

BAB 3

METODE PENELITIAN

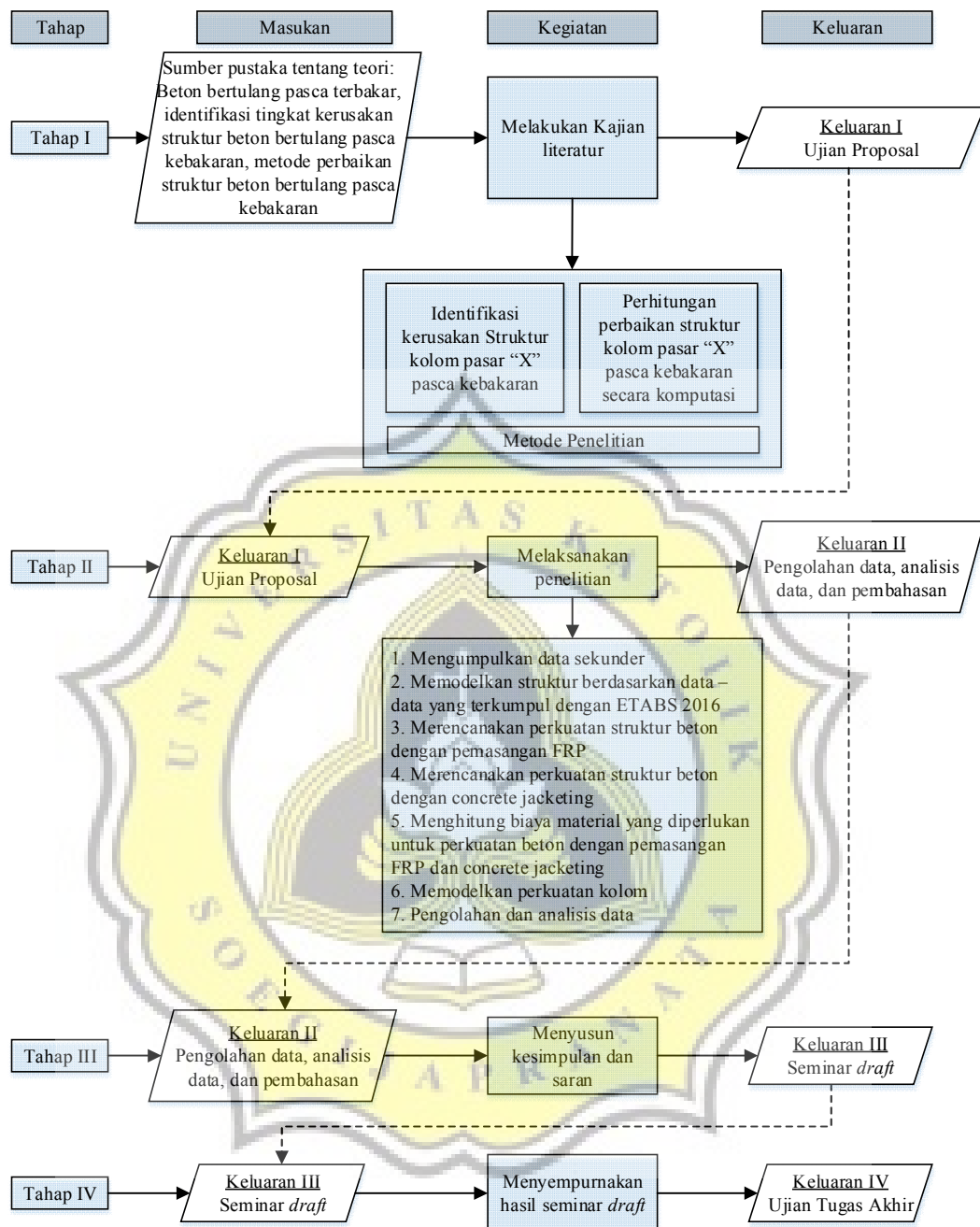
3.1 Pengertian Umum

Penelitian merupakan upaya pengumpulan data untuk dianalisis. Selain itu, penelitian juga harus memiliki tahapan atau metode yang jelas agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Penelitian ini terdiri dari empat tahap seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.1. Tahapan tersebut terdiri dari:

1. Tahapan I dengan keluaran ujian proposal.
2. Tahapan II dengan keluaran pengolahan data, analisis data, dan pembahasan.
3. Tahapan III merupakan tahap dengan keluaran ujian *draft*.
4. Tahapan IV merupakan tahap akhir dengan keluaran ujian akhir.

3.2 Tahapan Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat diperlihatkan tahap I merupakan tahap pengumpulan dasar-dasar teori yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian ini. Tahap II merupakan tahap pengumpulan data pada proyek bangunan Pasar “X” dilanjutkan dengan pengolahan dan analisis data yang diperoleh. Data-data tersebut kemudian diolah sebagai keluaran dari tahap II. Keluaran dari tahap II digunakan oleh tahap III untuk menyusun kesimpulan dan saran. Tahap IV merupakan tahap penyempurnaan setelah ujian *draft* selesai dilakukan. *Time schedule* penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Flowchart Metode Penelitian



No.	Pekerjaan	Bulan							
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1.	Pendaftaran tugas akhir								
2.	Penyusunan proposal tugas akhir								
3.	Ujian proposal								
4.	Revisi proposal								
5.	Pengolahan data, analisis data, dan pembahasan								
6.	Penyusunan kesimpulan dan saran								
7.	Seminar <i>draft</i>								
8.	Penyempurnaan hasil seminar <i>draft</i>								
9.	Ujian tugas akhir								

Gambar 3.2 *Time Schedule* Penelitian

3.3 Tahap I (Ujian Proposal)

Pada tahap ini dilakukan kajian literatur dengan masukan sumber pustaka yang dibutuhkan dalam penelitian. Sumber pustaka yang digunakan seperti penelitian mengenai beton bertulang pasca kebakaran, teori metode identifikasi tingkat kerusakan beton bertulang pasca kebakaran, klasifikasi tingkat kerusakan pada beton bertulang pasca kebakaran, metode perbaikan beton bertulang pasca kebakaran, pemasangan FRP, *concrete jacketing*, peraturan-peraturan, desain pemasangan FRP berdasarkan ACI 440.2R-08, dan desain *concrete jacketing* berdasarkan IS 15988 2013. Pengumpulan sumber pustaka tersebut diperoleh dari berbagai jurnal dan buku. Pemilihan pustaka diperhatikan untuk menunjang pengolahan, analisis, dan evaluasi dalam penelitian ini.

Setelah sumber pustaka terkumpul, dilakukan kegiatan dalam mengkaji literatur tersebut. Dalam hal ini, metode penelitian dibuat agar penelitian ini dapat dilakukan secara terarah. Metode penelitian ini secara garis besar, dilakukan 2 tahapan. Tahapan pertama adalah mengidentifikasi kerusakan struktur kolom Pasar “X” pasca kebakaran sebagai bagian dari *input*. Selanjutnya pada tahap kedua dilakukan perhitungan perbaikan struktur kolom Pasar “X” pasca kebakaran sebagai bagian dari proses penelitian. Setelah tahap pengumpulan sumber pustaka dan pembuatan metode penelitian, keluaran dari tahap I adalah ujian proposal.



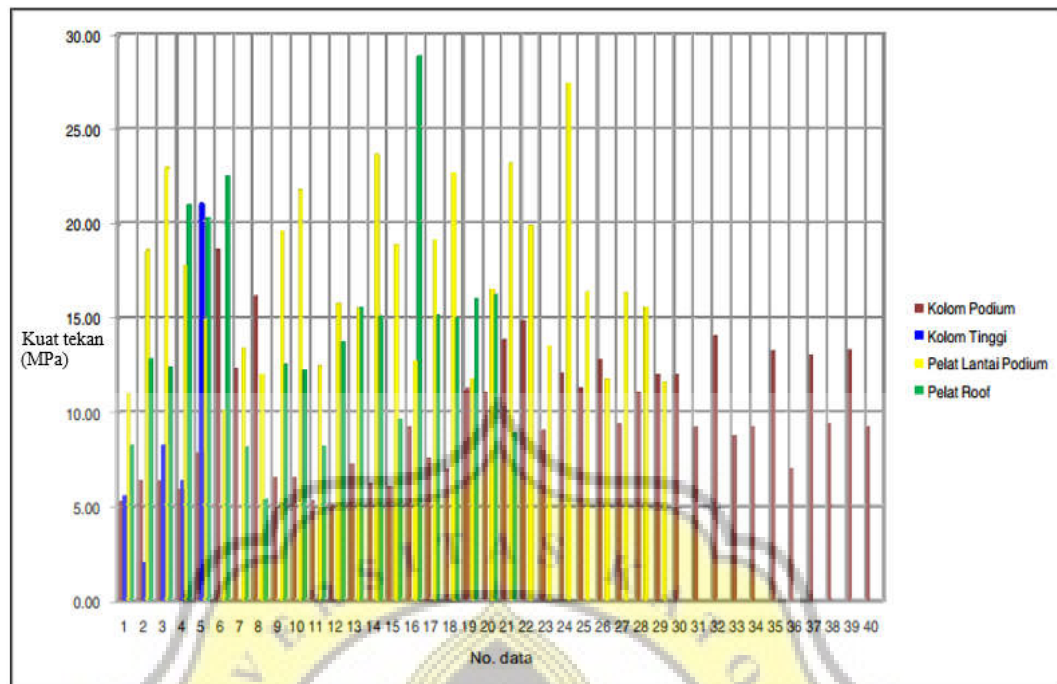
3.4 Tahap II (Pengolahan Data, Analisis Data, dan Pembahasan)

Keluaran Tahap I berupa ujian proposal akan menjadi masukan pada tahap ini. Setelah dilakukan ujian proposal, maka penelitian masuk pada Tahap II yaitu melaksanakan penelitian dilanjutkan dengan mengolah dan menganalisis data yang didapat. Tahap ini terdiri dari :

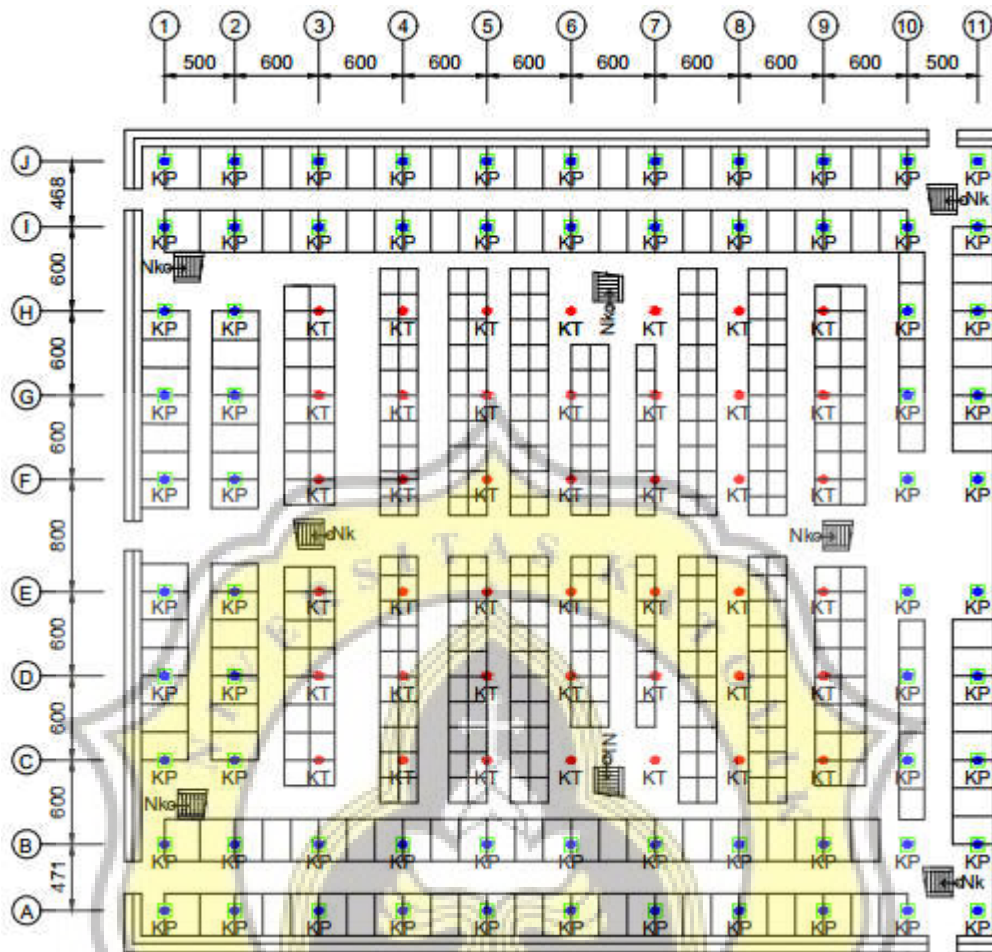
A. Mengumpulkan data sekunder

Data sekunder yang dikumpulkan sebagai berikut:

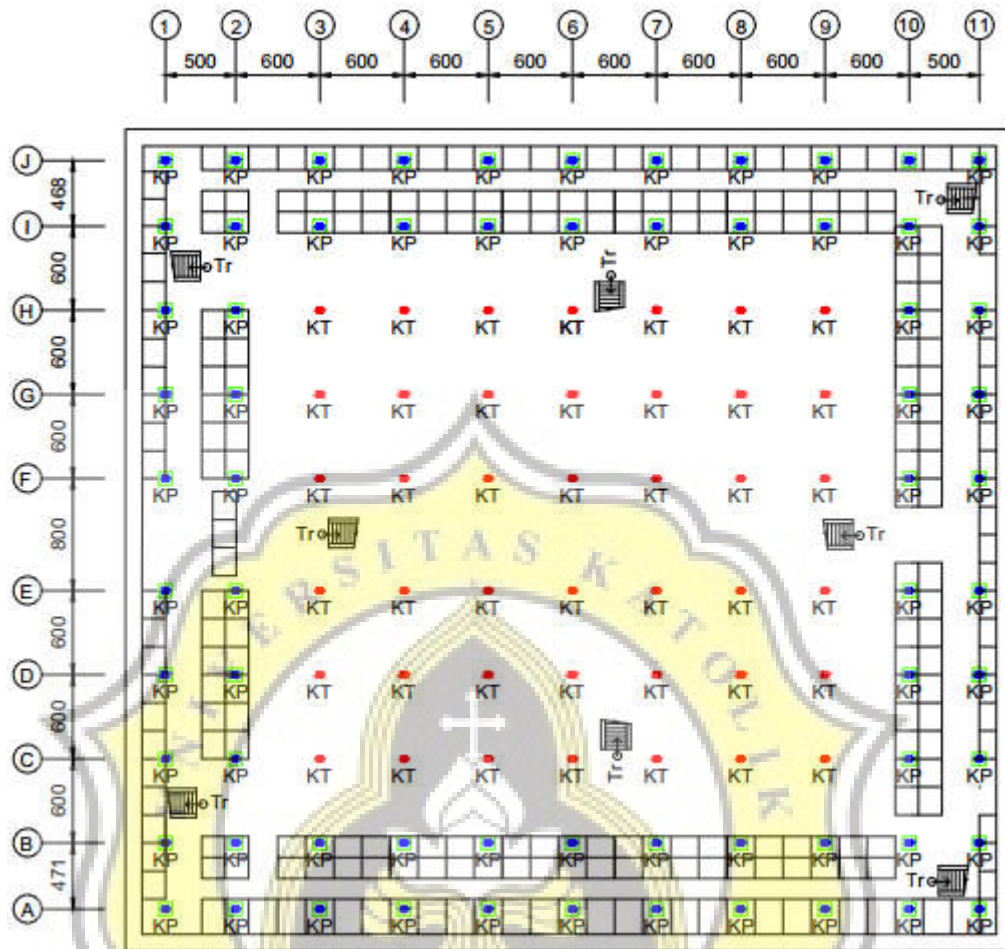
1. Denah eksisting, fungsi setiap lantai dan dimensi elemen struktur bangunan Pasar “X” didapat dari Dokumen Pasar “X” 2017. Di Pasar “X” terdapat 2 jenis kolom, dan diberi penamaan berupa kolom tinggi dan kolom podium.
2. Hasil uji kuat tekan beton inti dengan sampel *core drill* berdiameter 94 mm dan panjang bervariasi dari 100-188 mm. Pasar “X” bagian utara. Hasil pengujian didapat dari Laboratorium Rekayasa Struktur Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Data hasil uji kuat tekan diperlihatkan sebagai berikut:
 - a. Sampel *core drill* untuk kolom tinggi berjumlah 5 sampel, (tinggi pada lantai satu setinggi 645 cm, dengan diameter lingkaran sebesar 430 mm dengan kuat tekan karakteristik sebesar 1,25 MPa).
 - b. Sampel *core drill* untuk kolom podium berjumlah 40 sampel, (tinggi pada lantai satu setinggi 242 cm, tinggi pada lantai dua setinggi 403 cm, dengan diameter lingkaran sebesar 430 mm dengan kuat tekan karakteristik sebesar 4,35 MPa).
 - c. Sampel *core drill* untuk pelat lantai podium berjumlah 29 sampel, (tebal pelat 20 cm, dengan kuat tekan karakteristik sebesar 9,34 MPa).
 - d. Sampel *core drill* sampel untuk pelat atap berjumlah 21 sampel, (tebal pelat 20 cm, dengan kuat tekan karakteristik sebesar 5,02 MPa).



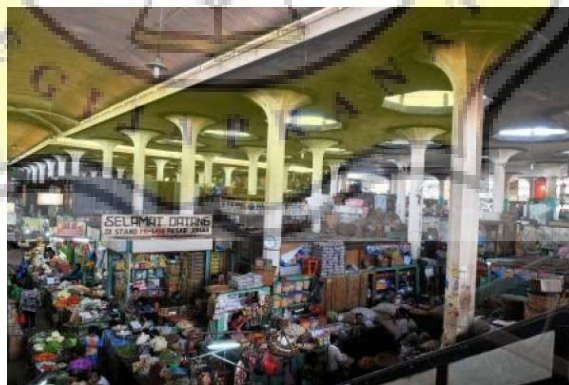
Gambar 3.3 Hasil Uji kuat Tekan Sampel Core Drill Pasar “X” (Sumber: Hermawan dkk., 2017)



Gambar 3.4 Denah Lantai 1 Pasar “X” Bagian Utara (Sumber: Hermawan dkk., 2017)



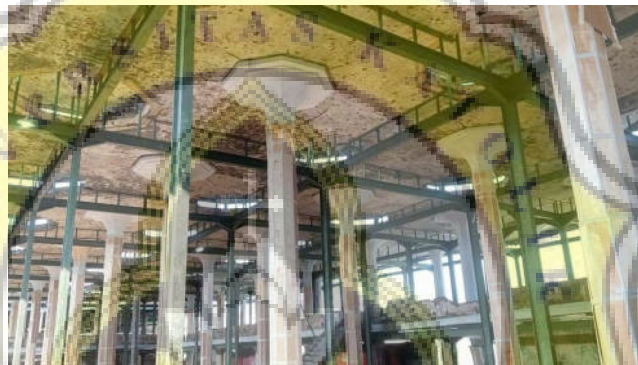
Gambar 3.5 Denah Lantai 2 Pasar “X” (Sumber: Hermawan dkk., 2017)



Gambar 3.6 Pasar “X” Sebelum Kebakaran (Sumber : jateng.antaranews.com/berita/188477/pembangunan-pasar-johar-baru-semarang-dikebut)

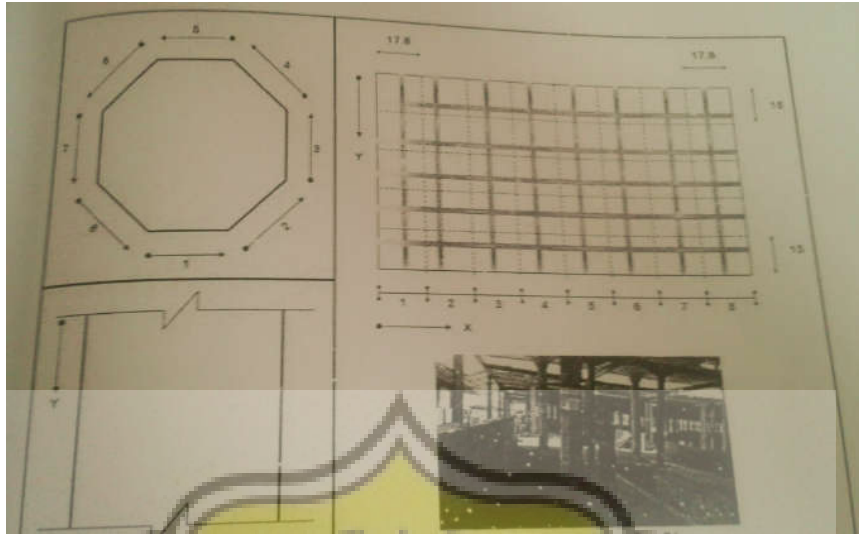


Gambar 3.7 Pasar “X” Pasca Kebakaran (Sumber: <http://anakkopi.id/akhir-kisah-pasar-johar-semarang/>)

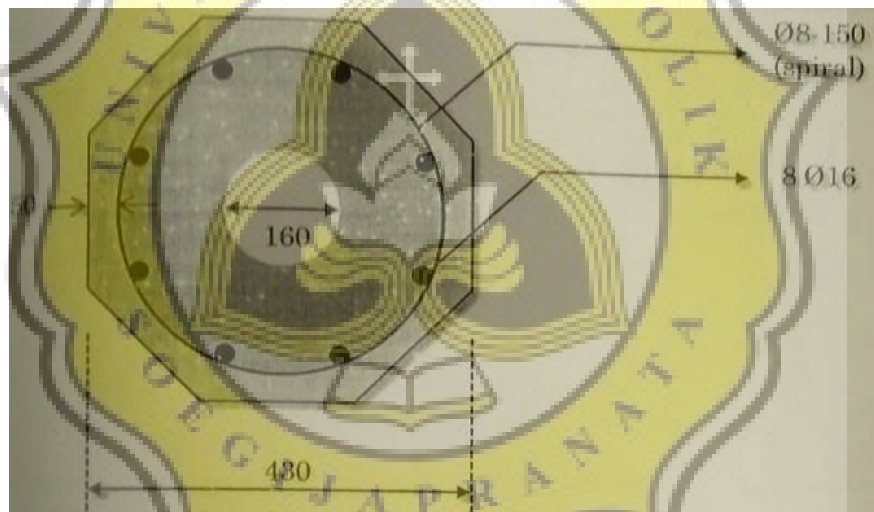


Gambar 3.8 Pasar “X” Pasca Kebakaran

3. Hasil uji kuat tarik baja tulangan Pasar “X”. Hasil pengujian didapat dari Laboratorium Rekayasa Struktur Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Data hasil uji kuat tekan dijabarkan sebagai berikut:
 - a. Sampel baja tulangan untuk kolom berjumlah 9 sampel, dengan kuat tarik setara dengan BJTP 24 dengan kuat leleh 240 MPa dan kuat tarik 390 MPa.
 - b. Sampel untuk pelat atap berjumlah 8 sampel, dengan kuat tarik setara dengan BJTP 24 dengan kuat leleh 240 MPa dan kuat tarik 390 MPa.
 - c. Sampel untuk pelat lantai podium berjumlah 7 sampel, dengan kuat tarik setara dengan BJTP 24 dengan kuat leleh 240 MPa dan kuat tarik 390 MPa.
4. Hasil *Rebar Scan* kolom Pasar “X” untuk mengetahui susunan kolom beton bertulang. Hasil *Rebar Scan* sebagai berikut:



Gambar 3.9 Hasil *Rebar Scan* Kolom Pasar “X” (Sumber: Hermawan dkk., 2017)



Gambar 3.10 Hasil *Rebar Scan* Kolom Pasar “X” (Sumber: Hermawan dkk., 2017)

5. Data spesifikasi FRP didapat dari Fosroc International Ltd.

Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton Pasar “X”, diperkirakan struktur kolom tidak akan mampu menanggung beban yang berupa beban hidup akibat nilai kuat tekan yang ditunjukkan sangat rendah. Hal ini, ditunjukkan dengan tidak beroperasinya pasar pasca kebakaran. Pengoperasian pasar diperkirakan akan mengakibatkan kerusakan secara kompresi pada kolom akibat nilai kuat tekan yang rendah. Untuk mengecek kemampuan kolom, maka akan dilakukan pemodelan struktur.



B. Memodelkan struktur berdasarkan data – data yang terkumpul dengan ETABS 2016

Pemodelan struktur dilakukan secara komputasi dengan *software* ETABS 2016. Kegiatan ini bertujuan untuk menghitung pembebanan dan mengecek kapasitas struktur kolom (aman atau tidak). Data yang dimasukkan untuk analisis dan desain struktur dalam ETABS 2016 adalah sebagai berikut:

1. Dimensi penampang struktur, berdasarkan denah eksisting Pasar “X”, dengan dimensi struktur sebagai berikut:
 - a. Kolom podium, berbentuk segi 8 dengan diameter 43 cm dengan tinggi pada lantai 1 adalah 242 cm dan lantai 2 adalah 403 cm. Tulangan sengkang Ø8-150 dan tulangan utama 8 Ø16. Kuat tekan beton f_c' adalah 4,35 MPa dan kuat tarik baja tulangan f_y adalah 390 MPa dan kuat leleh f_u adalah 240 MPa.
 - b. Kolom tinggi, berbentuk segi 8 dengan diameter 43 cm dengan tinggi 645 cm. Tulangan sengkang Ø8-150 dan tulangan utama 8 Ø16. Kuat tekan beton f_c' adalah 1,25 MPa dan kuat tarik baja tulangan f_y adalah 390 MPa dan kuat leleh f_u adalah 240 MPa.
 - c. Pelat atap, dengan tebal 200 mm. Kuat tekan beton f_c' adalah 9,34 MPa dan kuat tarik baja tulangan f_y adalah 390 MPa dan kuat leleh f_u adalah 240 MPa.
 - d. Pelat podium, dengan tebal 200 mm. Kuat tekan beton f_c' adalah 5,02 MPa dan kuat tarik baja tulangan f_y adalah 390 MPa dan kuat leleh f_u adalah 240 MPa.
2. Penetapan kondisi pembebanan, kombinasi beban pada struktur beton mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002.
3. Penentuan beban pada struktur, dengan asumsi berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung SNI-03-1727-1989-PPURG.



C. Merencanakan perkuatan struktur kolom dengan pemasangan FRP

Perkuatan struktur kolom dengan pemasangan FRP dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Permukaan kolom beton dihaluskan dengan cara diamplas.
2. Membersihkan kolom dari kotoran.
3. Untuk permukaan yang berlubang atau retak diisi bahan *grouting* berupa Nitomortar TC2000.
4. Setelah permukaan siap, permukaan diberi lapisan *epoxy* berupa Nitowrap XS primer sebagai perekat lapisan FRP dengan menggunakan rol khusus. Setelah itu dilakukan penekanan terhadap lembaran FRP sampai *epoxy* menembus ke dalam serat hingga mencapai pembasahan sempurna antara serat dan *epoxy*. Pelapisan FRP dilakukan tidak lebih dari 90 menit (*pot life*) setelah dilapisi *epoxy*. *Pot life* Adalah waktu yang dibutuhkan dari pengadukan hingga material tersebut terpasang. Pada lapisan berikutnya, dibutuhkan waktu 10 jam (*epoxy* sudah kering).
5. Lapisan FRP jenis karbon bentuk lembaran dipasang penuh sepanjang kolom secara spiral dari bawah ke atas, jumlah lapisan yang dipasang berdasarkan pada perhitungan.
6. Untuk *overlap* antar FRP sepanjang 6".

Perhitungan yang direncanakan adalah FRP Nitowrap FRC 300 dan FRC 530 dengan alasan kedua FRC ini memiliki spesifikasi terbaik, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Spesifikasi Data FRP

Spesifikasi	FRC 300	FRC 530
Ketebalan per lapisan (mm)	0,167	0,293
Modulus elastisitas (kg/cm ²)	2,35 . 10 ⁶	2,35 . 10 ⁶
Kuat tarik (kg/cm.lebar)	590	1050
Kuat Tarik ultimit (kg/cm ²)	35500	35500
(ϵ_{fu} *)	0,21	0,21
Dimensi (m ²)	0,5 x 100	0,5 x 50

(Sumber : Fosroc International Ltd)

Perhitungan perkuatan pemasangan FRP direncanakan berdasarkan ACI 440.2R-08. Berikut tahapan perhitungan:



1. Mencari nilai P_n dan M_n kolom pada titik yang ditentukan sebelum diperkuat dengan FRP menggunakan diagram interaksi yang didapat dari hasil ETABS 2016.
2. Menghitung desain properti material menggunakan Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2.
3. Menghitung tegangan efektif pada perkuatan geser FRP menggunakan Persamaan 2.3.
4. Menentukan area perkuatan FRP yang dibutuhkan menggunakan Persamaan 2.4 dan Persamaan 2.5.
5. Menentukan jumlah lapisan menggunakan Persamaan 2.6.
6. Menentukan nilai A, B, C, D, E, F, G, H dan I menggunakan Persamaan 2.11 sampai Persamaan 2.19.
7. Mencari nilai P_n dan M_n kolom setelah diperkuat dengan FRP menggunakan Persamaan 2.7, Persamaan 2.8 dan Persamaan 2.9.
8. Membandingkan nilai P_n dan M_n kolom sebelum dan setelah diperkuat menggunakan diagram interaksi.

Berdasarkan ACI 440.2R-08 perencanaan perkuatan kolom dengan FRP sejumlah 6 lapis mampu meningkatkan kapasitas kolom terhadap beban aksial sebesar 1.940 kN dan terhadap momen lentur sebesar 51 kN.m. Dengan acuan ini, maka pada perencanaan perkuatan kolom dengan FRP Pasar “X” diperkirakan berjumlah kurang lebih sama yaitu 6 lapis.

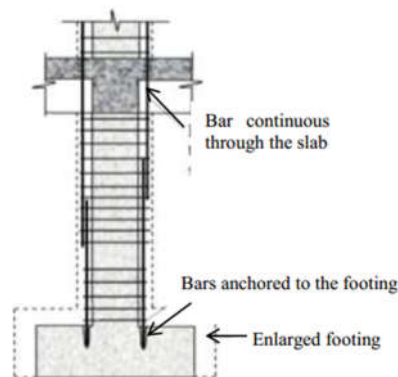
D. Merencanakan perkuatan struktur kolom dengan *concrete jacketing*

Perkuatan struktur kolom dengan *concrete jacketing* yang direncanakan terdapat ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. Beton pembungkus yang direncanakan memiliki mutu K 250.
2. Tulangan pembungkus yang direncanakan adalah D16, BJTD 40.
3. Tulangan sengkang yang direncanakan adalah $\emptyset 8$ mm.
4. Tebal beton pembungkus yang direncanakan minimal 100 mm.



5. Bila tidak diperlukan tulangan ekstra atau pembungkus, maka minimal diletakan tulangan $\varnothing 12$ mm di empat sudut dan sengkang $\varnothing 8$ mm dengan tekukan 135° dan panjang 10 kali diameter.
6. Jarak vertikal sengkang tidak melebihi 200 mm, sedangkan jarak pada daerah tumpuan tidak boleh melebihi 100 mm.
7. Angkur untuk mengaitkan tulangan lama dan baru (komposit) diberikan dengan tulangan $\varnothing 10$ dengan tekukan siku 90° pada tulangan baru dan 135° pada tulangan lama dengan panjang *hook* $6db$ dipasang setiap jarak 300 mm.
8. Sebagai sambungan antara kolom dengan pondasi atau pelat dilakukan penjangkaran. Penjangkaran dilakukan dengan cara menyalurkan tulangan longitudinal kolom ke pelat dan pondasi. Panjang penjangkaran dihitung dengan Persamaan 2.30.
9. Penjangkaran dilakukan dengan membuat lubang terlebih dahulu dengan membor pelat sebesar diameter angkur ditambah 6 mm. Pengeboran dilakukan sedalam panjang penjangkaran.
10. Lubang penjangkaran terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran.
11. Cairan *epoxy* sebagai bahan *grouting* dimasukkan ke dalam lubang setinggi setengah lubang. Lubang yang terisi dengan *epoxy* tidak boleh terdapat rongga udara.
12. Tulangan untuk penjangkaran dimasukkan dengan cara diputar secara perlahan ke dasar lubang sampai cairan *epoxy* meluap.
13. Sebelum dilakukan pembungkusan dengan beton baru, permukaan kolom terlebih dahulu di *chipping* hingga ke tulangan.
14. Campuran beton untuk perkuatan dengan *concrete jacketing* adalah berbahan *micro concrete* yang mana sifatnya dapat memadat sendiri tanpa bantuan vibrator, sehingga disebut juga dengan *self compaction concrete (SCC)*.



Gambar 3.11 Detail Penjangkaran (Sumber: Okakpu, 2013)

Perhitungan kekuatan *concrete jacketing* untuk kekuatan kolom berdasarkan IS 15988 2013. Tahapan perhitungan dijabarkan sebagai berikut:

1. Menentukan nilai P_u dan M_u yang dibutuhkan berdasarkan hasil ETABS 2016.
2. Menentukan ukuran kolom dan tulangan berdasarkan nilai P_u dan M_u secara komputasi dengan ETABS 2016.
3. Menghitung luas *concrete jacketing* pembungkus (A'_c) dengan cara mengurangi ukuran kolom yang dibutuhkan dengan ukuran kolom eksisting. Nilai A'_c minimal 100 mm.
4. Menghitung luas tulangan longitudinal ekstra (A'_s) dengan cara mengurangi luas tulangan longitudinal kolom yang dibutuhkan dengan luas tulangan longitudinal kolom eksisting.
5. Menghitung luas *concrete jacketing* pembungkus aktual (A_c) dengan Persamaan 2.29.
6. Menghitung luas tulangan longitudinal ekstra aktual (A_s) dengan Persamaan 2.29.
7. Menghitung jarak antar sengkang dengan Persamaan 2.31.

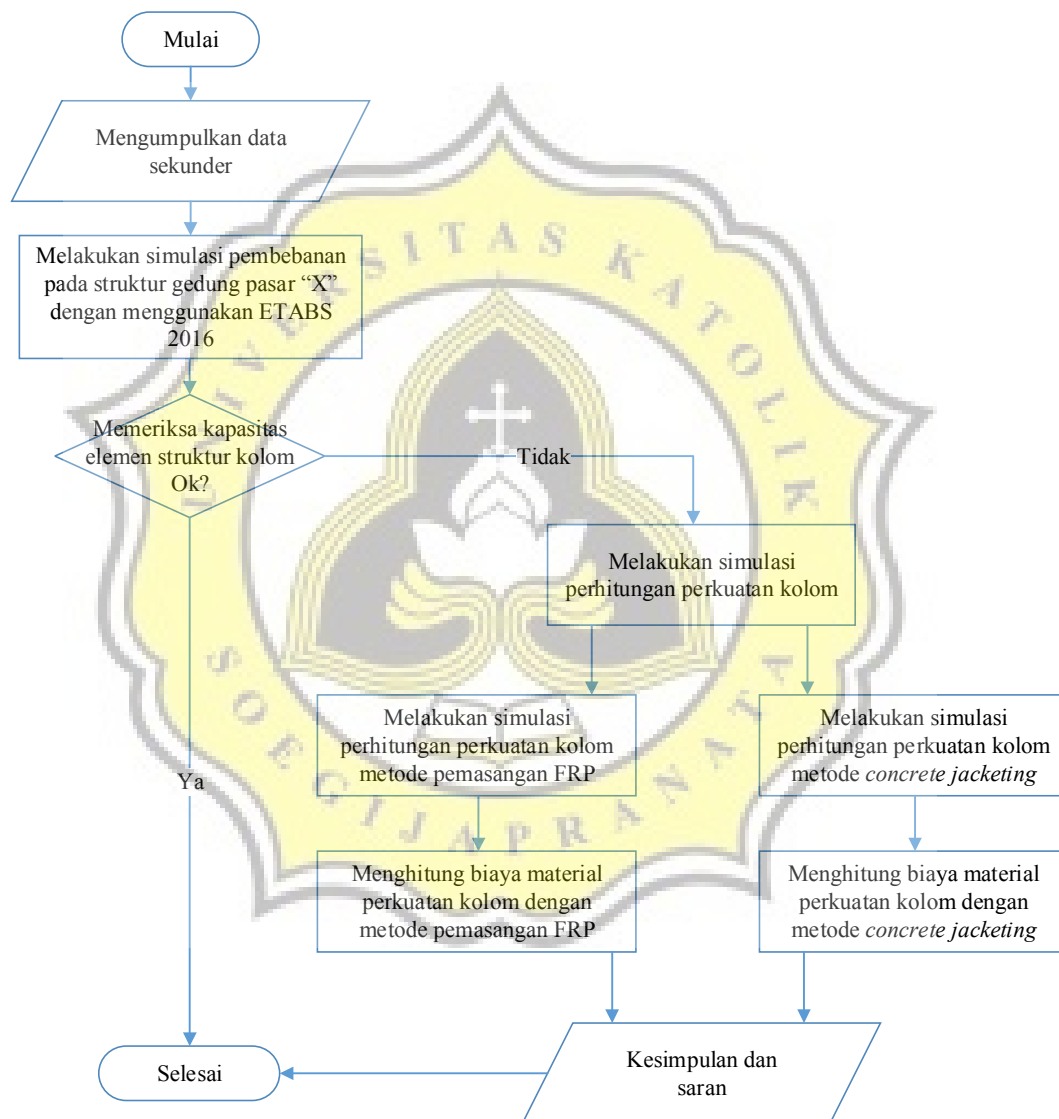
Berdasarkan IS 15988 2013 ketentuan tebal minimum jaket beton adalah 100 mm, tulangan longitudinal minimum berjumlah 4 dengan tulangan sengkang yang lebih rapat. Perhitungan akan dilakukan sesuai dengan ketentuan-ketentuan tersebut. Apabila kapasitas kolom masih belum mencukupi, maka tebal akan ditambah. Asumsi ini diperkirakan akan menambah kapasitas kolom sebesar kurang lebih 4 kali lipat dengan acuan Jirsa dan Alcocer (1991).



E. Menghitung biaya material yang diperlukan untuk perkuatan kolom dengan pemasangan *FRP* dan *concrete jacketing*.

F. Membuat kesimpulan dan saran

Pada tahap ini dilakukan penulisan kesimpulan dan saran dari hasil analisis.



Gambar 3.12 *Flowchart* Pengolahan dan Analisis Data



3.5 Tahap III (Seminar *Draft*)

Setelah tahap II selesai dilaksanakan, masuk ke tahap III yaitu penyusunan kesimpulan dari hasil pembahasan data. Kesimpulan berupa kalimat singkat yang menjawab tujuan penelitian ini.

Pemberian saran juga dilakukan pada tahap ini. Saran dapat ditujukan kepada pembaca dan juga peneliti yang akan meneliti pembahasan ini secara lebih dalam dan spesifik.

3.6 Tahap IV (Ujian Tugas Akhir)

Setelah seminar *draft* selesai dilaksanakan, maka pada tahap ini dilakukan penyempurnaan laporan. Penyempurnaan dilakukan agar penelitian ini semakin baik dan dapat berguna bagi pembaca. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan menjadi rujukan pada penelitian lanjutan.

