

**ANALISIS KEKUATAN KOLOM GEDUNG THE REIZ  
CONDO MEDAN PASCA KEBAKARAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu  
Universitas Medan Area**

**Disusun Oleh  
ODETH CLAUDIA MAGDALENA SIMAMORA  
188110143**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2021**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 29/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)29/6/22

## LEMBAR PEGESAHAN SKRIPSI

# ANALISIS KEKUATAN KOLOM GEDUNG THE REIZ CONDO MEDAN PASCA KEBAKARAN

Disusun Oleh

**Odeth Claudia Magdalena Simamora**  
**188110143**

Disetujui,

Pembimbing I



**Ir. H. Irwan, MT**

Pembimbing II



**Hermansyah, ST, MT**

Mengetahui,

Dekan



**Dr. Ir. Bina Maizana, MT**

Ka Program Studi



**Susilawati, S.Kom, M.Kom**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa penelitian yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan penelitian ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Oktober 2021

Peneliti,



**Odeth Claudia Magdalena Simamora**  
**NPM.188110143**

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Odeth Claudia Magdalena Simamora  
NPM : 188110143  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Analisis Kekuatan Kolom Gedung The Reiz Condo Medan Pasca Kebakaran”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 15 Oktober 2021



Odeth Claudia Magdalena Simamora  
188 110 143

## KATA PENGANTAR

Dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA). Laporan TA sebagai syarat untuk menyelesaikan mata kuliah Tugas Akhir pendidikan program Strata Satu Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area. Judul Tugas Akhir adalah Analisis Kekuatan Kolom Gedung The Reiz Condo Medan Pasca Kebakaran.

Penulis mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

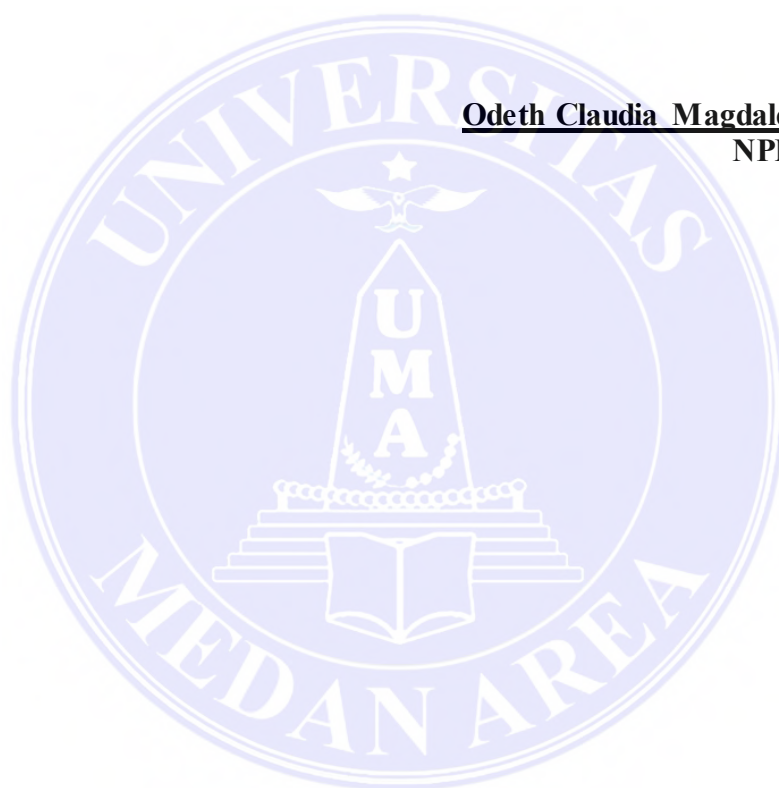
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati, S. Kom, M. Kom, selaku kaprodi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Irwan, MT., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
5. Bapak Hermansyah, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
6. Civitas Akademik Universitas Medan Area;
7. Keluarga Penulis.

Laporan Tugas Akhir ini, kemungkinan terdapat kekurangan dan kesilapan, untuk itu penulis mengharapkan koreksi dan saran demi perbaikan di masa mendatang.

Demikian laporan ini ditulis, semoga bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Medan, Oktober 2021

Hormat penulis,

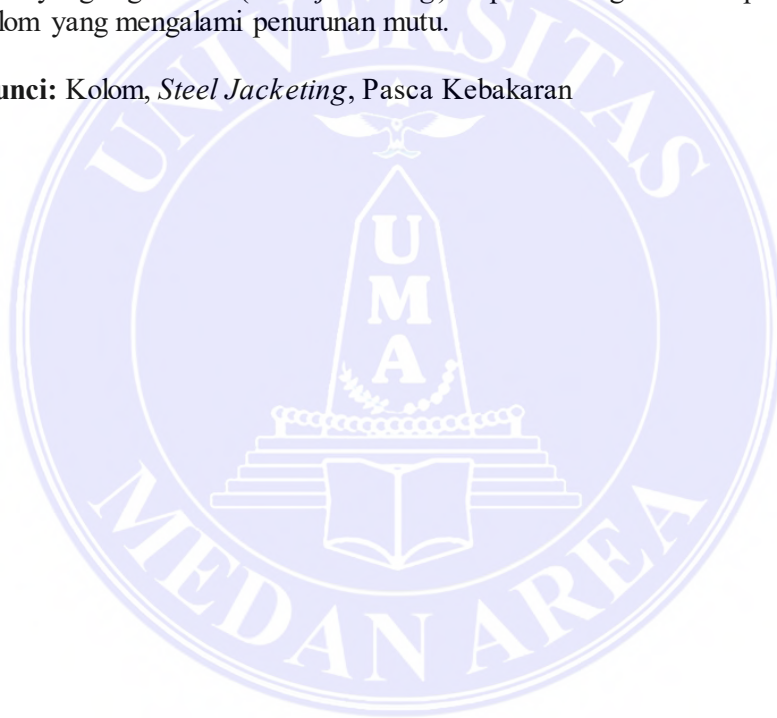


**Odeth Claudia Magdalena Simamora**  
**NPM. 188110143**

## ABSTRAK

Struktur dapat mengalami kegagalan jika kekuatannya dalam menahan beban tidak lebih besar daripada beban yang dipikulnya, sehingga dilakukan perkuatan dengan menggunakan *jacketing* baja (*steel jacketing*). Maka, dilakukan analisis kolom struktur bangunan gedung pasca kebakaran pada kolom 2D' dan 3D' untuk menentukan apakah metode *steel jacketing* dapat digunakan untuk meningkatkan mutu kolom struktur gedung. Berdasarkan data yang didapat dari hasil *Ultrasonic Pulse Velocity test*, kebakaran yang terjadi pada The Reiz Condo Medan mengakibatkan kolom struktur pada as 3/D' sebesar 27,52%, as 2/D' sebesar 37,4% mengalami penurunan mutu yang signifikan. Setelah dilakukan analisis komputasi dengan menggunakan *software* ETABS, didapatkan nilai kapasitas maksimum adalah dari kombinasi 3, beban aksial pada analisis kolom as 2/D' yaitu 16101,65 N dan 3/D' yaitu 3069,24 N. Setelah dilakukan analisis komputasi dengan menggunakan *software* ETABS 9.7.1, didapatkan nilai kapasitas maksimum torsi pada analisis kolom as 2/D' yaitu 1627,310 Nm dan 3/D' yaitu 1459,331 Nm. Dari perbandingan yang didapat dari hasil analisis kolom, didapatkan bahwa metode perkuatan yang digunakan (*steel jacketing*) dapat meningkatkan kapasitas maksimum pada kolom yang mengalami penurunan mutu.

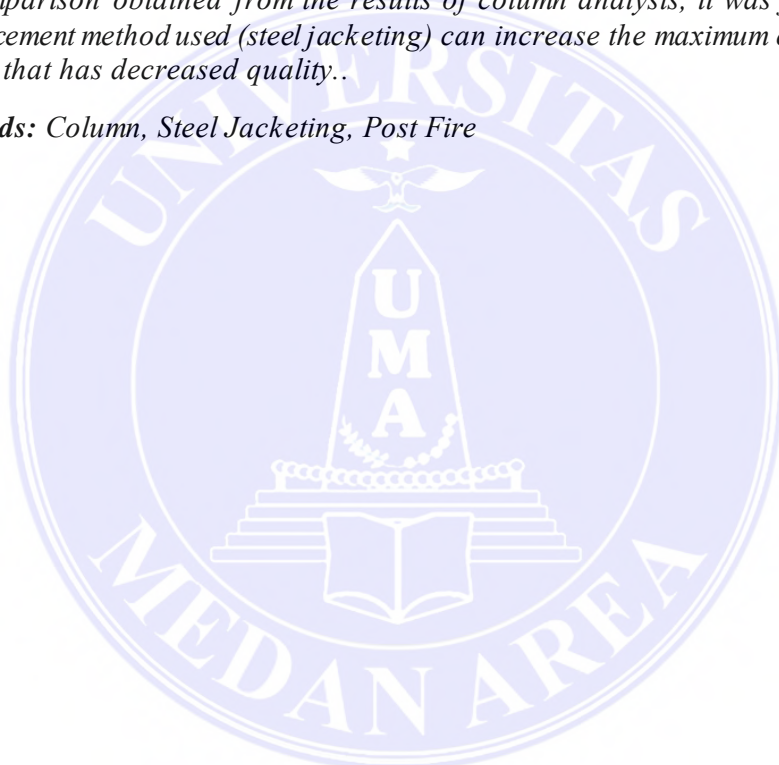
**Kata kunci:** Kolom, *Steel Jacketing*, Pasca Kebakaran



## ABSTRACT

*The structure can fail if its strength to withstand the load is not greater than the load it bears, so that reinforcement is carried out using steel jacketing. Thus, an analysis of the post-fire structure column was carried out in the 2D' and 3D' columns to determine whether the steel jacketing method can be used to improve the quality of the building's structural columns. Based on the data obtained from the results of the Ultrasonic Pulse Velocity test, the fire that occurred at The Reiz Condo Medan resulted in the structural column on the 3/D' axle by 27.52%, 2/D' axle by 37.4% experiencing a significant decrease in quality. After performing computational analysis using ETABS software, the maximum capacity value is obtained from the combination of 3, the axial load on the column axle analysis 2/D' is 16101.65 N and 3/D' is 3069.24 N. After performing computational analysis using software ETABS 9.7.1, the maximum torque capacity value in the analysis of the 2/D' axle column is 1627.310 Nm and 3/D' is 1459.331 Nm. From the comparison obtained from the results of column analysis, it was found that the reinforcement method used (steel jacketing) can increase the maximum capacity of the column that has decreased quality..*

**Keywords:** Column, Steel Jacketing, Post Fire





## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PUBLIKASI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Perumusan Masalah.....	2
1.4. Pembatasan Masalah .....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Struktur Kolom.....	4
2.2. Klasifikasi Tingkat Kerusakan Akibat Kebakaran.....	5
2.3. Pengaruh Keabaakaran Terhadap Struktur Beton Bertulang .....	6
2.4. Metode Perkuatan Kolom Struktur Metode <i>Jacketing</i> .....	7
2.5. Kapasitas Kolom Diperkuat dengan Metode <i>Steel Jacketing</i> .....	11
2.6. Uji Non Destruktif Untuk Menentukan Mutu Beton .....	15
2. 7. Analisis dengan Menggunakan Program ETABS .....	18

<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1. Tahapan Penelitian .....	20
3.2. Diagram Alir Metode Penelitian .....	20
3.3. Data-data Teknis .....	21
<b>BAB IV. PEMBAHASAN DAN HASIL</b>	
4.1. Pembahasan.....	35
4.2. Hasil .....	54
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Saran.....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Hasil Uji Mutu Beton Berdasarkan <i>UPV Test</i> .....	21
Tabel 3.2. Hasil Uji Mutu Beton Berdasarkan <i>Hammer Test</i> .....	21
Tabel 4.1. Persentase Perubahan Mutu Beton berdasarkan <i>Hammer Test</i> .....	35
Tabel 4.2. Persentase Perubahan Mutu Beton berdasarkan <i>UPV Test</i> .....	35
Tabel 4.3. Berat Lantai Bangunan.....	39
Tabel 4.4. Distribusi Gaya Geser Dasar Akibat Gempa Sepanjang Tinggi Gedung .....	41
Tabel 4.5. Perhitungan Eksentrisitas Rencana $e_d$ pada Arah X.....	42
Tabel 4.6. Perhitungan Eksentrisitas Rencana $e_d$ pada Arah Y.....	43
Tabel 4.7. Perhitungan T-Rayleigh dalam Arah X ( $T_x$ ) .....	43
Tabel 4.8. Perhitungan T-Rayleigh dalam Arah Y ( $T_y$ ) .....	43
Tabel 4.9. Analisa $\Delta s$ Akibat Gempa Arah X .....	45
Tabel 4.10. Analisa $\Delta s$ Akibat Gempa Arah Y .....	45
Tabel 4.11. Analisa $\Delta m$ Akibat Gempa Arah X.....	46
Tabel 4.12. Analisa $\Delta m$ Akibat Gempa Arah Y.....	46
Tabel 4.13. Data Dimensi Kolom Lt. P1 s/d 6 .....	48
Tabel 4.14. Hasil Analisis Kolom 2/D' (Tipe K3E) Pasca Kebakaran – Sebelum Dipasang Perkuatan.....	50
Tabel 4.15. Hasil Analisis Kolom 3/D' (Tipe K1) Pasca Kebakaran – Sebelum Dipasang Perkuatan.....	51
Tabel 4.16. Hasil Analisis Kolom 2/D'(tipe K3E) Setelah Dipasang Perkuatan.....	52

Tabel 4.17. Hasil Analisis Kolom 3/D'(tipe K1) Setelah Dipasang	
Perkuatan.....	53
Tabel 4.18. Peningkatan Kapasitas Kolom Terhadap Beban Aksial.....	54
Tabel 4.19. Peningkatan Kapasitas Kolom Terhadap Torsi.....	54



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Jenis-jenis Kolom .....	5
Gambar 2.2. Batas Keseimbangan Tekuk Sudut Perkuatan .....	11
Gambar 2.3. (a) Perubahan bentuk plastis struktur; (b) gaya aksi pada sudut perkuatan; (c) gaya lateral pada sudut perkuatan .....	14
Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian .....	20
Gambar 3.2. Visual Area Kebakaran dan Kolom di Lt. P6 Pasca Kebakaran.....	22
Gambar 3.3. Area Kebakaran dan Kolom di Lt. P6 Pasca Kebakaran.....	22
Gambar 3.4. <i>Mapping</i> Kolom berdasarkan <i>Ultrasonic Velocity Test</i> di lantai P6 di lantai P6.....	23
Gambar 3.5. Gambar Kerja Kolom K1 (As 3/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan <i>Steel Jacketing</i> .....	24
Gambar 3.6. Potongan A Gambar Kerja Kolom K1 (As 3/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan <i>Steel Jacketing</i> .....	25
Gambar 3.7. Potongan B Gambar Kerja Kolom K1 (As 3/D') di Lt. P6 dengan <i>Steel Jacketing</i> Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan .....	26
Gambar 3.8. Gambar Kerja Kolom K3E (As 2'/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan <i>Steel Jacketing</i> .....	27
Gambar 3.9. Gambar Kerja Potongan C Kolom K3E (As 2'/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan <i>Steel Jacketing</i> .....	28
Gambar 3.10. Gambar Kerja Potongan C Kolom K3E (As 2'/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan <i>Steel Jacketing</i> .....	29

Gambar 3.11. Visual Kolom 2/D' dengan perkuatan <i>steel jacketing</i> .....	30
Gambar 3.12. Visual Kolom 3/D' dengan perkuatan <i>steel jacketing</i> .....	31
Gambar 4.1. Data <i>Story Drifts</i> Hasil Analisis <i>Output</i> ETABS .....	44
Gambar 4.2. Reaksi pada Frame Analisis Kolom .....	49



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Apartemen merupakan beberapa unit hunian yang terusun di suatu bangunan bertingkat. Pada bangunan apartemen, struktur beton bertulang memiliki peranan penting dalam menyalurkan beban dari tingkat lantai paling atas ke lantai paling dasar, lalu disalurkan ke tanah melalui pondasi. Struktur beton bertulang terdiri dari material beton dan baja tulangan dengan perencanaan yang sudah diperhitungkan agar dapat berfungsi secara optimal dalam menahan beban yang diterima oleh suatu bangunan. Material beton terdiri dari agregat kasar (split atau batu pecah), agregat halus (pasir), semen dan air. Ketahanan beton terhadap gaya tekan sangat baik, namun lemah terhadap gaya tarik, sehingga beton mudah mengalami retak, bahkan hancur saat mengalami gaya tarik. Sebaliknya, baja tulangan memiliki ketahanan yang baik terhadap tarik, namun lemah terhadap tekan. Oleh karena itu, kombinasi antara beton dengan baja tulangan didesain untuk menahan gaya tekan dan tarik secara bersamaan. Namun jika beton bertulang terkena suhu yang tinggi, maka beton akan mengalami degradasi, atau penurunan mutu beton dalam memikul beban, disertai dengan perubahan sifat mekanik beton.

Perubahan sifat mekanik beton yang bervariasi dapat ditinjau berdasarkan perubahan bentuk struktur, pengamatan visual, dan penurunan kekuatan struktur yang dapat menurunkan mutu beton sehingga kualitas struktur bangunan juga dapat menurun. Struktur dapat mengalami kegagalan jika kekuatannya dalam

menahan beban tidak lebih besar daripada beban yang dipikulnya, sehingga dilakukan perkuatan dengan menggunakan *jacketing* baja (*steel jacketing*).

Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan mampu untuk mengetahui kelayakan dari segi kekuatan struktur bangunan eksisting pasca kebakaran, memberikan solusi untuk mencegah perlemahan struktur dengan metode *jacketing* baja, dan juga merencanakan pemeliharaan struktur bangunan (mutu struktur bangunan) agar mutu beton tidak mengalami penurunan. Pada penelitian ini, yang ditinjau hanya struktur kolom di area terbakar.

## 1.2. Tujuan

1. Untuk mengetahui tingkat penurunan kualitas kolom terhadap suhu tinggi yang diakibatkan oleh terbakarnya area lantai P6 zona A.
2. Untuk mengetahui apakah *steel jacketing* adalah perkuatan yang dapat digunakan sebagai perkuatan untuk kolom yang mengalami penurunan kualitas pada as 2D' dan 3D' di lantai P6.

## 1.3. Perumusan Masalah

1. Bagaimana perhitungan/analisis kolom struktur bangunan gedung pasca kebakaran pada area terbakar (lantai P6 zona B)?
2. Apakah metode *steel jacketing* dapat meningkatkan kekuatan kolom struktur gedung?

## 1.4. Pembatasan Masalah

1. Pembatasan masalah yang diambil untuk penulisan Tugas Akhir ini adalah perhitungan/analisis kolom struktur bangunan gedung pasca kebakaran dan setelah diperkuat dengan *steel jacketing* pada as 2'D dan

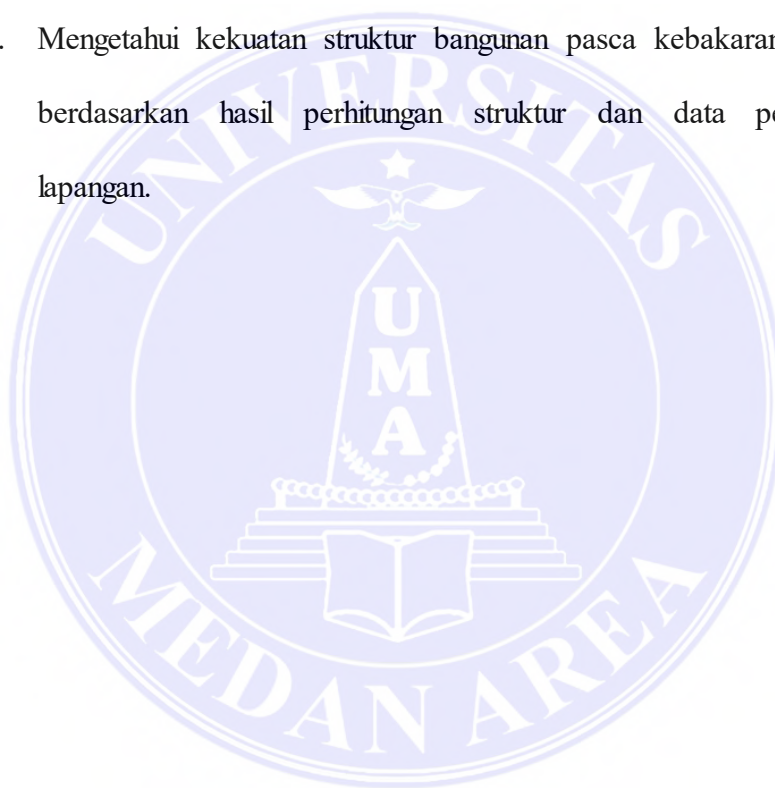


3'D di area kebakaran, sesuai dengan kondisi aktual lapangan (lantai P6 zona B).

2. Analisis kekuatan struktur setelah dilakukannya perkuatan dengan metode *steel jacketing* untuk perkuatan kolom struktur gedung.

### 1.5. Manfaat Penelitian

1. Tabel perbandingan untuk mutu beton pasca terbakar dan setelah diberi perkuatan *steel jacketing*.
2. Mengetahui kekuatan struktur bangunan pasca kebakaran secara teknis berdasarkan hasil perhitungan struktur dan data pendukung dari lapangan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Struktur Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya adalah menyangga beban aksial vertikal dari balok dan menyalurkannya ke pondasi. Menurut Istimawan Dipohusodo 1990, adapun jenis-jenis kolom yaitu sebagai berikut:

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral

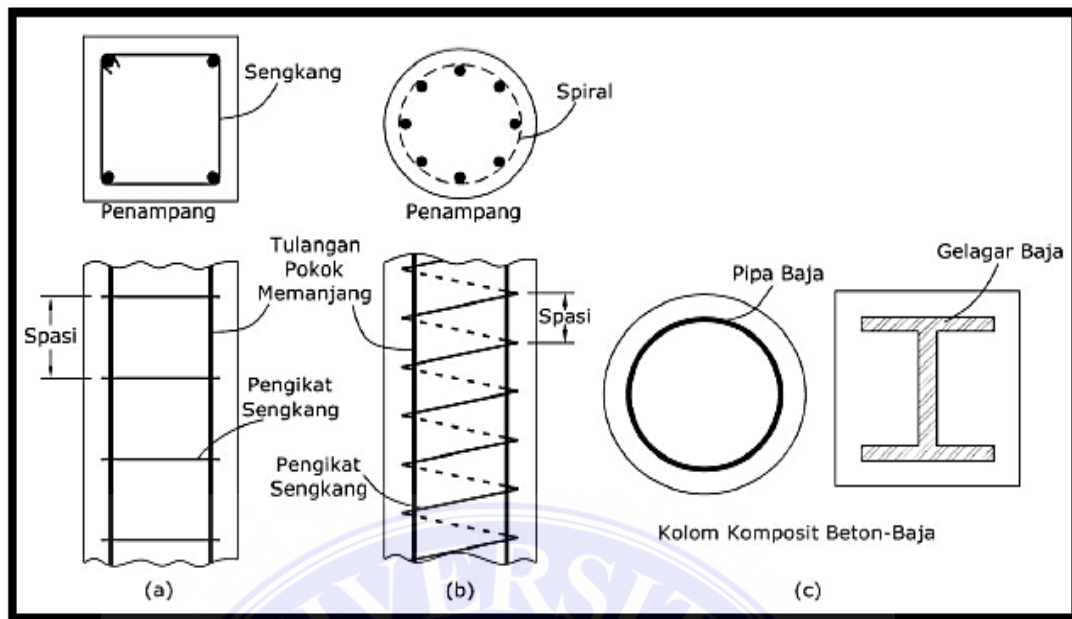
Kolom jenis ini merupakan kolom beton dengan kerangka tulangan yang terdiri dari tulangan pokok memanjang dan tulangan pengikat atau sengkang dengan jarak tertentu. Sengkang lateral yaitu sebagai tulangan pengikat arah lateral yang berfungsi sebagai pemegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh di tempatnya, dan juga sebagai tumpuan lateral sehingga masing-masing tulangan memanjang hanya dapat tertekuk di antara dua tulangan pengikat.

2. Kolom menggunakan pengikat spiral

Kolom beton ini ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, namun pengikat tulangan adalah tulangan spiral yang dililit mengelilingi tulangan utama.

3. Struktur kolom komposit

Kolom beton ini diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.



Gambar 2.1. Jenis-jenis kolom

Sumber: Dipohusodo, Istimawan 1990

Jika terjadi kegagalan pada kolom, maka akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya, kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda atau peringatan yang jelas, bersifat mendadak (Dipohusodo, Istimawan 1990).

## 2.2. Klasifikasi Tingkat Kerusakan Akibat Kebakaran

Jenis kerusakan yang sering terjadi akibat kebakaran yaitu retak ringan, retak berat, beton terkelupas, beton pecah, berongga, beton melendut, tulangan memuai hingga putus atau tekuk. Klasifikasi tingkat kerusakan gedung pasca kebakaran antara lain: tanpa kerusakan, kerusakan ringan, kerusakan sedang dan kerusakan berat.

## 2.3. Pengaruh Kebakaran Terhadap Struktur Beton Bertulang

### 1. Material Beton

Beberapa perubahan pada beton setelah terbakar atau mengalami peningkatan suhu yang dapat diketahui secara visual namun dapat mengakibatkan kekuatan beton melemah, sebagai berikut:

#### a. Perubahan warna pada beton

Perubahan warna pada beton dapat menjadi perkiraan dalam mendeteksi temperatur tertinggi yang dialami beton (Yohana Natalia Putri Sari, 2009). Temperatur yang terus meningkat dapat menyebabkan proses karbonisasi (terbentuknya senyawa  $\text{CaCO}_3$ ), sehingga terjadi perubahan warna menjadi keputih-putihan dan kuat tekan beton akan mengalami penurunan, berbanding lurus dengan peningkatan temperatur (Abdullah Latip, 2016).

#### b. *Spalling* dan *Cracking* pada beton

Menurut Tjokrodimuljo (2000) (dalam Irma Aswani dkk, 2009) bahwa beton tidak diharapkan mampu untuk menahan panas di atas suhu  $250^\circ\text{C}$ . Akibat suhu tinggi tersebut, beton akan retak (*cracking*) dan terkelupas (*spalling*) mulai dari bagian terluar, yaitu selimut beton. Meski selimut beton sudah dirancang dengan ketebalan yang cukup sebagai pelindung tulangan, namun pemanasan dengan suhu tinggi sangat berpengaruh terhadap penurunan kekuatan karena adanya proses penguraian partikel senyawa, serta adanya perbedaan nilai sublimasi antara agregat dan pasta semen, maka kekuatan koheren antara agregat akan

menurun sehingga menyebabkan kekuatan beton menurun (Rizal, 2010) (dalam Agus Susanto, 2016).

## 2. Material Baja Tulangan

Beton merupakan material yang kuat terhadap tekan, namun lemah terhadap gaya tarik. Untuk mengimbangi kelemahan beton, maka diberikan baja tulangan yang kuat terhadap gaya tarik, sehingga terbentuklah material komposit yang efisien, yaitu beton bertulang (Resmi bestari, 2009) (dalam Vinda Darumba, 2014). Pada material baja tulangan tidak terlihat perubahan fisik setelah terjadi kebakaran. Namun, setelah dilakukan pengujian tarik pada baja tulangan, ternyata baja tulangan mengalami perubahan kuat tarik yaitu penurunan tegangan tarik paling signifikan yang terjadi pada temperatur 800°C dengan nilai tegangan tarik 474,34 Mpa dari 495,99 Mpa (Ella Sundari dkk, 2019).

### 2.4. Metode Perkuatan Kolom Struktur Metode *Jacketing*

Kebakaran dapat menyebabkan kegagalan struktur maka metode yang digunakan untuk mengatasi perlemahan adalah dengan membuat perkuatan pada struktur. Perkuatan struktur diperlukan apabila kerusakan yang terjadi mengakibatkan perlemahan kekuatan, kekakuan, stabilitas, ketahanan terhadap kinerja tertentu, dan fungsi struktur (Jenefer Teofany Kaontole, 2015). Pada dasarnya, perkuatan struktur pada kolom dapat dilakukan dengan menambah dimensi menjadi lebih lebar dari yang sebelumnya, menambah kolom (memperpendek) bentang balok. Pada metode *Jacketing*, kolom yang mengalami perlemahan kekuatan harus diisi dengan *chemical* (seperti epoksi) terlebih

dahulu. *Jacketing* adalah metode perkuatan struktur dengan pembesaran dimensi pada kolom struktur. Pembesaran dimensi dilakukan dengan melapisi struktur dengan plat baja atau dengan menambah tulangan dan beton pada kolom, setelah mengalami perlemahan dan bagian retak pada struktur yang mengalami perlemahan diinjeksi dengan epoksi terlebih dahulu. Manfaat metode perkuatan ini adalah memberikan peningkatan dan kapasitas struktur yaitu kekuatan, daktilitas dan masa layan. Berikut adalah beberapa kelebihan dari metode *jacketing*, yaitu:

1. Kekuatan struktur meningkat
2. Kekakuan struktur bertambah
3. Stabilitas struktur meningkat

Ada tiga jenis perkuatan *jacketing*, yaitu *concrete jacketing*, *fiber reinforced plastic jacketing*, dan *steel jacketing*.

*Concrete jacketing* adalah perkuatan kolom dengan melapisi kolom struktur dengan beton bertulang. Metodenya adalah dengan menambah tulangan disekeliling kolom, lalu dicor kembali dengan beton dengan dimensi yang sudah diperhitungkan sebelumnya.

*Fiber reinforced plastic jacketing (FRP)* adalah perkuatan kolom dengan material komposit yang terbuat dari bahan fiber dan dikombinasikan dengan bahan epoksi resin. Material *FRP* yang digunakan adalah *Carbon FRP (CFRP)*. Beberapa kelebihan material *CFRP* adalah memiliki kuat tarik yang tinggi, ringan, tidak berkarat dan modulus elastisitas yang mendekati baja (Hioe, Hartono, 2016).

Sedangkan *steel jacketing* adalah metode dengan menggunakan pelat baja sebagai perkuatan kolom. Dalam penelitian ini, akan dibahas mengenai *steel*

*jacketing* untuk perkuatan kolom struktur yang mengalami perlemahan karena mengalami suhu tinggi akibat kebakaran. Metode *steel jacketing* dilakukan dengan menambahkan pelat baja pada konstruksi kolom eksisting, dimana penambahan pelat baja bertujuan untuk menambah kapasitas perkuatan kolom sehingga dapat mengatasi keruntuhan yang diakibatkan oleh beberapa hal yang tidak terduga, seperti kebakaran pada bangunan yang mengakibatkan perubahan fisik dari beton bertulang. Menurut penelitian Samun Haris, Hidayat tahun 2020, perkuatan metode *steel jacketing* lebih mahal daripada *concrete jacketing* dan membutuhkan waktu 21 hari kerja dibandingkan dengan *concrete jacketing* dengan waktu 31 hari kerja (*steel jacketing* lebih cepat 32% daripada *concrete jacketing*). Hal ini membuktikan bahwa masing-masing metode memiliki keunggulannya masing-masing. Dalam hal ini jika perkuatan dilakukan dengan metode *steel jacketing*, maka beton dan plat baja akan menjadi struktur komposit. Struktur komposit pada kolom yang diperkuat dengan metode *steel jacketing*, merupakan kolom komposit dengan inti beton yang dilapisi struktur baja, dan tidak membutuhkan tulangan tambahan pada bagian luar kolom (SNI 2847:2019, hal. 215).

Tebal minimum dinding baja untuk struktur kolom komposit dengan inti beton dilapisi baja, harus memenuhi:

$$A_s \geq 1\% A_g$$

dengan:

b (mm) : lebar penampang

h (mm) : panjang penampang

$t$  (mm) : tebal pelat baja

$A_s$  (mm<sup>2</sup>) : luas penampang profil baja

$A_g$  (mm<sup>2</sup>) : luas seluruh penampang komposit

*Steel jacketing* yang merupakan komponen struktur komposit terisi beton, luas penampang baja harus terdiri sedikitnya 1% dari total penampang melintang komposit. Untuk kekuatan tekan dapat dihitung dengan (SNI 1729:2015):

Untuk penampang kompak:

$$P_{no} = P_p$$

Dengan:

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{A_s}{E_c} \right)$$

Dimana  $C_2 = 0,85$  untuk penampang persegi, dan  $0,90$  untuk penampang bundar.

Untuk penampang nonkompak:

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2$$

Keterangan:

$\lambda_r$ ,  $\lambda_p$  dan  $\lambda$  adalah rasio kelangsingan

$P_p$  ditentukan dari persamaan sebelumnya

$$P_y = F_y A_s + 0,7 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$



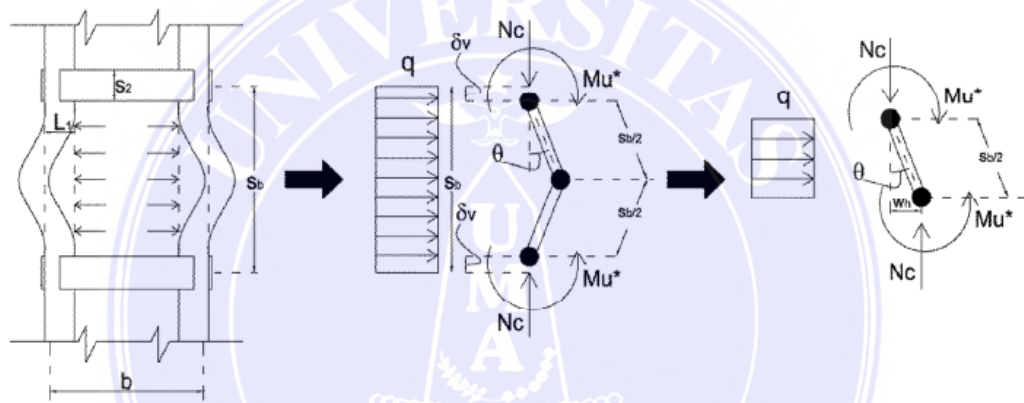
Untuk penampang langsing:

$$P_{no} = F_{cr}A_s + 0,7 f'_c \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

Bila penampang diisi beton:

$$F_{cr} = \frac{9E_s}{\left(\frac{b}{t}\right)^2}$$

**2.5. Kapasitas Kolom Diperkuat dengan Metode Steel Jacketing**



Gambar 2.2. Batas Keseimbangan Tekuk Sudut Perkuatan

Sumber: Cavakeri, L dkk, 2016, “Steel Jacketing of RC Columns: Reability of Capacity Laws for Concrete”

**A. Eurocode No.4, 1994 (dalam Islam dan Hoque, 2015)**

Kapasitas beban *ultimate* kolom diperkuat dengan sudutan beton yang dilapisi oleh profil baja dapat dihitung dengan rumus:

$$P_{EC} = 0,85 (b.d) f'_c + A_s \cdot f_{ys} + 8. (L_1 \cdot t_1) \cdot f_{yL}$$

dengan:

$b, d$  (mm) : Dimensi penampang kolom (lebar, panjang)

$f'_c$ (Mpa)	: Mutu beton
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	: Luas tulangan
$f_{ys}$ (Mpa)	: Mutu tulangan
$L_l$ (mm)	: Panjang profil baja L
$t_l$ (mm)	: Tebal profil baja L
$f_{yL}$	: Mutu profil baja

### B. Regalado, 1999 (dalam Islam dan Hoque, 2015)

Perhitungan oleh Regalado disesuaikan dengan kapasitas izin yang disebabkan oleh variasi deformasi antara kolom beton dengan sistem perkuatan. Hal tersebut sesuai dengan nilai kapasitas beban *ultimate* kolom yang lebih rendah daripada perhitungan rumus *Eurocode* No. 4 karena dihitung dengan faktor reduksi 0,6 dapat dihitung:

$$P_{Reg} = 0,6 (0,85 \cdot b \cdot d \cdot f'_c + A_s \cdot f_{ys} + 8 \cdot L_l \cdot t_l \cdot f_{yL})$$

dengan:

$b, d$ (mm)	: Dimensi penampang kolom (lebar, panjang)
$f'_c$ (Mpa)	: Mutu beton
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	: Luas tulangan
$f_{ys}$ (Mpa)	: Mutu tulangan
$L_l$ (mm)	: Panjang profil baja L
$t_l$ (mm)	: Tebal profil baja L

$f_{yL}$  : Mutu profil baja

**C. Calderon et al, 2009 (dalam Islam dan Hoque, 2015)**

Perhitungan oleh Calderon et al membuat perhitungan desain perkuatan dalam menentukan beban *ultimate* yang ditahan oleh perkuatan sudutan baja pada kolom. Rumus perhitungan ditentukan dari analisis kegagalan mekanisme perkuatan. Kemudian, rumus perhitungan dibuktikan dengan membandingkan hasil perhitungan kapasitas *ultimate* yang didapatkan dari penelitian uji laboratorium, dan dapat dihitung:

$$P_{Cal} = 0,85 \cdot b \cdot d \cdot f'_c + A_s \cdot f_{ys} + 2,5 \cdot f_l \cdot b \cdot d + N_L$$

dengan:

$b, d$  (mm) : Dimensi penampang kolom (lebar, panjang)

$f'_c$  (Mpa) : Mutu beton

$A_s$  (mm<sup>2</sup>) : Luas tulangan

$f_{ys}$  (Mpa) : Mutu tulangan

$f_l$  (Mpa) : Tekanan lateral

$N_L$  (N) : Gaya aksial yang ditahan oleh perkuatan baja, dimana  $N_L$

dapat dihitung

$$N_L = N_o \cdot (1 - e^{-m \cdot s_2})$$

$$\text{dengan } m = \frac{\mu \cdot A \cdot v_c}{b \cdot \left(1 - v_c + \frac{b \cdot E_c}{2 \cdot t_2 \cdot E_L}\right)}$$

dimana,

$\mu$  : Koefisien friksi

$b$  : lebar penampang kolom

$\nu_c$  : nilai poisson ratio beton

$s_2$  : lebar strip baja

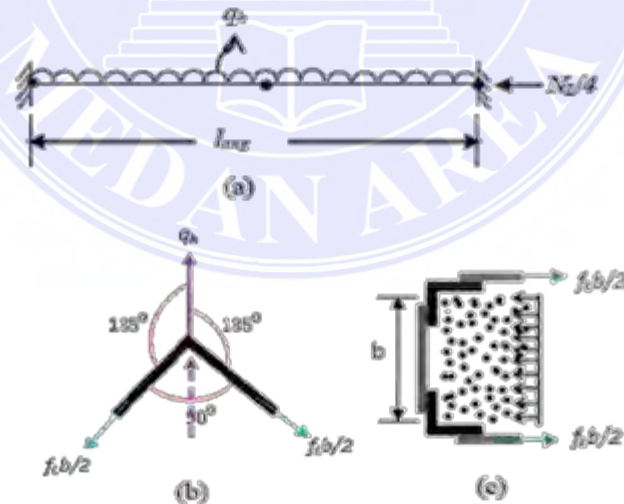
$t_2$  : tebal strip baja

$E_L$ : modulus elastisitas baja perkuatan

$E_c$ : modulus elastisitas beton

Dalam rumus yang disempurnakan oleh Calderon et al, ada dua formula perhitungan dimana kegagalan pada dua kondisi, yaitu:

1. Kegagalan Perkuatan yang Disebabkan Tegangan Luluh pada Sudut



Gambar 2.3. (a) Perubahan bentuk plastis struktur; (b) gaya aksi pada sudut perkuatan; (c) gaya lateral pada sudut perkuatan

Sumber: Islam dan Hoque tahun 2015, “*Strengthening of Reinforced Concrete Columns by Steel Jacketing: A State of Review*”

$$(a) q_h = \frac{16}{l_{ang}^2} \cdot M_p$$

$$(b) f_1 = \frac{q_h \cdot \sqrt{2}}{b}$$

$$(c) f_1 = \frac{16 \cdot M_p \cdot \sqrt{2}}{l_{ang}^2 \cdot b}$$

**D. Tarabia A. M dan Albakry H. F, 2014 (dalam Islam dan Hoque, 2015)**

Berdasarkan penelitian Tarabia dan Albakry pada tahun 2015, rumus perhitungan Kapasitas beban *ultimate* adalah sama dengan Calderon. Namun, yang membedakan adalah nilai  $f_l$  dan nilai  $N_L$ .

$$f_1 = \frac{N_c}{b^2} \frac{v_c}{\left(1 - v_c + \frac{bSE_c}{2s_2t_2E_s}\right)}$$

$$N_L = 2 \cdot L_1 \cdot t_1 \cdot f_{yL}$$

$$N_L = \sqrt{2} \cdot f_1 \cdot b \cdot S \cdot \mu$$

dimana,

$\mu$  : koefisien friksi (0,5)

$N_c(N)$  : beban aksial yang ditopang oleh beton

**2.6. Uji Non Destruktif Untuk Menentukan Mutu Beton**

Uji non destruktif adalah metode yang umum digunakan untuk mengetahui kekuatan tekan beton pasca kebakaran, namun dengan tidak merusak beton. Ada

dua metode uji non destruktif yang digunakan di lokasi penelitian, yaitu *Ultra Pulse Velocity (UPV) Test* dan *Hammer Test*.

### 2.6.1. *UPV Test*

*UPV test* merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan kualitas beton melalui cepat rambat gelombang ultrasonik, yang bertujuan untuk mendeteksi:

- a. Kedalaman keretakan pada beton.
- b. Kerusakan permukaan beton akibat kebakaran atau pengaruh kimiawi.
- c. Perubahan sifat beton.
- d. Kualitas/mutu beton.
- e. Modulus elastisitas beton.

Berikut beberapa kelebihan dari metode *UPV test*:

- a. Memiliki penetrasi yang tinggi sehingga dapat digunakan pada material dengan ketebalan hingga 6 meter (namun tergantung dari sensitivitas alatnya).
- b. Memiliki sensitivitas tinggi, sehingga bisa mendeteksi kerusakan yang sangat kecil.
- c. Memiliki tingkat ketelitian yang lebih baik dari metode *Non Destructive Testing (NDT)* lainnya dalam menentukan posisi, orientasi ukuran dan bentuk kerusakan dari dalam beton.
- d. Hanya membutuhkan satu permukaan yang dapat di akses.

- e. Tidak membutuhkan biaya yang mahal, peka terhadap kerusakan dan tidak membutuhkan waktu yang lama kurang lebih.

Berikut beberapa kelemahan dari metode *UPV test*:

- a. Membutuhkan referensi standar untuk pengkalibrasian dan untuk mengetahui karakteristik cacat.
- b. Sulit menginspeksi benda yang tipis
- c. *Skill* dan *training* yang dibutuhkan lebih tinggi dari metode lain.

#### 2.6.2. *Hammer Test*

Metode lainnya yang digunakan adalah *Hammer Test* yang digunakan untuk memperkirakan kualitas beton, dilakukan dengan memberikan beban tumbukan pada permukaan beton dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu, lalu kemudian hasil test dianalisa dengan menggunakan standard deviasi untuk penentuan mutu beton tanpa merusak beton. Metode ini dapat digunakan mengetahui keseragaman material beton pada struktur dan sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan. Berikut beberapa kelebihan *hammer test*, yaitu:

- a. Murah
- b. Dapat dilakukan dengan cepat
- c. Praktis (mudah digunakan)

d. Tidak merusak beton.

Namun, ada juga beberapa kelemahan dari metode *hammer test*:

- a. Hasil pengujian dipengaruhi oleh kerataan permukaan, kelembaban beton, sifat – sifat dan jenis agregat kasar, derajat karbonisasi dan umur beton. Oleh karena itu perlu diingat bahwa beton yang akan diuji haruslah dari jenis dan kondisi yang sama.
- b. Hasil pengujian sulit untuk dikalibrasi
- c. Hanya memberikan informasi mengenai karakteristik beton pada permukaan.

## 2.7. Analisis dengan Menggunakan Program ETABS

Program ETABS merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan software Computers and Structures, Incorporated (CSI) yang berlokasi di Barkeley, California, Amerika Serikat. Berawal dari penelitian dan pengembangan riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di *University of California, Barkeley*, Amerika Serikat, maka pada tahun 1975 didirikan perusahaan CSI oleh Ashraf Habibullah. Program ETABS secara khusus difungsikan untuk menganalisis perencanaan struktur, yaitu analisis struktur baja, beton, komposit, baja rangka batang dan dinding geser. Penggunaan program ini untuk menganalisis struktur, terutama untuk bangunan tinggi dan output yang dihasilkan secara efektif waktu dalam menganalisisnya (modul pelatihan ETABS, pdf - hal. 36). Selain ETABS, ada juga program analisis yang digunakan untuk merencanakan dan mengevaluasi struktur yaitu SAP. Program SAP 2000 adalah satu dari program analisis struktur yang digunakan secara luas, dimana program ini adalah hasil penelitian dan pengembangan oleh tim dari *University of*



*California, Berkeley* di bawah pimpinan Prof. Edward L. Wilson selama lebih dari 25 tahun.

Peluncuran program pertama kali sejak tahun 1970, dengan versi awal merupakan program berbasis teks (DOS). Input dimasukkan lewat teks dengan format tertentu yang kemudian dianalisis dan bisa ditampilkan hasilnya ataupun dilakukan pemeriksaan model struktur baik dalam bentuk teks maupun grafis, walau demikian perubahan terhadap model tetap harus dilakukan pada teks input data, tidak langsung pada tampilan grafisnya. Beberapa kelebihan program ETABS dibandingkan dengan program analisis struktur SAP 2000 adalah:

- a. Fitur/fasilitas yang lebih lengkap (untuk kasus perencanaan struktur gedung).
- b. Lebih ringan dan cepat saat diinstal pada komputer daripada SAP 2000.
- c. Lebih cepat dalam melakukan *running analysis* daripada SAP 2000.
- d. Lebih cepat saat melakukan pemodelan struktur.
- e. Tampilan 2D dan 3D yang bisa *mengcover* seluruh elemen.
- f. Tampilan yang hampir sama dengan SAP 2000, karena dibuat oleh perusahaan yang sama pula (CSI), sehingga jika sudah biasa menjalankan SAP 2000 tidak akan bingung saat mengoperasikan ETABS.

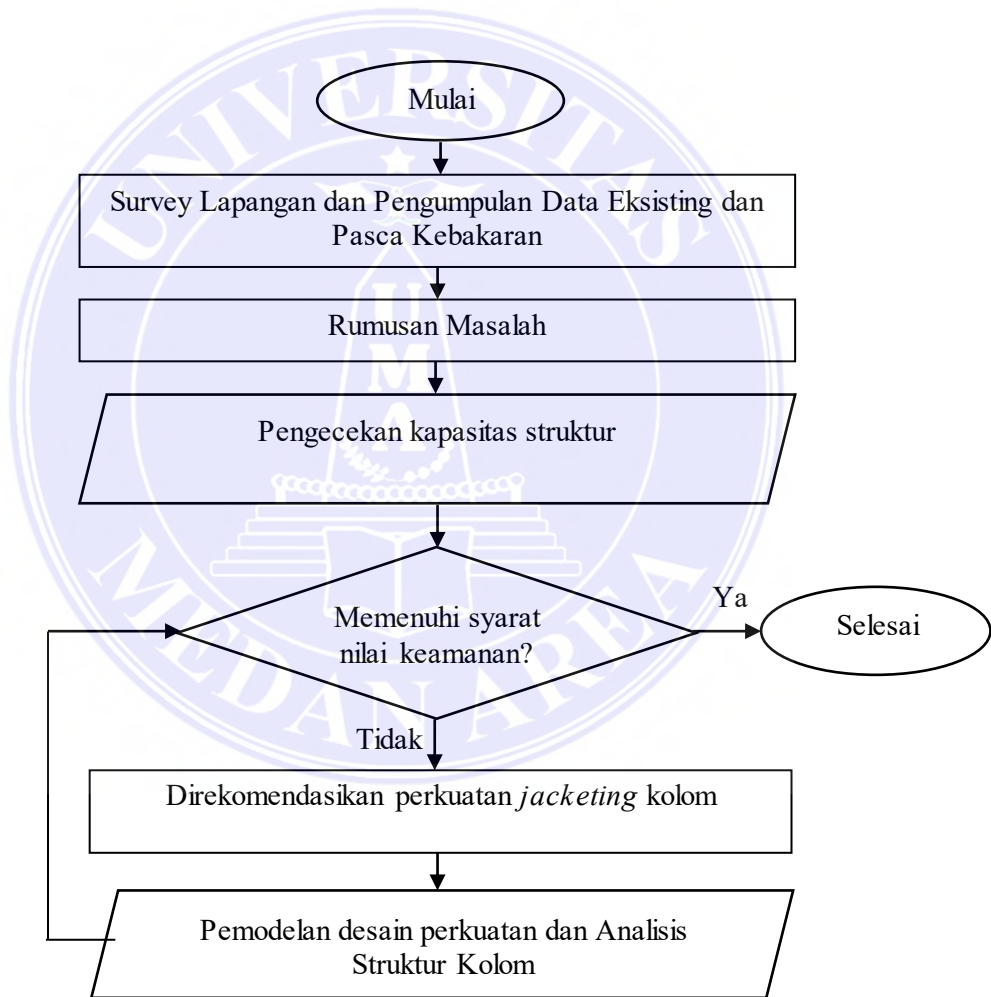
## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tahapan Penelitian

Data yang diambil adalah dari data primer yang merupakan data-data teknis yang akan diolah untuk analisis selanjutnya dan data sekunder sebagai penunjang penelitian, seperti pada tinjauan pustaka dan kronologis terjadinya kebakaran.

#### 3.2. Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian

### 3.3. Data-data Teknis

#### 1. *Ultrasonic Pulse Velocity Test*

Tabel 3.1. Hasil Uji Mutu Beton Berdasarkan *UPV Test*

No	Kolom	Dimensi	As	Mutu Beton Rencana (kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu Beton Hasil UPV Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu Beton Hasil UPV Test (Mpa)
1	P6	K1B (600x1200)	4/C	500,00	464,80	38,58
2	P6	K3D (500x900)	3/B	500,00	448,00	37,18
3	P6	K1 (750x1250)	3/D'	500,00	362,40	30,08
4	P6	K3E (500x900)	2/D'	500,00	313,00	25,98
5	P6	K3E (500x900)	2/E	500,00	436,00	36,19
6	P6	K2 (600x1200)	4/E	500,00	447,50	37,14
7	P6	K4A (500x500)	5/E	500,00	489,60	40,64

Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan

#### 2. *Hammer Test*

Tabel 3.2. Hasil Uji Mutu Beton Berdasarkan *Hammer Test*

No	Kolom	Dimensi	As	Mutu Beton Rencana (kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu Beton Hasil Hammer Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu Beton Hasil UPV Test (Mpa)
1	P6	K1B (600x1200)	4/C	500,00	456,06	37,85
2	P6	K3D (500x900)	3/B	500,00	525,42	43,61
3	P6	K1 (750x1250)	3/D'	500,00	448,63	37,24
4	P6	K3E (500x900)	2/D'	500,00	429,76	35,67
5	P6	K3E (500x900)	5/C	500,00	461,43	38,30

Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan

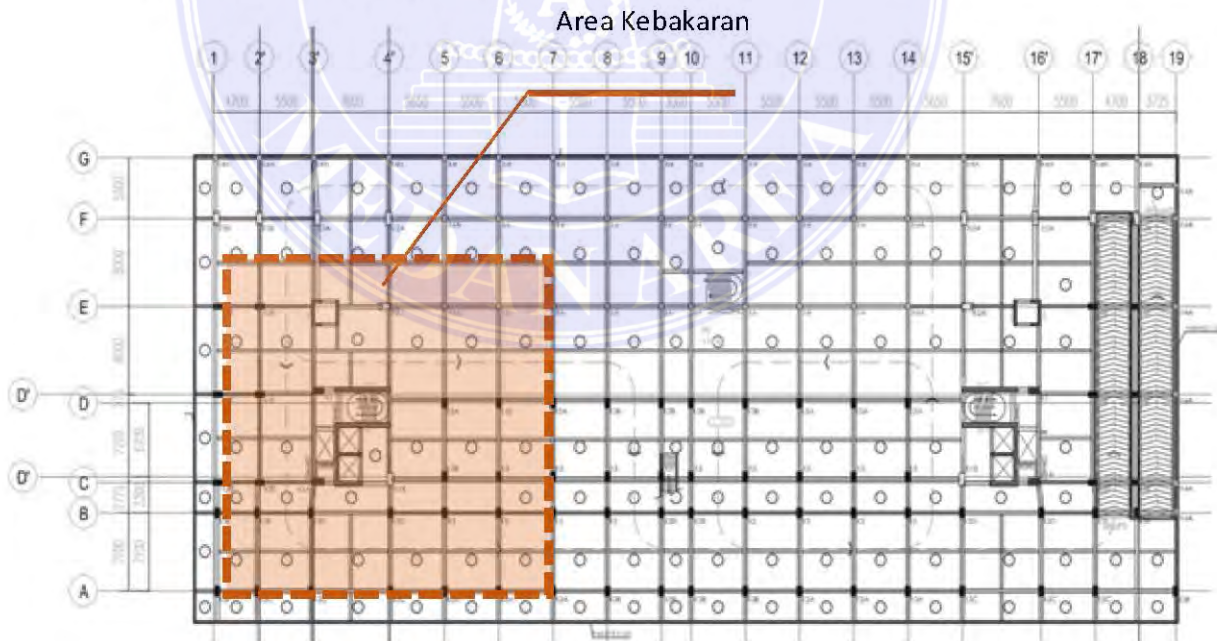
### 3. Pengamatan Visual



Gambar 3.2. Visual Area Kebakaran dan Kolom di Lt. P6 Pasca Kebakaran

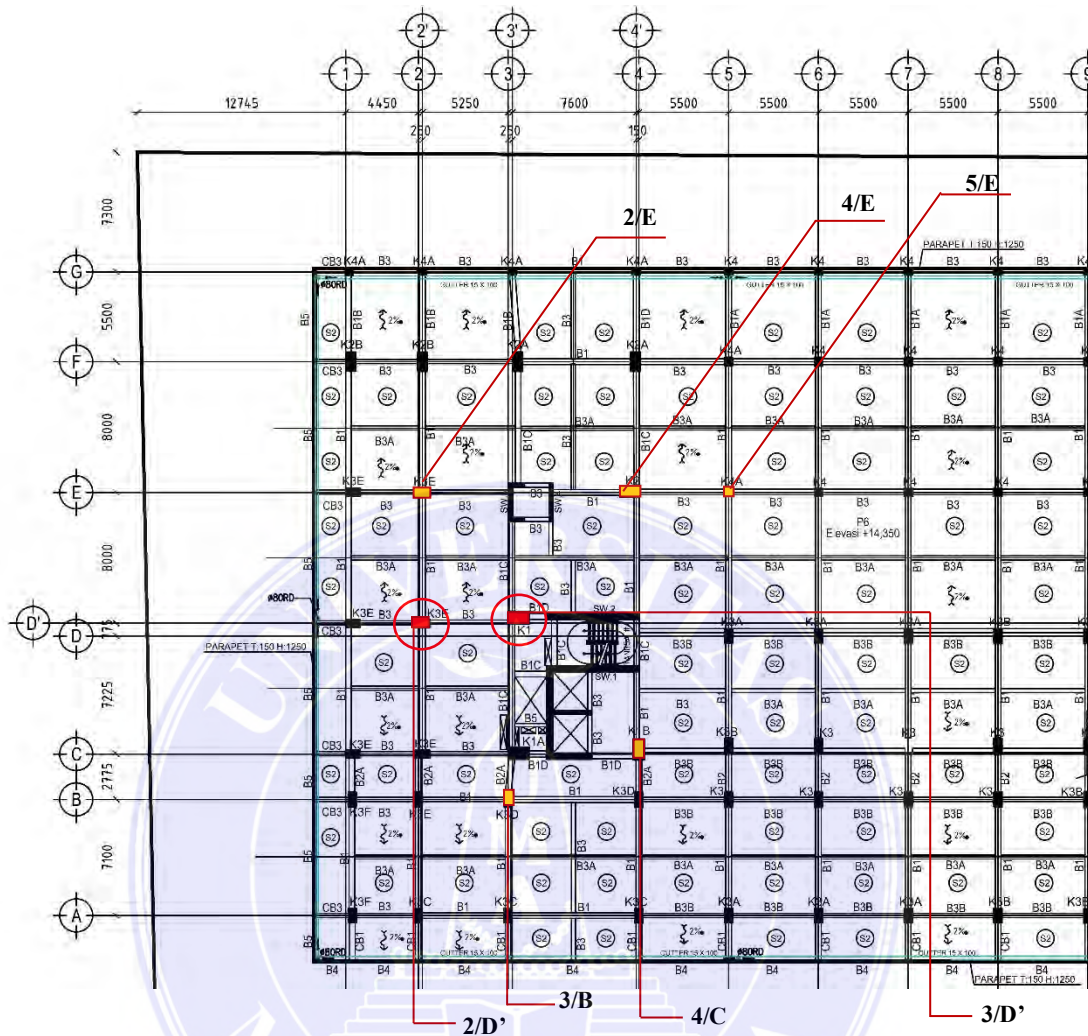
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan

#### 1. Informasi Bangunan:



Gambar 3.3. Area Kebakaran dan Kolom di Lt. P6 Pasca Kebakaran

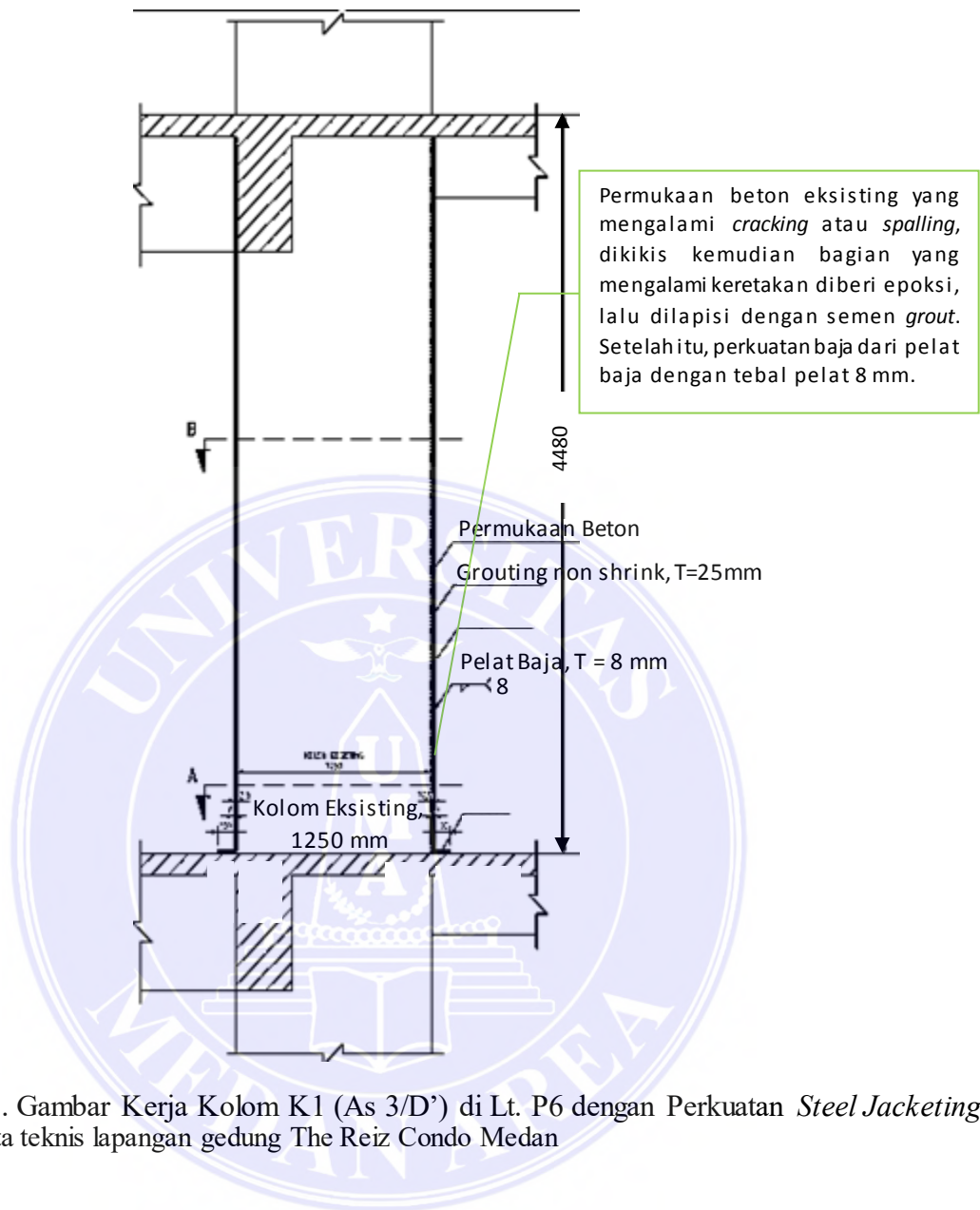
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan



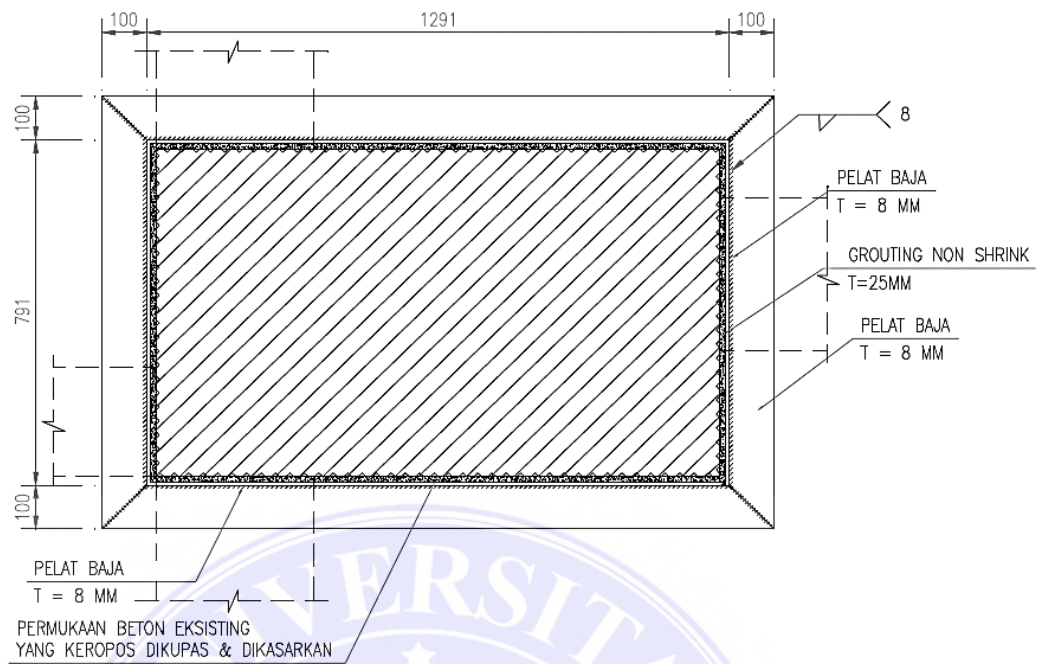
Gambar 3.4. Mapping Kolom berdasarkan *Ultrasonic Velocity Test* di lantai P6

Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan

Dari *mapping* kolom di atas, dijelaskan bahwa kolom berwarna merah dan kuning adalah kolom yang mengalami penurunan kuat tekan pasca kebakaran. Kolom yang berwarna merah adalah kolom yang dibuat perkuatan *steel jacketing* karena mengalami penurunan kuat tekan yang signifikan jika dibandingkan dengan kolom yang berwarna kuning.

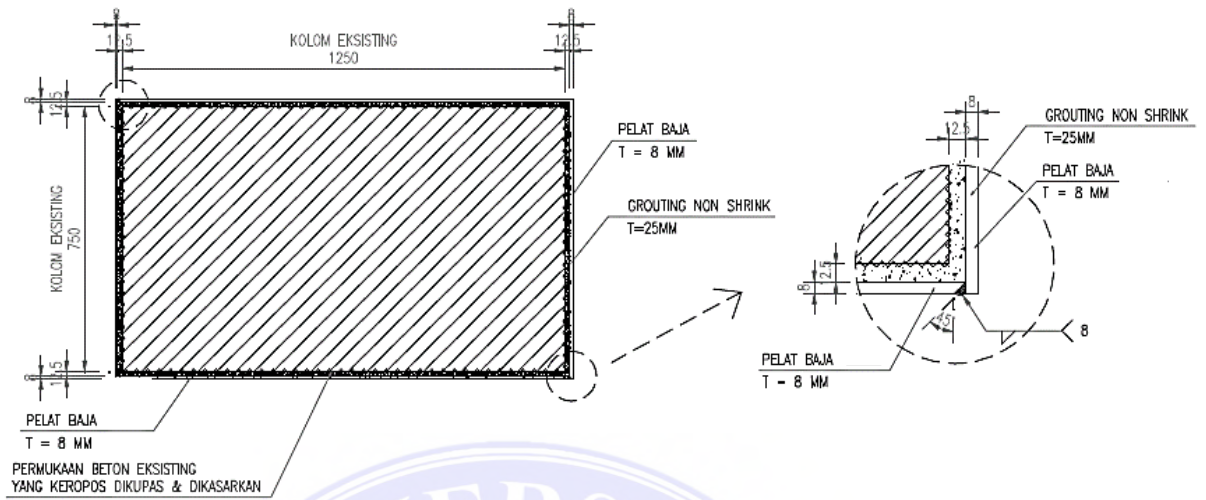


Gambar 3.5. Gambar Kerja Kolom K1 (As 3/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan *Steel Jacketing*  
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan



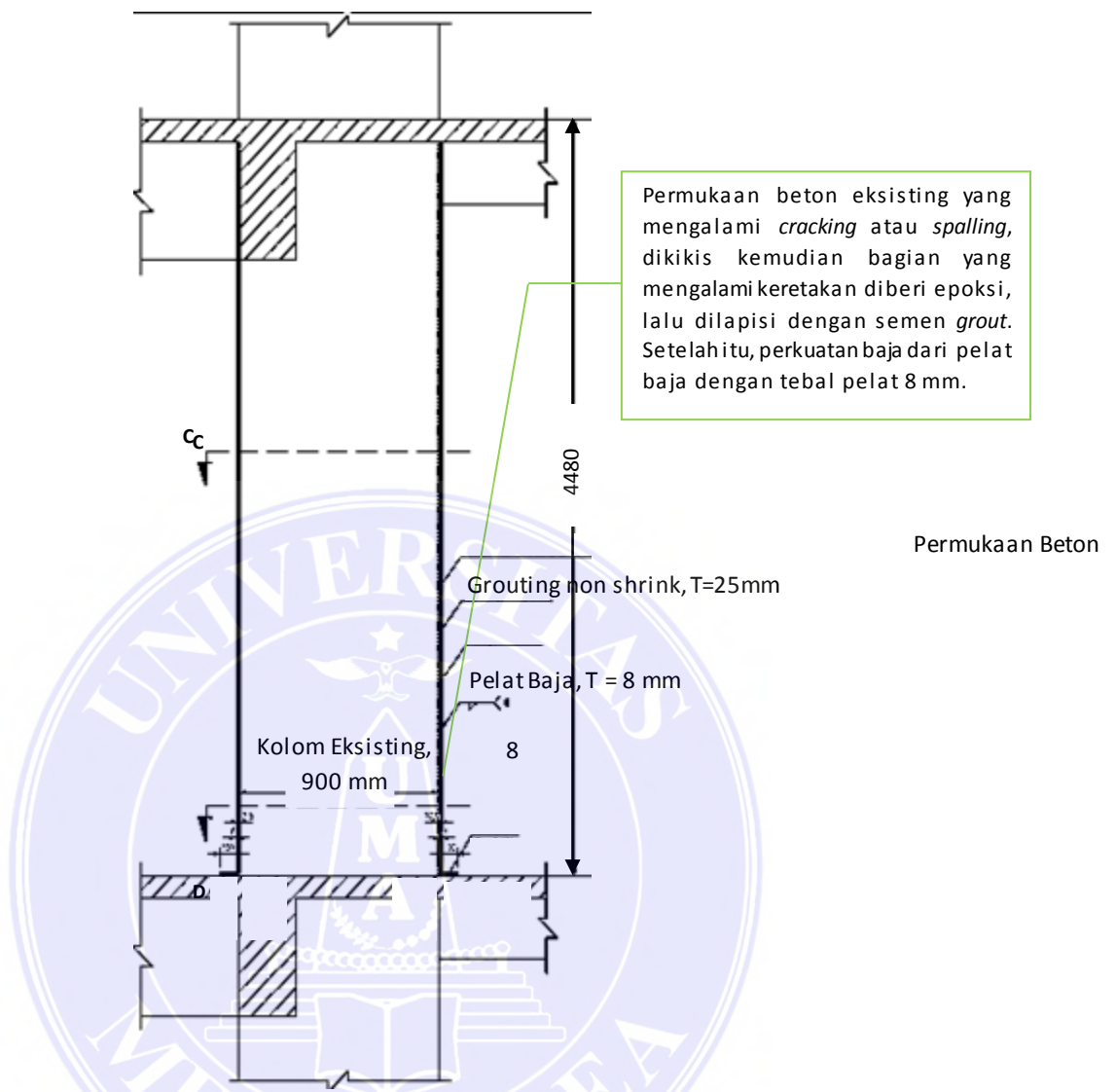
Gambar 3.6. Potongan A Gambar Kerja Kolom K1 (As 3/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan *Steel Jacketing*

Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan



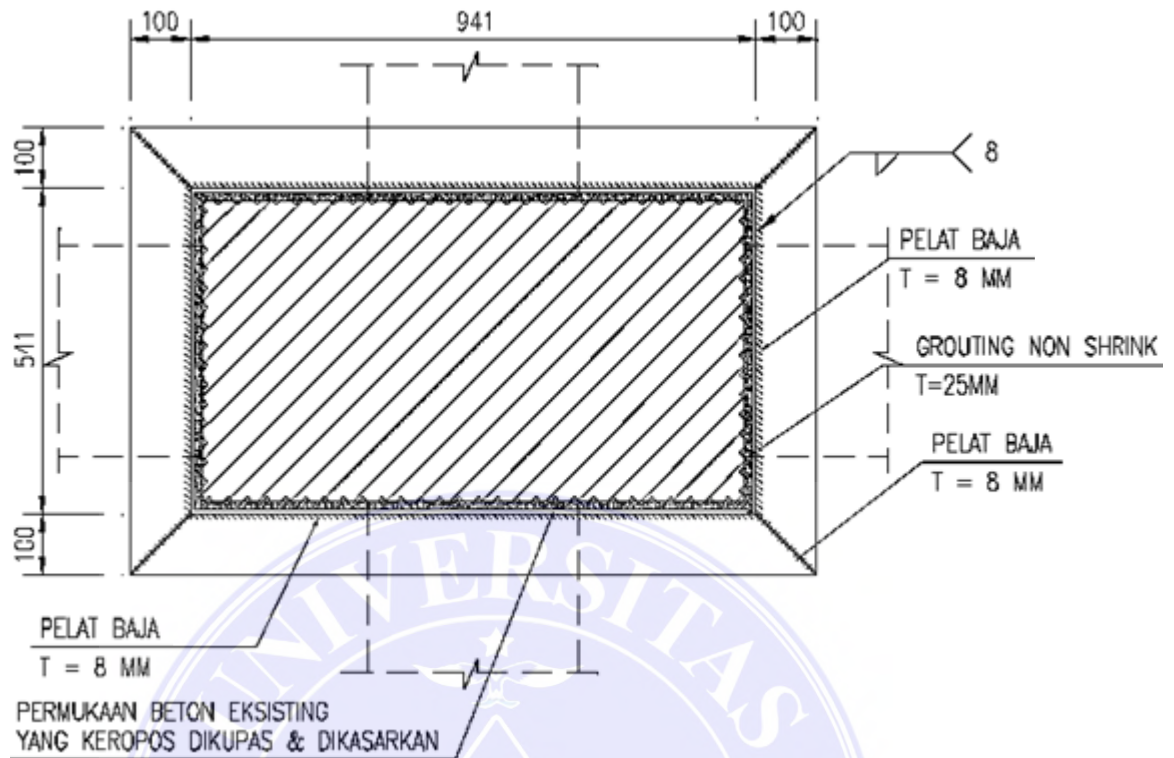
Gambar 3.7. Potongan B Gambar Kerja Kolom K1 (As 3/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan *Steel Jacketing*  
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan



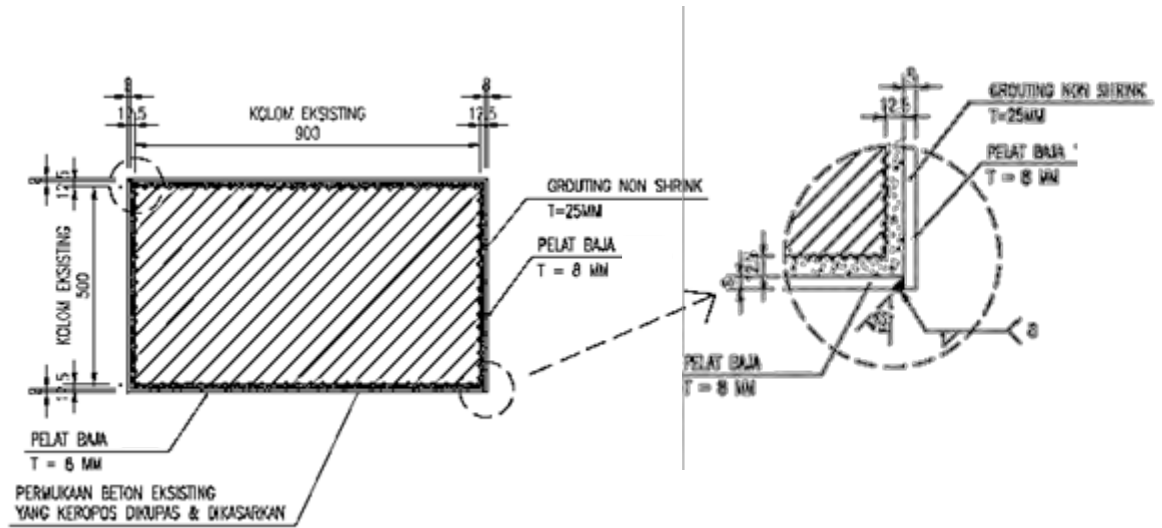


Gambar 3.8. Gambar Kerja Kolom K3E (As 2'/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan *Steel Jacketing*

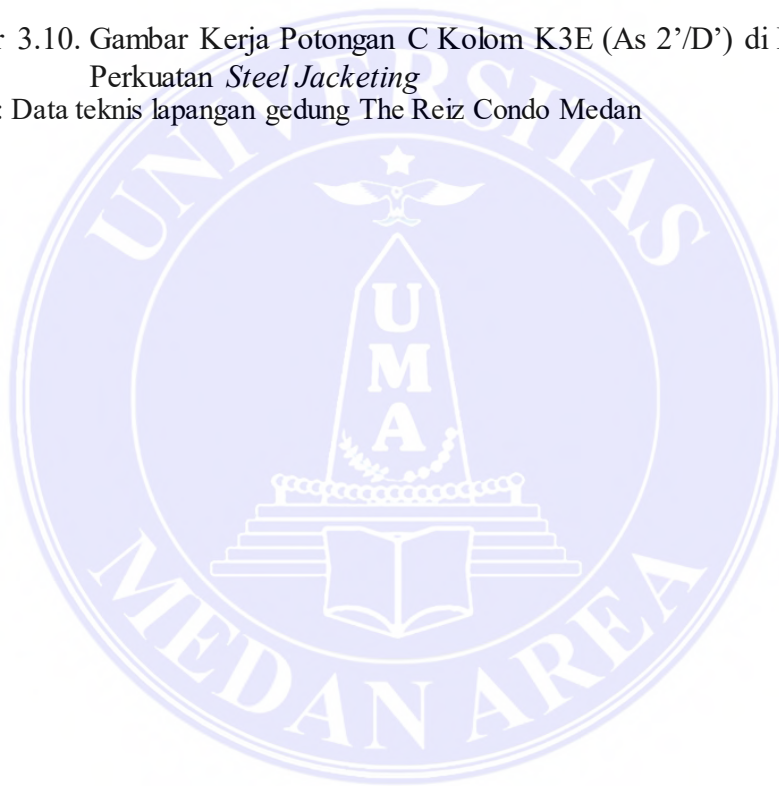
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan



Gambar 3.9. Gambar Kerja Potongan C Kolom K3E (As 2'D') di Lt. P6 dengan Perkuatan *Steel Jacketing*  
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan



Gambar 3.10. Gambar Kerja Potongan C Kolom K3E (As 2'/D') di Lt. P6 dengan Perkuatan *Steel Jacketing*  
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan





Gambar 3.11. Visual Kolom 2/D' dengan perkuatan *steel jacketing*  
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan



Gambar 3.12. Visual Kolom 3/D' dengan perkuatan *steel jacketing*  
Sumber: Data teknis lapangan gedung The Reiz Condo Medan

Diketahui data eksisting Gedung The Reiz Condo memiliki 23 lantai tower dan 5 lantai podium (data perencanaan awal).

## 1. Data Mutu dan Pembebanan Eksisting

Mutu Beton Eksisting:

- a. Balok: K-350 ( $f'c = 29,05$  Mpa)
- b. Plat: K-350 ( $f'c = 29,05$  Mpa)
- c. Kolom: K-500 ( $f'c = 41,5$  Mpa)
- d. Kolom Tower: K-450 ( $f'c = 37,35$  Mpa)

Mutu Baja Tulangan:

- a. Tulangan Polos U-24 ( $f_y = 240$  Mpa)
- b. Tulangan Longitudinal dan sengkang U-40 ( $f_y = 400$  Mpa)

Data Pembebanan Eksisting (Diperoleh dari data perusahaan/owner)

- a. Perhitungan Beban Lt. P1 s/d Lt. P6 (Area Parkir)
  - 1) *Superimposed Dead Load*:  $163 \text{ kg/m}^2$
  - 2) Beban hidup:  $400 \text{ kg/m}^2$
- b. Perhitungan Beban Lt. 6 s/d Lt. 28 (Hunian)
  - 1) *Superimposed Dead Load*:  $163 \text{ kg/m}^2$
  - 2) Beban hidup:  $200 \text{ kg/m}^2$
- c. Perhitungan Beban Lt. 6 (Area lantai fasilitas)
  - 1) *Superimposed Dead Load*:  $1500 \text{ kg/m}^2$
  - 2) Beban hidup:  $200 \text{ kg/m}^2$

## 2. Kronologis Pasca Kebakaran

- a. Kebakaran terjadi di lantai 6, podium (P6) pada gambar A 1-6/A-F

- b. Lantai P6 merupakan lokasi yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material kayu, *homogenous tile*, dan pipa. Berdasarkan rencana, lantai P6 adalah satu dari lima lantai podium (area parkir) di gedung The Reiz Condo, dan lantai atasnya yaitu lantai hunian dan fasilitas (fasilitas sesuai perencanaan antara lain: kolam renang, taman, *indoor sport*, dan hunian).
- c. Durasi kebakaran adalah selama +/- 2 jam (jam 13.00 – 15.00 WIB), dan proses pendinginan sampai jam 15.30 WIB

### 3. Metode Perhitungan Perkuatan (Hioe, Hartono, 2016)

#### a. *Review* Struktur

*Review* struktur dilakukan dengan memeriksa data-data perencanaan dan perhitungan struktur eksisting, dan diverifikasi dengan data-data yang ada di lapangan dan pengujian non destruktif bila diperlukan untuk mengetahui pembebanan yang ada dan karakteristik material yang digunakan.

#### b. Analisa Struktur

Dalam hal ini, analisa kekuatan struktur kolom pasca kebakaran akan dibandingkan kekuatan struktur kolom setelah diberi perkuatan *steel jacketing* pada as 2/D' dan 3/D' sesuai dengan kondisi aktual. Analisa struktur menggunakan beberapa kombinasi dalam analisa struktur, dan satu diantaranya adalah kombinasi beban gempa. Perhitungan beban gempa dihitung secara manual dengan menggunakan standar SNI 1726:2002.

Tujuan perhitungan kombinasi beban gempa dalam menganalisis struktur adalah:

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
2. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki
3. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.
4. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan data yang didapat dari hasil *Ultrasonic Pulse Velocity test*, kebakaran yang terjadi pada The Reiz Condo Medan mengakibatkan kolom struktur mengalami penurunan mutu, yaitu pada as 4/C' sebesar 7,04%, as 3/B sebesar 10,41%, as 3/D' sebesar 27,52%, as 2/D' sebesar 37,4%, as 2/E sebesar 12,80%, as 4/E sebesar 10,51% dan as 5/E sebesar 2,10%.
2. Setelah dilakukan analisis komputasi dengan menggunakan *software* ETABS, didapatkan nilai kapasitas maksimum adalah dari kombinasi 3, beban aksial pada analisis kolom as 2/D' yaitu 16101,65 N dan 3/D' yaitu 3069,24 N. Setelah dilakukan analisis komputasi dengan menggunakan *software* ETABS 9.7.1, didapatkan nilai kapasitas maksimum torsi pada analisis kolom as 2/D' yaitu 1627,310 Nm dan 3/D' yaitu 1459,331 Nm. Dari perbandingan yang didapat dari hasil analisis kolom, didapatkan bahwa metode perkuatan yang digunakan (*steel jacketing*) dapat meningkatkan kapasitas maksimum pada kolom yang mengalami penurunan mutu.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, saran yang dapat dilakukan adalah perkuatan dengan metode *steel jacketing* mampu meningkatkan kekuatan kolom. Namun, penelitian selanjutnya diperlukan untuk dapat membandingkan metode

perkuatan yang lain dari segi waktu, biaya dan peningkatan beban maksimum pada kolom yang diteliti.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Irma Aswani. (2009), Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton, *Jurnal Teknik Sipil*. Kampus UNM Paratambung.
- Darumba, Vinda. (2014). Analisis Kekuatan Struktur pada Ruang Perkuliahan dan Laboratorium Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Pasca Kebakaran. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1991), Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SKSNI T-15-1991:2015. Bandung. Yayasan LPMB.
- Dipohusodo, Istimawan. (1990). Struktur Beton Bertulang. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Hidayat, Samun Haris. (2020). Analisis Biaya Perkuatan Kolom Struktur. *Skripsi*. Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung.
- Hioe, Hartono. (2016). Perkuatan Struktur dengan *Carbon Fiber Reinforced Polymer*. Sika-Indonesia.
- Islam, N, dkk. (2015), *Strengthening of Reinforced Concrete Columns by Steel Jacketing: A State of Review*. *Asian Transactions of Engineering (ATE)* ISSN 2221-4267) Volume 05 Issue 3.
- Kaontoley, Jenefer Teofany, dkk. (2015), Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang yang Diperkuat Dengan Metode *Concrete Jacketing*. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Kelebihan dan Kekurangan pada Ultrasonic Testing.
- <https://www.coursehero.com/file/p3ufp021/23-Kelebihan-dan-Kekurangan-Pada-Ultrasonic-Testing-a-Kelebihan-Mempunyai/>

Kelebihan dan Kelemahan Software ETABS.

<http://www.perencanaanstruktur.com/2015/07/kelebihan-software-ETABS-daripada-sap.html>

<https://atroxmap.wordpress.com/2016/04/05/sap-2000-dan-ETABS/>

Latip, Abdullah. (2016), Analisa Kinerja Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Modul Pelatihan ETABS Jakarta. Diunduh di:

<https://insinyur.id/attachments/modul-pelatihan-ETABS-pdf44/>

Natalia, Yohana. (2009), Analisis Kekuatan Elemen Balok dan Kolom Pasca Bakar pada Gedung Teater Atrium Solo Baru. *Tesis*. Universitas Sebelas Maret.

Pengujian Struktur Beton Dengan Metoda Hammer Test & Metoda Uji

Pembebanan (Load Test). <https://www.ikons.id/pengujian-struktur-beton-dengan-metoda-hammer-test-metoda-uji-pembebanan-load-test/>

SNI-03-1726-2002. (2002), Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 1729:2015. (2015), Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2847:2019. (2019), Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.

Software ETABS, Software Analisis Struktur Pilihan untuk Struktur Gedung.

<http://ceritaengineer.blogspot.com/2014/12/software-ETABS-software-analisis.html>

Sundari, Ella, dkk. (2019), Studi Eksperimental Pengaruh Proses Pembakaran Terhadap Sifat Mekanis pada Baja Tulangan. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.

Susanto, Agus, dkk. (2016), Evaluasi Struktur Pasca Kebakaran Asrama Santri Pondok Pesantren Darul Qur'an. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Tatong, Burhan. (2007), Analisis Material Beton Bertulang Pasca Kebakaran dan Metode Perbaikan Elemen Strukturnya. Universitas Diponegoro.



LAMPIRAN



**KETIRA ENGINEERING  
CONSULTANTS**

JALAN TANAH ABANG V/56-56A JAKARTA 10160 TELEPON : 3800052 (HUNTING SYSTEM) 4 LINES FAX : (021) 3446386 e-mail : ketira@indo.net.id

**MUTU BETON BERDASARKAN HAMMER TEST**

Proyek : THE REIZ CONDO  
Lokasi : MEDAN

TANGGAL : 19/07/18

Jenis	Balok Anak Lantai 6					Balok Induk Lantai 6				
	5-6/C'	4-5/C'	3'/A'-B	2-3/D''	3-4/D''	5/D-E	2/A-B	2-3/C	2/E-F	
<b>As</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>α</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>No. Test</b>	11	13	15	21	25	9	17	19	23	
<b>1</b>	430	250	380	320	420	350	400	380	238	
<b>2</b>	420	250	420	380	400	400	320	350	238	
<b>3</b>	380	250	350	350	350	420	420	320	180	
<b>4</b>	400	220	350	320	420	420	350	350	210	
<b>5</b>	430	260	320	340	380	450	420	350	238	
<b>6</b>	350	260	380	350	310	350	370	320	260	
<b>7</b>	400	280	370	350	350	450	400	310	220	
<b>8</b>	430	290	380	350	350	380	380	350	210	
<b>9</b>	400	260	370	290	340	350	380	350	180	
<b>10</b>	430	290	420	290	320	380	350	350	158	
<b>11</b>	350	290	400	350	340	350	370	340	180	
<b>12</b>	400	280	380	350	340	370	380	350	180	
<b>13</b>	350	310	380	350	380	400	420	350	110	
<b>14</b>	370	320	400	290	320	420	420	350	158	
<b>15</b>	400	260	400	350	320	420	420	350	180	
<b>16</b>	380	250	400	380	320	420	380	320	180	
<b>17</b>	380	260	380	320	340	420	380	310	210	
<b>18</b>	420	180	370	320	380	420	350	320	238	
<b>19</b>	420	140	420	350	370	400	340	320	238	
<b>20</b>	380	210	370	370	370	420	350	350	238	
<b>σ<sub>BM</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	416,84	268,95	402,11	356,32	374,74	420,53	400,00	357,37	212,84	
<b>SD (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	35,66	45,97	33,50	33,63	37,05	39,96	37,56	26,69	39,50	
<b>σ<sub>BK</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	358,37	193,56	347,17	301,16	313,98	355,00	338,39	313,59	148,07	
<b>f<sub>c</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	29,74	16,07	28,81	25,00	26,06	29,46	28,09	26,03	12,29	

LAMPIRAN



**KETIRA ENGINEERING  
CONSULTANTS**

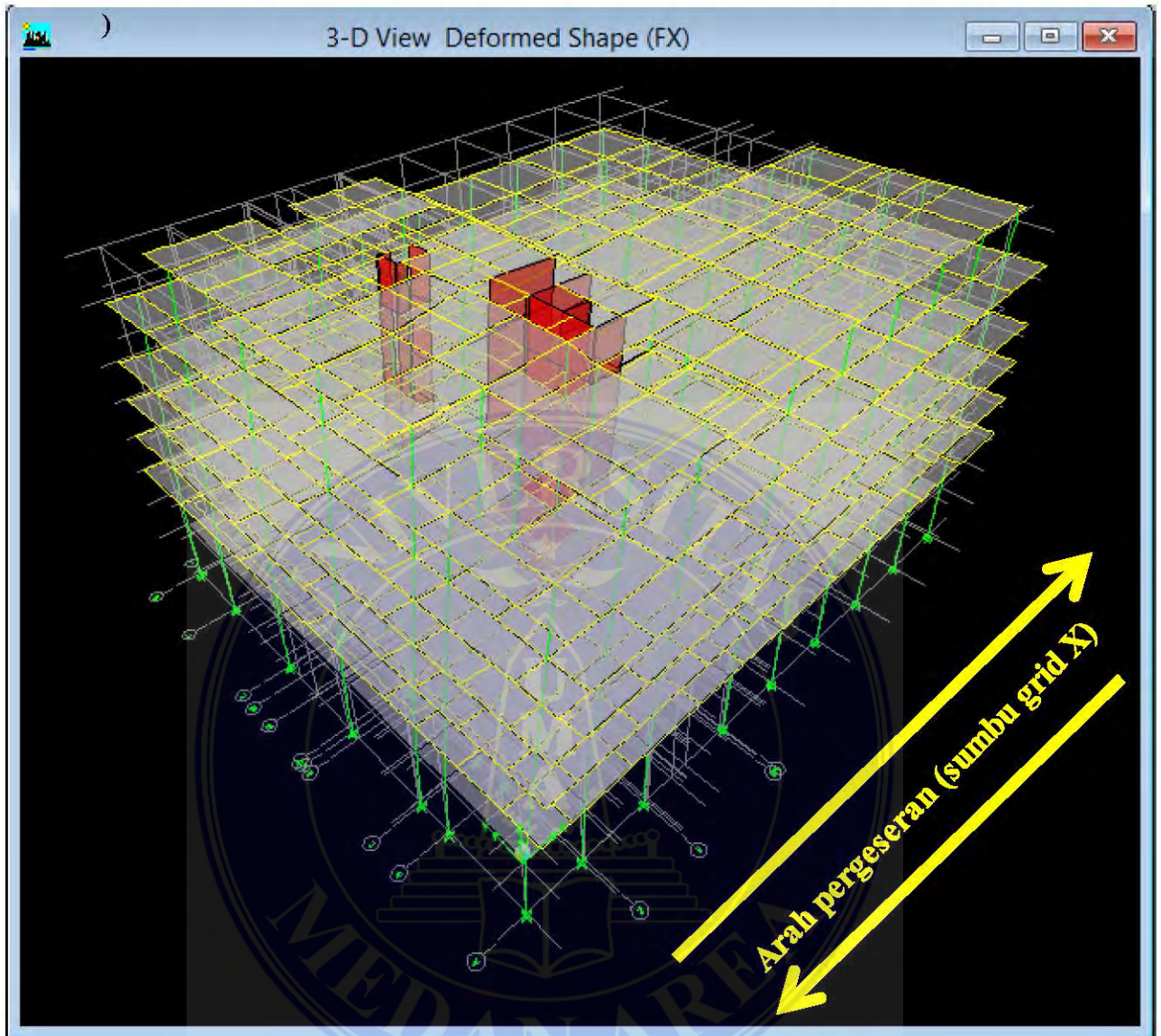
JALAN TANAH ABANG V/56-56A JAKARTA 10160 TELEPON : 3800052 (HUNTING SYSTEM) 4 LINES FAX : (021) 3446386 e-mail : ketira@indo.net.id

ULTRASONIC PULSE VELOCITY TEST

Project : RIEZ CONDO MEDAN

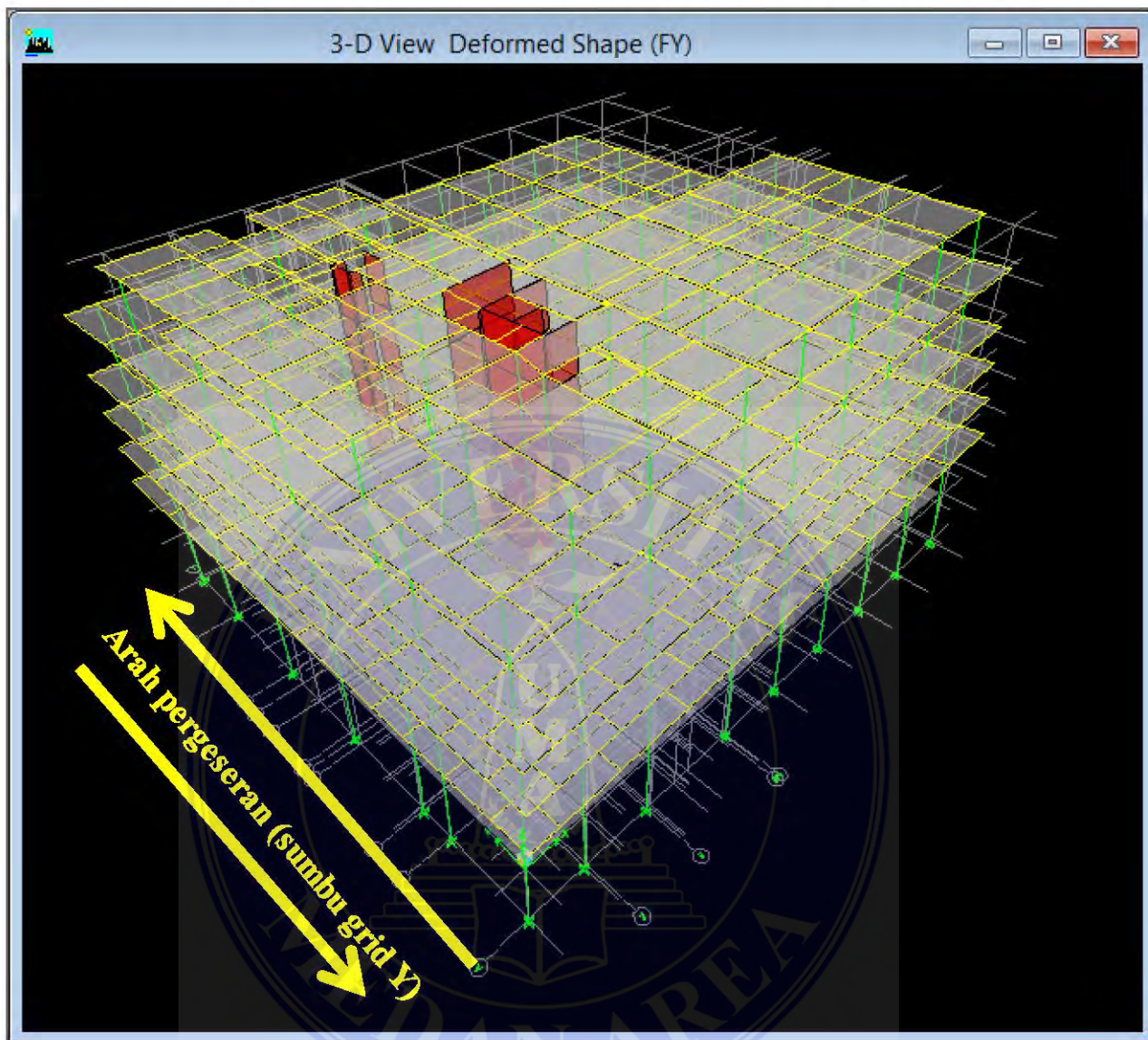
No.	STRUCTURE	Test	Distance (cm)	Time (µsec)	Velocity (m/sec)	Equiv. Cube Compr. Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Equiv. Cyl. Compr. Strength (Mpa)	AVERAGE STRENGTH Cube (kg/cm <sup>2</sup> )	AVERAGE STRENGTH Cyl. (Mpa)
1	LT. P6 SW - 3	1	43,0	123,9	3.470,5	358,5	29,2	334,6	27,2
		2	43,0	130,0	3.307,7	337,6	27,5		
		3	43,0	139,8	3.075,8	310,0	25,2		
		4	43,0	137,0	3.138,7	317,2	25,8		
		5	43,0	126,4	3.401,9	349,5	28,5		
2	LT. P6 SW - 2	1	20,0	56,8	3.521,1	365,2	29,7	396,1	32,3
		2	20,0	50,9	3.929,3	424,5	34,6		
		3	20,0	52,3	3.824,1	408,3	33,3		
		4	20,0	54,1	3.696,9	389,6	31,7		
		5	20,0	53,8	3.717,5	392,6	32,0		
3	LT. P6 SW - 1	1	20,0	44,8	4.464,3	517,0	42,1	488,3	39,8
		2	20,0	45,0	4.444,4	513,2	41,8		
		3	20,0	46,1	4.338,4	493,5	40,2		
		4	20,0	46,4	4.310,3	488,5	39,8		
		5	20,0	50,5	3.960,4	429,4	35,0		
4	LT. P6 Kolom 4 / C	1	60,0	145,0	4.137,9	458,4	37,3	464,8	37,9
		2	60,0	143,5	4.181,2	465,8	37,9		
		3	60,0	141,3	4.246,3	477,1	38,9		
		4	60,0	142,3	4.216,4	471,8	38,4		
		5	60,0	146,6	4.092,8	450,8	36,7		
5	LT. P6 Kolom 3 / B	1	50,0	124,3	4.022,5	439,3	35,8	448,0	36,5
		2	50,0	122,8	4.071,7	447,3	36,4		
		3	50,0	119,9	4.170,1	463,9	37,8		
		4	50,0	120,8	4.139,1	458,6	37,4		
		5	50,0	125,9	3.971,4	431,1	35,1		
6	LT. P6 Kolom 3 / D'	1	42,0	116,7	3.599,0	375,8	30,6	362,4	29,5
		2	42,0	120,4	3.488,4	360,8	29,4		
		3	42,0	116,5	3.605,2	376,7	30,7		
		4	42,0	124,1	3.384,4	347,3	28,3		
		5	42,0	122,9	3.417,4	351,5	28,6		
7	LT. P6 Kolom 2 / D'	1	50,0	156,4	3.196,9	324,1	26,4	313,0	25,5
		2	50,0	180,3	2.773,2	277,2	22,6		
		3	50,0	174,8	2.860,4	286,3	23,3		
		4	50,0	157,0	3.184,7	322,6	26,3		
		5	50,0	145,2	3.443,5	354,9	28,9		
8	LT. P6 Kolom 2 / E	1	51,0	126,9	4.018,9	438,7	35,7	436,0	35,5
		2	51,0	128,3	3.975,1	431,7	35,2		
		3	51,0	126,4	4.034,8	441,3	35,9		
		4	51,0	128,5	3.968,9	430,7	35,1		
		5	51,0	127,1	4.012,6	437,7	35,7		

### 3D View - Bentuk Deformasi dari Kombinasi Beban Gempa Arah X (Fx)

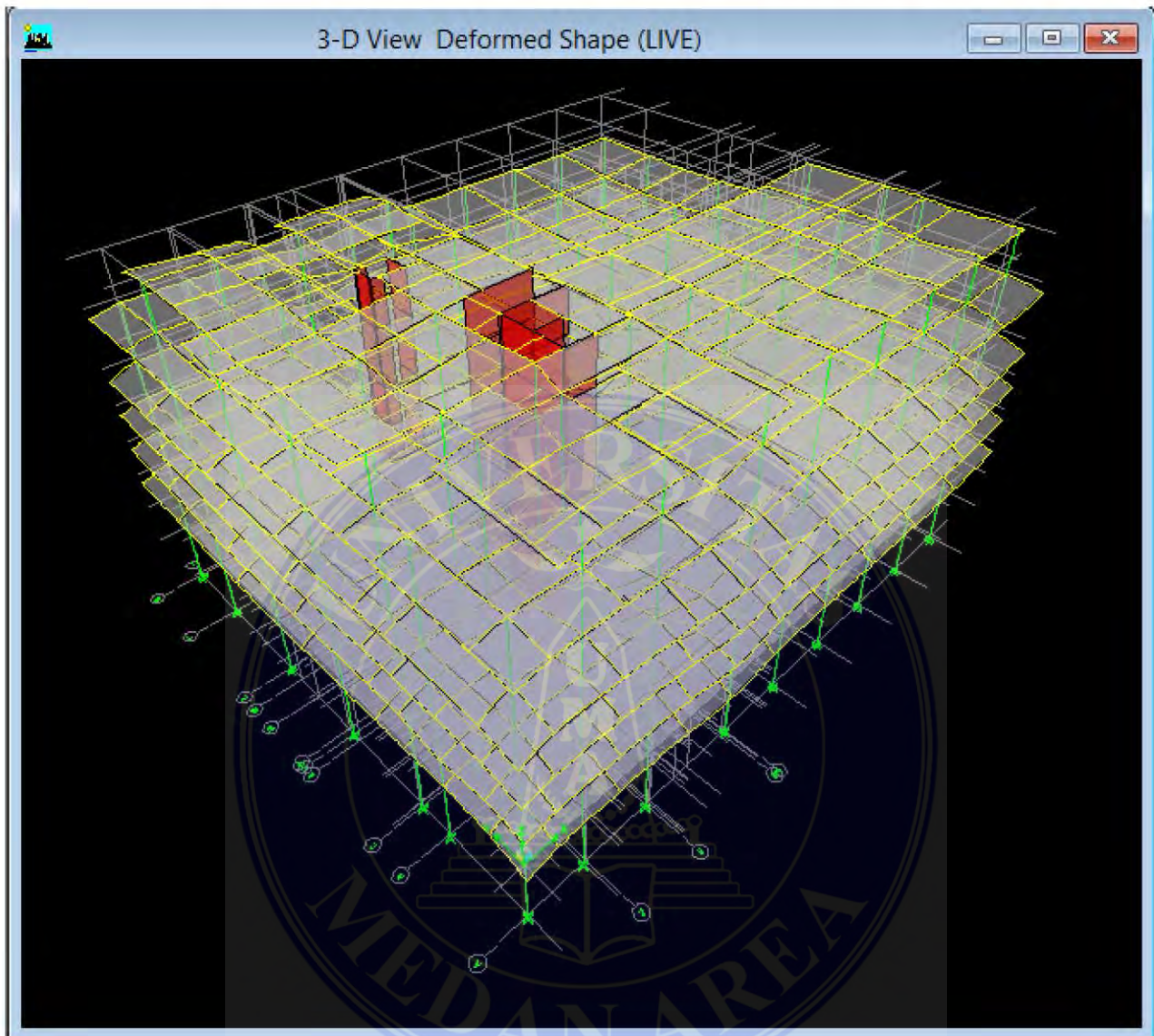




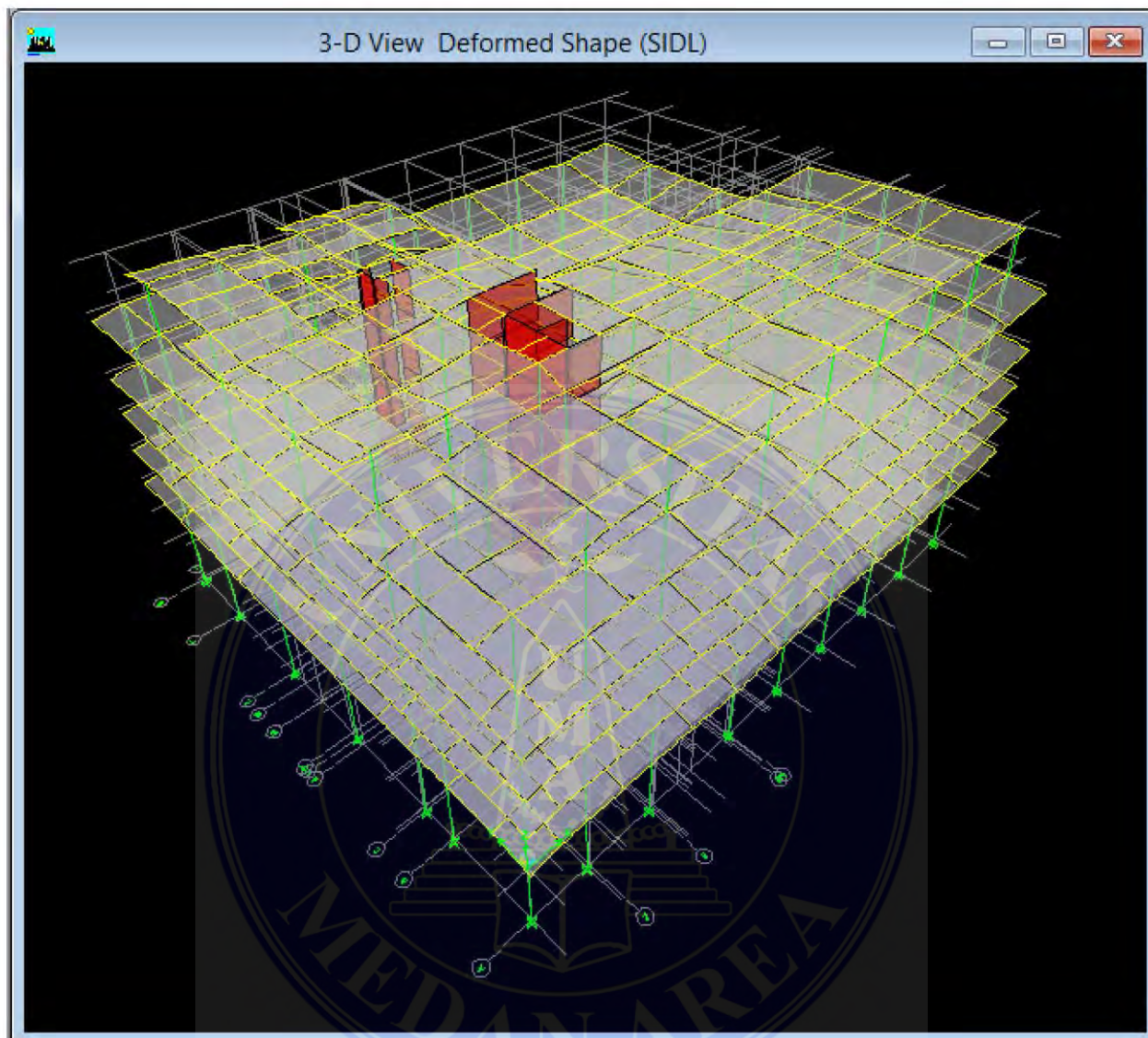
### 3D View - Bentuk Deformasi dari Kombinasi Beban Gempa Arah Y (Fy)



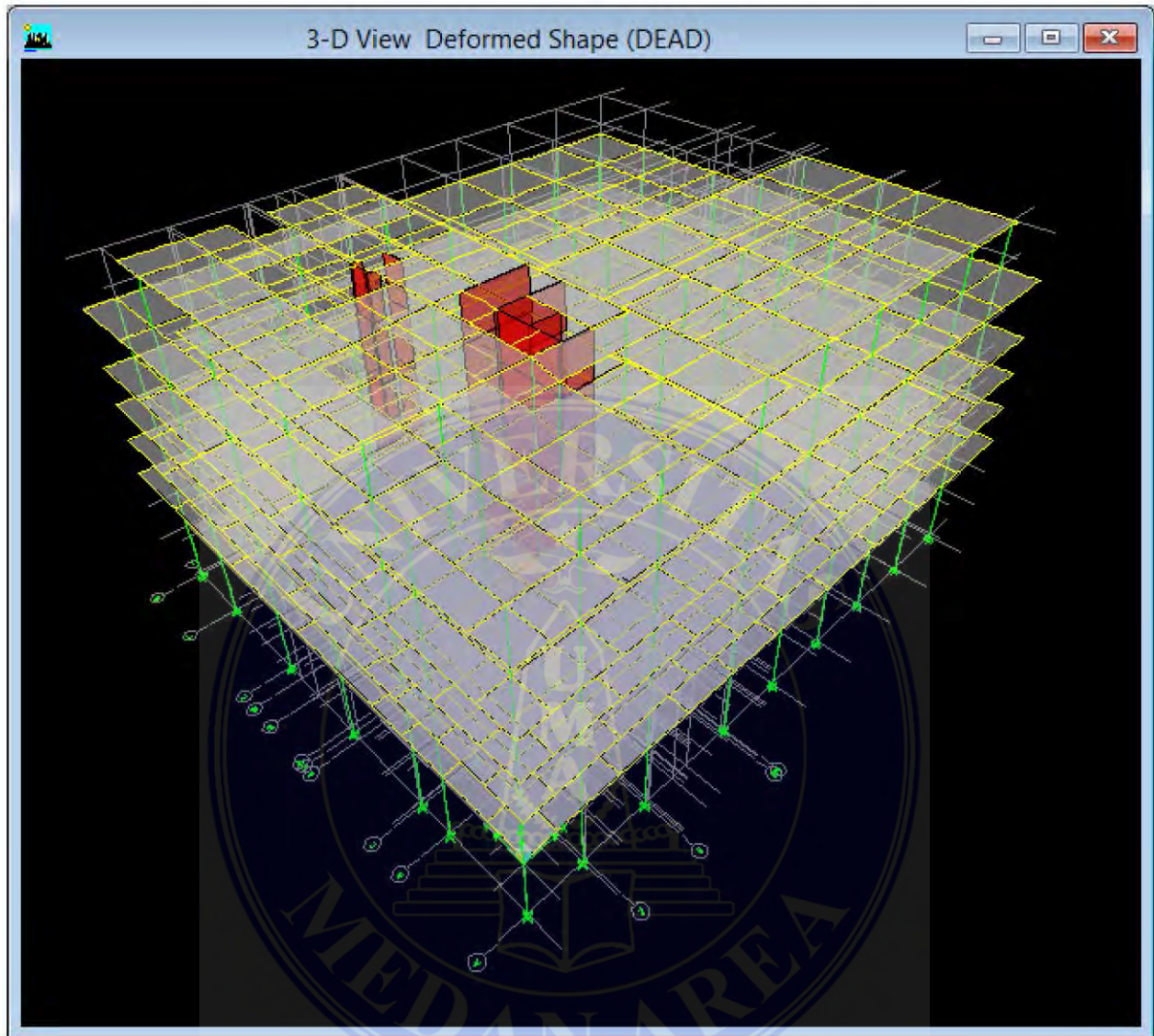
### 3D View- Bentuk Deformasi dari Kombinasi Beban Hidup (*Live Load*)



### 3D View - Bentuk Deformasi dari Kombinasi Beban Mati (*Super Dead Load*)



### 3D View – Bentuk Deformasi dari Kombinasi Beban Mati (*Dead Load*)



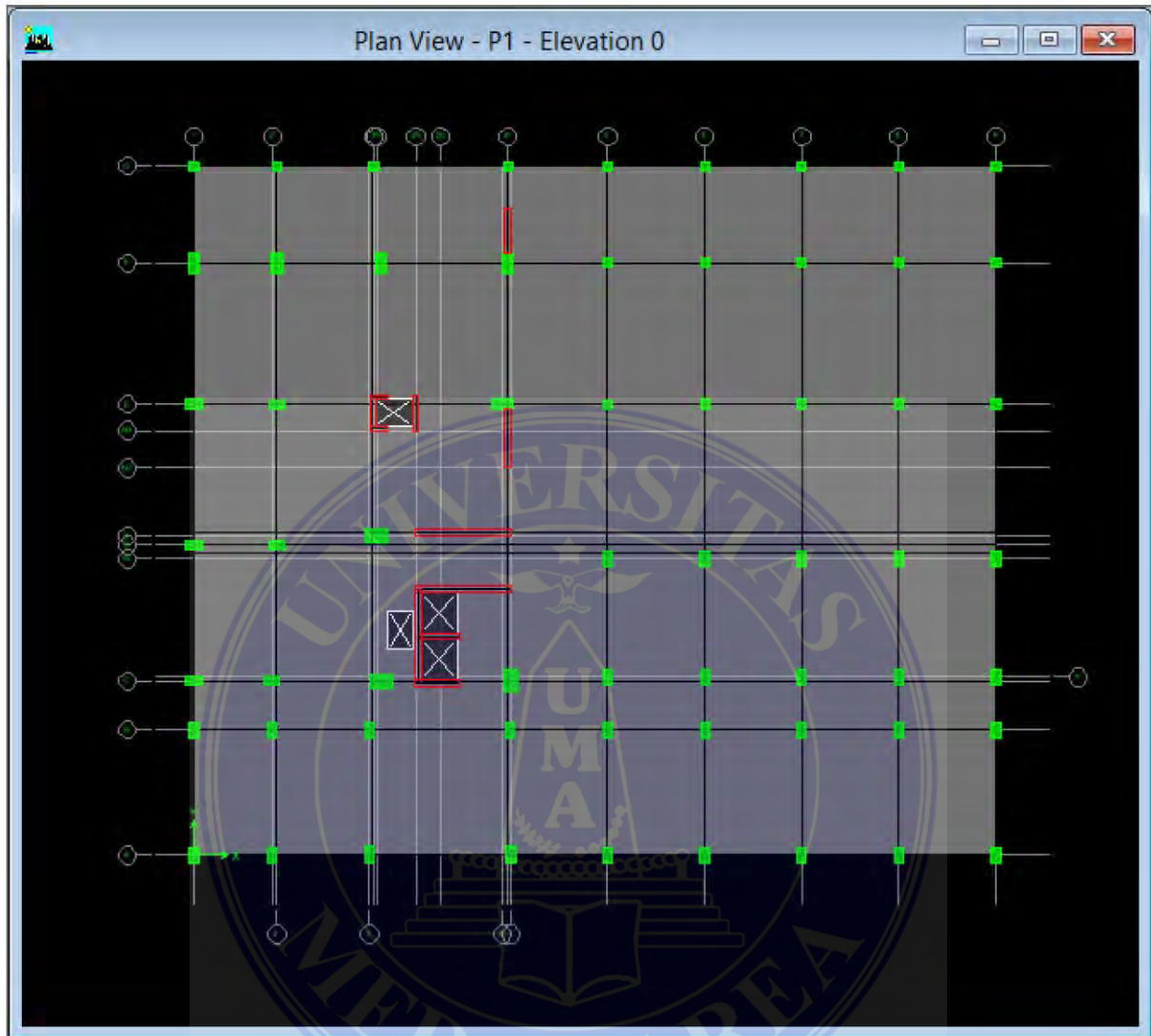
### Story Data (Level s.d Lt. 7)

Story Data							
	Label	Height	Elevation	Master Story	Similar To	Splice Point	Splice Height
9	7	3500,	23350,	No	NONE	No	0,
8	6	4500,	19850,	No	NONE	No	0,
7	P6	3000,	15350,	No	NONE	No	0,
6	P5	3000,	12350,	No	NONE	No	0,
5	P4	3000,	9350,	No	NONE	No	0,
4	P3	3000,	6350,	No	NONE	No	0,
3	P2	3350,	3350,	No	NONE	No	0,
2	P1	5150,	0,	No	NONE	No	0,
1	BASE		-5150,				

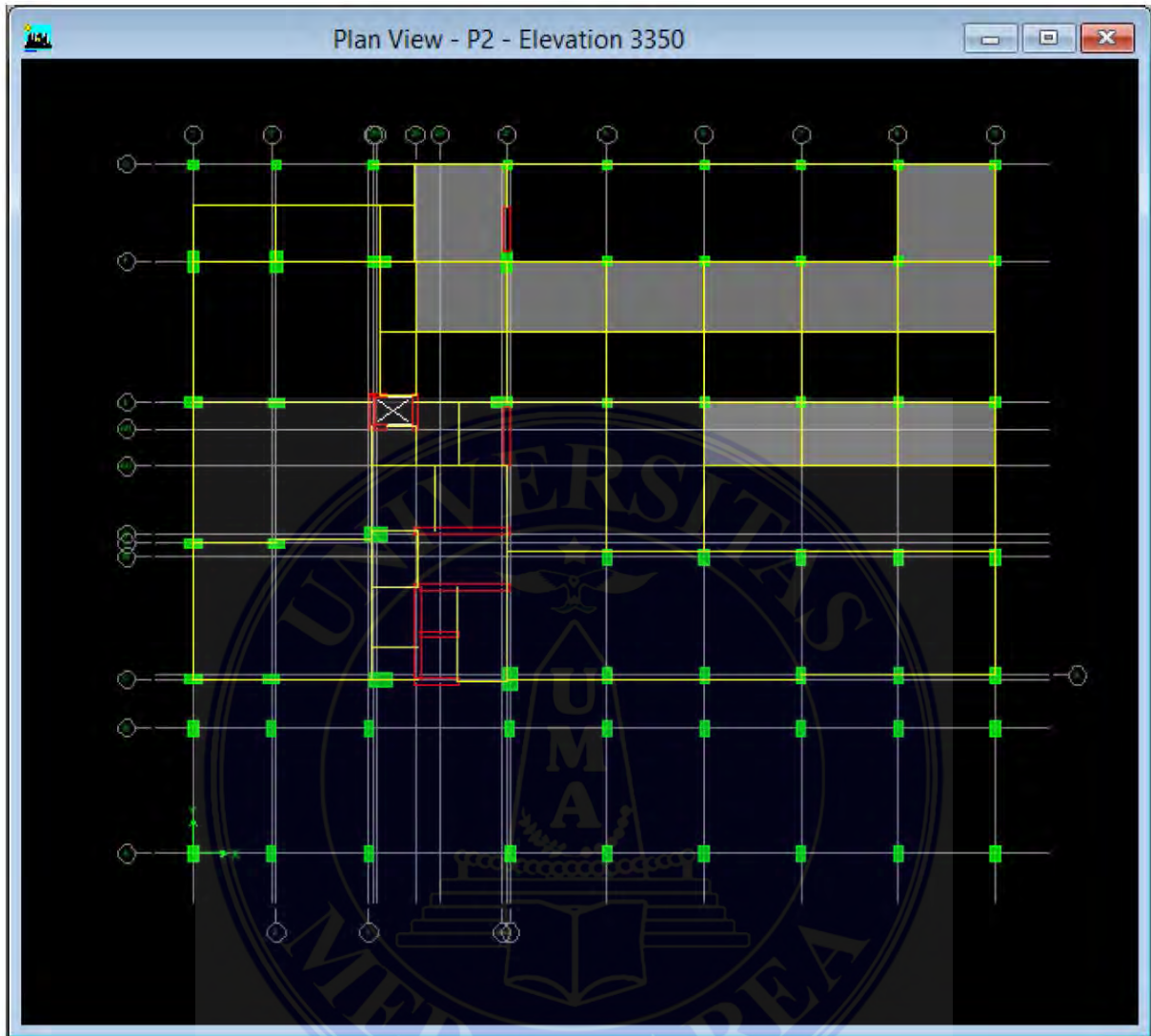
Reset Selected Rows

Height	<input type="text" value="3500,"/>	<input type="button" value="Reset"/>	Units <input type="button" value="Change Units"/>	<input type="text" value="N-mm"/>
Master Story	<input type="text" value="No"/>	<input type="button" value="Reset"/>		
Similar To	<input type="text" value="NONE"/>	<input type="button" value="Reset"/>		
Splice Point	<input type="text"/>	<input type="button" value="Reset"/>		
Splice Height	<input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="Reset"/>		

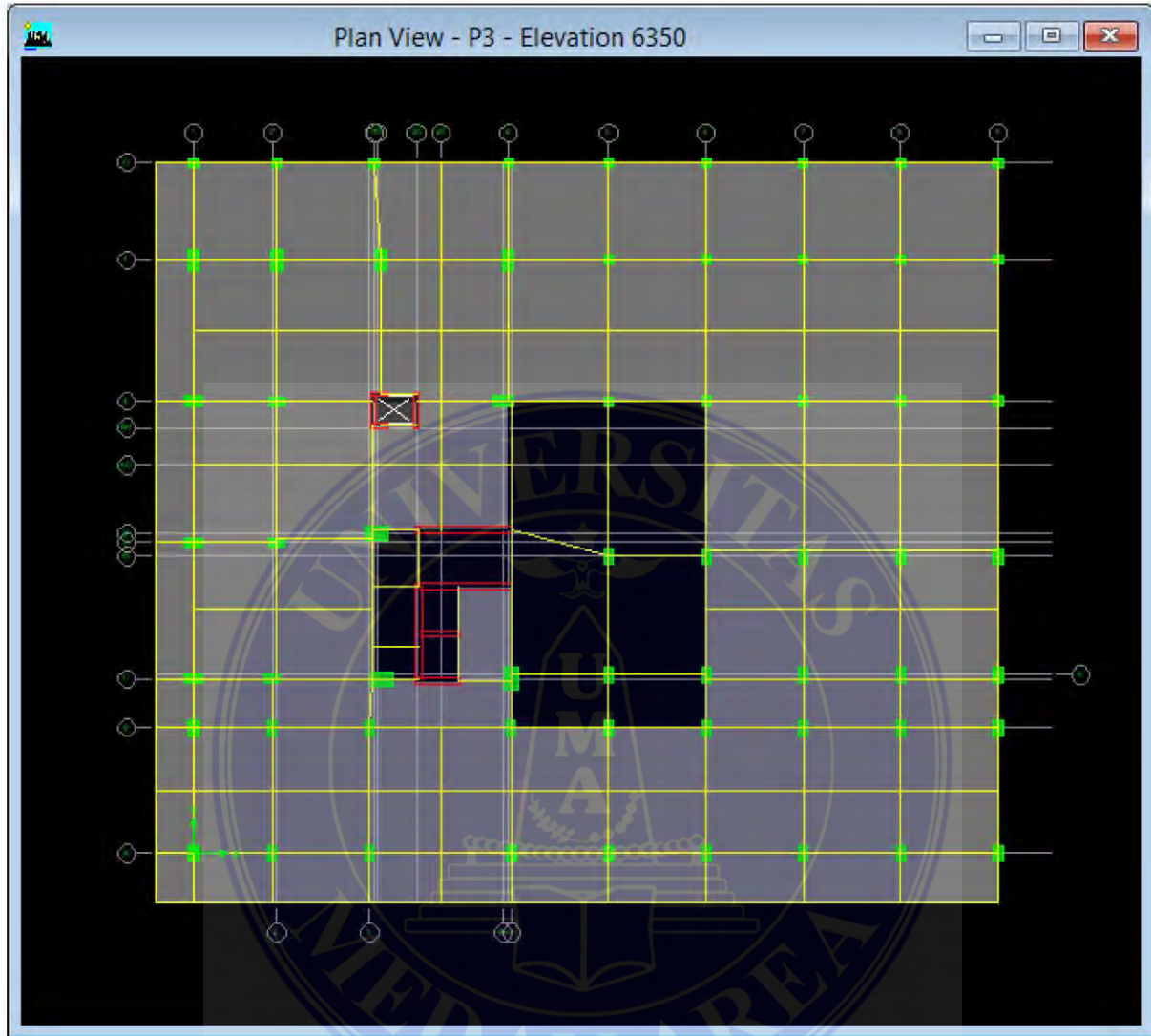
### Plan View - Lantai P1



*Plan View - Lantai P2*

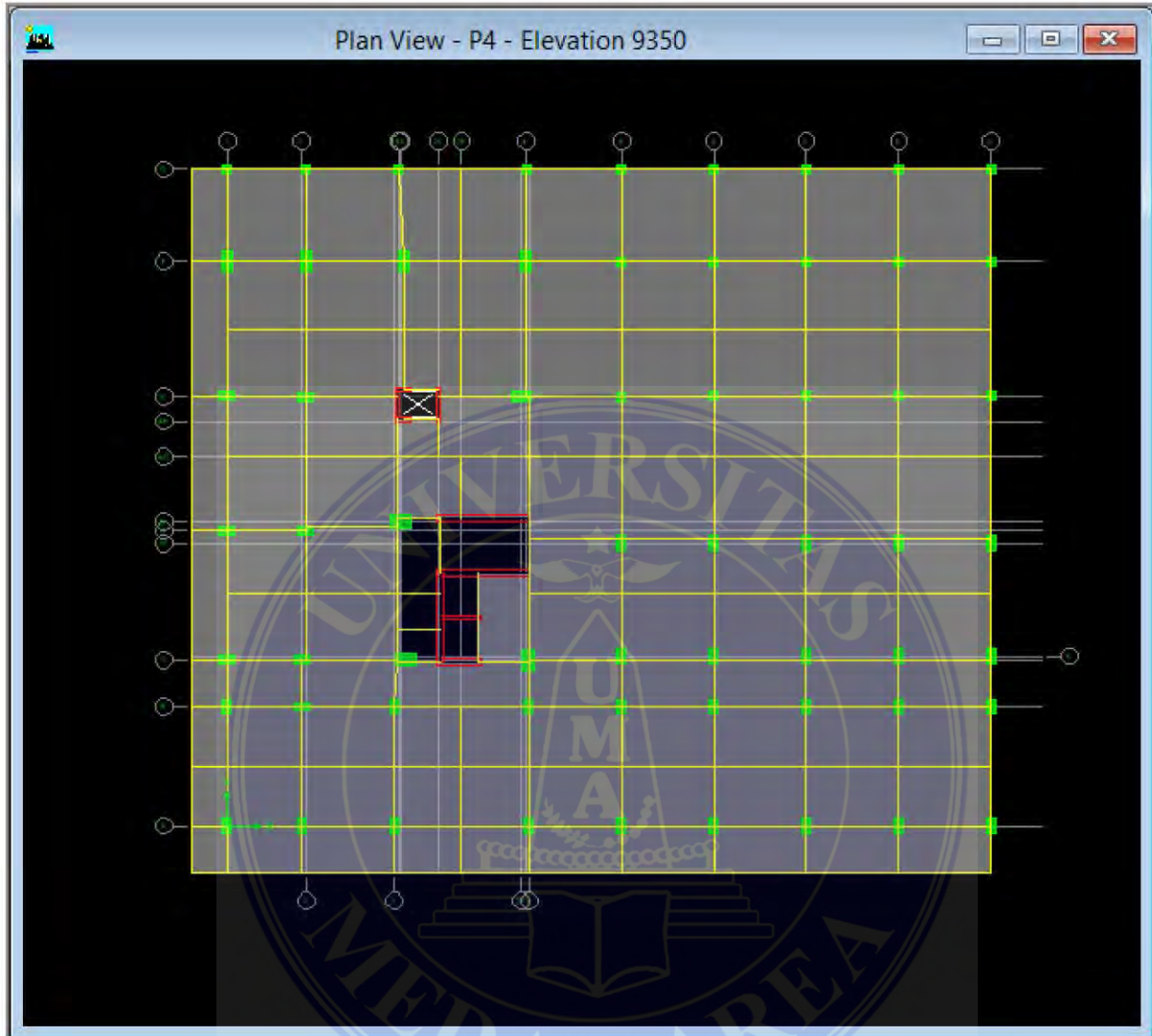


### Plan View - Lantai P3

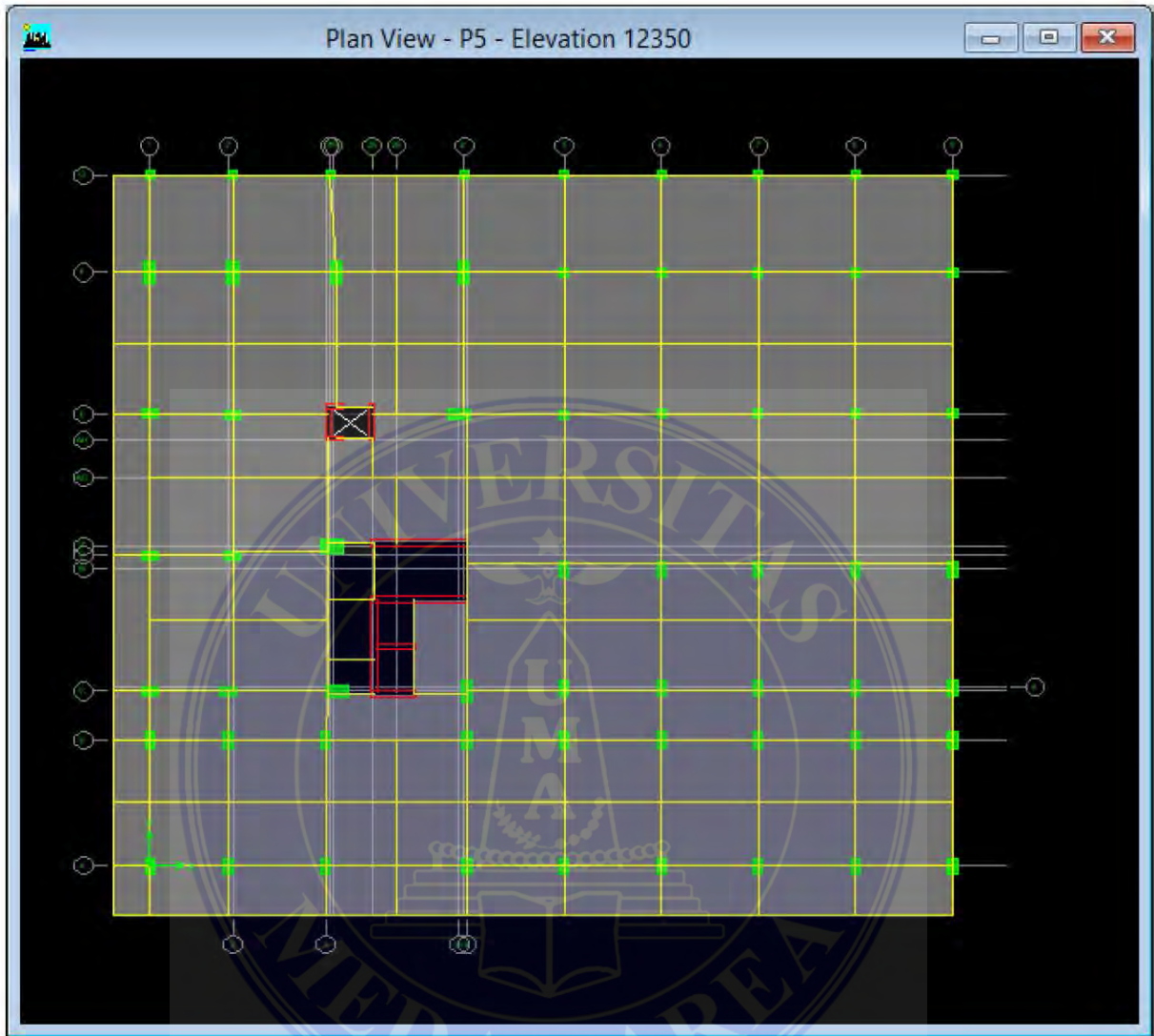




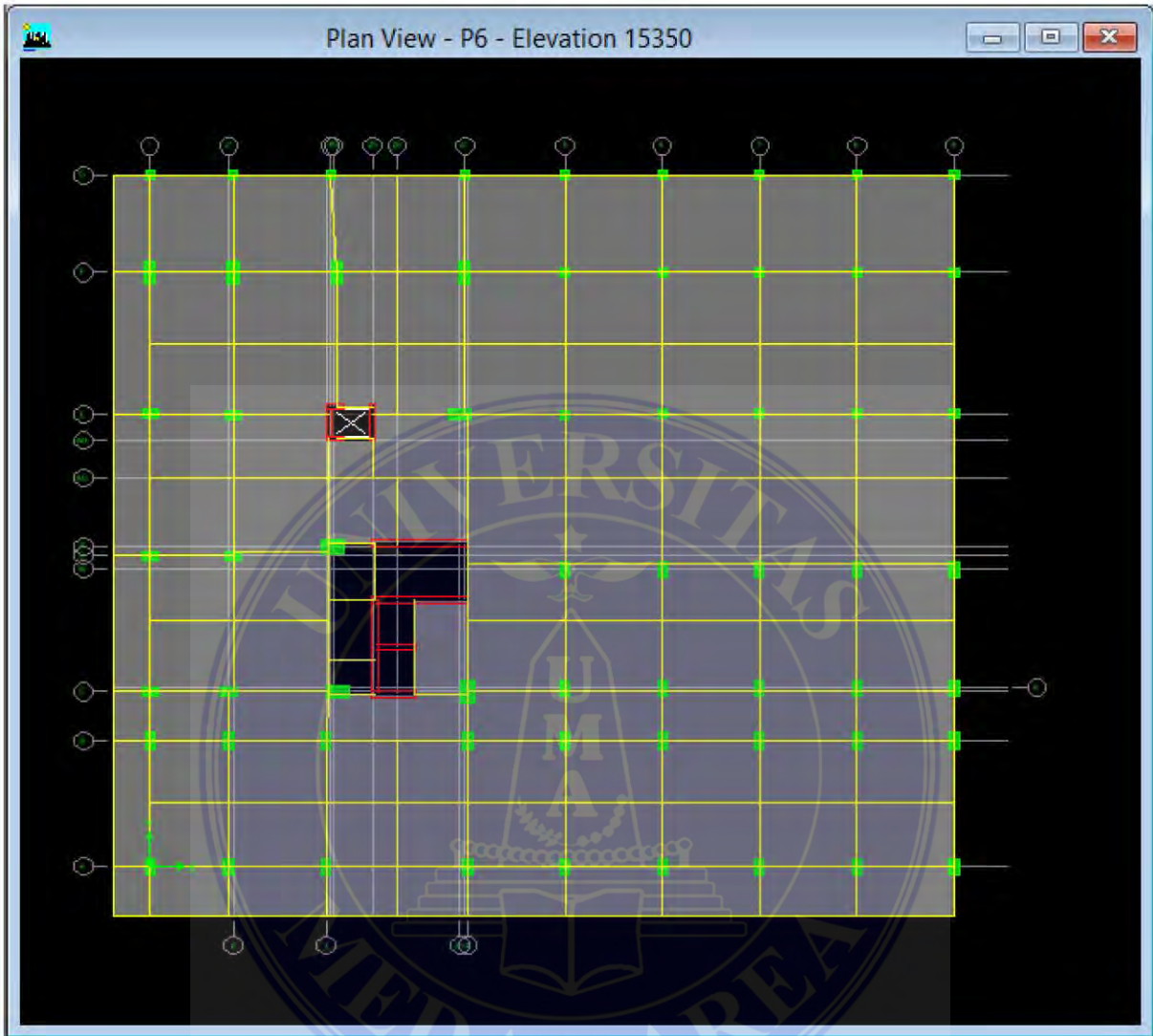
### Plan View - Lantai P4



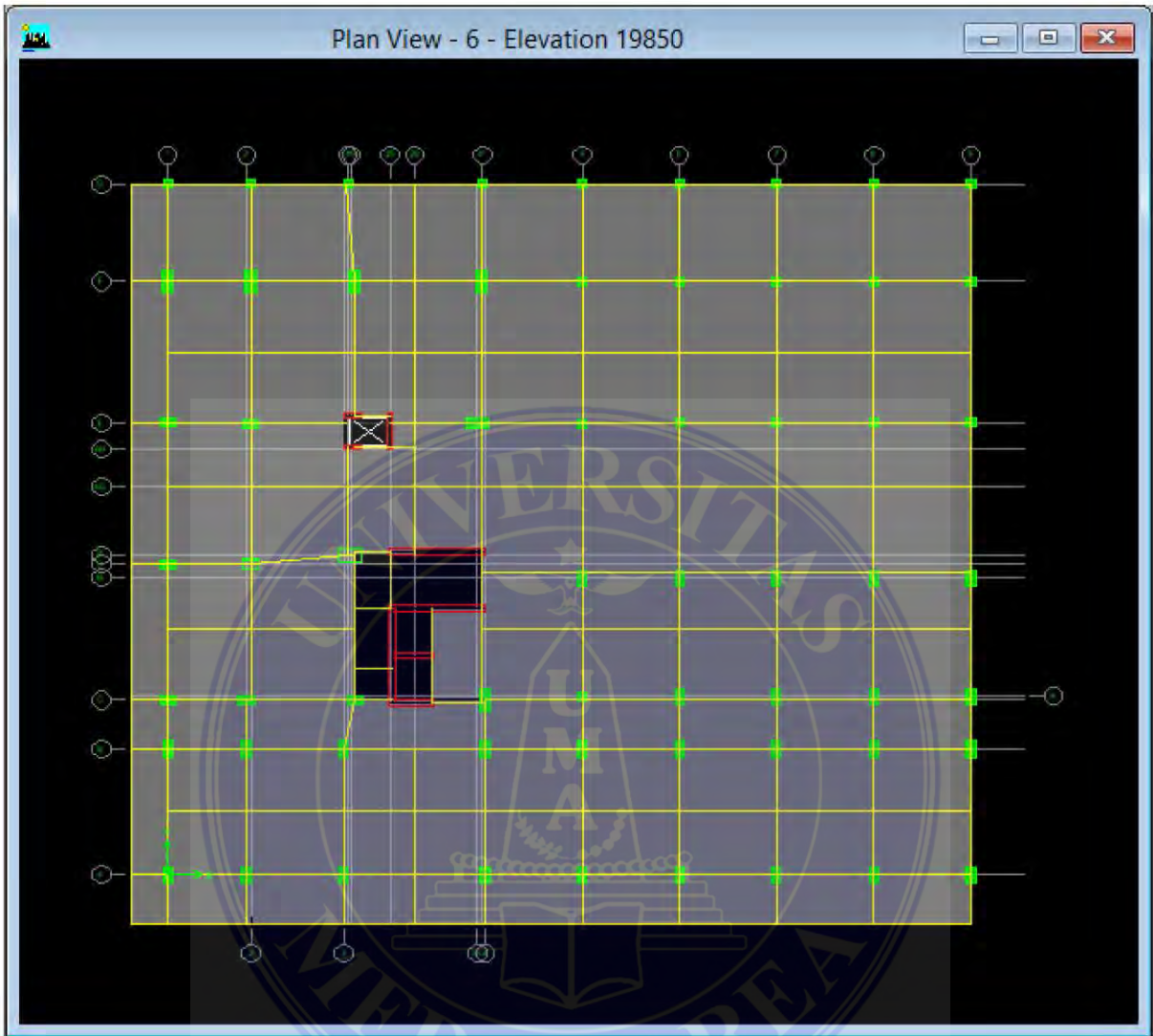
*Plan View - Lantai P5*



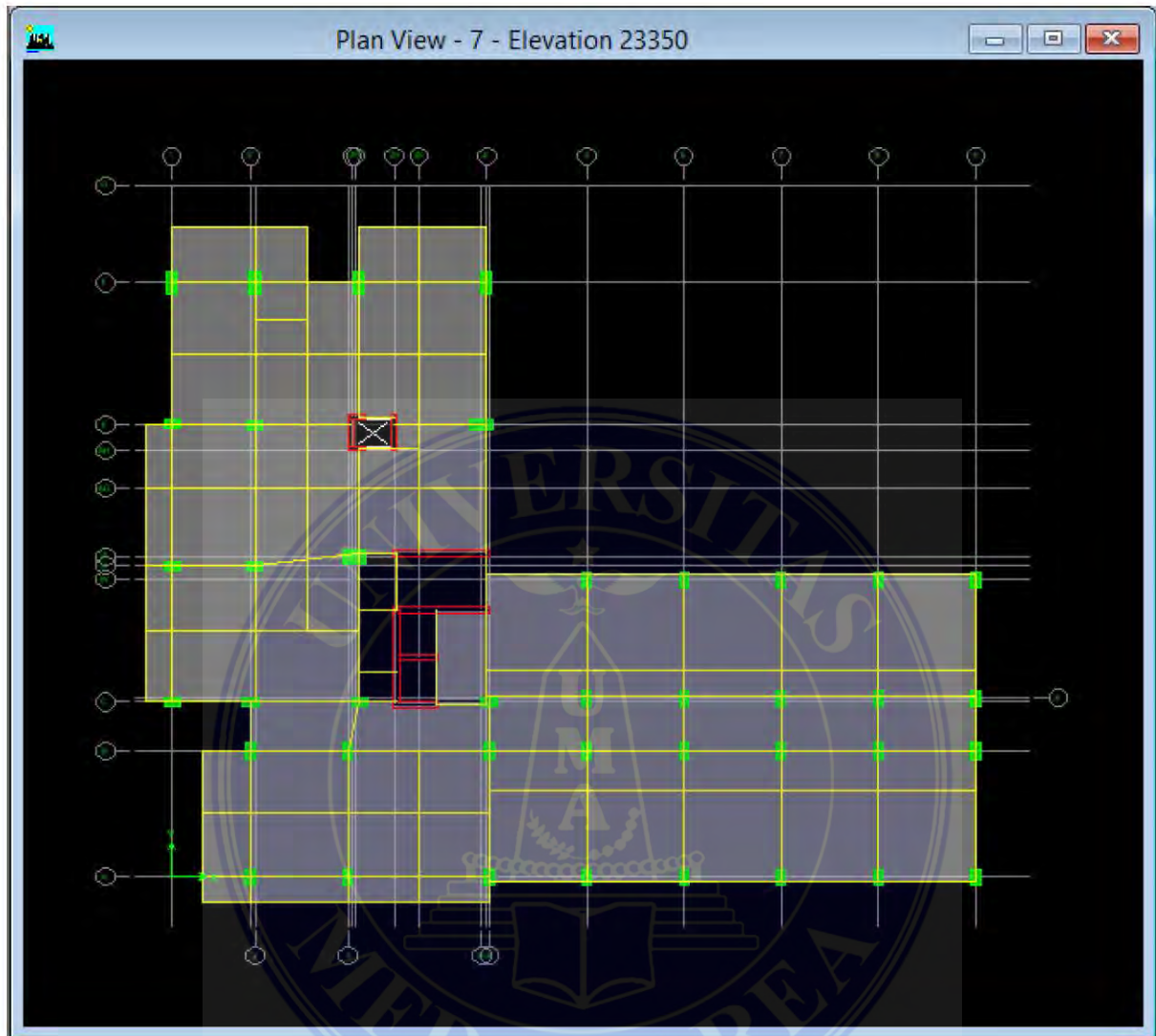
### Plan View - Lantai P6



*Plan View - Lantai 6*

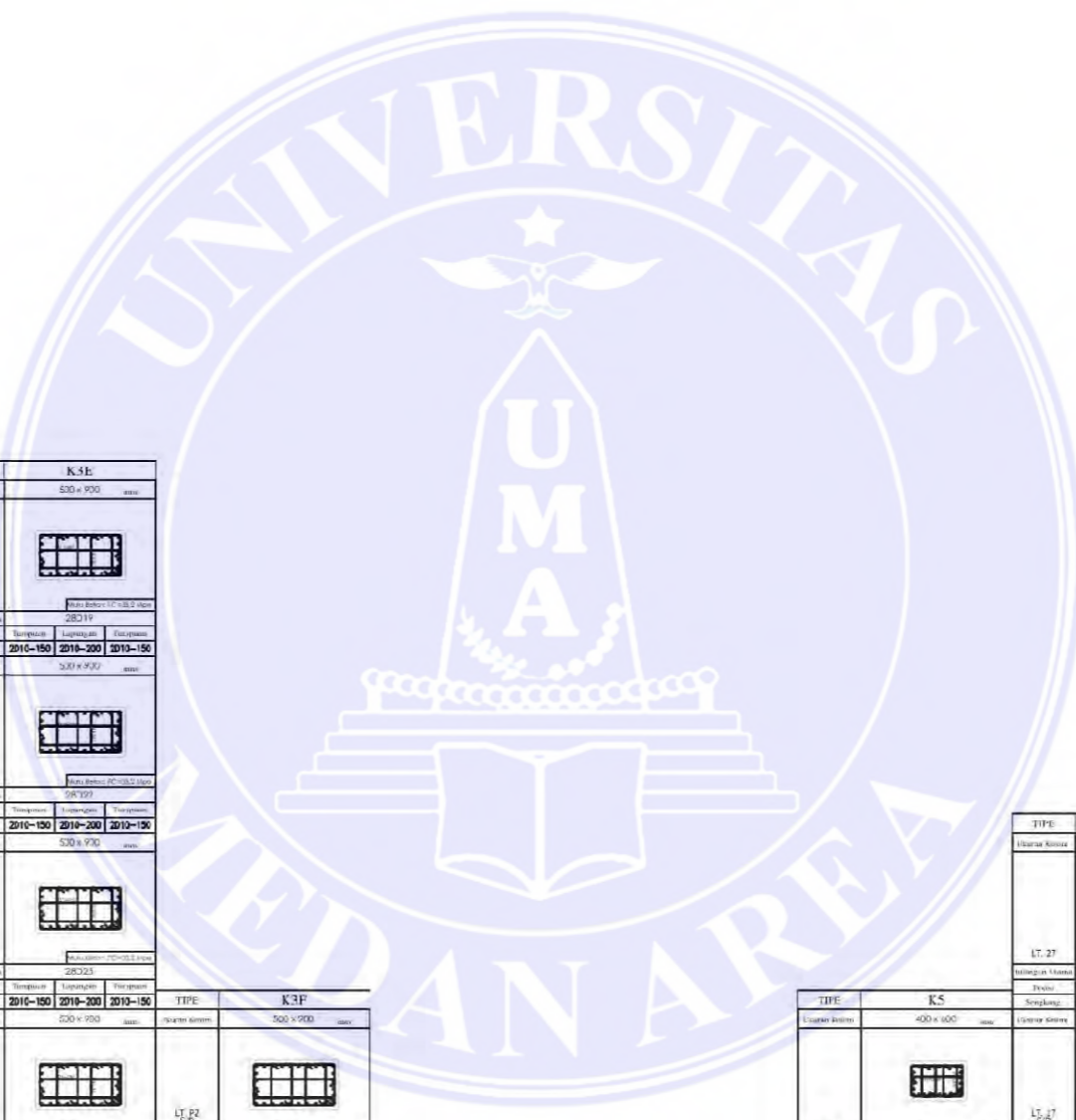


### Plan View - Lantai 7





Lampiran Penulangan Kolom:



Tipe				K3C			
Ukuran Kolom	Detail	Ukuran Kolom	Detail	Ukuran Kolom	Detail	Ukuran Kolom	Detail
400 x 700		400 x 700		500 x 900		500 x 900	
Tipe: K3H Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 22, S/D, LT 26				Tipe: K3E Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 17, S/D, LT 26			
Tipe: K3D Ukuran Kolom: 400 x 700 Detail: Kode: LT 27, S/D, LT 26				Tipe: K3F Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 17, S/D, LT 26			
Tipe: K3I Ukuran Kolom: 300 x 700 Detail: Kode: LT 16, S/D, LT 26				Tipe: K3J Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 17, S/D, LT 26			
Tipe: K3K Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26				Tipe: K3L Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26			
Tipe: K3M Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26				Tipe: K3N Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26			
Tipe: K3O Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26				Tipe: K3P Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26			
Tipe: K3Q Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26				Tipe: K3R Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26			
Tipe: K3S Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26				Tipe: K3T Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26			
Tipe: K3U Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26				Tipe: K3V Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26			
Tipe: K3W Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26				Tipe: K3X Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26			
Tipe: K3Y Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26				Tipe: K3Z Ukuran Kolom: 500 x 900 Detail: Kode: LT 14, S/D, LT 26			

APPROVAL BY CONSTRUCTION MANAGEMENT

NOTES

MUTU BETON :

- (f'c=41.5 MPa)
- (f'c=37 MPa)
- (f'c=33.2 MPa)
- (f'c=29.05 MPa)

NO. REVISI DATE

KEY PLAN

PROJECT TITLE  
**THE REIZ CONDO**  
JL. TEMBAKAU DELI, MEDAN, SUMUT

OWNER  
PT. WASKITA KARYA REALTY  
**reality**

CONSTRUCTION MANAGEMENT  
PT. TITIMATRA TUJUTAMA

ARCHITECT  
**MEGATIKKA**  
REKAYASA

STRUCTURAL CONSULTANT  
**PT. LIMAJABAT JAYA**

MECHANICAL & ELECTRICAL CONSULTANT  
**PT. MITRA CIPRA**

QUANTITY SURVEYOR  
**PT. ARTHAKO GRAHA SARANA**

DRAWING TITLE  
**DETAIL KOLOM #2**

DRWN BY	PAR	DATE

REVISION	DATE

STATUS	DATE
ENGINEER	
SENIOR ENGINEER	
PROJECT DIRECTOR	
OWNER APPROVAL	

SCALE: 1 : NTS

ASKED FOR	FOR CONS	DRAWING NUMBER
		S-220

DATE: 29 JULI 2016 PROJECT DATE: S-TRC FILE NUMBER: