang dipakai antara bahan yang lama dengan bahan yang baru harus mempunyai kekuatan ikat yang tinggi sehingga tidak terjadi geser/slip, bahan pengganti yang dipakai tidak boleh mengalami retakan dan susut (*shrinkage*) yang terlalu besar dan bahan yang dipakai sebagai bahan pengganti minimal mempunyai kekuatan yang sama dengan bahan yang lama sebelum mengalami kebakaran. Metode perbaikan meliputi: Perbaikan Sebagian, yaitu 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 keinti penampang elemen struktur. Sehingga ikatan antara besi tulangan dan beton masih cukup kuat. Proses perbaikan dengan memakai bahan grouting yang tidak mudah mengalami susut. Proses perbaikan sebagian dilakukan dengan cara mengupas pada bagian selimut beton yang rusak dan menggantinya dengan bahan cor beton dengan menambah cairan calbond agar terjadi ikatan yang kuat antara beton lama dengan beton baru. Keretakan yang terjadi, diperbaiki dengan cara menutup bagian yang rusak dengan bahan grouting yang disuntikkan secara penuh pada bagian yang mengalami kerusakan. Perbaikan Total yaitu Dalam kondisi yang sudah parah maka perbaikan perlu dilakukan dengan cara menyeluruh, karena, elemen struktur sudah mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang besar, dengan demikian perlu dilakukan perbaikan secara keseluruhan. Seluruh bagian struktur yang telah mengalami kerusakan harus diperhitungkan, baik pada saat proses pembongkaran maupun saat melakukan perbaikan. Perencanaan

mempunyai peran yang sangat penting, segala sesuatunya harus dilakukan secara teliti dan cermat, karena apabila ada kesalahan dalam perencanaan, akan dapat mengakibatkan munculnya kerusakan baru. Pada bagian lain yang tidak dibongkar harus diberikan penyokong berupa pipa support diagonal atau scaffolding sehingga bagian yang tidak rusak, tidak mengalami kerusakan akibat dari tindakan perbaikan. Pada perbaikan total harus memperhitungkan beban yang dipikul oleh alat penyokong scaffolding dan pipa support yang dipakai untuk menunjang bagian yang diperbaiki dan dijaga kestabilannya agar tidak terjadi deformasi. Pada perbaikan total harus dipakai bahan material yang mempunyai kekuatan awal cukup tinggi dan mempunyai susut kecil sehingga proses pengerjaan akan lebih cepat dan tidak mengganggu stabilitas struktur yang tidak diperbaiki.

Tatong (2007), penelitian ini berjudul "*Analisis Material Beton Bertulang Pasca Kebakaran dan Metode Perbaikan Elemen Strukturnya*" Struktur beton bertulang memiliki tingkat ketahanan yang lebih baik terhadap peningkatan suhu (kebakaran) dibandingkan struktur baja atau kayu. Keruntuhan struktur beton bertulang akibat kebakaran terjadi secara gradual atau bertahap. Sehingga perlu diketahui hubungan antara perubahan sifat material dan temperatur, distribusi temperature dan distribusi kekuatan sisa beton, distribusi temperature dan kandungan CaO- free sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui suhu permukaan struktur pada saat terbakar dan menghitung penurunan kekuatan struktur beton yang terbakar. Bangunan yang diteliti dengan tingkat kerusakan yang ringan hingga berat yang secara visual dapat diperkirakan berdasarkan perubahan tekstur dan struktur serta penampakan elemen bangunan pasca kebakaran. Sifat fisik dan mekanis beton yang akan diteliti meliputi perubahan warna, retakan, kadar kapur bebas dan kuat tekan. Sedangkan sifat fisis dan mekanis tulangan yang akan diperiksa adalah tegangan, regangan dan modulus elastisitasnya. Penelitian ini diharapkan mampu menilai sifat fisis dan memprediksi kekuatan mekanis dari suatu struktur beton bertulang pasca kebakaran, serta mengupayakan suatu rehabilitasi dengan perbaikan jika memungkinkan atau melakukan rekonstruksi/membongkar secara keseluruhan jika kekuatan bangunan sudah tidak memungkinkan untuk diperbaiki.

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka yang dipaparkan maka penelitian ini memiliki perbedaan, seperti lokasi penelitian, tinjauan elemen yang akan diteliti, bahan yang digunakan dan metode yang digunakan. Pada penelitian sebelumnya analisa yang dilakukan yaitu:

- a. Wijaya (2015), penelitian berjudul "*Perkuatan Ruko Pasar Sentral Pasca Kebakaran*" Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkuatan gedung pasca kebakaran khususnya pada bagian balok. Penelitian ini diutamakan pada besarnya perkuatan balok yang sudah terbakar. Besarnya kekuatan sisa diuji dengan 4 (tiga) macam pengujian yakni Uji Evaluasi Visual Struktur untuk mengetahui data permukaan struktur, Uji Schmidt Hammer Test untuk mengetahui keseragaman beton, Uji kuat tekan beton untuk mengetahui nilai kuat tekan beton (f_c'), dan Uji kuat tarik baja Tulangan untuk mendapatkan nilai kuat tarik sisa baja (f_y').
- b. Darumba (2014), penelitian ini berjudul "*Analisis Kekuatan Struktur Pada Pasca Kebakaran*" Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan sisa elemen struktur beton bertulang pasca kebakaran dan kemudian merekomendasikan metode perbaikan struktur beton telah mengalami penurunan kekuatan struktur sebesar 10% dengan tingkat kerusakan tidak merata pada daerah terbakar (kerusakan sedang dan kerusakan berat) dan metode perbaikan yang direkomendasikan yaitu penambalan/plesteran pada bagian yang tergolong rusak. sedang dan rekonstruksi pada struktur yang mengalami rusak berat.
- c. Priyanto (2013), penelitian ini berjudul "*Perbaikan Elemen Struktur Pasca Kebakaran*" penelitian ini berisikan tentang kebakaran merupakan bencana yang dapat terjadi setiap saat dan kapan saja. Tulangan sudah terlepas dan tidak ada ikatan dengan betonya, sehingga akan terjadi penurunan kekuatan. Perbaikan dengan metode perbaikan sebagai berikut: Proses perbaikan sebagian dilakukan dengan cara mengupas pada bagian selimut beton yang rusak dan menggantinya dengan bahan cor beton dengan menambah cairan calbond agar terjadi ikatan yang kuat antara beton lama dengan beton baru. Keretakan yang terjadi, diperbaiki dengan cara menutup bagian yang rusak dengan bahan grouting yang disuntikkan secara penuh pada bagian yang mengalami kerusakan

d. Tatong (2007), penelitian ini berjudul “*Analisis Material Beton Bertulang Pasca Kebakaran dan Metode Perbaikan Elemen Strukturnya*” Struktur beton bertulang memiliki tingkat ketahanan yang lebih baik terhadap peningkatan suhu (kebakaran) dibandingkan struktur baja atau kayu. Sifat fisik dan mekanis beton yang akan diteliti meliputi perubahan warna, retakan, kadar kapur bebas dan kuat tekan. Sedangkan sifat fisis dan mekanis tulangan yang akan diperiksa adalah tegangan, regangan dan modulus elastisitasnya. Penelitian ini diharapkan mampu menilai sifat fisis dan memprediksi kekuatan mekanis dari suatu struktur beton bertulang pasca kebakaran.

Pada penelitian ini, perbedaan dengan penelitian sebelumnya yaitu berlokasi di Plaza Sukaramai Pekanbaru. Penelitian ini menganalisa kondisi kerusakan pelat berdasarkan pengamatan visual, mengetahui hubungan frekuensi getaran pengujian vibrasi dengan tingkat kerusakan pelat pasca kebakaran, momen dan gaya angkat pada pelat yang melendut dan tahapan penanganan perbaikan pelat pada gedung Plaza Sukaramai Pekanbaru. Metode perbaikan yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya karena penelitian ini dilakukan di elemen pelat lantai *flat slab*.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pelat Struktur

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak diatas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan dan ada yang langsung bertumpu pada kolom bangunan. Pelat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus dan *waterpass* (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring), pelat lantai dapat diberi sedikit kemiringan untuk kepentingan aliran air. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh beban yang harus didukung, besar lendutan yang diijinkan, lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung dan bahan konstruksi dari pelat lantai (Lestari, 2014)

Pelat lantai merupakan suatu struktur solid tiga dimensi dengan bidang permukaan yang lurus, datar dan tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensinya yang lain. Struktur pelat bisa saja dimodelkan dengan elemen 3 dimensi yang mempunyai tebal h , panjang b , dan lebar a . Adapun fungsi dari pelat lantai adalah untuk menerima beban yang akan disalurkan ke struktur lainnya. Pelat lantai juga merupakan beton bertulang yang diberi tulangan baja dengan posisi melintang dan memanjang yang diikat menggunakan kawat bendrat, serta tidak menempel pada permukaan pelat baik bagian bawah maupun atas. Adapun ukuran diameter, jarak antar tulangan, posisi tulangan tambahan bergantung pada bentuk pelat, kemampuan yang diinginkan untuk pelat menerima lendutan yang diijinkan.

3.2 Beton

Beton adalah material komposit (campuran) dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari campuran agregat (kasar dan halus), semen, air dengan perbandingan tertentu dan dapat ditambah dengan bahan campuran tertentu apabila dianggap perlu. Bahan air dan agregat halus dan agregat

kasarsebagai bahan pengisi. Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan. Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, sedang gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (*curing*) (Suban, 2012)

3.2.1 Sifat Beton Pasca Terbakar

Kerusakan beton pasca kebakaran dipengaruhi oleh: durasi kebakaran, bentuk geometri dan ukuran struktur, pembebanan, selimut beton, serta jaraknya dari titik api. Beton sebenarnya tahan terhadap suhu yg tinggi dan sebagai penghantar panas yang rendah. Namun demikian, pada suhu tinggi yang berlangsung lama, terjadi perubahan komposisi sehingga kuat tekannya berkurang cukup drastis. Secara teoritis pada suhu 100°C air yang dikandung dalam pori menguap, air tersebut baru akan habis menguap pada suhu 200°C. Pada suhu 200°C sampai 600°C air dalam pori menguap seluruhnya, dengan pori-pori yang kosong akan mengurangi kuat tekan beton. Selama terjadi penguapan air pori menyebabkan tekanan uap pada pori meningkat, jika uap air terhambat keluar, akan terjadi tekanan yang tinggi dan mengakibatkan terjadi *explosivespalling* menyebabkan segmen beton terlepas dari permukaan (Sulendra dan Tatong, 2007).

3.2.2 Pengaruh Suhu Kebakaran Terhadap Suatu Struktur Beton Bertulang

Kehilangan kekuatan pada beton pasca terbakar terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semennya. Selain hal tersebut di atas, panas juga menyebabkan beton berubah warna. Bila beton dipanasi sampai suhu sedikit di atas 300°C warna menjadi merah muda. Jika di atas 600°C hijau dan jika sampai di atas 900°C akan menjadi abu-abu. Namun jika sampai di 1200°C akan berubah menjadi kuning. Dengan demikian, secara kasar dapat diperkirakan berapa suhu tertinggi selama kebakaran berlangsung berdasarkan warna permukaan beton pada pemeriksaan pertama (Tjokrodinuljo, 2000).

Bila kebakaran terjadi pada suatu konstruksi beton bertulang maka struktur kolom, balok, dan pelat lantai akan mengalami siklus pemanasan dan pendinginan. Karena adanya fase secara fisik maupun kimia yang kompleks. Akibatnya dengan adanya perubahan mikro struktur beton dan secara keseluruhan maka terjadi perubahan perilaku material beton yang mengakibatkan menurunnya kekuatan struktur.

Tabel 3.1 Warna Pada Beton Pasca Bakar

Suhu (°C)	Warna sebelum dibakar	Warna setelah dibakar
300	Putih keabu-abuan	kemerahan atau merah muda
600	Putih keabu-abuan	hijau
900	Putih keabu-abuan	abu - abu
1200	Putih keabu-abuan	kekuning-kuningan

(Tjokrodinuljo, 2000)

Berdasarkan Tabel 3.1 warna pada beton pasca kebakaran, suhu 300°C sebelum terbakar berwarna putih keabuan dan setelah terbakar berwarna merah atau merah muda. Suhu 600°C berwarna putih keabuan dan setelah terbakar berwarna kehijauan. Suhu 900°C berwarna putih keabuan setelah terbakar berwarna abu kehitaman dan suhu 1200°C berwarna putih keabuan setelah terbakar berwarna kekuning-kuningan.

3.3 Jenis Pengujian Pada Beton Pasca Kebakaran

Gedung-gedung yang mengalami kebakaran akan mengalami kerusakan akibat dari tingkat yang paling ringan, sedang, sampai berat tergantung dari tinggi temperatur dan durasi kebakaran. Untuk melihat seberapa kerusakan yang diakibatkan oleh kebakaran, dilakukan beberapa tahapan penelitian sebagai berikut:

1. *Visual Inspection*

Visual Inspection bertujuan untuk melihat perubahan secara fisik yang terjadi pada permukaan beton, perubahan yang dapat dilihat yaitu perubahan warna pada permukaan beton, mendeteksi temperatur tertinggi dialami, ada atau tidak adanya retak (*surface cracks*) pada permukaan beton, mendeteksi temperatur tertinggi, ada atau tidak adanya *deformasi plastis* elemen struktur, mendeteksi kekuatan dan kekakuan struktur maupun temperatur tertinggi yang dialami, ada atau tidak adanya pengelupasan/*spalling* dari selimut beton dari elemen struktur (Rochman,2006).

2. *Non-destructive test*/uji tidak merusak

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah *Rebound Hammer Test*. Cara ini paling sederhana, ringan dan mudah dilakukan. Jarak pantulan suatu massa terkalibrasi (yang digerakkan oleh pegas) yang mengenai permukaan beton-uji digunakan sebagai kriteria kekerasan beton. Kemudian kekerasan beton ini dihubungkan dengan kuat-tekan beton normal, sehingga apabila kekerasan beton tidak relevan dengan kekuatan tekan beton normal, maka hasil pengujian dengan alat ini perlu dilakukan kalibrasi tersendiri. Alat ini menganggap bahwa beton cukup *homogen*, sehingga perubahan mutu beton di bagian dalam tidak dapat ditunjukkan oleh alat ini. Semakin banyak titik pengamatan, semakin baik hasil yang diperoleh. Pengambilan sampel sedapat mungkin tidak menambah rusaknya struktur (*non destructive*) sekalipun dalam hal tertentu terpaksa dilakukan uji setengah merusak (*semi destructive*) sampai uji merusak (*destructive*) (Rochman,2006).

Beberapa tipe pengujian dan alat-alat yang digunakan untuk pengambilan data dilapangan *Cover Meter Test*, *Ultrasonic Pulse Velocity Test*, *Steel Tensile Test*, dan *Core Drill*.

3.3.1 *Core Drill Test*

Pemeriksaan dan test kuat tekan dari potongan silinder beton hasil *coring* dari beton adalah sebuah metode yang cukup baik dan memungkinkan pemeriksaan visual daerah bagian dalam dari sebuah anggota struktur dengan perkiraan mutu beton. Dalam penentuan kuat tekan beton inti, terdapat beberapa faktor pengali untuk koreksi kuat tekan benda uji yang ada antara lain:

1. Faktor Pengali C0

Faktor pengali ini berhubungan dengan arah pengambilan benda uji beton inti pada struktur yang ada.

2. Faktor Pengali C1

Faktor pengali yang berhubungan dengan rasio panjang sesudah diberi lapisan untuk kaping dengan diameter benda uji. Digunakan faktor koreksi apabila perkalian panjang dan diameter benda uji .

3. Faktor Pengali C2

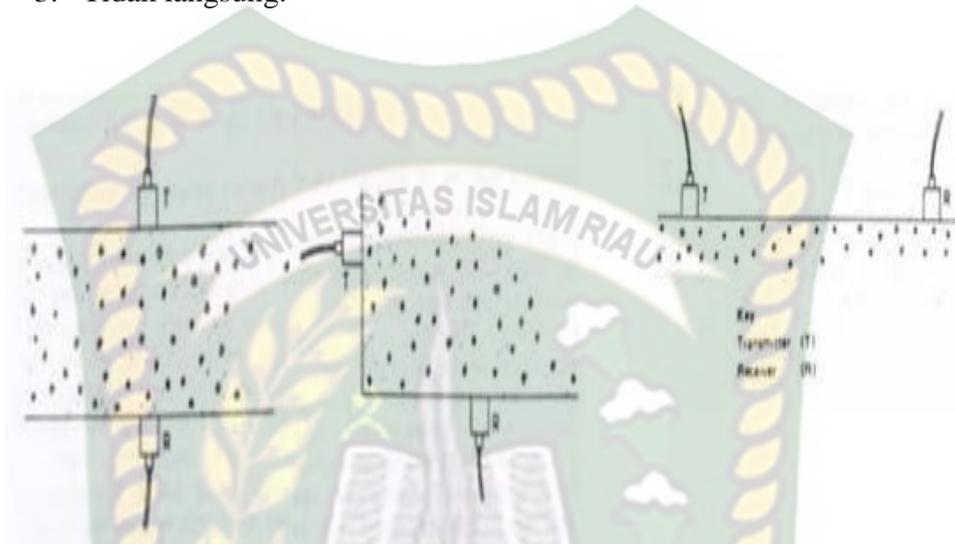
Digunakan karena adanya kandungan tulangan besi dalam benda uji beton inti yang letaknya tegak lurus terhadap sumbu benda uji. Kuat tekan benda uji beton inti yang dikoreksi, dihitung sesuai dengan ketelitian 0.5 MPa dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kuat Tekan Beton Terkoreksi} = \text{Kuat Tekan Beton} \times C0 \times C1 \times C(3.1)$$

3.3.2 *Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPV)*

Tes *UPV* adalah pengujian kekuatan tekan beton secara tidak langsung melalui pengukuran kecepatan perambatan gelombang elektronik longitudinal pada media beton. Pelaksanaannya dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu: (Anggraeni, Etc 2013)

1. Langsung
2. Semi langsung, dan
3. Tidak langsung.



Gambar 3.4 Cara Pengukuran pada tes *UPV*
(Sumber: Anggraeni, Etc 2013)

Pada Gambar 3.4 Cara pengukuran pada tes *UPV*, kerja alat dengan memberi getaran gelombang longitudinal lewat transduser elektro – akustik, melalui cairan perangkai yang berwujud gemuk ataupun sejenis pasta selulose, yang dioleskan pada permukaan beton sebelum tes dimulai. Saat gelombang merambat melalui media yang berbeda, yaitu gemuk dan beton, pada batas gemuk dan beton akan terjadi pantulan gelombang yang merambat dalam bentuk gelombang geser dan longitudinal. Gelombang geser merambat tegak lurus lintasan, dan gelombang longitudinal merambat sejajar lintasan. Pertama kali yang mencapai transduser penerima adalah gelombang longitudinal. Oleh transduser, gelombang ini diubah menjadi sinyal gelombang elektronik yang dapat dideteksi oleh transduser penerima, sehingga waktu tempuh gelombang dapat diukur. Waktu tempuh T yang dibutuhkan untuk merambatkan gelombang pada lintasan beton sepanjang L dapat diukur, sehingga kecepatan gelombang dapat dicari dengan rumus:

$$V = \frac{L}{T} \quad (3.2)$$

Keterangan:

V = Kecepatan gelombang longitudinal (km/detik atau m/detik)

L = Panjang lintasan beton yang dilewati (km, m)

T = Waktu tempuh gelombang longitudinal ultrasonik pada sepanjang lintasan L (detik)

Tes *UPV* dapat digunakan untuk mengetahui keseragaman kualitas beton, mengetahui kualitas struktur beton setelah umur beberapa tahun, mengetahui kekuatan tekan beton, serta menghitung modulus elastisitas dan koefisien poisson beton.

3.3.3 *Cover meter Test*

Re-bar Scan atau sering disebut *Cover Meter Test* merupakan uji untuk mengukur tebal selimut beton, jarak antar tulangan dan besar diameter tulangan. Teknologi yang digunakan adalah *the pulse-induction method*, dimana metode ini didasarkan pada induksi gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi baja tulangan. *Coil* pada *probe* secara periodik dibebani arus gelombang sehingga menghasilkan medan magnet. Pada permukaan bahan yang konduktif akan menginduksi medan magnet dalam arah yang berlawanan. Perubahan yang dihasilkan dalam tegangan ini yang digunakan untuk pengukuran. Baja tulangan yang lebih dekat dengan *probe* atau ukuran yang lebih besar akan menghasilkan medan magnet yang kuat.

Pemrosesan sinyal selain membantu melokalisasi pembacaan baja tulangan, juga dapat menentukan tebal selimut beton dan mengestimasi diameter tulangan. Metode ini tidak dipengaruhi oleh bahan non konduktif seperti beton, kayu, plastik, batu bata, dll. Namun setiap jenis bahan konduktif dalam medan magnet akan memiliki pengaruh pada hasil pengukuran.

3.3.4 *Steel Tensile Test*

Steel Tensile Test (Kekuatan Tarik Baja) merupakan kemampuan bahan untuk menerima beban tarik tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan

maksimum sebelumputus. Kekuatan tarik pada baja akan naik seiring dengan naiknya kadar karbon dan paduan. Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah dalam satu garis lurus. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya. Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian. Faktor – faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik:

1. Kadar Karbon

Penambahan kadar karbon akan meningkatkan kekerasan suatu bahan. Hal ini menyebabkan kekuatan bahan juga meningkatkan, namun pertambahan % C hanyasampai ± 1 %.

2. *Heat Treatment*

Heat Treatment berpengaruh pada bentuk butiran. bila bentuk butiran kecilmaka daya tarik antar atom semakin besar sehingga kekuatan tarik menjadi besar, sedangkan butiran besar maka daya tarik antar atom semakin kecil sehingga kekuatantarik menjadi kecil.

3. Bidang Slip

Logam dan paduannya berdeformasi dengan geseran plastis/slip dimana atom bergeser terhadap bidang atom didekatnya. Deformasi geser ini akan terjadi apabila ada gaya tekan atau tegangan karena gaya – gaya tersebut dapat diuraikan menjadi tegangan geser. *Slip* dapat terjadi dengan lebih mudah dalam arah kristal atau bidang tertentu. Dalam uji tarik biasa, gerakan kepala silang mesin penguji memaksa benda uji berada di penjepit, Sebab penjepit harus tetap sebaris. Karena benda uji tidak dapat berubah

bentuk secara bebas dengan luncuran merata disetiap bidang slip sepanjang ukuran benda uji

4. Homogenitas (kesamaan partikel logam)
Homogenitas suatu bahan atau material akan terpengaruh terhadap gaya ikatan antara atomnya. Untuk material dengan tingkat homogenitas yang tinggi maka gaya ikat antara atom juga tinggi sehingga kekuatan tariknya juga tinggi.
5. Kecepatan pendinginan semakin cepat pendinginan yang dilakukan maka kekerasan akan meningkat begitu pula dengan kekuatan tariknya juga kecil.
6. Konduktifitas fermal bahan konduktifitas fermal yang kecil akan memperlambat laju pendinginan sehingga kekerasan baja kecil begitu juga dengan kekuatan tariknya juga kecil
7. Unsur paduan adanya unsur paduan yang pada umumnya dapat bersenyawa dengan baja atau bahan seperti, *Nikel, Chromium* dan *Mangan* dapat meningkatkan kekuatan tarik karena unsur paduan tersebut memiliki sifat keras.
8. Ukuran butir yang besar bersifat *ductive* dibandingkan dengan butir yang halus. Ukuran butir yang halus memiliki sifat yang keras sehingga kekuatan tarik besar. Dimensi bahan pada dimensi bahan yang kecil kecepatan pendinginannya lebih besar jadi kekerasan besar dan kekuatan tarik besar, jadi kekerasan besar dan kekuatan tarik besar begitu juga sebaliknya.

3.3.5 Pengujian *Vibration* Pasca Kebakaran

Vibrasi/getaran adalah gerakan bolak-balik di satu periode dalam waktu tertentu. Getaran memiliki hubungan dengan gerak osilasi pada benda dan gaya yang memiliki hubungan dengan gerakan tersebut. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas pasti dapat bergetar, jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa

(*engineering*) dapat mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya.

Vibrasi atau getaran mempunyai tiga parameter yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur yaitu :

a. *Amplitudo*

Amplitudo dapat didefinisikan sebagai ukuran atau besarnya sinyal vibrasi yang dihasilkan. Makin besar gangguan yang terjadi maka akan makin tinggi juga amplitudo yang ditunjukkan. Besarnya *amplitudo* tergantung pada tipe mesin yang ada.

b. Frekuensi

Frekuensi adalah merupakan banyaknya getaran pada periode yang terjadi dalam satu putaran waktu. Besarnya frekuensi terjadinya saat timbulnya vibrasi dapat mengindikasikan jenis jenis gangguan yang terjadi. *Cycle Per Menit (CPM)* merupakan bentuk dari nilai frekuensi, yang biasanya disebut dengan istilah *Hertz (Hz)*.

c. *Phase Vibrasi*

Phase adalah merupakan tinjauan akhir dari pada karakteristik getaran atau vibrasi yang terjadi pada mesin. *Phase* ini merupakan perpindahan atau perubahan posisi pada bagian bagian yang bergetar secara relatif untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar.

Pengujian vibrasi adalah pengujian untuk mengetahui kekuatan/ketahanan pada struktur pelat lantai dan kelayakan pada bangunan pasca kebakaran. Pengujian vibrasi pada pelat lantai pasca kebakaran berdasarkan nilai frekuensi yang didapatkan pada saat pengujian. Pengujian vibrasi dilakukan secara tersebar merata mewakili kondisi-kondisi pelat lantai. Banyak jenis alat dalam melakukan tes pengujian pelat lantai pasca kebakaran, salah satunya menggunakan alat *accelerometer*.

Accelerometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (*vibrasi*), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (*inklinasi*). *Accelerometer* dapat digunakan untuk mengukur getaran pada mobil, mesin, bangunan, dan instalasi pengamanan. *Accelerometer* juga dapat diaplikasikan

pada pengukuran aktivitas gempa bumi dan peralatan-peralatan elektronik, seperti permainan 3 dimensi, mouse komputer, dan telepon. Untuk aplikasi yang lebih lanjut, sensor ini banyak digunakan untuk keperluan navigasi.

Dalam pengujian vibrasi, percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut percepatan (*acceleration*). Namun jika kecepatan semakin berkurang daripada kecepatan sebelumnya, disebut perlambatan (*deceleration*). Percepatan juga bergantung pada arah/orientasi karena merupakan penurunan kecepatan yang merupakan besaran *vektor*. Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan.

3.4 Klasifikasi Kerusakan Beton Pasca Bakar

Kerusakan pelat dapat dikategorikan dengan tiga tipe kerusakan, yaitu kerusakan ringan, kerusakan sedang, kerusakan parah atau berat dan kerusakan sangat berat atau parah (Rochman,2006).

a. Kerusakan Ringan

Kerusakan ini berupa pengelupasan pada plesteran luar beton dan terjadinya perubahan warna permukaan menjadi hitam akibat asap yang mungkin disertai dengan retak-retak pada plesteran.

b. Kerusakan Sedang

Kerusakan ini berupa munculnya retak-retak ringan (kedalaman kurang dari 1 mm) pada bagian luar beton yang berupa garis-garis yang sempit dan tidak terlalu panjang dengan pola menyebar. Akibat kenaikan suhu, agregat akan memuai, setelah suhu kembali seperti semula ukuran agregat akan kembali seperti semula. Sedangkan mortar memuai hanya sampai sekitar suhu 2000C, setelah itu menyusut yang berlanjut sampai dengan suhu normal. Adanya perbedaan sifat pemuaian ini dapat menimbulkan tegangan lokal pada bidang batas antara kedua bahan ini yang jikamelebihi tegangan

lekat akan terjadi retak/pecah bahkan pengelupasan. Retak ini diakibatkan oleh proses penyusutan beton pada saat terjadi kebakaran.

c. Kerusakan Berat

Retak yang terjadi sudah memiliki ukuran lebih dalam dan lebar, terjadi secara tunggal atau kelompok. Jika terjadi pada balok kadang-kadang disertai dengan lendutan yang dapat dilihat dengan mata.

d. Kerusakan Total/Sangat Berat

Kerusakan yang terjadi sudah sedemikian rupa sehingga beton pecah/terkelupas sehingga tampak tulangan bajanya, atau bahkan sampai tulangan putus/tertekuk, beton inti hancur.

Setelah diketahui jenis dan penyebab kerusakan, langkah selanjutnya adalah menentukan metode perbaikan untuk masing-masing elemen struktur. Bahan yang digunakan harus sedemikian rupa sehingga hasil perbaikan yang diperoleh memiliki kekuatan sesuai dengan yang diinginkan dan tahan lama. Secara umum persyaratan bahan untuk perbaikan adalah dapat melekat secara baik, memiliki sifat susut kecil, memiliki koefisien muai dan modulus elastik tidak jauh dengan bahan yang diperbaiki, permeabilitas rendah, dan tahan lama. Beberapa metode perbaikan yang dapat digunakan untuk menangani gedung pasca kebakaran disesuaikan dengan tingkat kerusakan yang terjadi, yang dapat diuraikan sebagai berikut (Sudarmoko, 2000):

1. Kerusakan Ringan

Metode perbaikan yang digunakan adalah metode *Coating*, yaitu dilakukan dengan cara melapisi permukaan beton dengan cara mengoleskan atau menyemprotkan bahan yang bersifat plastik dan cair. Lapisan ini digunakan untuk menyelimuti beton terhadap lingkungan yang membahayakan/merusak beton. Cara yang paling mudah dan murah adalah memberi acian dari pasta semen pada permukaan beton, namun bahan ini tidak bersifat platis.

2. Kerusakan Sedang

Metode perbaikan yang digunakan adalah dengan melakukan *Injeksi (grout)*, yaitu untuk perbaikan elemen atau bagian elemen yang retak cukup dalam. Bahan

injeksi biasanya dipilih dari bahan yang bersifat encer dan mudah mengeras, seperti *epoxy resin* sehingga mudah dimasukkan pada celah/retak dengan cara dipompa (diberi tekanan). Sebelumnya dibuat lubang-lubang dengan jarak tertentu sebagai jalan masuk bahan injeksi pada bagian yang retak tersebut. Kemudian bagian-bagian retak yang lain diberi penutup (diplester) untuk menghindari terjadinya kebocoran. Setelah itu bahan diinjeksikan dengan tekanan, masuk ke dalam celah/retak sampai terlihat pada lubang-lubang lain telah terisi atau mengalir keluar. Metode ini dapat digunakan untuk mengisi retak-retak yang kecil dan cukup dalam dimana tidak diinginkan adanya rongga-rongga dalam retak. Metode lainnya adalah *Shotcrete*, metode ini dilakukan dengan cara menembakkan mortar atau beton (biasanya dengan ukuran agregat kecil) pada permukaan beton yang diperbaiki. *Shotcrete* dapat digunakan untuk perbaikan permukaan yang vertikal atau horizontal (dari bawah).

3. Kerusakan Berat

Metode yang digunakan adalah *Prepacked Concrete*, metode ini dilakukan jika kerusakan beton sudah parah, misalnya retak yang besar dan banyak serta kuat tekan beton menurun. Teknik perbaikan dimulai dengan mengupas dan membersihkan terlebih dahulu beton pada bagian yang retak tersebut, kemudian baru diisi dengan beton yang baru. Beton baru tersebut dibuat dengan cara mengisi ruang kosong dengan agregat hingga penuh. Kemudian diinjeksi dengan mortar yang sifat susutnya kecil dan mempunyai ikatan yang baik dengan beton yang lama. Pada daerah vertikal atau permukaan bawah, pekerjaan ini perlu dibantu dengan bekisting. Untuk perbaikan kolom, dapat pula digunakan metode *Jacketing*, yaitu dilakukan dengan cara memberikan selubung yang dapat melindungi beton terhadap kerusakan. Bahan selubung dapat berupa metal/baja, karet, beton komposit. Untuk perbaikan balok, sering dipasang *carbon fiber strips* dengan perantara bahan perekat pada permukaan beton atau dengan kabel pretekan dengan cara *external prestressing*. Cara ini dilakukan jika retak cukup lebar dan banyak serta tidak memungkinkan balok dibongkar.

Jenis Kerusakan Pasca Kebakaran Terhadap Struktur Beton

1. Retak (*Cracks*) adalah pecah pada beton dalam garisgaris yang relatif panjang dan sempit, retak ini dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab diantaranya: evaporasi air dalam campuran beton terjadi dengan cepat akibat cuaca yang panas, kering atau berangin (Sirait, 2003). Retak (*Cracks*) dapat dilihat pada Gambar 3.8
2. *Spalling* adalah bagian permukaan beton yang terlepas dalam bentuk kepingan atau bongkahan kecil. Kerusakan ini disebabkan oleh korosi tulangan, kebakaran dll. *Volume* tulangan yang terkorosi membesar menimbulkan tegangan dalam tarik pada beton sekeliling tulangan, jika tetangan ini melampaui kekuatan beton yg mengelilinginya, terjadilah *Spalling*. *Spalling* dapat dilihat pada Gambar dibawah.
3. *Voids* adalah lubang-lubang atau kropos yang cukup dalam pada saat terjadinya kebakaran, biasanya disebabkan oleh: Pematatan saat pelaksanaan yang kurang baik sehingga mortal tidak dapat mengisi rongga-rongga antar agregat. Macam-macam *voids* antara lain: *honey combing*, *sand streaking*, *bugholes* dan *form scabbing*.

3.5 Perbaikan Struktur Pelat Pasca Kebakaran

Dalam usaha memenuhi kebutuhan infrastruktur bangunan gedung yang baik keselamatan pengguna bangunan terhadap bahaya keruntuhan bangunan merupakan prioritas utama. Kondisi bangunan yang mulai rusak akibat bencana atau Penambahan beban pada bangunan diluar beban rencana sebagai akibat perubahan fungsi bangunan tanpa disengaja sering menimbulkan bencana keruntuhan bangunan. Diperlukan evaluasi kekuatan struktur bangunan pada kondisi *existing* dan perkuatan (*strengthening*).

Perkuatan struktur biasanya dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum struktur mengalami kerusakan/kehancuran. Perkuatan atau perbaikan struktur diperlukan apabila terjadi kerusakan yang menyebabkan degradasi yang berakibat tidak terpenuhi lagi persyaratan-persyaratan yang bersifat teknik yaitu kekuatan, kekakuan dan daktilitas, kestabilan, serta ketahanan terhadap kinerja tertentu (Triwiyono, 1998).

3.5.1 Perbaikan Struktur Pelat Dengan *Sandblasting*

Sandblasting adalah suatu proses pembersihan dengan cara menembakan partikel (pasir) kesuatu permukaan material sehingga menimbulkan gesekan atau tumbukan. Permukaan material tersebut akan menjadi bersih dan kasar. Tingkat kekasarannya dapat disesuaikan dengan ukuran pasirnya serta tekanannya (Sandblasting, 2017).

Sandblasting banyak digunakan untuk berbagai macam fungsi, yaitu:

1. Digunakan untuk menghilangkan karat, debu, cat, dan pengotor lainnya.
2. Digunakan untuk membentuk kekasaran permukaan pada persiapan untuk proses pelapisan.

Dalam persiapan permukaan dengan metode ini, harus dilakukan dengan hati-hati dan oleh tenaga yang terampil dan berpengalaman. Sebab apabila dilakukan oleh orang awam besar kemungkinan orang tersebut justru dapat memperparah keadaan karena material yang digunakan menjadi rusak. *Sandblasting* dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan penggunaannya, yaitu:

a. *Dry Sandblasting*

Biasa digunakan untuk benda yang berbahan metal / besi yang tidak beresiko menghasilkan percikan api pada saat penyemprotan, seperti pada tiang pancang, pelat dan kolom, bodi pada rangka mobil, bodi kapal laut, dan lain sebagainya

b. *Wet Sandblasting*

Biasa digunakan untuk benda yang berbahan metal / besi yang dapat beresiko terbakar atau terletak di daerah yang beresiko tinggi dalam hal kebakaran, seperti tangki bahan bakar atau kilang minyak (*offshore*). *Wet sandblasting* ini dicampurkan dengan bahan kimia khusus anti karat yang dapat meminimalisir percikan api pada proses sandblasting dilakukan.

Macam-macam dari abrasif material dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Metal

Abrasif metal antara lain yaitu *steel shoot*, *steel grit* dan *wire cut carbon*.

2. Non Metal

Abrasif non metal antara lain pasir silika, aluminium oksida, silikon, karbida, *glassbead*, dan *walnut sheel*.

Parameter yang bisa mempengaruhi proses *Sandblasting* antara lain:

1. Ukuran butir (*mesh*)

Ukuran butir berkaitan dengan bentuk profil permukaan yang terbentuk. Pada butiran yang kecil, bentuk profil permukaan yang dihasilkan cenderung lebih halus dibandingkan dengan ukuran butir yang lebih besar.

2. Sudut penyemprotan

Sudut penyemprotan adalah besarnya sudut yang digunakan dalam penyemprotan antara *nozzle* dengan benda kerja yang disemprotkan sudut yang biasa digunakan dalam penyemprotan antara 600-1200°C. Sudut 900°C terhadap permukaan menghasilkan tumbukan yang paling besar.

3. Tekanan penyemprotan

Tekanan penyemprotan mempengaruhi daya dari abrasifnya. Semakin besar tekanan yang digunakan, maka daya abrasifnya juga semakin besar.

4. Jarak penyemprotan

Jarak penyemprotan adalah jarak antara *nozzle* dengan benda kerja yang disemprot. Jarak penyemprotan bisa diatur sesuai dengan hasil yang diinginkan.

5. Waktu penyemprotan

Waktu penyemprotan permukaan dapat mempengaruhi kekasaran permukaan benda kerja. Semakin lama penyemprotan, maka permukaan yang dihasilkan semakin kasar. Rentang waktu yang digunakan ketika proses penyemprotan biasanya didasarkan pengalaman operator.

3.5.2 Perbaikan Struktur Pelat Dengan Injeksi

Injeksi Epoxy pada pelat adalah untuk mengisi rongga struktur beton yang kropos dan retak baik bocor mengeluarkan air maupun hanya retak dan kropos tidak

mengeluarkan air, dan sudah memenuhi standar. Metode perbaikan Pelat ini terdapat tiga metode, diantaranya:

1. *High Pressure Injection* dengan menggunakan material Polyurethane atau sering di singkat dan disebut PU.
2. Injeksi dengan menggunakan Semen dan tambahan bahan *admixture*.
3. perbaikan dengan menggunakan *cement based waterplug*.
4. *Low pressure Injection (LPI)* dengan menggunakan *compressor* dengan tekanan angin.

Dari keempat metode tersebut diatas, pelaksanaan yang paling baik adalah dengan menggunakan metode *high presure injection* dengan menggunakan material *Polyurethane*, metode ini dapat dengan maksimal mengisi seluruh rongga yang terdapat pada beton dalam kondisi celah kecil maupun celah yang besar, mengingat material *polyurethane* akan mengembang dan membentuk busa padat sehingga resiko perpindahan air pada beton dapat diminimalisir.

Pada umumnya kebocoran terjadi pada area sebagai berikut *basement ground water tank roof deck, construction joint*, kolam renang, *tunnel* atau terowongan, dan struktur bawah tanah lainnya.

3.5.3 Perbaikan Struktur Pelat Dengan Grouting

Grouting adalah sebuah pekerjaan untuk mengisi celah atau rongga dalam sebuah struktur. material yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah material yang tidak memiliki sifat susut dan bahkan cenderung memiliki karakteristik *expand/* mengembang dalam skala kecil biasanya antara 0,5% s/d 1,5%. Grouting pula sering digunakan sebagai istilah dalam pekerjaan perbaikan beton yang mengalami keropos, gompal atau pecah. Jenis material *grouting* terdapat banyak macam dan jenis, diantaranya: (CV. Lajuna Consultant, 2017)

1. *Cementious Grout* atau material *grouting* berbahan dasar semen
2. *Epoxy Resin Grout* atau material *grouting* berbahan dasar *epoxy resin*
3. *Polyurethane Grout* atau material *grouting* berbahan dasar *polyurethane*.

Jenis material dalam lingkup *grouting* ini pula terdapat jenis "*extra ordinary*", misal beton mutu tinggi, beton cepat setting dan beton untuk bawah air. Pemilihan bahan sangatlah penting dalam pelaksanaan pekerjaan *grouting* ini, dan pemilihan bahan tersebut diperhitungkan berdasar pada fungsi dan kondisi bidang kerja serta lokasi. misal:

- a. Untuk mengisi celah pada *base plate pedestal* atau celah beton yang terbakar dapat menggunakan material *cementious grout* dan metode yang dapat digunakan adalah baik itu secara langsung di tuang ataupun dengan bantuan pompa untuk arah yang sulit dijangkau
- b. Untuk mengisi celah retakan pada beton yang terbakar diperlukan material yang memiliki *viscositas* rendah dengan mutu yang tinggi yaitu *epoxy resin* dengan metode injeksi *slow and low pressure*.
- c. Atau dalam hal perbaikan kebocoran menggunakan material *polyurethane* dengan menggunakan metode *High Pressure Injeksi*. Perusahaan yang memproduksi material *grouting* adalah *Fosroc, Sika, Basf, Ultachem, Deltacrete, Estop* dan lain-lain.

Pada pekerjaan perbaikan dengan *Grouting*. Perbaikan dengan *grouting* dilakukan dengan menembakkan material beton kebagian yang akan diperbaiki dan harus dilakukan dengan baik karena dapat berpengaruh pada kekuatan struktur setelah diperbaiki. Dalam pelaksanaan perbaikan stuktur ini yaitu:

1. *Sandblasting*
Sandblasting adalah suatu proses pembersihan dengan cara menembakan partikel (pasir) kesuatu permukaan pelat sehingga menimbulkan gesekan atau tumbukan. Permukaan material tersebut akan menjadi bersih dan kasar. Tingkat kekasarannya dapat disesuaikan dengan ukuran pasirnya serta tekanannya.
2. *Chipping*
Chipping pelat adalah pekerjaan mengupas selimut beton hingga bertemu tulangan asli tanpa merusak tulangan pada pelat tersebut

3. Pekerjaan *Drilling*

Drilling Pelat merupakan pekerjaan pengeboran pada pelat dengan kedalaman yang telah ditentukan pada pekerjaan ini untuk pemasangan *shearconnector* yang akan dipasang pada pelat.

4. Penambahan pembesian tulangan yang terputus.

Pembesian ini bertujuan untuk menambah pembesian di area tulangan yang terputus di pelat struktur beton

5. *Shear Connector*

Shear Connector adalah bahan/material penghubung antara 2 (dua) material yang berbeda karakteristiknya (komposit) untuk menahan gaya geser antara beton lama dengan beton baru.

6. *Bonding Agent*

Karakter *bonding agent* yaitu yang terdiri dari bahan *epoxy*, *polyvinylacetate*, *styrene butadiene rubber*, dan *synthetic resin dispersion*. Kemudian *bonding agent* juga mampu menambah daya rekat pada sambungan antara beton baru dengan beton lama. Proses perbaikan tersebut juga mampu menambah elastisitas beton. Perbaikan dapat mengurangi *shrinkage* atau penyusutan. Pasca dilakukan proses ini maka abrasi dan ketahanan kimia meningkat.

Secara umum perbaikan *bonding agent* bermanfaat untuk merekatkan bahan *pathing* dan *repair mortar*, untuk acian dan plesteran. Guna lain pada coran adalah untuk menyambungkan antara beton yang baru dengan yang lama. Inilah secara singkat proses perbaikan beton dengan system *bonding agent*:

- a. Untuk permukaan sebesar 4 sampai 6m² dibutuhkan 1 kg bahan *bonding agent*.
- b. Sebelum dicor permukaan beton lama harus dicat dengan bahan tersebut hingga merata.

- c. Bila diterapkan pada plesteran dan acian, bahan *bonding agent* harus dicampurkan pada adukan material tersebut.

7. Perakitan Bekisting

Bekisting adalah cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beton selama beton dituang dan dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Bekisting konvensional adalah bekisting yang menggunakan kayu ini dalam proses pengerjaannya dipasang dan dibongkar pada bagian struktur yang dikerjakan. Pembongkaran bekisting dilakukan dengan melepas bagian-bagian bekisting satu persatu setelah beton mencapai kekuatan yang cukup. Bekisting tradisional ini pada umumnya hanya dipakai untuk satu kali pekerjaan, namun jika material kayu masih memungkinkan untuk dipakai maka dapat digunakan kembali untuk bekisting pada elemen struktur yang lain.

8. Pengecoran beton *grouting*

Bahan *grouting* dicampurkan dengan air dan dapat dilakukan pengecoran pada bekisting yang telah terpasang.

9. *Curing* beton

Curing atau Perawatan Beton dilakukan saat beton sudah mulai mengeras yang bertujuan untuk menjaga agar beton tidak cepat kehilangan air dan sebagai tindakan menjaga kelembaban/suhubeton sehingga beton dapat mencapai mutu beton yang diinginkan. Pelaksanaan perawatan beton dilakukan setelah beton mengalami atau memasuki fase *hardening* (untuk permukaan beton yang terbuka) atau setelah bekisting beton dilakukan bongkaran dengan durasi tertentu yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk proses reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campuran beton. Proses *curing* pada beton memainkan peran penting pada pengembangan kekuatan dan daya tahan beton. Proses

ini meliputi pemeliharaan kelembaban dan kondisi suhu baik dalam beton maupun dipermukaan beton dalam periode waktu tertentu.

Tujuan perawatan beton ini yaitu:

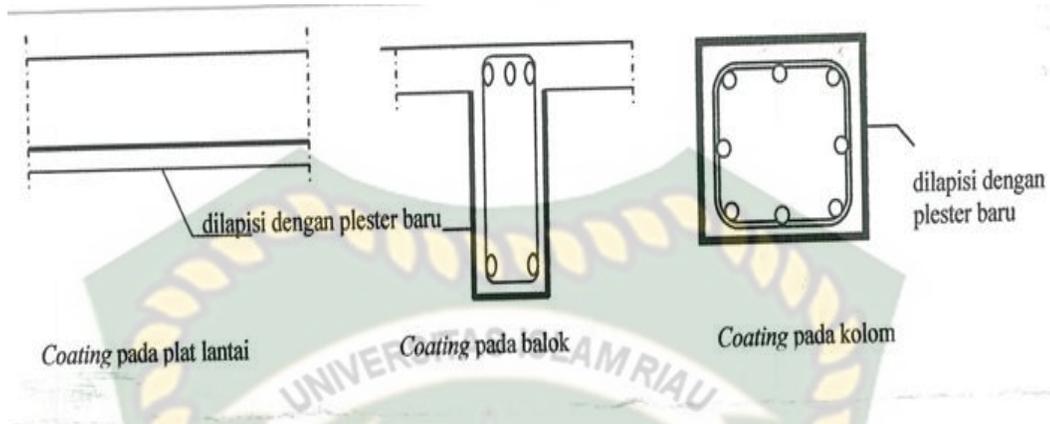
- a. Menjaga beton dari kehilangan air semen yang banyak pada saat-saat *setting time concrete*.
- b. Menjaga perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar.
- c. Stabilitas dari dimensi struktur
- d. Mendapatkan kekuatan beton yang tinggi.
- e. Menjaga beton dari kehilangan air akibat penguapan pada hari-hari pertama.
- f. Menjaga dari terjadinya keretakan.

3.6 Beberapa Contoh Metode Perbaikan

Setelah diketahui jenis dan penyebab kerusakan, langkah selanjutnya adalah menentukan metode perbaikan untuk masing-masing elemen struktur. Bahan yang digunakan harus sedemikian rupa sehingga hasil perbaikan yang diperoleh memiliki kekuatan sesuai dengan yang diinginkan dan tahan lama. Secara umum persyaratan bahan untuk perbaikan adalah dapat melekat secara baik, memiliki sifat susut kecil, memiliki koefisien muai dan modulus elastik tidak jauh dengan bahan yang diperbaiki, permeabilitas rendah, dan tahan lama. Beberapa metode perbaikan yang dapat digunakan untuk menangani gedung pasca kebakaran disesuaikan dengan tingkat kerusakan yang terjadi, yang dapat diuraikan sebagai berikut (Sudarmoko, 2000):

1. Kerusakan Ringan.

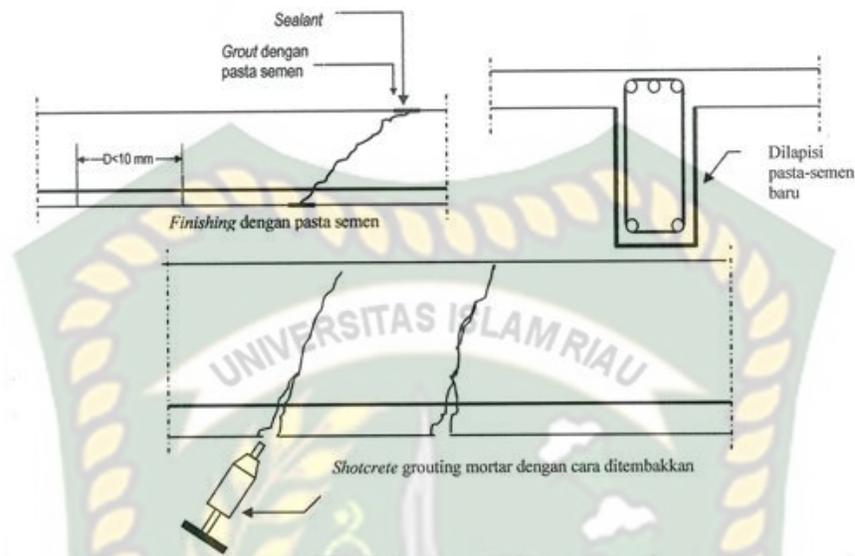
Metode perbaikan yang digunakan adalah metode *Coating*, yaitu dilakukan dengan cara melapisi permukaan beton dengan cara mengoleskan atau menyemprotkan bahan yang bersifat plastik dan cair. Lapisan ini digunakan untuk menyelimuti beton terhadap lingkungan yang membahayakan/merusak beton. Cara yang paling mudah dan murah adalah memberi acian dari pasta semen pada permukaan beton, namun bahan ini tidak bersifat plastis.



Gambar 3.5 Perbaikan Menggunakan Metode *Coating* (Sari, 2009)

2. Kerusakan Sedang

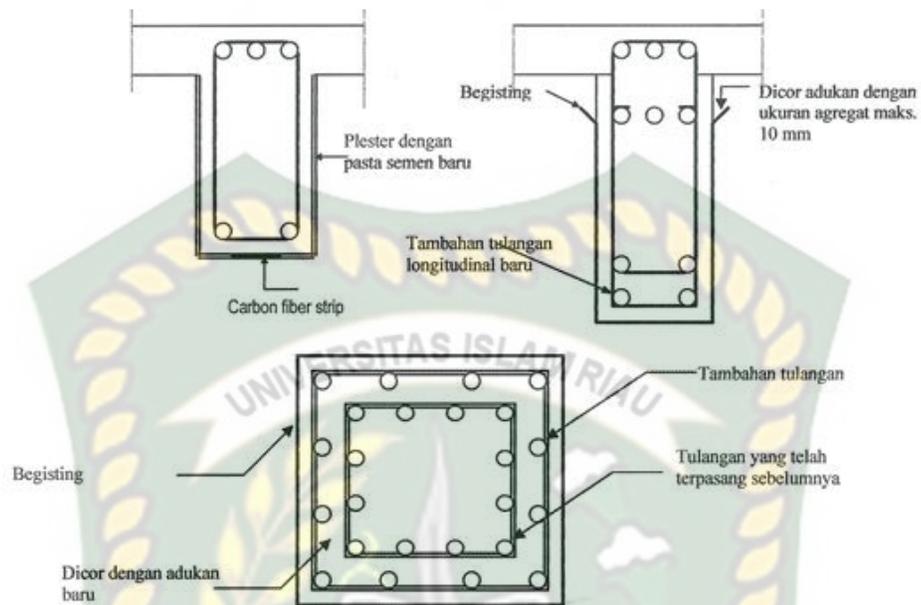
Metode perbaikan yang digunakan adalah dengan melakukan *Injeksi (grout)*, yaitu untuk perbaikan elemen atau bagian elemen yang retak cukup dalam. Bahan injeksi biasanya dipilih dari bahan yang bersifat encer dan mudah mengeras, seperti *epoxy resin* sehingga mudah dimasukkan pada celah/retak dengan cara dipompa (diberi tekanan). Sebelumnya dibuat lubang-lubang dengan jarak tertentu sebagai jalan masuk bahan injeksi pada bagian yang retak tersebut. Kemudian bagian-bagian retak yang lain diberi penutup (diplester) untuk menghindari terjadinya kebocoran. Setelah itu bahan diinjeksikan dengan tekanan, masuk ke dalam celah/retak sampai terlihat pada lubang-lubang lain telah terisi atau mengalir keluar. Metode ini dapat digunakan untuk mengisi retak-retak yang kecil dan cukup dalam dimana tidak diinginkan adanya rongga-rongga dalam retak. Metode lainnya adalah *Shotcrete*, metode ini dilakukan dengan cara menembakkan mortar atau beton (biasanya dengan ukuran agregat kecil) pada permukaan beton yang diperbaiki. *Shotcrete* dapat digunakan untuk perbaikan permukaan yang vertical (dari atas) atau horizontal (dari bawah).



Gambar 3.6 Perbaikan Menggunakan Metode *Grouting* (Sari, 2009)

3. Kerusakan berat.

Metode yang digunakan adalah *Prepacked Concrete*, metode ini dilakukan jika kerusakan beton sudah parah, misalnya retak yang besar dan banyak serta kuat tekan beton menurun. Teknik perbaikan dimulai dengan mengupas dan membersihkan terlebih dahulu beton pada bagian yang retak tersebut, kemudian baru diisi dengan beton yang baru. Beton baru tersebut dibuat dengan cara mengisi ruang kosong dengan agregat hingga penuh. Kemudian diinjeksi dengan mortar yang sifat susutnya kecil dan mempunyai ikatan yang baik dengan beton yang lama. Pada daerah vertical atau permukaan bawah, pekerjaan ini perlu dibantu dengan bekisting. Untuk perbaikan kolom, dapat pula digunakan metode *Jacketing*, yaitu dilakukan dengan cara memberikan selubung yang dapat melindungi beton terhadap kerusakan. Bahan selubung dapat berupa metal/baja, karet, beton komposit. Untuk perbaikan balok, sering dipasang *carbon fiber strips* dengan perantara bahan perekat pada permukaan beton atau dengan kabel pratekan dengan cara *external prestressing*. Cara ini dilakukan jika retak cukup lebar dan banyak serta tidak memungkinkan balok dibongkar.



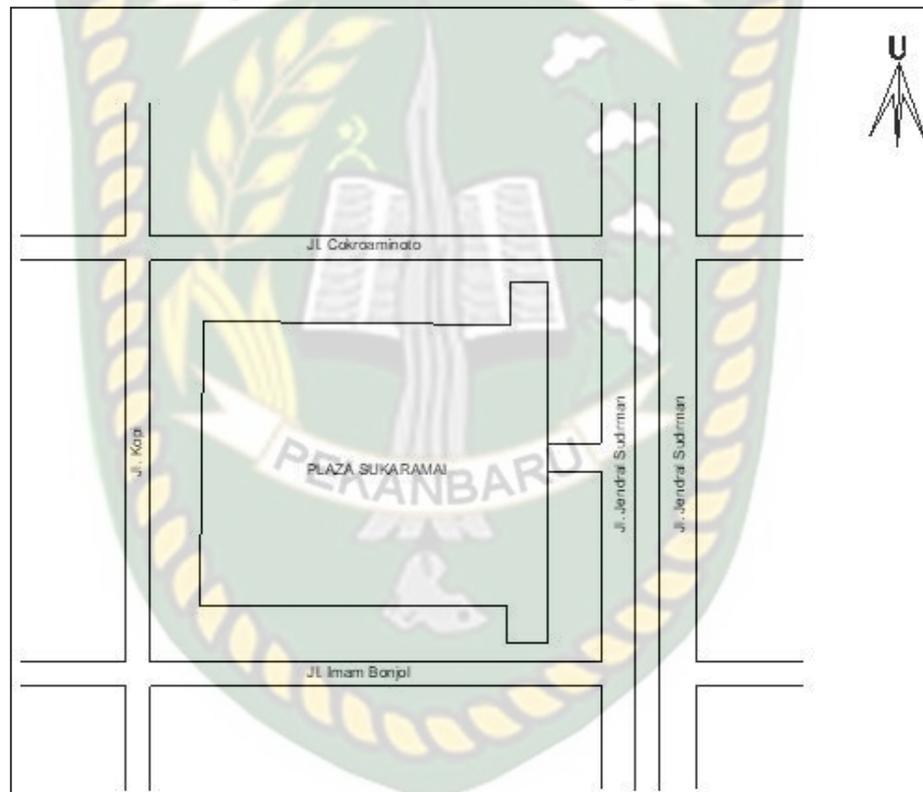
Gambar 3.7 Perbaikan Menggunakan Metode *Prepacked Concrete, Jacketing, Carbon Fiber Strips* (Sari, 2009)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini lokasi yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian oleh peneliti adalah Gedung Plaza Sukaramai Jl. Jenderal Sudirman No.1, Sukaramai, Kota Pekanbaru, Riau. Lokasi penelitian terdapat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

4.2 Objek Penelitian

Objek penelitian yang dibahas adalah berupa struktur pelat beton bertulang yang telah mengalami kerusakan akibat pasca kebakaran, pada struktur gedung Plaza Sukaramai Pekanbaru yang memiliki 4 lantai. Dari pelat yang ada dipilih salah satu pelat yang dapat mewakili pelat-pelat lainnya.

Tabel 4.1 Objek Penelitian

Obek Penelitian	Tingkat Kerusakan	Mutu beton (N/mm)
MD-ME/M19-20	Kerusakan Berat	7-14 Mpa
	Kerusakan Sedang/Menengah	14-20 Mpa
	Kerusakan Ringan/Minor	25 Mpa

(Sumber: PT. Andalan Utama Perkasa, 2016)

Tabel 4.1 menunjukkan objek penelitian MD-ME/M19-20 tingkat kerusakan berat dengan mutu beton 7-14 Mpa. Sedangkan kerusakan sedang dengan mutu beton 14-20 Mpa dan kerusakan ringan dengan mutu beton 25 Mpa.

4.3 Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan melakukan observasi pada objek penelitian dengan meninjau langsung kegiatan identifikasi kerusakan dan tahapan perbaikan/perkuatan pelat struktur pasca kebakaran, kemudian di gabungkan dengan data sekunder yang diperoleh berdasarkan laporan akhir *asement* struktur dari konsultan struktur.

Adapun data sekunder yang digunakan dalam perancangan penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Laporan Penelitian terdahulu (PT. Andalan Utama Perkasa, 2016)
- b. Gambar Kerja Pekerjaan Perbaikan Struktur Plaza Sukaramai (PT. Andalan Utama Perkasa, 2016)
- c. Dokumentasi
Dokumentasi dilakukan dengan pengamatan visual untuk mengetahui kondisi pelat struktur pasca kebakaran dan untuk mengetahui tahapan pelaksanaan perbaikan pelat struktur
- d. Wawancara
Wawancara dengan *Site Manager* lapangan dilakukan untuk mengetahui tahapan pekerjaan pada pelaksanaan perbaikan kolom struktur.

4.4 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah dan hal-hal perlu dilakukan dalam proses penelitian, diantaranya:

1. Tahap Persiapan

Sebelum melakukan proses penelitian peneliti harus melakukan tahap persiapan, diantaranya melakukan observasi dan wawancara pada konsultan, kontraktor maupun pelaksana. Penelitian ini dilakukan karena adanya kerusakan yang terjadi pada pelat pasca kebakaran.

2. Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data-data pada penelitian ini adalah dengan melakukan pengamatan visual dan wawancara kepada kontraktor pelaksana pada pekerjaan perbaikan struktur Plaza Sukaramai Kota Pekanbaru. Mengumpulkan data-data sekunder dari pekerjaan perbaikan struktur Plaza Sukaramai Kota Pekanbaru, yaitu laporan akhir pekerjaan *assesment*, gambar rencana, hasil wawancara, dan dokumentasi.

3. Analisa Data

Pengamatan visual mengenai kerusakan pelat pasca kebakaran, hubungan pengujian vibrasi dengan tingkat kerusakan dan tahapan perbaikan pelat struktur. Dilanjutkan menghitung momen dan gaya angkat pada pelat yang melendut pasca kebakaran metode *Stress Release*..

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan yaitu melakukan pembahasan dari hasil penelitian terhadap mengidentifikasi kerusakan pelat struktur, hubungan pengujian vibrasi dengan tingkat kerusakan pelat pasca kebakaran, menghitung momen dan gaya angkat pelat yang melendut dengan Metode *Stress Realease* dan tahapan perbaikan pelat pasca kebakaran

5. Kesimpulan dan Saran

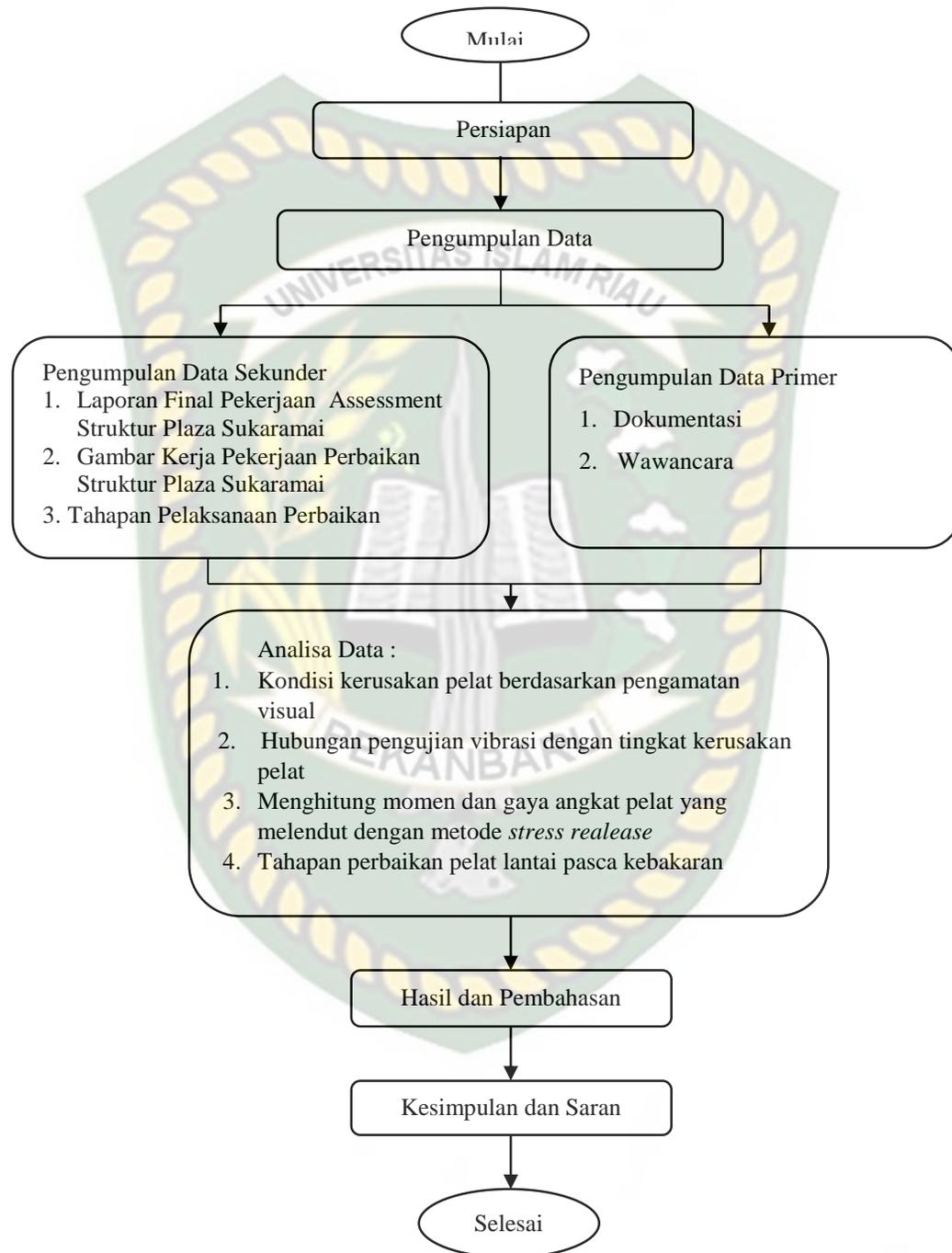
Tahapan yang dilakukan adalah memberikan kesimpulan dan saran atas hasil yang diperoleh dalam penelitian ini.

6. Selesai

Untuk memudahkan pengertian dan tahap-tahapan dalam penelitian dapat dibuat bagan alir penelitian seperti pada Gambar 4.2.



Diagram Alir Penelitian:



Gambar 4.2 Flow Chart Pelaksanaan Penelitian

4.5 Tahapan Analisa Data

Tahap ini dilakukan untuk memecahkan masalah yang akan dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini.

1. Pengamatan Visual

Pada awal tahap penelitian peneliti melakukan wawancara kepada pihak kontraktor pelaksana pekerjaan perbaikan struktur Plaza Sukaramai Kota Pekanbaru, mengenai gambaran umum tentang struktur pasca kebakaran dan tahapan pekerjaan perbaikan struktur, kemudian peneliti tinjauan langsung kelapangan dan mendokumentasikan proses tahapan perbaikan pelat struktur.

2. Peneliti menghitung gaya angkat pelat yang melendut dengan Metode Stress Release pasca kebakaran, untuk mengembalikan Pelat yang melendut pasca kebakaran ke posisi awal sebelum melendut pelat struktur tersebut, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Data pelat pasca kebakaran: dimensi pelat, dimensi tulangan, mutu beton, mutu baja tulangan.
- b. Menghitung momen *cracking*/retak pada beton yang menyebabkan terjadinya retak pada saat ditarik (M_{cr}) dan menghitung momen maksimum yang berkerja pada saat dilakukan metode *Stress Release* dengan bantuan *software SAFE* dan gaya angkat yang diberikan pada setiap angkur pada saat *stress release* dengan bantuan *software SAFE*.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Struktur Bangunan

Pada penelitian ini dilakukan pada gedung Plaza Sukaramai Jl.JendralSudirman No.1 kota Pekanbaru. Struktur Bangunan beton bertulang setinggi 5 lantai. Fungsi utama bangunan adalah Pusat Pembelanjaan.

Tabel 5.1. Deskripsi Gedung

Deskripsi Gedung	Keterangan
Sistem Struktur	<i>Flat Slab</i>
Fungsi Bangunan	Pusat Pembelanjaan dan Grosir
Jumlah Lantai	5 lapis lantai yaitu lantai dasar,lantai 1,lantai 2,lantai 3 dan lantai Atap

(PT. AndalanUtamaPerkasa, 2016)

Berdasarkan Tabel 5.1 struktur pelat nya flat slab (tanpa balok) dan fungsi dari bangunan Plaza Sukaramai sebagai pusat perbelanjaandan grosir. Plaza Sukaramai memiliki 5 lapis lantai terdiri dari lantai dasar, lantai 1, lantai 2, lantai 3 dan lantai dak atap dan memiliki 4 pelat lantai, yaitu pelat lantai 1, pelat lantai 2, pelat lantai 3 dan dak atap.

Tabel 5.2. Tabel Geometri *Existing*

No	Lantai	Tinggi Tingkat (m)	Elevasi (m)
1	Dasar	0	-3,5
2	1	3,5	0
3	2	4	4
4	3	4	8
5	Dak Atap	4	12

(PT. AndalanUtamaPerkasa, 2016)

Berdasarkan Tabel 5.2 Geometri *existing*, Plaza Sukaramai terdiri dari lantai dasar, lantai 1, lantai 2, lantai 3 dan dak atap dengan tinggi tingkat dari lantai dasar tinggi 0 meter dengan elevasi -3,5m, lantai 1 tinggi 3,5 m dengan elevasi lantai 0m,

lantai 2 tinggi 4 m dengan elevasi lantai 4m, lantai 3 tinggi 4 m dengan elevasi lantai 8m dan lantai dak atap tinggi 4m elevasi 12m.

Tabel 5.3. Struktur Pelat

Struktur Pelat	Dimensi (mm)
<i>Flat Slab</i>	
t (tebal)	200
<i>Drop Panel</i>	
t (tebal)	450

(PT. AndalanUtamaPerkasa, 2016)

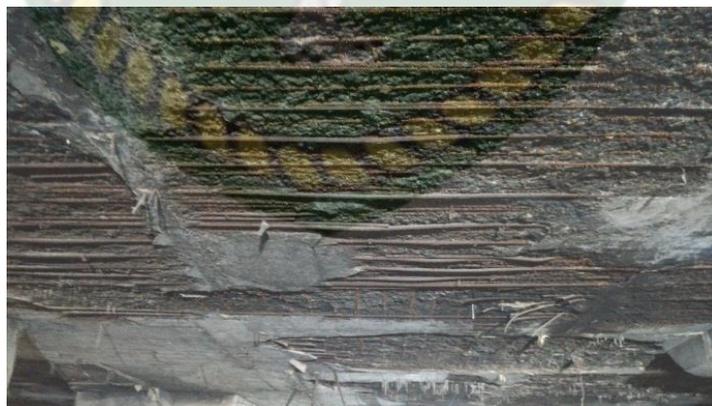
Berdasarkan Tabel 5.3 struktur pelat lantai Plaza Sukaramai yaitu flat slab dengan tebal pelat flat slab 200 mm dan Drop Panel dengan tebal 450mm.

5.2 Pengamatan Visual Kondisi Struktur *Existing*

Langkah awal saat dilakukan pemeriksaan visual adalah memeriksa kondisi struktur setelah kebakaran setelah mengalami kebakaran. Berdasarkan hasil pengamatan visual pada struktur pelat Gedung Plaza Sukaramai pekanbaru.

1. Kerusakan Pelat Lantai 1

Pengamatan visual elemen pelat yang mengalami kerusakan pada pelat lantai 1 dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Kerusakan Pelat Lantai 1
(Dokumentasi Penulis, 2016)

Pada Gambar 5.1 kondisi kerusakan pelat lantai 1 ada yang mengalami spalling (pengelupasan) dan cracks (keretakan) yang cukup dalam pada bagian beton pelat. Kerusakan yang terdapat di pelat lantai 1 yaitu ada yang kerusakan ringan dan ada yang berat sehingga berpengaruh terhadap kekuatan pelat. Kondisi kerusakan pada pelat lantai 1 cukup banyak dan harus dilakukan perbaikan.

2. Kerusakan Pelat Lantai 2

Pengamatan visual elemen pelat yang mengalami kerusakan pada pelat lantai 2 dapat dilihat pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Kerusakan Pelat Lantai 2
(Dokumentasi Penulis, 2018)

Pada Gambar 5.2 kondisi kerusakan pelat lantai 1 ada yang mengalami spalling (pengelupasan) dan cracks (keretakan) yang cukup dalam pada bagian beton dan ada juga keretakan rambut pada selimut beton pelat. Kerusakan yang terdapat di pelat lantai 1 yaitu ada yang kerusakan ringan dan ada yang berat sehingga berpengaruh terhadap kekuatan pelat. Kondisi kerusakan pada pelat lantai 2 cukup banyak dan harus dilakukan perbaikan.

3. Kerusakan Pelat Lantai 3

Pengamatan visual elemen pelat yang mengalami kerusakan pada pelat lantai 3 dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Kerusakan Pelat Lantai 3
(Dokumentasi Penulis, 2018)

Pada Gambar 5.3 Pengamatan Visual Elemen pelat struktur pada lantai 3 sebagian tidak mengalami kerusakan yang berarti dimana retak rambut hanya terjadi pada permukaan plesteran dan tidak sampai pada elemen di dalamnya.

4. Kerusakan Pelat Lantai Dak Atap

Pengamatan visual elemen pelat yang mengalami kerusakan pada pelat lantai dak atap dapat dilihat pada Gambar 5.4

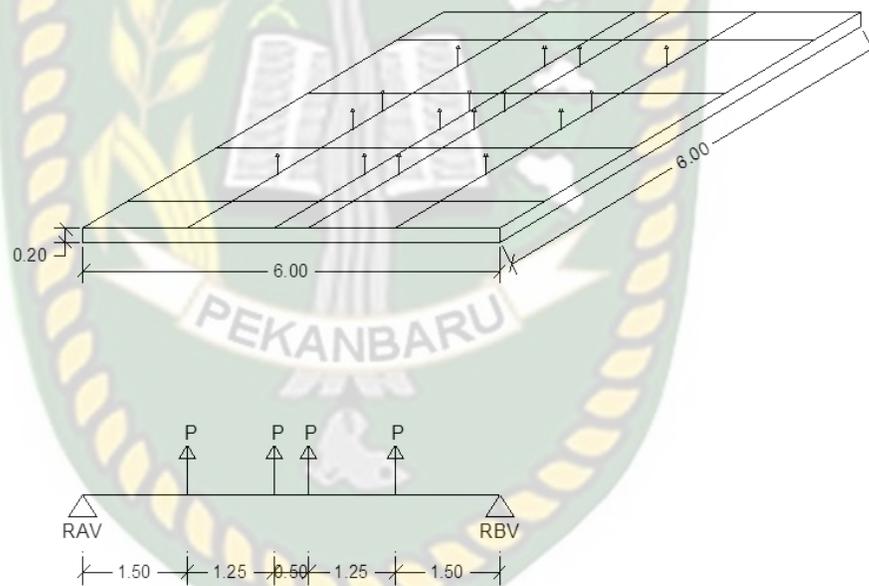


Gambar 5.4 Kerusakan Pelat Lantai Dak Atap
(Dokumentasi Penulis, 2018)

Pada Gambar 5.4 kondisi kerusakan pelat lantai dak atap sangat parah ada yang mengalami spalling (pengelupasan) dan cracks (keretakan) yang cukup dalam pada bagian beton dan harus dilakukan pembongkaran karena tidak dapat dipertahankan strukturnya.

5.3 Hasil Analisa Perhitungan Metode Stress Realese (Pangkatan Pelat yang Melendut) Menggunakan SAFE

Pelat yang melendut pasca kebakaran harus diperbaiki karena dapat berpengaruh pada kekuatan struktur bangunan. Metode *Stress Realese* merupakan proses pengangkatan pelat yang melendut pasca kebakaran. Fungsi Metode *Stress Realese* hanya mengangkat pelat yang melendut dan mengembalikan pelat seperti keadaan sebelum melendut. Metode *Stress Realese* hanya dilakukan oleh PT. Andalan Utama Perkasa dan PT. Tambarang Elastika Mas dan termasuk metode yang baru dijumpai pada saat ini.



Gambar 5.5 Gambar Bidang Pelat MD-ME/M19-M20 Saat *Stress Realese* (Hasil Analisa)

Pelat yang melendut yang dianalisa yaitu pelat setelah kondisi terbakar dan yang mengalami lendutan, hasil analisa dilakukan menggunakan *SAFE*. Hasil analisa perhitungan metode stress realese yakni:

1. Menghitung momen yang berkerja pada pelat yang melendutsaat dilakukan *Stress Realese*

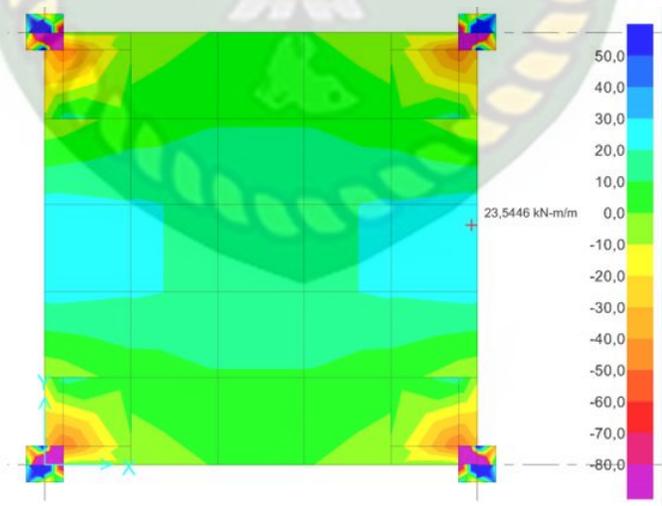
Data Pelat : F_c' (mutu beton) = 7 Mpa (diambil paling rendah)
 F_y (mutu baja) = 471 Mpa
 h (tebal pelat) = 200 mm
 dimensi pelat = 6 x 6 m

- a. Momen *Cracking* (Retak)

Momen *cracking* yang dicari batas beton mengalami retak pada saat dilakukannya *stress release*. Dari hasil perhitungan di Lampiran A.2 didapat nilai momen *Cracking* yaitu 74,08 KNm (batas beton mengalami retak ketika diangkat) pada saat dilakukannya *strees realese*. Momen *cracking* dikalikan faktor reduksi atau aman, kemudian di cocokkan dengan momen maksimum lapangan. Apabila momen *cracking* lebih besar dari momen maksimum, beton aman dari retak.

- b. Momen Maksimum

Dari data diatas, untuk mendapatkan hasil momen maksimum pada pelat saat dilakukannya *stress realese* dengan menggunakan bantuan *SAFE* bisa dilihat pada Gambar 5.7.

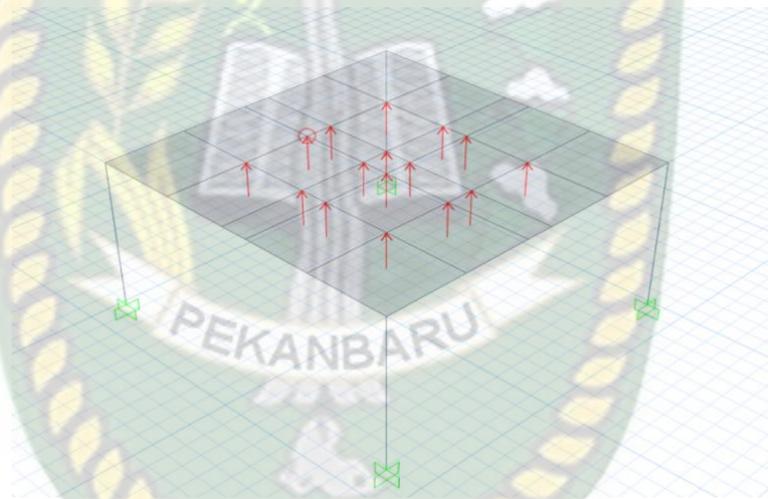


Gambar 5.6 Hasil Momen Maksimum Menggunakan *SAFE*
(Hasil Analisa)

Berdasarkan Gambar 5.8, Setelah dilakukan analisis maka didapatkan hasil momen maksimum pada pelat saat b dilakukan metode *stress realese* sebesar 23,5446 KNm. Kemudian momen maksimum yang dihasilkan dikonversi menjadi gaya angkat, gaya angkat tersebut yang diaplikasikan untuk perbaikan pelat lantai tersebut. Momen maksimum yang didapat berfungsi untuk cek kapasitas pelat lantai.

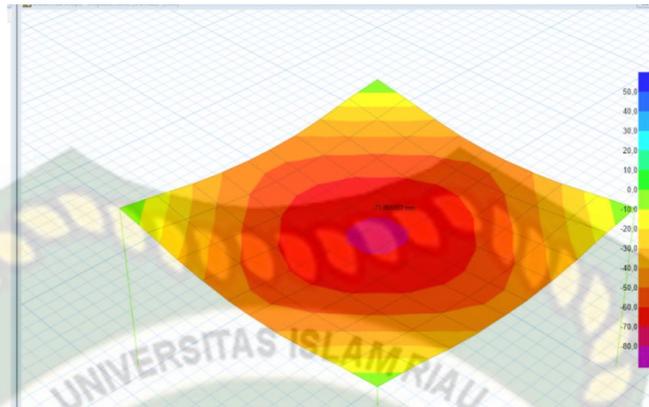
2. Menghitung gaya angkat pada angkur saat dilakukan *Stress Release*

Setelah mendapat nilai momen, dicari gaya yang terjadi pada setiap angkur saat metode *stress realease* dilakukan. Untuk mencari gaya angkat pada setiap angkur dilakukan dengan bantuan *softwareSAFE*. Untuk penempatan gaya angkat pada setiap angkur bisa dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.7 Perletakan Gaya Pada Angkur Menggunakan *SAFE*
(Analisa menggunakan *SAFE*)

Pada Gambar 5.7 merupakan proyeksi gaya pada perletakan angkur di pelat yang melendut sebesar 7 cm dan diangkat atau dikembalikan ke posisi semula dengan mencari gaya angkat pada setiap angkur nya. Pelat yang melendut bisa dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.8 Lentutan 7 cm Pada Pelat Menggunakan *SAFE*
(Analisa menggunakan *SAFE*)

Berdasarkan Gambar 5.8 Pelat yang melendut sebesar 7cm. pelat melendut berada diarea yang berwarna merah dan yang merupakan lentutan terbesar. Pada saat pelat diangkat dengan metode *stress realease*.

Untuk mendapatkan nilai gaya pada setiap angkur pada pelat saat dilakukannya stress realease menggunakan *SAFE* bisa dilihat pada Gambar 5.11 dibawah.



Gambar 5.9 Hasil Nilai Gaya Angkat Menggunakan *SAFE*
(Analisa menggunakan *SAFE*)

Pada Gambar 5.9, setelah dilakukan analisis menggunakan *SAFE* maka didapatkan hasil nilai gaya pada setiap angkur pada pelat saat dilakukan metode *stress realese* sebesar 7 ton. Dari nilai tersebut, angkur dapat menahan beton ketika diangkat

dan gaya yang diberikan atau dibutuhkan oleh setiap angkur adalah 7 ton untuk mengembalikan pelat melendut tersebut.

Pada perhitungan manual yang dilakukan didapat gaya angkat sebesar 2.5 ton. Jadi terdapat perbedaan perhitungan dengan *software SAFE* dan perhitungan manual. Nilai gaya angkat yang diambil yaitu 7 ton karena perhitungan dilakukan dengan *SAFE* lebih menunjukkan beban yang di pikul pada setiap angkur sangat besar pada saat *stress release* dilakukan.

5.4 Tahapan Perbaikan Struktur Pelat Pasca Kebakaran

Kerusakan pada pelat struktur pasca kebakaran harus diperbaiki dengan metode perbaikan yang ada dilapangan. Tahapan perbaikan pelat struktur pasca kebakaran harus sesuai dengan kondisi kerusakan yang terjadi. Berdasarkan penelitian PT.Andalan Perkasa Utama, 2016. Pelat *existing* memiliki 3 kategori kerusakan,yaitu kerusakan berat,kerusakan menengah atau sedang dan kerusakan minor atau ringan. Pekerjaan perbaikan pelat terhadap tingkat kerusakan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Tingkat Kerusakan dengan tahapan perbaikan pelat

No	Tingkat Kerusakan	Tahapan Perbaikan
1	Kerusakan Ringan	Pembersihan pelat dengan di <i>Sandblasting</i> plesteran pelat akibat kebakaran
2.	Kerusakan Sedang	<ul style="list-style-type: none"> a. Pembersihan permukaan pelat b. Pemasangan <i>Napple</i> b. Pemasangan <i>Sealant Injection</i> c. Pemasangan instalasi <i>Nappedan</i> selang penghubung d. <i>Injection</i> pelat lantai yang retak

Tabel 5.1 Lanjutan

No	Tingkat Kerusakan	Tahapan Perbaikan
3.	Kerusakan Berat	a. <i>Chipping</i> pelat hingga selimut beton terkelupas b. <i>Drilling</i> c. Pemasangan <i>Shear Connector</i> d. Penambahan pembesian tulangan terputus e. Penyemprotan <i>Bonding Agent</i> f. Pemasangan bekisting g. <i>Grouting</i> pelat lantai dengan dimensi pelat h. Pengangkatan pelat yang melendut dengan metode <i>Stress Release</i>

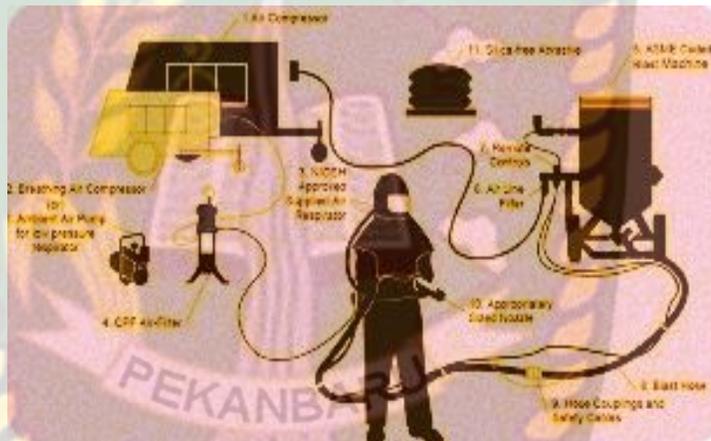
Berdasarkan **Tabel 5.1** tahapan perbaikan pada pelat pasca kebakaran dengan tingkat kerusakan, kerusakan ringan diperbaiki dengan cara *sandblasting*. Sedangkan untuk kerusakan sedang diperbaiki dengan cara injeksi dan kerusakan berat diperbaiki dengan cara *grouting*. Tahapan perbaikan dengan *sandblasting* hanya dengan membersihkan permukaan pelat lantai. Perbaikan dengan injeksi meliputi pemasangan *nappe*, *sealant* dan pemasangan selang penghubung. Perbaikan dengan *grouting* meliputi *chipping*, *drilling*, pemasangan *shear connector* dan bekisting.

5.4.1 Perbaikan Strukur Pelat Untuk Kerusakan Ringan

Kerusakan yang terjadi pada pelat pasca kebakaran memiliki klasifikasi tingkat kerusakan yaitu kerusakan ringan, sedang dan berat. Tahapan perbaikan pelat stuktur pasca kebakaran untuk kerusakan ringan sebagai berikut.

5.4.1.1 Perbaikan Struktur Pelat Dengan *Sandblasting*

Sandblasting adalah suatu proses pembersihan dengan cara menembakan partikel (pasir) kesuatu permukaan pelat sehingga menimbulkan gesekan atau tumbukan. Permukaan pelat tersebut akan menjadi bersih dan kasar. Tingkat kekasarannya dapat disesuaikan dengan ukuran pasirnya serta tekanannya. Prinsip utama kerja *Sandblasting* adalah menyemprotkan pasir bertekanan udara tinggi ke permukaan pelat yang terbakar pasca kebakaran agar permukaan pelat menjadi bersih dari kotoran hitam atau debu sisa dari pasca kebakaran yang berada di permukaan pelat. Ilustrasi cara kerja sanblasting dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 5.10 Prinsip Kerja *Sandblasting*
(www.google.com)

Dari gambar 5.10 diatas merupakan ilustrasi perbaikan pelat dengan *sandblasting*. Ilustrasi tersebut menggambarkan pekerjaan pelaksanaan *sandblasting*. Adapun bahan, alat dan langkah-langkah pekerjaan perbaikan pelat dengan sandblasting sebagai berikut.

1. Bahan yang digunakan:
 - a. Pasir Silika

Pasir silika adalah salah satu mineral yang umum ditemukan di kerak bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi (*silikon dioksida*, SiO_2), dengan skala kekerasan Mohs 7 dan

densitas $2,65 \text{ g/cm}^3$. Pasir silika terdiri dari butiran atau partikel kecil dari mineral dan fragmen batuan. Pasir silika yang sangat terkenal di Indonesia adalah pasir silika Bangka dan pasir silika Tuban. Kegunaan pasir silika pada proyek Plaza Sukaramai untuk membersihkan permukaan pelat lantai dari kotoran akibat kebakaran. Pasir silika yang digunakan berbutir kasar dan kering.

2. Alat yang digunakan:

a. *Compressor*

Compressor adalah mesin atau alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan atau memampatkan fluida gas atau udara. Kompresor biasanya menggunakan motor listrik, mesin diesel atau mesin bensin sebagai tenaga penggerak. Udara bertekanan hasil dari kompresor biasanya diaplikasikan atau digunakan pada pengecatan dengan teknik *spray/air brush*, untuk mengisi angin ban, pembersihan, pneumatik, gerinda udara (*air grinder*) dan lain sebagainya. Dalam pelaksanaan proyek Plaza Sukaramai *compressor* yang digunakan bertekanan yang tinggi sehingga dapat memberikan tekanan angin pada saat penyemprotan/pembersihan permukaan pelat.



Gambar 5.11 Mesin *Compressor*
(Dokumentasi, 2017)

Dari Gambar 5.11 mesin *compressor* digunakan pada saat pekerjaan sandblasting. Mesin *compressor* memberikan tekanan angin yang disalurkan melalui selang.

a. Selang

Selang adalah sebagai alat penghubung antara mesin compressor dan tabung sagola pada saat menyemprotkan material *sandblasting* yaitu pasir silika dari tabung sagola dengan menggunakan tekanan angin dari mesin *compressor*. Selang yang digunakan dalam pelaksanaan proyek Plaza Sukaramai berbahan karet dan berukuran 1 inchi sehingga mudah digunakan pada saat penyemprotan atau pembersihan permukaan pelat lantai.



Gambar 5.12 Selang Sandblasting
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.12 Selang yang digunakan saat sandblasting dilakukan. Selang mengaliri tekanan angin dan sebagai penghubung dari mesin compressor.

b. Tabung Blasting/Sagola

Tabung *sagola* adalah tabung yang digunakan sebagai tempat material pasir silika pada saat proses *sandblasting*. Tabung *sagola* mampu menampung 3 karung pasir silika dengan berat 30 kg. Ketika pada saat proses *sandblasting*, pasir tersebut dikeluarkan dengan menggunakan selang dengan tekanan angin dari mesin *compressor*.



Gambar 5.13 Tabung *Blasting/Sagola*
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.13 tabung sagola sebagai tempat atau wadah untuk material sandblasting. Tabung sagola mampu menampung 3 karung pasir silika dengan berat 30 kg. dari tabung sagola ini material dikeluarkan dan ditembakkan ke permukaan pelat lantai.

3. Langkah – langkah pekerjaan Injeksi:
 1. Mempersiapkan alat dan bahan seperti *compressor*, tabung *sagola*, pasir silika, dan selang.
 2. Tentukan daerah atau lokasi yang akan di *sanblasting*
 3. Pasir silika yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam tabung *sagola*, pasir harus dalam keadaan kering. Kapasitas pasir yang dimasukkan seharusnya adalah 80% dari volume tabung sagola, hal ini bertujuan untuk mengurangi resiko pasir yang terbuang akibat tumpah. Untuk pengisian kembali dapat dilakukan setelah volume berkurang hingga 40%.
 4. Setelah pasir dimasukkan ke tabung *sagola*, makakatup tabung *sagola* dibuka. Katup inilah yang menjadi jalur keluar pasir sebelum dan selama di beri tekanan udara.

5. Menyalakan mesin *compressor*, untuk mengalirkan tekanan angin ke tabung *sagola*. Tekanan angin yang diperlukan sebesar 7 bar.
6. Pasir bertekanan akan keluar dan semprotkan ke arah permukaan pelat yang kotor atau pelat yang ada noda hitam pasca kebakaran. Tekanan pasir pada saat proses *sandblasting* akan berkurang tergantung panjang selang dan jarak bentang antara *compressor* dan tabung yang digunakan. Semakin pendek selang dan semakin dekat jarak penyemprotan pelat maka semakin besar pula tekanannya. Jarak tembakan sekitar 1.5 m dari permukaan pelat.
7. Permukaan pelat yang kotor terkena *sandblasting* akan menghilangkan kotoran hitam sisa kebakaran atau membersihkan permukaan yang berdebu. Pembersihan ini akan menimbulkan tekstur kasar yang sangat berpengaruh pada hasil pelat setelah *sandblasting*.
8. Setelah semua pelat selesai di *sandblasting* maka sebelum dilakukan perbaikan permukaan pelat harus dicek permukaan pelat harus benar bersih dan semua kotoran, debu-debu hilang yang kemungkinan masih menempel pada permukaan pelat.
9. Jika semua tahapan *sandblasting* sudah selesai, pelat terlihat bersih atau terlihat retak-retak yang berada di permukaan pelat dan pelat yang rusak.

5.4.2 Perbaikan Struktur Pelat Untuk Kerusakan Sedang

Kerusakan yang terjadi pada pelat pasca kebakaran memiliki klasifikasi tingkat kerusakan yaitu kerusakan ringan, sedang dan berat. Tahapan perbaikan pelat struktur pasca kebakaran untuk kerusakan sedang sebagai berikut.

5.4.2.1 Perbaikan Struktur Pelat Dengan *Injection*

Metode perbaikan dengan *epoxy injection* dilaksanakan pada retak yang bersifat struktural (retak rambut dan retak tembus) bertujuan untuk merekatkan kembali beton yang mengalami pemisahan. Adapun bahan, alat dan langkah-langkah pekerjaan *injection* sebagai berikut.

1. Bahan-bahan yang digunakan:

- a. Selang merupakan alat untuk penghubung antara *napple* satu dengan *napple* yang lainnya. Selang yang digunakan berbentuk karet dengan ukuran 3/16 inch/5 mm. Selang ini dihubungkan antar *napple* dan di mesin LPI (*Low Pressure Injection*) ketika proses injeksi dilakukan.



Gambar 5.14 Selang Penghubung Antar*Napple*
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.14 Selang penghubung dipasang diantara *napple* dan selang ini juga sebagai alat untuk mengalirkan atau memasukkan material injeksi untuk mengisi celah-celah retakan pada saat penginjeksian pelat.

- b. *Napple* merupakan tempat untuk memasukkan bahan cairan material injeksi pada saat penginjeksian ke permukaan pelat yang mengalami retakan. Ada 2 *napple* yang digunakan yaitu *napple* berbentuk paku payung dan berbentuk T. *Napple* berbentuk paku payung tempat memasukkan cairan injeksi *epoxy* ke dalam celah retakan dan *napple* berbentuk T sebagai tempat penghubung selang ke *napple* yang lain nya.



Gambar 5.15 *Napple* Injeksi
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.15 *napple* injeksi digunakan untuk memasukkan material injeksi kedalam celah retakan dan sebagai tempat penghubung selang saat aliran injeksi dialiri kedalam celah retakan.

- c. *Estobond EC Hard* 1 kg dan *Estobond EC Base* 4 kg merupakan material yang digunakan pada saat proses injeksi. Material injeksi *Estobond EC Hard* 1 kg dan *Estobond EC Base* 4 kg berfungsi sebagai lem/perekat *napple* di permukaan pelat. Materialnya berbentuk cairan, tetapi cairannya yang agak kental sangat cepat mengering apabila lama terkena udara dan 2 cairan ini di campur dengan perbandingan 1 berbanding 2 dari material *Estobond EC Hard* 1 kg dan *Estobond EC Base* 4 kg.



Gambar 5.16 *Estobond EC Hard* 1 kg dan *Base* 4 kg.
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.16 merupakan bahan material injeksi yang akan digunakan pada saat perbaikan pelat dilaksanakan. Terdapat 2 bahan material yaitu *Estobond EC Hard* 1 kg dan *Estobond EC Base* 4 kg. bahan ini sebagai sealent/lem pada *napple* di area retakan.

- d. Bahan Material Injeksi *Estorex DP Hard* 1.7 kg dan *Estorex DP Base* 3.3 yang berfungsi sebagai pengisi rongga pada celah retakan dan mengembalikan atau menyatukan celah retakan yang terjadi. Materialnya berbentuk cairan yang agak kental dan cepat mengering apabila terkena udara. Material *Estorex DP Hard* 1.7 kg dan *Estorex DP Base* 3.3 dicampur dengan perbandingan 1 berbanding 3.



Gambar 5.17 *Estorex DP Base 3.3 kg dan Hard 1.7*
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.17 merupakan bahan material injeksi yang akan digunakan pada saat perbaikan pelat dilakukan. Terdapat 2 bahan material yaitu *Estorex DP Hard 1.7 kg* dan *Estorex DP Base 3.3 kg*. bahan ini sebagai pengikat atau mengisi celah retakan pada pelat melalui napple di area retakan.

2. Alat-alat yang digunakan:

a. *Compressor* mini (compressor kecil)

Compressor mini merupakan alat untuk memberikan tekanan angin pada saat proses injeksi. Tekanan yang diberikan tidak boleh terlalu besar karena dapat membuat hancur beton ketika proses injeksi pada saat material injeksi masuk kedalam celah retakan. *Compressor* dihubungkan dengan mesin LPI (*Low Pressure Injection*) sebelum menembakkan cairan material injeksi.



Gambar 5.18 *Compressor Mini*
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.18 compressor mini yang digunakan sebagai alat untuk memberikan tekanan angin melalui mesin LPI (*Low Pressure Injection*) yang dialirkan ke selang dan napple.

- b. LPI (*Low Pressure Injection*) merupakan tempat meletakkan material injeksi sebelum diberikan tekanan dari compressor pada saat melakukan pekerjaan injeksi. Mesin LPI dihubungkan dengan compressor mini menggunakan selang. Tekanan angin dari *compressor* tersalurkan ke mesin LPI dan ditembakkan kedalam celah retakan.



Gambar 5.19 *Low Pressure Injection*
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.19 mesin LPI (*Low Pressure Injection*) sebagai wadah material injeksi ketika proses penginjeksian. LPI juga sebagai penghubung mesin compressor dan selang. Di mesin LPI kita dapat mengatur tekanan angin yang dikeluarkan pada saat proses injeksi dilakukan.

3. Langkah – langkah perkerjaan Injeksi:

- a. Pembersihan (*Sandblasting*)

Sandblasting adalah suatu proses pembersihan dengan cara menembakan partikel (pasir) kesuatu permukaan material sehingga menimbulkan gesekan atau tumbukan. Permukaan material tersebut akan menjadi bersih dan kasar. Tingkat kekasarannya dapat disesuaikan dengan ukuran pasirnya serta tekananya. Prinsip utama kerja *Sandblasting* adalah menyemprotkan pasir

bertekanan udara tinggi ke permukaan pelat yang terbakar agar permukaan pelat menjadi bersih dari kotoran atau debu sisa dari pasca kebakaran.

b. Pemasangan *Napple*

Kaki *napple* diolesi dengan *Sealent Agent (Estobond EC)* agar *napple* dapat melekat pada permukaan retakan beton. *Napple* dipasang dengan menggunakan stick *napple*. Posisi *napple* harus tegak lurus dan kemudian ditekan sampai *napple* tidak bergerak lagi, selanjutnya stick *napple* ditarik kembali. Jarak pemasangan *napple* satu dengan lainnya berkisar antara 15 s/d 20 cm. Untuk memasang *napple* dibutuhkan *escafoolding* untuk tempat menginjak atau tempat berdirinya pekerja pada saat pemasangan *napple* pada permukaan pelat.

c. Pemasangan *Sealent*

Setelah *napple* tidak bergerak, selanjutnya dipasang penutup retakan dengan *sealent* yaitu *Estobond EC Hard* 1 kg dan *Estobond EC Base* 4 kg dengan perbandingan 1:2 dalam pencampurannya, agar tidak terlepas atau tanggal pada saat dipasang. Pastikan *napple* yang telah diberi *sealent* benar-benar telah kuat dan pada saat penginjeksian material *epoxy* masuk kedalam celah-celah retakan.

d. Pemasangan Instalasi *Napple* dan selang penghubung

Setelah ± 8 jam “ T “ pembagi dipasang pada *napple*, kemudian *napple* tersebut dihubungkan dengan *napple* yang lain dengan menggunakan *Connected tubing* (selang penghubung) dalam satu rangkaian. Setiap rangkaian terdiri dari 5-7 *napple* yang disambungkan dalam suatu jaringan tertutup dengan 2-3 rangkaian lainnya, sehingga dalam satu jaringan terdapat antara 5 s/d 7 *napple*. Untuk membagi aliran cairan *Epoxy* pada setiap ujung rangkian digunakan “ T “ pembagi yang kemudian dihubungkan dengan mesin injeksi LPI dengan menggunakan selang penghubung.

e. *Mixing* dan Injeksi *Epoxy*

Setelah instalasi siap terpasang, maka dilakukan *mixing* (campuran) dengan menggunakan tabung pengaduk. Pencampuran material *Estorex DP Hard* 1.7 kg dan *Estorex DP Base* 3.3 kg dilakukan sesuai dengan persyaratan, yaitu

Hard : Base = 1 : 3 untuk memperoleh campuran yang homogen digunakan *mixer* dan *padle mixer* yang sesuai, yaitu yang berkecepatan rendah atau dengan manual. Setelah cairan *Epoxy* mencapai homogenitas, maka cairan tersebut dimasukkan ke dalam tabung injeksi pada mesin *LPI* untuk segera dilakukan proses injeksi.

f. Sebelum penginjeksian, pastikan *compressor* mini hidup dan pastikan tekanan angin yang diberikan tidak boleh kuat karena dapat merusak *napple* dan membuat cairan *epoxy* tumpah dari *napple* yang ada di permukaan pelat. Tekanan dari *compressor* ke *LPI* berkisar 2-3 bar. Selama proses injeksi berlangsung dilakukan pengawasan pada :

1. Sumber tekanan dan *Compressor*
2. Cairan dalam tabung yang dapat menimbulkan panas akibat cairan mendekati waktu setting dan persiapan *mixing* jika cairan dalam tabung sudah mendekati habis.
3. *Napple* yang sedang diinjeksi untuk segera ditutup bila sudah penuh dan ada lobang kontrol untuk melihat cairan *epoxy* apabila sudah masuk dan penuh.
4. waktu saat injeksi harus benar-benar dilakukan dengan baik dan pastikan material injeksi yang diberi tekanan masuk ke dalam celah-celah retakan dan tidak boleh hanya sekedar masuk saja. Proses injeksi dianggap selesai apabila terlihat tanda-tanda sebagai berikut:
 - a. Kecepatan aliran *Epoxy* terlihat sangat lambat
 - b. Pada sela-sela kaki *napple* timbul cairan *epoxy* juga pada retakan lain yang jaraknya berdekatan pada retakan yang sedang mengalami proses injeksi.

g. *Finishing*

Setelah \pm 12 Jam atau 24 jam cairan *epoxy* sudah berfungsi dengan baik sehingga *napple* sudah dapat dipotong dengan gerinda.

5.4.3 Perbaikan Strukur Pelat Untuk Kerusakan Berat

Kerusakan yang terjadi pada pelat pasca kebakaran memiliki klasifikasi tingkat kerusakan yaitu kerusakan ringan, sedang dan berat. Tahapan perbaikan pelat stuktur pasca kebakaran untuk kerusakan sedang sebagai berikut.

5.4.3.1 Perbaikan Struktur Pelat Dengan *Grouting*

Grouting adalah sebuah pekerjaan untuk mengisi celah atau rongga dalam sebuah struktur. Material yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah material yang tidak memiliki sifat susut dan bahkan cenderung memiliki karakteristik *expand/* mengembang dalam skala kecil biasanya antara 0,5 % s/d 1,5 %. Adapun bahan, alat dan langkah-langkah pekerjaan *grouting* sebagai berikut.

1. Bahan-bahan yang digunakan:
 - a. *Estop Grout* 30 kg merupakan material *grouting* yang digunakan pada saat proses *grouting*. Bahan material *estop grout* berbahan semen dan langsung tercampur dengan pasir serta krikil didalamnya. Namun material *estop grout* didalam nya terdapat kandungan kimia dan dapat meningkatkan mutu beton. *Estop grout* dalam pelaksanaan pekerjaanya hanya dicampur dengan air saja.



Gambar 5.20 *Estop Grout* 30 kg
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.20 bahan material *grouting* yang digunakan pada saat perbaikan pelat. *Estop grout* memiliki bahan pasir, semen, batuan kecil didalamnya. Kandungan kimia juga ada didalam bahan ini karena mempunyai mutu yang sangat tinggi.

2. Alat-alat yang digunakan:

- a. *Compressor* adalah untuk memberikan tekanan angin pada saat proses *grouting* pelat lantai. *Compressor* yang digunakan berukuran besar sehingga dapat memberikan tekanan yang cukup kuat pada saat proses *grouting*. Mesin *compressor* dihubungkan ke tabung sagola yaitu tempat wadah material *grouting* dimasukkan sebelum di tembakkan kedalam cetakan pelat/bekisting pelat yang diperbaiki.



Gambar 5.21 *Compressor Grouting*
(Dokumentasi, 2017)

- b. Tabung sagola adalah tempat atau wadah material *estop grouting* pada saat *grouting* ditembakkan ke permukaan pelat yang akan di perbaiki. Tabung sagola berbahan besi dan kuat sebagai wadahnya. Tabung sagola dihubungkan dengan mesin *compressor* menggunakan selang *grouting* yang berbahan karet dengan ukuran 1 inch.



Gambar 5.22 Tabung Sagola
(Dokumentasi, 2017)

- a. Selang adalah tempat sarana menembakkan material estop grout yang ada didalam tabung sagola ke pelat lantai yang akan di *grouting*. Selang terhubung dari tabung sagola, dan material ditembakkan ke permukaan pelat yang diperbaiki dari mesin compressor yang memberi tekanan ke tabung sagola dan dikeluarkan menggunakan selang.



Gambar 5.23 Selang *Grouting*
(Dokumentasi, 2017)

- b. *Hoist* merupakan alat pengangkat untuk mengangkat bekisting pelat sebelum *grouting* lantai dilakukan. Bekisting diangkat dengan mengaitkan *hoist* ke ujung bekisting lalu ditarik menggunakan *remote*. *Hoist* berbahan tali kawat baja dan cukup kuat pada saat menarik bekisting ke atas permukaan pelat yang akan di *grouting*.



Gambar 5.24 *Hoist*/alat pengangkat
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.24 alat *hoist* yang digunakan untuk mengangkat bekisting pelat lantai dari bawah keatas. Tali baja hoist di masukan kedalam lobang yang sudah dibor pada pelat.

- c. *Mixer* merupakan alat untuk mengaduk material *estop grout* yang telah dicampur dengan air sehingga material *estop grout* tercampur merata pada saat *grouting* pelat lantai. *Mixer* digerakkan dengan bantuan listrik dan digerakkan menggunakan tombol sebagai penggerakannya. Diujung *mixer* ada besi spiral berbentuk lingkaran dan besi tersebut yang memutar pada saat proses pengadukan ketika mesin *mixer* digerakkan.



Gambar 5.25 *Mixer*/alat pengaduk
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.25 alat *mixer* atau pengaduk material grouting. *Mixer* di hubungkan dengan listrik dan sangat cepat dalam proses pengadukan.

- d. Mesin *coring* merupakan alat untuk melobangkan pelat lantai dengan ukuran selang *grouting* sebelum proses *grouting* dilakukan. untuk memasukkan material *grouting* pada saat *grouting* pelat lantai kita harus *mencoring* permukaan pelat dengan ukuran lobang *coring* sebesar 2 inch. Mesin *coring* digerakkan dengan bantuan listrik dan digerakkan dengan memutar setang yang ada pada mesin *coring* dan *coring*an berputar menyesuaikan putaran dari setang *coring* tersebut.



Gambar 5.26 Mesin *Coring*
(Dokumentasi, 2017)

Pada Gambar 5.26 mesin *coring* yang digunakan untuk melobangi pelat lantai. Lobang hasil coringan sebagai cara untuk memasukkan material *grouting* dari atas permukaan pelat. Coringan disesuaikan dengan selang yang digunakan untuk memasukkan material *grouting*.

3. Langkah – langkah pekerjaan *grouting*:

Tahapan perbaikan pelat dengan metode *grouting* :

a. Pekerjaan *Chipping*

Pekerjaan *chipping* dimaksudkan untuk mengupas beton yang sudah mengalami *spalling* atau *crack*, *chipping* dilakukan hingga ketebalan tertentu, atau sampai tulangan terlihat dan ada jarak kira-kira satu jari dengan permukaan beton yang lama. Dalam proyek Plaza Sukaramai ini dibuat untuk *chipping* pada balok/kolom ± 7 Cm dan untuk pelat 5-8 cm. Untuk pelaksanaan *chipping* dipergunakan *Electric Hammer Drill* atau mesin *Drill* merk *BOSCH* dan *HILTI* dengan kapasitas 8 – 10 kg, yang dimaksud untuk menghindari getaran yang berlebihan. Apabila pelaksanaan *chipping* sudah selesai, maka hasil *chipping* dibersihkan dengan *High Pressure Water Jetting/bonding* dengan alat semprot dengan maksud untuk membersihkan

hasil chipping dari sisa-sisa debu dan sekaligus memberikan penjenjuran terhadap beton *existing*.

b. Pekerjaan penyambungan besi

Pekerjaan penyambungan besi tulangan pada pelat ditujukan untuk pelat yang mengalami kerusakan spalling, dan pada daerah yang mengalami spalling terdapat sambungan besi yang hilang atau putus. Besi yang mengalami putus besi atau hilang disambung kembali sesuai dengan keadaan semula atau *existing* bangunan yang lama. Untuk ukuran besi tulangan disesuaikan dengan kebutuhan dilapangan/mengikuti bangunan *existing* yang lama. Untuk proyek plaza sukaramai menggunakan besi diameter 13.

c. Pekerjaan Shear Connector

Pekerjaan Shear connector pada pelat dilakukan ketika pekerjaan chipping dan penyambungan besi tulangan selesai dikerjakan. Shear connector bertujuan untuk sebagai pengikat dan sebagai penyatu antara beton lama dengan beton yang baru. Pekerjaan shear connector dilakukan dengan cara: mengebor permukaan pelat dengan alat mesin bor *Bosch DRE* dengan kedalaman 5cm. Setelah di bor permukaan pelat diberi besi tulangan polos dengan diameter 10 dan dimasukkan kedalam lobang yang sudah di bor. Kemudian diberi material chemical ankur untuk menempel dan perekat besi tersebut. Sebelum dilakukan pemasangan bekisting, permukaan pelat disemprot / bonding dengan cairan *Sika Bond* yang berfungsi untuk menambah daya rekat adukan mortar dan untuk sambungan pengecoran antara beton lama dan beton baru.

d. Pekerjaan Table foam/ Bekisting

Table *foam/bekisting* dibuat bentuknya sesuai dengan kebutuhan, bekisting tersebut dibuat dari bahan multiplek lapis film/triplek *pinolid* dengan ketebalan 18 mm. Untuk perletakan triplek *pinolid* dibuat dengan menggunakan material besi hollow dengan ukuran 4x6cm. Ukuran table *foam/bekisting* pelat dengan panjang 4.8m dan lebar 3.6m. Pekerjaan

pembuatan *table foam* untuk bekisting dilakukan dengan menggunakan peralatan : Mesin las listrik , mesin potong dan alat bantu lainnya. Pemasangan *table foam* untuk bekisting di lapangan dilakukan dengan menggantung cetakan tersebut menggunakan *Hoist*/alat pengangkat.

e. Pekerjaan *Coring*

Pekerjaan *coring* dilakukan untuk melobangi permukaan atas pelat agar dapat memasukkan material *grouting* pada saat pengecoran. Lubang *coring* berukuran 2 *inch* dengan menggunakan mesin *coring*.

f. Pekerjaan *Pouring/Grouting*

Pekerjaan *pouring* adalah pekerjaan pelapisan/pengecoran beton pada bagian beton yang dikupas/*chipping* untuk mengembalikan pada dimensi awal dari komponen struktur yang lama. Ketebalan *pouring/grouting* pada pelat bagian bawah adalah 5-10 cm. Persiapan pekerjaan *pouring*:

1. Tentukan daerah mana yang akan di *grouting*.
2. Lakukan *coring* di daerah yang akan di *grouting*. Untuk ukuran 1 *table foam*, *coring* dilakukan 5 kali *coring* dengan jarak *coring* berkisar 1 meter antara lobang satu dengan lobang lain. Masing-masing sudut diberi 2 lobang dan 1 lobang ditengah.
3. Sebelum dilakukan *pouring/grouting*, dilakukan persiapan terhadap bekisting pelat. Bekisting diberi busa merah dan stroafoam di tepi/pinggiran bekisting untuk menutup celah-celah bekisting agar material *grouting* pada saat di *grouting* tidak tumpah atau keluar dari bekisting.
4. Kemudian permukaan pelat lantai di semprot atau diberi material *Sika Bond*.
5. Setelah itu bekisting dipasang dengan menggunakan *escaffolding* dan *hoist*. Bekisting diangkat dengan menggunakan *hoist* dan ditahan dari bawah dengan menggunakan *escaffolding*.

6. Peralatan yang digunakan pada saat grouting, yaitu tabung *sagola*, mesin *compressor*, selang *grouting* \varnothing 1 ½ inch dan *hand mixer*. untuk mencampur material *cement grouting* dengan air bersih dengan takaran airnya 3.5 – 4 liter dan diaduk dengan menggunakan *mixer*. Pada saat *mixer* material *grouting* harus sampai merata dan tidak boleh kebanyakan air dan terlalu encer karena dapat mempengaruhi material *grouting* tersebut.
7. Tabung *sagola* dihubungkan dengan lubang yang telah di *coring* dengan menggunakan selang \varnothing 1 ½ inch. Setelah instalasi siap, maka dilakukan pencampuran material *cement grouting* 30 kg dengan air, pencampuran dilakukan menggunakan peralatan *hand mixer* yang mempunyai *mixer* berbentuk *spiral*, kecepatan pengadukan adalah 100 sampai 200 putaran per menit. Pengadukan dilakukan pada ember pengaduk dengan 1 *cement grouting* dicampur dengan \pm 3,7 liter air bersih selama \pm 5 – 7 menit sampai terlihat material tercampur merata.
8. Setelah material *grouting* di *mixer* sampai merata, kemudian material *grouting* yang telah tercampur tersebut dituang ke dalam tabung *sagola* untuk selanjutnya dimasukan ke dalam cetakan/bekisting dengan menggunakan tekanan *compressor* sebesar 2–3 bar sampai merata memenuhi seluruh ruang didalam cetakan/bekisting tersebut.
9. Setelah material *grouting* didalam cetakan/bekisting dipenuhi oleh material yang terindikasi dengan keluarnya material dari lubang *outlet* di permukaan pelat, maka tekanan dihentikan dan selang pada lubang dikeluarkan dan lubang *inlet* ditutup dengan menutup lobang tersebut menggunakan kain atau pipa dan selanjutnya bekisting dibuka setelah waktu *setting* dari material terlampaui atau \pm 2 sampai 3 hari. Untuk 1 ukuran *table foam* waktu *grouting* yang dibutuhkan berkisar 20-30 menit dan menghabiskan 50- 70 sak tergantung keadaan dilapangan.

5.4.3.2 Perbaikan Struktur Pelat Dengan Metode *Stress Realease*

Stress Realease adalah sistem pengangkatan pelat lantai yang mengalami lendutan akibat kebakaran atau kesalahan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur. *Stress Reales* sendiri metode baru yang digunakan dengan sistem dongkrak/angkat dalam pelaksanaannya. Pelat yang melendut yang mampu diangkat berkisar 6 – 8 cm. pelat yang melendut pasca kebakaran harus diperbaiki karena dapat berpengaruh pada struktur bangunan. Metode *Stress Realease* hanya dilakukan oleh PT. Andalan Utama Perkasa dan PT. Tambarang Elastika Mas dan termasuk metode yang baru dijumpai pada saat ini.

Alat dan Bahan yang digunakan dalam metode *Stress Realease*:

1. Baja WF dan CNP merupakan tempat perletakan angkur diatas pelat melendut yang akan diangkat pada saat *stress release*.
 2. Angkur besi berukuran 1 inch
 3. Kunci inggris merupakan alat untuk memutar baut yang berada di angkur pada saat *stress release* dilakukan. Baut diputar sehingga pelat yang melendut naik secara perlahan.
 4. Baut
 5. Mesin las
 6. *Chemical* angkur merupakan bahan pengikat atau lem untuk melekatkan angkur di pelat pada saat sebelum dilakukannya *stress release*. Sebelum memberi *chemical* angkur, pelat dibor menggunakan mesin bor dengan kedalaman 3 cm dengan ukuran angkur yang telah ditentukan.
- a. Langkah–langkah pekerjaan dalam metode *stress realease*:
1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan
 2. Ukur dan tentukan jarak tiap susunan angkur ulir dan baja wf pada pelat lantai
 3. Setelah menentukan ukuran dan jarak, pasang dan letakkan baja wf di atas pelat yang melendut dan angkur ulir.

4. Sebelum melekatkan atau meletakkan angkur ulir, bor pelat lantai menggunakan mesin *drill* kedalaman 5 cm untuk membuat lubang perletakkan angkur ulir. lalu beri bahan chemical angkur untuk memasukkan angkur kedalam lubang yang sudah di bor dan tunggu sampai *chemical* angkur kering
5. Setelah memasang beberapa angkur ulir dengan titik yang sudah ditentukan, Kemudian las angkur ulir dan baja wf diantara angkur ulir tersebut menggunakan mesin las agar perkuatan antara baja wf dan angkur ulir mempunyai kekakuan dan kesatuan yang kuat dan diberi baut dibagian bawah baja wf yang dilas dengan angkur ulir serta bagian atas baja wf dan angkur ulir.
6. Setelah semua terpasang , pengangkatan pelat yang melendut pasca kebakaran bisa di lakukan dengan cara baut yang berada di beberapa titik , angkur ulir di putar dengan menggunakan kunci *inggris* secara serentak dengan sistem dongkrak.
7. Ketika melakukan pengangkatan perhatikan setiap baut yang diputar, pastikan baut yang diputar benar-benar terputar dengan baik dan lihat setiap pergerakan pelat yang terangkat.
8. Setelah pelat lantai terangkat, metode *Stress Realease* berhasil dilakukan.



Gambar 5.27 *Stress Realease* Pelat
(Dokumentasi,2017)



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengamatan visual kondisi kerusakan elemen Pelat struktur pada lantai 1, lantai 2, lantai 3 dan dak atap pasca kebakaran telah mengalami keretakan (*Cracks*) padalapisan beton pelat dan pengelupasan (*Spalling*) selimut beton atau bagian permukaan beton yang terlepas dalam bentuk kepingan atau bongkahan kecil dari pelat existing. Pada beberapa pelat struktur kondisi permukaan selimut beton hanya terdapat retak rambut.
2. Berdasarkan hasil analisa peneliti, pada perbaikan *metode Stress Realease* menggunakan *SAFE* untuk beton pelat setelah terjadinya kebakaran yang berdimensi 6x6m dengan mutu beton 7 Mpa setelah kebakaran (diambil mutu beton kerusakan berat), yakni didapat Momen yang dapat menyebabkan terjadinya retak $M_{cr} = 74,08 \text{ KNm}$. Momen maksimum yang didapat pada saat metode *Stress Realease* dilakukan (diambil M22) $= 23,836 \text{ KNm}$ dan gaya angkat pelat yang melendut sebesar 7 cm didapat gaya-gaya pada setiap angkur saat dilakukannya pengangkatan pelat struktur yang melendut $P = 7 \text{ ton}$ untuk mengembalikan pelat yang melendut ke posisi semula. Dari hasil perhitungan maka dapat dilihat bahwa metode *Stress Realease* dapat membantu mengangkat pelat *existing* yang melendut akibat kebakaran.
3. Tahapan Perbaikan pelat pasca kebakaran dilakukan berdasarkan tingkat kerusakan. Kerusakan sangat berat diperbaiki dengan cara dibongkar dan dikembalikan dengan *existing* yang lama. Kerusakan berat dilakukan dengan metode *grouting* menggunakan bahan *estop grouting*. Kerusakan sedang dilakukan perbaikan menggunakan metode

injeksi dengan bahan *epoxy* dan Kerusakan ringan pelat dibersihkan dari kotoran pasca kebakaran dengan cara *sandblasting*.

6.2 Saran

1. kondisi kekuatan struktur pelat pada lantai 1 dan 3 terdapat kerusakan tinggi, disarankan dalam proses perbaikan struktur perlu dilakukan pengecekan terhadap setiap perbaikannya agar tidak menimbulkan kerusakan struktur kedepannya.
2. Perlunya peninjauan kembali pada setiap perbaikan pelat stuktur yang telah dilakukan dalam pelaksanaan dan pemilihan bahan material pada pekerjaan perbaikan struktur mengingat kedepan bangunan digunakan untuk pusat perbelanjaan dan komponen struktur dalam kondisi pasca kebakaran.
3. Dalam penelitian ini masalah yang ditinjau hanya kerusakan pada pelat struktur dan beton saja, dan tidak mencakup yang lain dan penelitian ini banyak yang belum dibahas dan diharapkan pada penelitian selanjutnya bisa lebih membahas tentang yang lebih spesifik dalam perbaikan pelat struktur pasca kebakaran dan bisa bermanfaat untuk kedepan dalam ilmu perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprianto, M. Darmawansyah . 2014. *Kekuatan Sisa Struktur Gedung Kantor Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Pasca Kebakaran*. Makasar : Jurnal Tugas Akhir Program Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Anggraeni, Happy Silvana. Eddy Eko Susilo dan Sonny Wedhanto. 2013. *Perbandingan Kekuatan Beton Berdasarkan Hasil Ultrasonic Pulse Velocity Test Dengan Uji Tekan (020m)*. Surakarta : Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7) Universitas Sebelas Maret.
- CV. Lajuna Consultant. 2017. *Lanjutan Pembangunan Pengembangan dan Perluasan Laboratorium Mikrobiologi, Terapeutik dan Pangan*. Surabaya: CV. Lajuna Consultant. 2017
- Faisal Rizal. 2008. *Evaluasi Kekuatan Dan Metode Perbaikan Struktur Beton Pada Gedung Pasca Kebakaran*. Lhokseumawe: Tugas Akhir Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Hartono dan Jeffry F Tumatar, 2010. Perbaikan Dan Perkuatan Struktur Beton, <http://jeffryfrankytumatar.blogspot.co.id/2010/03/perbaikan-dan-perkuatan-struktur-beton.html> di akses pada 7 September 2017
- Imran, Iswandi dan Zulkifli, Ediansjah 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*, Bandung : Penerbit ITB
- Latip, Abdullah. 2016. *Analisa Kinerja Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran*. Makasar : Journal INTEK. 2016, Volume 3 (2): 91-101
- PT. Andalan Utama Perkasa. 2016. *Laporan Final Pekerjaan Assessment Struktur Plaza Sukaramai Pekanbaru*. Pekanbaru : PT. Andalan Utama Perkasa
- PT. Niaga Artha Chemcons, *Grouting untuk mengisi celah dan perbaikan pada beton*. <https://niagaartha.blogspot.co.id/p/grouting.html>. Diakses pada 21 Juli 2017
- Riza Miftakhur Muhammad, 2011. *Renovasi Beton Pasca Kebakaran*. <http://www.perencanaanstruktur.blogspot.com/2011/01/jasaperencanaan-pengembangan-evalusaidesainstruktur>. Di akses pada 21 Juli 2017

- Sulendra, I Ketut dan Burhan Tatong. 2007. *Analisis Material Beton Bertulang Pasca Kebakaran Dan Metode Perbaikan Elemen Strukturnya*. Semarang : Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil Universitas Diponegoro Tahun 16, No. 1 Pebruari 2008
- Suban, 2012. *Analisis Kekuatan Balok Pada Gedung Makassar Mall Pasca Kebakaran*, Makassar: Tugas Akhir Program Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Sofyan Roza Elvi, Amri Syaiful dan Alwys Munafri. 2014. *Kajian Kelayakan Struktur Bangunan Pasca Kebakaran (Studi Kasus Gedung Pasar Koppas)*. Padang: Tugas Akhir Program Studi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang Kampus Limau Manis Padang
- Wijaya, Andi Aslam Satria. 2015. *Perkuatan Ruko Pasar Sentral Pasca Kebakaran*. Makasar: Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الْجَامِعَةُ الْإِسْلَامِيَّةُ الرَّيُّوْنِيَّةُ

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution No.113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia - 28284
Telp. +62 761 674674 Email: fakultas_teknik@uir.ac.id Website: www.eng.uir.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIARISME

Nomor: 0272 /A-UIR/5-T/2019

Fakultas Teknik Universitas Islam Riau menerangkan bahwa Mahasiswa/i dengan identitas berikut:

NAMA	MOH QODRI KATINO
NPM	12 311 0687
PROGRAM STUDI	TEKNIK SIPIL

Judul Skripsi :

PENANGANAN PERBAIKAN PELAT STRUKTUR PADA BANGUNAN PASCA KEBAKARAN (SUDI KASUS : GEDUNG PLAZA SUKARAMAI PEKANBARU).

Dinyatakan **Bebas Plagiat** karena hasil Turnitin menunjukkan angka *Similarity Index* < 30% pada setiap subbab naskah skripsi yang disusun. Demikian surat keterangan ini di buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 9 Agustus 2019 M
8 Dzulhijah 1440 H

Wakil Dekan,
Bidang Akademik FT-UIR



Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT
NPK. 99 05 02 281