



**ANALISIS PEMODELAN KEGAGALAN STRUKTUR DAN
RETROFITTING PADA BAGIAN KOLOM GEDUNG 8 LANTAI**

SKRIPSI

Oleh

SEPTARIA NUGRAINI

NIM 151910301106

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017



**ANALISIS PEMODELAN KEGAGALAN STRUKTUR DAN
RETROFITTING PADA BAGIAN KOLOM GEDUNG 8 LANTAI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

SEPTARIA NUGRAINI
NIM 151910301106

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017

PERSEMBAHAN

“In the name of the father, the son, and the holy spirit”

Puji syukur kehadirat Tuhan Yesus Kristus karena atas limpahan berkat dan kasih karunia-Nya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Terimakasih Yesus karena Engkau telah menganugerahkan orang-orang istimewa di sekelilingku, yang selalu memberikan semangat dan doa terbaiknya untukku.

Oleh karena itu, kupersembahkan skripsi ini untuk :

1. Kedua orang tuaku, Bapak Glory Pribadi dan Ibu Sri Mulyani tercinta yang selalu senantiasa mendoakan serta memberikan semangat yang tiada habisnya untuk putri bungsumu ini. Terima kasih untuk segala cinta dan kasih sayang bapak dan ibuk, kalian adalah anugerah terindah dari Tuhan Yesus untukku.
2. Kedua kakakku, Risha Pristiawati dan Lidia Kusuma Wardhani terimakasih karena selalu mendoakan, mendukung dan memberikan motivasi untuk adikmu ini.
3. Mokhammad Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D dan Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc selaku dosen pembimbing, terimakasih atas bimbingan, kesabaran dan ilmu yang telah diberikan selama ini.
4. Seluruh keluarga besar Luar Santoso Ardjo, terimakasih atas doa, dukungan dan semua nasehatnya.
5. Kawan seperjuangan dari jaman dahulu kala hingga kini, Ari Trisna Sanubari dan Rolan Alfitra Alifangga terimakasih untuk semua semangat dan bantuan yang selalu datang di saat suka dan duka.
6. Sahabatku, Fantri Galatia dan Safira Arikha terimakasih untuk semua motivasi, peluk hangat, dan doa terbaik untukku.
7. Para personil kost ninja atas, Kiki Nyeng, Vila, Yosi, Embul, Rosita, Hin Farah, Keke, Mutia, dan Gebi terimakasih atas doa dan semangatnya.
8. Guru – guruku dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi, terimakasih atas ilmu dan bimbingannya selama ini.

9. Semua teman-teman, adik tingkat dan kakak tingkat D3 dan S1 Teknik Sipil Universitas Jember, terimakasih untuk persaudaraan kalian selama ini. Teknik kurang berwarna tanpa adanya kalian *guys*.
10. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.



MOTTO

Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur

(Filipi 4 : 6)

Tuhan memberikan pelangi dalam setiap air mata

Penyelesaian dalam setiap permasalahan

Berkat dalam setiap cobaan

Dan jawaban dalam setiap doa

Dan apa saja yang kamu minta dalam doa dengan penuh kepercayaan,
kamu akan menerimanya

(Matius 21 : 22)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Septaria Nugraini

NIM : 151910301106

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Analisis Pemodelan Kegagalan Struktur dan Retrofitting pada Bagian Kolom Gedung 8 Lantai* adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 05 Desember 2017

Yang menyatakan,

Septaria Nugraini

NIM 151910301106

SKRIPSI

**ANALISIS PEMODELAN KEGAGALAN STRUKTUR DAN
RETROFITTING PADA BAGIAN KOLOM GEDUNG 8 LANTAI**

Oleh

Septaria Nugraini
NIM 151910301106

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pemodelan Kegagalan Struktur dan *Retrofitting* pada Bagian Kolom Gedung 8 Lantai” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

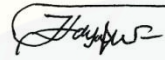
Tim Penguji:

Pembimbing Utama,



M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19721223 199803 1 000

Pembimbing Anggota,



Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc
NIP. 760015715

Penguji I,



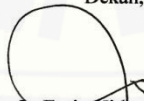
Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 19731015 199802 1 000

Penguji II,



Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.
NIP. 760016772

Mengesahkan
Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 19661215 199503 2 000

RINGKASAN

Analisis Pemodelan Kegagalan Struktur dan *Retrofitting* pada Bagian Kolom Gedung 8 Lantai; Septaria Nugraini 151910301106; 2017: 103 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Retrofitting merupakan metode perbaikan dan perkuatan suatu struktur bangunan yang telah mengalami kegagalan. Terdapat beberapa jenis metode *retrofitting*, diantaranya: memperbesar dimensi dan menambah jumlah tulangan pada bagian struktur utama bangunan, menyelubungi kolom beton dengan profil baja persegi, serta menyelimuti kolom beton yang telah ada dengan beton tambahan (*jacketing*).

Metode *jacketing* telah dikembangkan dengan bahan material komposit. *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) merupakan salah satu material yang dapat digunakan sebagai *jacketing*. Teknik penerapan metode ini yaitu dengan menyelimuti beton yang telah ada dengan sejenis pelat baja tipis yang di dalamnya terdapat serat-serat carbon dan fiber. Penelitian ini fokus pada pemodelan *jacketing* pada gedung perkuliahan 8 lantai dengan tinggi total 32 meter. Gedung perkuliahan yang semula tidak mengalami kerusakan dimodelkan menjadi gedung yang mengalami kerusakan dengan menggunakan program bantu struktur.

Adapun kegagalan struktur yang dimodelkan adalah dengan menurunkan mutu beton (f_c'), menurunkan mutu baja (f_y), meningkatkan zona gempa, serta meningkatkan beban hidupnya. Dari hasil *retrofitting* yang dilakukan, maka dimensi kolom akan menjadi lebih besar daripada sebelumnya. Dimensi kolom menjadi lebih besar sekitar 50 – 100 mm dari ukuran semula. Dengan demikian kolom dapat terlindungi dari kerusakan fragment dan struktur, serta tentu saja memiliki kemampuan dalam menerima beban karena penggunaan metode ini dapat mengurangi

kegagalan geser langsung (*direct shear*) dan juga menyediakan peningkatan kapasitas struktur itu sendiri.



SUMMARY

(**Modelling and Analysis of Structural Failure and Retrofitting of Column Building 8th Floor**); Septaria Nugraini 151910301106; 2017: 103 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Retrofitting is a repairment and reinforcement method for damaged structure. It has several types: enlarge dimension and increase the number of reinforcement on the main building structure, coat the concrete column with square steel profile, then coat the concrete columns with an additional concrete (jacketing).

The jacketing method has been developed with composite materials. Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) is one of the materials that can be used as a jacketing. This can be done by giving a coat to an existing concrete column with a thin steel plate made up of carbon and fiber. This research focuses on jacket modelling in the 8th floor lecture building with a total height of 32 meters. The existing building is modeled into damaged building by using structural program.

The damage model is done by reducing the concrete compressive strength (f_c') and steel tensile strength (f_y), and also increasing live load and earthquake load. The results show that the dimensions of the column become larger than the existing ones. The column dimension becomes larger 50 – 100 mm than the original size. Thus, the column can be protected from fragmentation and structure damage, and of course it has the ability to accept larger load because the use of this method can reduce direct shear failure and also provide the capacity of the building structure it self.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus karena atas limpahan berkat dan kasih karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pemodelan Kegagalan Struktur dan *Retrofitting* pada Bagian Kolom Gedung 8 Lantai”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama proses penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- 1) Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
- 2) M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik;
- 3) Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
- 4) Dwi Nurtanto, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama;
- 5) Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota;
- 6) Kedua orang tua dan saudara yang telah memberikan dukungan moril dan materil selama penyusunan skripsi ini;
- 7) Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 05 Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN PEMBIMBING	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
DAFTAR NOTASI	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Kolom	4
2.2 Jenis-Jenis Kolom	4

2.3 Metode <i>Retrofitting</i>	5
2.4 Metode <i>Jacketing</i>	6
2.4.1 Spesifikasi Minimum Metode <i>Jacketing</i>	7
2.4.2 Macam-Macam Teknik Metode <i>Jacketing</i>	8
2.4.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode <i>Jacketing</i>	9
2.4.4 Metode <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)</i>	9
2.5 Pembebanan	11
2.5.1 Beban Vertikal.....	11
2.5.2 Beban Gempa	12
2.5.3 Beban Angin.....	14
2.6 Kombinasi Pembebanan	14
2.7 Evaluasi Kekuatan Stuktur Bangunan	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi Kajian	17
3.2 Waktu Kajian	18
3.3 Pengumpulan Data dan Studi Literatur	18
3.4 Diagram Alur Perencanaan	19
3.4.1 Pengumpulan Data	20
3.4.2 Perhitungan Pembebanan	21
3.4.2.1 Beban Mati	21
3.4.2.2 Beban Hidup.....	21
3.4.2.3 Beban Angin.....	21
3.4.2.4 Beban Gempa	22
3.4.3 Pemodelan Kegagalan Struktur.....	22
3.4.4 Retrofitting.....	22
BAB 4. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa Data Dimensi Struktur Bangunan	23
4.2 Pembebanan Beban Asli Gedung 8 Lantai	31
4.2.1 Beban Mati Gedung	31

4.2.2 Beban Hidup Gedung.....	32
4.2.2.1 Pembebanan Balok Lantai	32
4.2.2.2 Pembebanan Balok Atap	36
4.2.3 Beban Angin	39
4.2.4 Beban Gempa.....	40
4.3 Hasil Desain Perencanaan Gedung 8 Lantai	42
4.4 Analisa Perhitungan Menggunakan SAP2000	43
4.4.1 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Momen Terbesar (M3).....	43
4.4.2 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Geser Terbesar (V2)	44
4.4.3 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Aksial Terbesar (P).....	45
4.5 Cek Validasi.....	45
4.5.1 Cek Validasi Momen	45
4.5.2 Cek Validasi Aksial	46
4.6 Skenario Pemodelan Pembebanan Balok Lantai.....	47
4.6.1 Beban Mati.....	48
4.6.2 Beban Hidup	48
4.6.2.1 Perhitungan Skenario Pembebanan Balok Lantai	48
4.6.2.2 Perhitungan Skenario Pembebanan Balok Atap.....	52
4.6.3 Beban Angin	55
4.6.4 Beban Gempa.....	56
4.7 Hasil Desain Pemodelan Gedung 8 Lantai	58
4.8 Analisa Perhitungan Menggunakan SAP2000	60
4.8.1 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Momen Terbesar (M3).....	60
4.8.2 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Geser Terbesar (V2)	60
4.8.3 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Aksial Terbesar (P).....	61
4.9 Retrofitting.....	62
4.9.1 Analisa Gaya dan Momen pada Kolom K-1B	62

4.9.2 Analisa Gaya Aksial dan Momen pada Kolom K-1B karena Pengaruh Tebal <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP).....	71
4.9.2.1 Tebal CFRP 0,3 mm.....	71
4.9.2.2 Tebal CFRP 0,5 mm.....	84
4.9.2.3 Tebal CFRP 0,7 mm.....	85
4.9.2.4 Tebal CFRP 1,0 mm.....	85
4.9.2.5 Perencanaan Dimensi Kolom Setelah Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) dengan Tebal ($t_j = 0,5$ mm) pada Kolom K-1B	86
4.9.3 Analisa Gaya dan Momen pada Kolom K-1A, K-1C, K-2A, K-2B, K-3	90
4.9.3.1 Analisa Gaya Aksial dan Momen pada Kolom K-1A, K-1C, K-2A, K-2B, dan K-3 karena Pengaruh Tebal <i>Carbon Reinforced Polymer</i> (CFRP) ($t_j=0,5$ mm).....	92
4.9.3.2 Perencanaan Dimensi Kolom Setelah Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) dengan Tebal ($t_j = 0,5$ mm) pada Kolom K-1A, K-1C, K-2A, K-2B, K-3	97
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	101
5.2 Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban Mati pada Gedung.....	12
Tabel 2.2 Nilai <i>Spectrum</i> Terkoreksi	13
Tabel 4.1 Dimensi Balok.....	23
Tabel 4.2 Dimensi Kolom.....	28
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pembebanan Balok Induk Lantai	32
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Pembebanan Balok Anak Lantai	34
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Pembebanan Balok Induk Atap.....	36
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Pembebanan Balok Anak Atap	38
Tabel 4.7 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Momen Terbesar	44
Tabel 4.8 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Geser Terbesar	44
Tabel 4.9 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Aksial Terbesar	45
Tabel 4.10 Skenario Pemodelan Kegagalan Struktur	47
Tabel 4.11 Perhitungan Skenario Pembebanan Balok Induk Lantai	49
Tabel 4.12 Perhitungan Skenario Pembebanan Balok Anak Lantai	51
Tabel 4.13 Perhitungan Skenario Pembebanan Balok Induk Atap.....	52
Tabel 4.14 Perhitungan Skenario Pembebanan Balok Anak Atap.....	54
Tabel 4.15 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Momen Terbesar	60
Tabel 4.16 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Geser Terbesar	61
Tabel 4.17 Hasil Analisa Perhitungan SAP2000 Aksial Terbesar	61
Tabel 4.18 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Kuat Momen pada Kolom K-1B.....	71
Tabel 4.19 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 0,3 \text{ mm}$) pada Kolom K-1B.....	84
Tabel 4.20 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 0,5 \text{ mm}$) pada Kolom K-1B.....	84

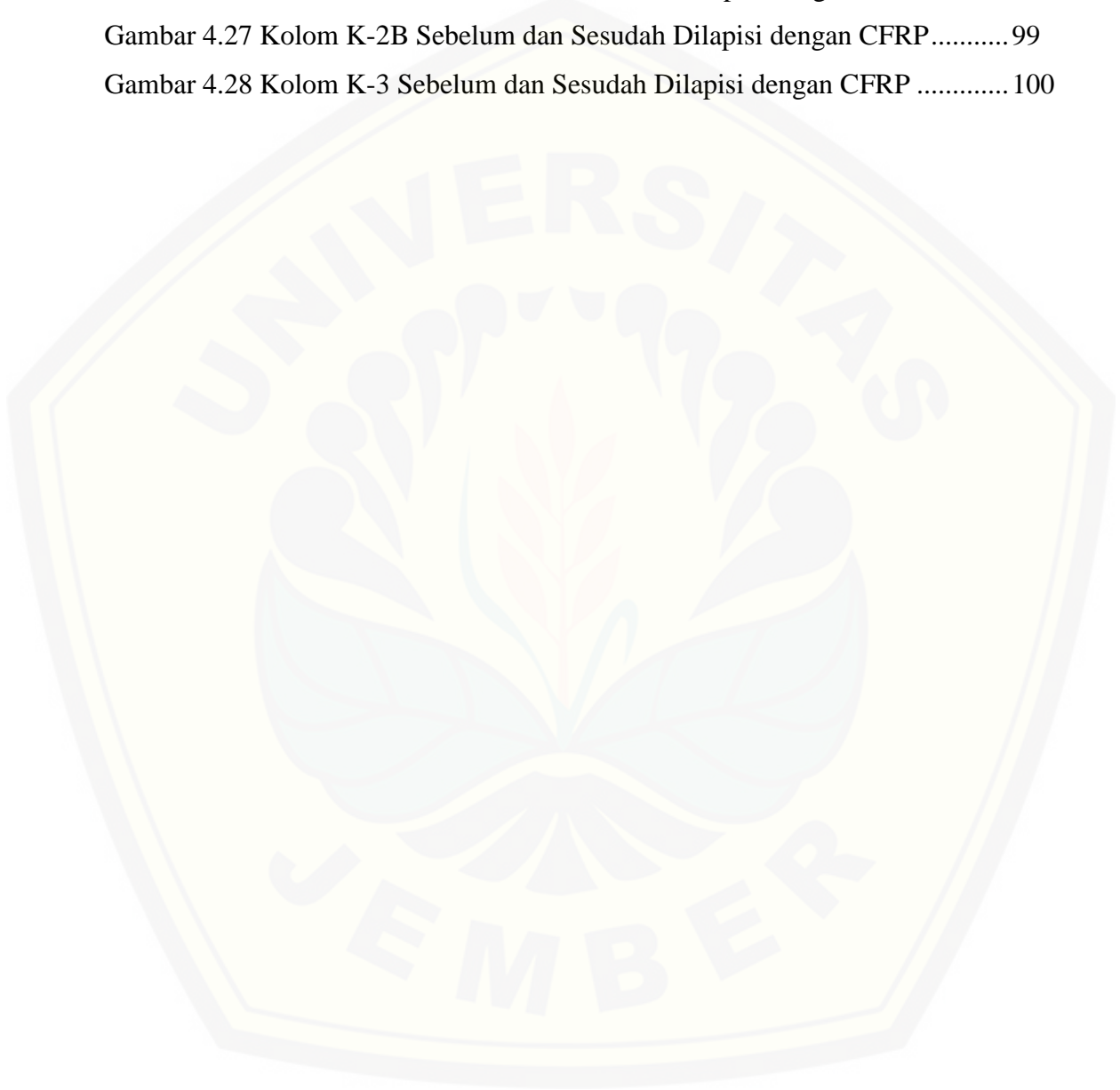
Tabel 4.21 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 0,7$ mm) pada Kolom K-1B.....	85
Tabel 4.22 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 1,0$ mm) pada Kolom K-1B.....	85
Tabel 4.23 Presentase Kenaikan Gaya Aksial dan Momen pada Kolom K-1B Sebelum dan Sesudah Dilapisi <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP) ($t_j = 0,5$ mm).....	86
Tabel 4.24 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Kuat Momen pada Kolom K-1A.....	90
Tabel 4.25 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Kuat Momen pada Kolom K-1C.....	91
Tabel 4.26 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Kuat Momen pada Kolom K-2A.....	91
Tabel 4.27 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Kuat Momen pada Kolom K-2B.....	91
Tabel 4.28 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Kuat Momen pada Kolom K-3	92
Tabel 4.29 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 0,5$ mm) pada Kolom K-1A.....	92
Tabel 4.30 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 0,5$ mm) pada Kolom K-1C.....	93
Tabel 4.31 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 0,5$ mm) pada Kolom K-2A.....	93
Tabel 4.32 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 0,5$ mm) pada Kolom K-2B.....	93
Tabel 4.33 Perubahan Peningkatan Kuat Beban Aksial dan Momen dengan Penggunaan CFRP ($t_j = 0,5$ mm) pada Kolom K-3.....	94

Tabel 4.34 Presentase Kenaikan Gaya Aksial dan Momen pada Kolom K-1A Sebelum dan Sesudah Dilapisi <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP) ($t_j = 0,5$ mm).....	95
Tabel 4.35 Presentase Kenaikan Gaya Aksial dan Momen pada Kolom K-1C Sebelum dan Sesudah Dilapisi <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP) ($t_j = 0,5$ mm).....	95
Tabel 4.36 Presentase Kenaikan Gaya Aksial dan Momen pada Kolom K-2A Sebelum dan Sesudah Dilapisi <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP) ($t_j = 0,5$ mm).....	96
Tabel 4.37 Presentase Kenaikan Gaya Aksial dan Momen pada Kolom K-2B Sebelum dan Sesudah Dilapisi <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP) ($t_j = 0,5$ mm).....	96
Tabel 4.38 Presentase Kenaikan Gaya Aksial dan Momen pada Kolom K-3 Sebelum dan Sesudah Dilapisi <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP) ($t_j = 0,5$ mm)	97
Tabel 4.39 Dimensi Kolom Sebelum dan Sesudah Dilapisi <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP) Tebal 0,5 mm.....	98
Tabel 4.40 Perubahan Kapasitaas Kolom karena Pengaruh <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP)	100

DAFTAR GAMBAR

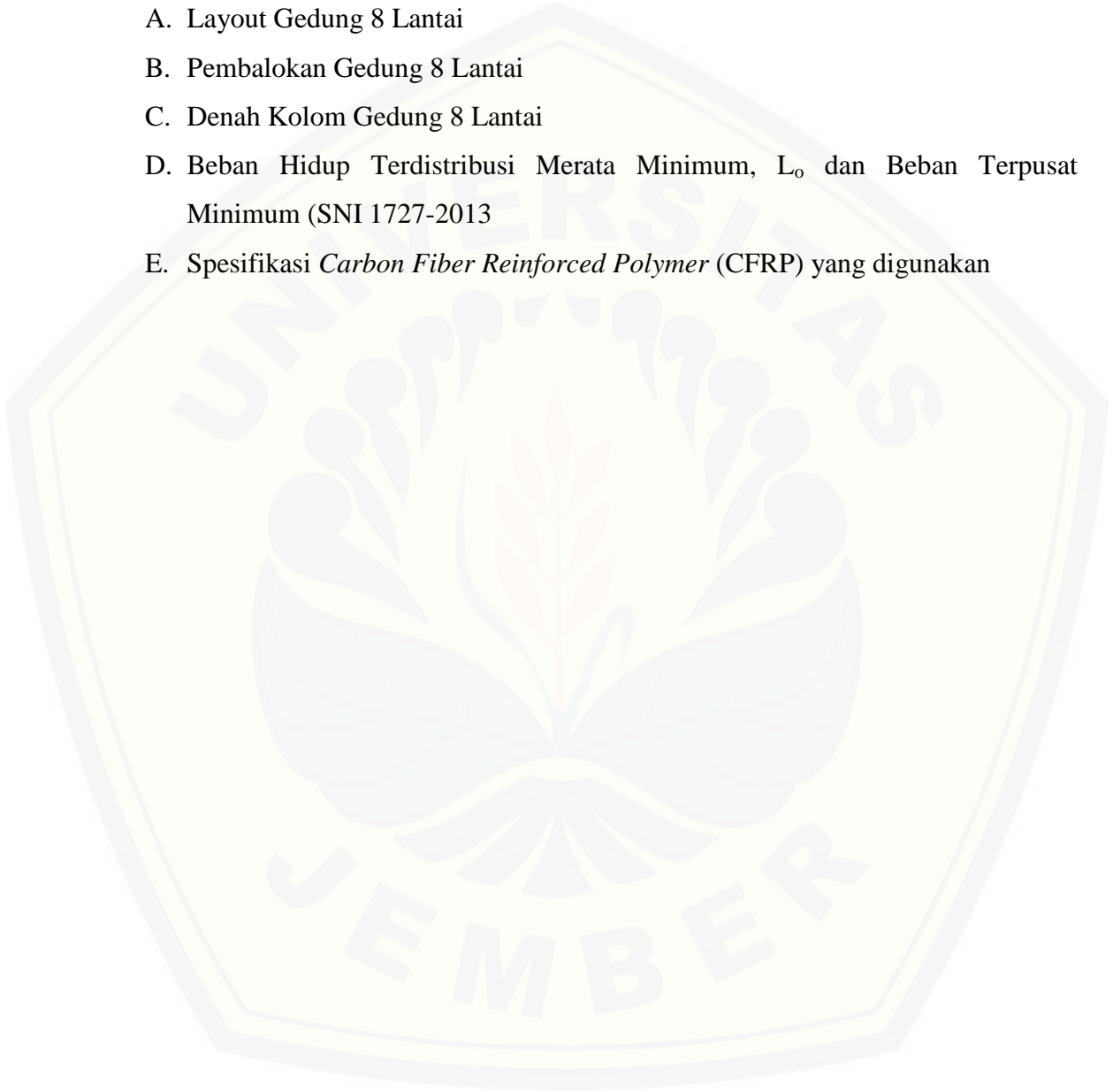
Gambar 2.1 <i>Jacketing</i> pada Kolom Dan Balok (Boen, 2009)	7
Gambar 3.1 Lokasi Bangunan Gedung 8 Lantai	17
Gambar 3.2 Bangunan Gedung 8 Lantai	18
Gambar 4.1 Detail Balok G-1	24
Gambar 4.2 Detail Balok G-2	24
Gambar 4.3 Detail Balok G-3	25
Gambar 4.4 Detail Balok B-1	25
Gambar 4.5 Detail Balok B-2	26
Gambar 4.6 Detail Balok B-3	26
Gambar 4.7 Detail Balok B-4	27
Gambar 4.8 Detail Balok B-5	27
Gambar 4.9 Detail Kolom K-1A	28
Gambar 4.10 Detail Kolom K-1B	29
Gambar 4.11 Detail Kolom K-1C	29
Gambar 4.12 Detail Kolom K-2A	30
Gambar 4.13 Detail Kolom K-2B	30
Gambar 4.14 Detail Kolom K-3	31
Gambar 4.15 Desain <i>Respons Spectrum</i>	40
Gambar 4.16 Input Desain <i>Respons Spectrum</i>	42
Gambar 4.17 Hasil Cek Kapasitas Komponen Struktur Gedung	43
Gambar 4.18 Pemodelan Desain <i>Respons Spectrum</i>	56
Gambar 4.19 Input Desain <i>Respons Spectrum</i> zona 6	58
Gambar 4.20 Hasil Cek Kapasitas Komponen Struktur Gedung	59
Gambar 4.21 Asumsi Letak Tulangan 20 D25	62
Gambar 4.22 Momen Lentur Murni ($M_{murni} = \text{maksimum}$; $\rho_n = 0$)	73
Gambar 4.23 Kolom K-1B Sebelum dan Sesudah Dilapisi dengan CFRP	89

Gambar 4.24 Kolom K-1A Sebelum dan Sesudah Dilapisi dengan CFRP.....	98
Gambar 4.25 Kolom K-1C Sebelum dan Sesudah Dilapisi dengan CFRP.....	99
Gambar 4.26 Kolom K-2A Sebelum dan Sesudah Dilapisi dengan CFRP.....	99
Gambar 4.27 Kolom K-2B Sebelum dan Sesudah Dilapisi dengan CFRP.....	99
Gambar 4.28 Kolom K-3 Sebelum dan Sesudah Dilapisi dengan CFRP	100



DAFTAR LAMPIRAN

- A. Layout Gedung 8 Lantai
- B. Pembalokan Gedung 8 Lantai
- C. Denah Kolom Gedung 8 Lantai
- D. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_0 dan Beban Terpusat Minimum (SNI 1727-2013)
- E. Spesifikasi *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) yang digunakan



DAFTAR NOTASI

A_s	: Luas tulangan baja, (mm^2)
a	: Kedalaman tegangan saat ultimate, (mm)
b	: Lebar area penampang kolom, (mm)
C_c	: Gaya tekan beton, (N)
C_s	: Gaya tekan baja, (N)
d	: Jarak efektif, (mm)
d_1	: Jarak tulangan 1 ke pusat tekan terluar, (mm)
d_2	: Jarak tulangan 2 ke pusat tekan terluar, (mm)
E_j	: Modulus elastis pada <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> , (N/mm^2)
f'_c	: Mutu beton, (MPa)
f'_{cc}	: Kekuatan tekan beton pada <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> , (N/mm^2)
f_j	: Tegangan pada sisi dalam jaket CFRP, (N/mm^2)
f_l	: Tegangan lateral minimum, (N/mm^2)
F_l	: Tegangan lateral maksimum, (N/mm^2)
f_r	: Modulus rupture atau modulus retak beton, (N/mm)
f_s	: Tegangan tulangan baja, (N/mm^2)
f_y	: Mutu baja, (MPa)
h	: Tinggi dimensi kolom, (mm)
J_d	: Jarak pusat total gaya tekan ke pusat gaya tarik, (mm)
I	: Momen inersia kolom, (mm^4)
k	: Koefisien retak beton sebesar 0,62
k_c	: Faktor penambah kekuatan beton

k_e	: Rasio area efektif yang terlindungi
M_n	: Momen lentur murni, (Nmm)
M_u	: Momen kolom beton pada saat mencapai ultimate, (Nmm)
n	: Rasio modulator atau angka ekuivalen
P	: Gaya tekan aksial kolom, (N)
r	: Jari-jari sudut siku-siku kolom, (mm)
S_s	: Gaya tekan tulangan baja, (N)
S_n	: Jarak antar satu tulangan dengan yang lain, (mm)
T_s	: Tulangan mengalami tarik, (N)
y	: Garis netral kolom dalam keadaan seimbang, (mm)
y_{dasar}	: Garis netral kolom, (mm)
y_{tarik}	: Jarak total gaya tarik dari serat tekan terluar kolom, (mm)
y_{tekan}	: Jarak total gaya tekan dari bagian atas kolom, (mm)
Z	: Parameter kolom beton dengan kekangan
π	: Koefisien ($22/7$ atau $3,14$)
α	: Faktor tegangan rata-rata
α_1	: Faktor penambah kekuatan beton terhadap tegangan triaxial
α_2	: Faktor reduksi terhadap penjumlahan untuk beberapa deviasi
ϵ_c	: Regangan beton
ϵ_s	: Regangan tulangan yang mengalami tarik
ϵ_j	: Regangan jaket <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i>
ρ	: Ratio tulangan
γ	: Faktor pusat tekan

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam merencanakan konstruksi sebuah bangunan haruslah di desain dengan tepat agar mampu menahan segala beban yang ada pada bangunan, termasuk beban angin dan beban gempa. Struktur utama sebuah bangunan terdiri dari struktur pondasi, struktur kolom, struktur balok, dan struktur pelat. Menurut Sudarmoko (1996), kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur.

Banyak hal yang dapat dipelajari dari kegagalan, termasuk kegagalan struktur bangunan. Kegagalan struktur merupakan kondisi dimana salah satu komponen struktur atau bahkan struktur tersebut secara keseluruhan kehilangan kemampuan menahan beban yang dipikulnya. Umumnya dipicu oleh adanya beban berlebih yang menyebabkan kekuatan (*strength*) struktur mencapai kondisi batas sehingga menimbulkan fraktur atau lendutan yang besar. Menurut Akinci, dkk (2006), kegagalan konstruksi dapat diketahui setelah proses konstruksi selesai atau bahkan pada proses perawatannya. Kegagalan konstruksi hampir 20-40% terjadi pada tahap proses pelaksanaan dan kegagalan tersebut 54% diakibatkan oleh tenaga kerja yang tidak terampil dan selebihnya 12% diakibatkan oleh mutu material.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi kegagalan struktur yaitu dengan menerapkan metode *retrofitting*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui teknis pelaksanaan yang tepat dan efisien dalam melakukan perbaikan, restorasi, dan perkuatan struktur sebuah bangunan. Menurut Boen (2009), macam-macam metode *retrofitting* yang dapat digunakan, yaitu: memperbesar dimensi dan menambah jumlah tulangan pada bagian struktur utama bangunan, menambah jumlah tulangan dan sengkang di luar kolom atau balok beton yang kemudian ditutup

kembali dengan coran beton atau *jacketing*, serta menyelubungi kolom beton dengan profil baja persegi dan kemudian melakukan *grouting* pada celah-celah antara beton dan profil baja.

Dengan semakin beragamnya metode perkuatan struktur bangunan, penggunaan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* merupakan salah satu metode alternatif perkuatan struktur yang cukup efisien guna mengatasi kegagalan struktur. Teknik penerapan metode ini yaitu dengan menyelimuti beton yang telah ada dengan sejenis pelat baja tipis yang di dalamnya terdapat serat-serat carbon dan fiber. Dengan demikian, penampang kolom menjadi besar daripada sebelumnya sehingga kekuatan geser beton menjadi meningkat.

Pembahasan mengenai analisa pemodelan kegagalan struktur dan *retrofitting* juga dapat ditemukan pada beberapa jurnal maupun literatur. Pembahasan Tugas Akhir mengenai “Analisis Pemodelan Kegagalan Struktur dan *Retrofitting* pada Bagian Kolom Gedung 8 Lantai“ ini mengacu pada beberapa pembahasan yang sama mengenai penerapan metode *retrofitting* pada jenis bangunan yang berbeda, seperti pada jurnal yang ditulis oleh Marolop Tua Sianipar (2009) yang membahas tentang analisa kolom beton bertulang yang bertujuan untuk perbaikan dan perkuatan komponen struktur kolom dengan menggunakan metode *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*. Karmila Achmad, dkk (2012) juga membahas tentang penggunaan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)* untuk perkuatan kolom guna meningkatkan daktilitas perpindahan struktur tersebut.

Berdasarkan beberapa hal yang telah dijelaskan sebelumnya, pembahasan kali ini bertujuan untuk mengetahui pemodelan kegagalan struktur dan penerapan metode *retrofitting* pada bagian struktur utama bangunan yaitu kolom dalam menahan kegagalan struktur yang terjadi. Pembahasan ini diterapkan pada struktur bangunan gedung 8 lantai.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dikaji dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- 1) Bagaimana memodelkan kegagalan struktur yang terjadi pada bagian kolom gedung 8 lantai?
- 2) Bagaimana penerapan metode *retrofitting* pada bagian kolom gedung 8 lantai untuk menahan kegagalan struktur yang terjadi?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui hal-hal sebagai berikut:

- 1) Mengetahui kegagalan struktur yang terjadi pada bagian kolom gedung 8 lantai.
- 2) Mengetahui penerapan metode *retrofitting* pada bagian kolom gedung 8 lantai untuk menahan kegagalan struktur yang terjadi.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan dan keterbatasan kemampuan penulis, maka perlu adanya batasan masalah yang meliputi:

1. Hanya melakukan analisis pada bagian kolom gedung 8 lantai.
2. Tidak membahas mengenai Rencana Anggaran Biaya (RAB).
3. Tidak membahas mengenai metode pelaksanaan.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Bagi pihak pengelola gedung dan pihak terkait lainnya, penelitian dan analisis ini diharapkan dapat memberikan ilmu serta wawasan baru mengenai penerapan metode *retrofitting* sebagai salah satu cara untuk mengatasi kegagalan struktur pada konstruksi bangunan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

SNI 2847-2013 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

2.2 Jenis - Jenis Kolom

Berdasarkan buku Struktur Beton Bertulang (Istimawan Dipohusodo, 1994), ada tiga jenis kolom beton bertulang yaitu :

- 1) Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral.

Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

- 2) Kolom menggunakan pengikat spiral.

Kolom ini memiliki bentuk yang sama dengan kolom pengikat sengkang lateral hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud

3) Kolom komposit

Kolom ini merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.

2.3 Metode *Retrofitting*

Metode perbaikan dan perkuatan (*retrofitting*) struktur bangunan sudah banyak dikenal, namun faktor keterbatasan menjadi kendala dalam melakukan *retrofitting* tersebut. Menurut Triwiyono (2004), perbaikan adalah suatu tindakan dalam memodifikasi struktur yang telah mengalami kerusakan yang dilakukan pada sebagian atau seluruh bangunan untuk mengembalikan stabilitas struktur pada kondisi seperti semula. Sedangkan perkuatan adalah suatu tindakan dalam memodifikasi struktur sebelum terjadi kerusakan dengan tujuan untuk menaikkan atau stabilitas ketahanan struktur. Idealnya perbaikan harus memenuhi kriteria perencanaan terbaru yang lebih ketat dari perencanaan sebelumnya.

Menurut Boen (2009) macam-macam metode *retrofitting* yang dapat digunakan, yaitu :

1. Memperbesar dimensi dan menambah jumlah tulangan pada bagian struktur utama bangunan yang mengalami kerusakan.
2. Menambah jumlah tulangan dan sengkang di luar kolom atau balok beton yang kemudian ditutup kembali dengan coran beton atau *jacketting*.
3. Menyelubungi kolom beton dengan profil baja persegi dan kemudian melakukan *grouting* pada celah-celah antara beton dan profil baja.

Setelah mengetahui metode apa yang akan digunakan dalam perbaikan struktur bangunan, selanjutnya harus dilakukan pemilihan bahan. Pemilihan bahan dilakukan untuk memperoleh hasil perkuatan yang sesuai dengan rencana dan tahan lama.

Secara umum persyaratan bahan untuk perbaikan dan perkuatan, yaitu :

- Susut kecil.

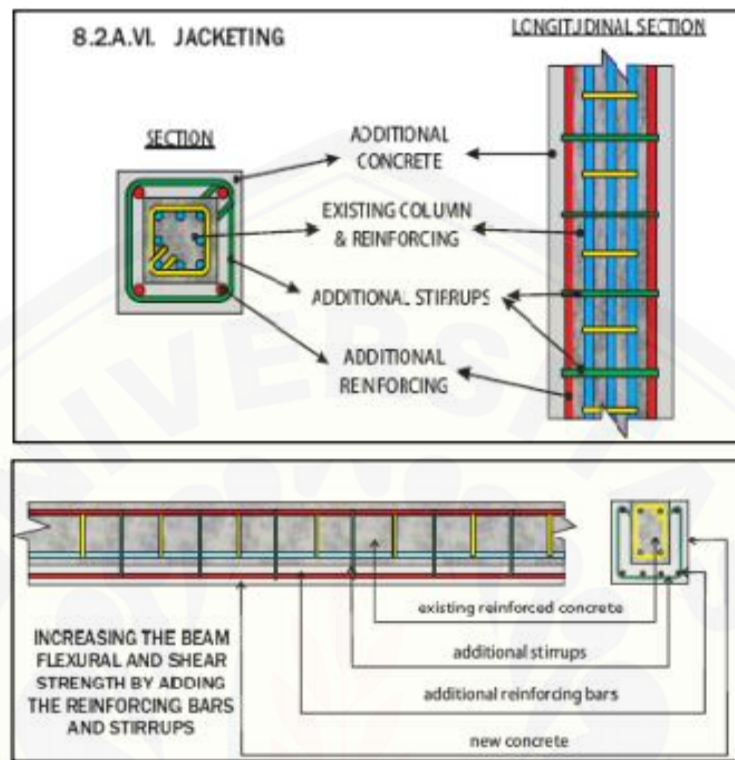
- Melekat secara baik.
- Muaihan dan modulus elastisitas tidak jauh dengan bahan yang diperbaiki.
- Permeabilitas rendah.

Metode *retrofitting* yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu metode *jacketing* karena metode ini cukup efisien guna mengatasi kegagalan struktur yang terjadi.

2.4 Metode Jacketing

Metode *Jacketing* adalah suatu sistem perkuatan atau perbaikan beton dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan. Dalam penelitian Kawashima et.al (1997), metode *jacketing* dapat meningkatkan kapasitas aksial kolom. Metode *jacketing* ini banyak digunakan apalagi telah dikembangkan dengan bahan material komposit seperti FRP (*Fiber Reinforced Polymer*), GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*), dan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*).

Teknik perkuatan struktur ini digunakan pada kolom bangunan yang bertujuan untuk memperbesar penampang kolom. Dengan demikian, penampang kolom menjadi besar daripada sebelumnya sehingga kekuatan geser beton menjadi meningkat. Keuntungan utama dari metode ini adalah memberikan peningkatan dan pertambahan batas daripada kekuatan dan daktilitas beton. Keuntungan kedua yaitu metode ini dapat melindungi dari kerusakan fragment dan struktur yang diperbaiki memiliki kemampuan dalam menerima beban, karena metode ini dapat mengurangi kegagalan geser langsung (*direct shear*), namun dapat juga menyediakan peningkatan kapasitas struktur itu sendiri.



Gambar 2.1 Jacketing pada Kolom dan Balok (Boen, 2009)

2.4.1 Spesifikasi Minimum Metode Jacketing

Agar perkuatan dengan menggunakan metode *jacketing* ini dapat bekerja secara maksimal, maka ada beberapa spesifikasi minimum yang harus dipenuhi. Menurut dokumen CED 39 (7428), spesifikasi minimum yang harus dipenuhi antara lain :

- a) Mutu beton pembungkus yang harus lebih besar atau sama dari mutu beton *existing*.
- b) Untuk kolom yang tulangan longitudinal tambahan tidak dibutuhkan, minimum harus diberikan tulangan 12 mm di keempat ujungnya dengan sengkang 8 mm.
- c) Minimum tebal *jacketing* 100 mm.

- d) Diameter tulangan sengkang minimum 8 mm tidak boleh kurang dari $\frac{1}{3}$ tulangan longitudinal.
- e) Jarak maksimal tulangan sengkang pada daerah $\frac{1}{4}$ bentang adalah 100 mm, dan jarak vertikal antar tulangan sengkang tidak boleh melebihi 100 mm.

2.4.2 Macam-Macam Teknik Metode *Jacketing*

Ada beberapa macam jenis teknik metode *jacketing* yang dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk memperkuat konstruksi sebuah bangunan. Macam-macam teknik metode *jacketing*, meliputi:

1) *Concrete Jacketing*

Concrete Jacketing adalah salah satu sistem perkuatan atau perbaikan struktur sebuah bangunan dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan.

2) *Steel Jacketing*

Steel Jacketing adalah salah satu cara sistem perkuatan atau perbaikan struktur sebuah bangunan dengan cara menyelimuti beton yang ada dengan profil baja tambahan.

3) *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*

Fiber Reinforced Polymer (FRP) adalah salah satu sistem perkuatan atau perbaikan struktur sebuah bangunan dengan cara melapisi beton yang ada menggunakan suatu material komposit. Bahan ini menggabungkan polimer resin, filler, dan fiber. Material komposit mempunyai beberapa kelebihan seperti berkekuatan tinggi, ringan serta mempunyai daya tahan yang tinggi (BRE and Treend, 2000).

4) *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan salah satu jenis dari *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*. CFRP merupakan sejenis pelat baja tipis yang di dalamnya terdapat serat-serat carbon dan fiber.

5) *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)*

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) merupakan salah satu jenis dari *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*. GFRP ini merupakan komposit hasil dari perpaduan antara material *Plastics Thermoset (additive)* yang mempunyai ketahanan terhadap korosi dan cuaca dengan serat kaca sebagai penguat.

2.4.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode *Jacketing*

Metode *jacketing* memiliki kelebihan dan kekurangan, yaitu:

A. Kelebihan

- 1) Mampu meningkatkan daktilitas struktur dan kekuatan struktur (kapasitas aksial, kapasitas lentur, dan kemampuan geser).
- 2) Mampu menambah kekakuan struktur.
- 3) Mampu meningkatkan stabilitas struktur.
- 4) Biaya lebih ekonomis dibandingkan metode perkuatan lainnya.

B. Kekurangan

- 1) Ukuran kolom setelah dipasang perkuatan akan menjadi lebih besar sehingga akan mengurangi ruang kosong yang ada.
- 2) Jika penempatan *jacketing* ini tidak diperhatikan dengan baik maka dapat menyebabkan kekakuan yang tidak merata.

2.4.4 Metode *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan salah satu jenis dari *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*. CFRP merupakan sejenis pelat baja tipis yang di dalamnya terdapat serat-serat carbon dan fiber. CFRP biasanya digunakan pada jembatan dan pada bagian balok, kolom, dan pelat suatu bangunan. CFRP lebih baik digunakan dibandingkan dengan *aramid fiber* dan *glass fiber* karena memiliki kekuatan dan elastisitas lebih baik dari kedua bahan tersebut.

Pada saat beton mencapai batas *ultimate* dalam menerima beban maka akan terjadi deformasi lateral yang dapat mengakibatkan reduksi pada beton, maka

digunakanlah CFRP untuk menahan gaya regangan yang terjadi. Selain mampu menahan gaya regangan pada kolom, CFRP juga mampu melakukan ikatan pada kolom tersebut, sehingga kolom dan CFRP menjadi linier dan bertambah kaku.

- Rumus yang digunakan untuk perhitungan kekuatan CFRP, yaitu:

$$F_{cc}' = f_c' [1 + k_e (k_c - 1)] \quad (2.1)$$

Dimana :

k_e adalah rasio efektif yang terlindung (persamaan 2.2)

k_c adalah faktor penambah kekuatan beton (persamaan 2.3)

- Rumus mencari k_c dan k_e , yaitu:

$$k_e = \frac{[bh - (4r^2 - \pi r^2)] - \frac{1}{3}(b - 2r)^2 - \frac{1}{3}(h - 2r)^2}{bh - (4r^2 - \pi r^2)} \quad (2.2)$$

$$k_c = \alpha_1 \alpha_2 \quad (2.3)$$

Dimana :

b dan h adalah dimensi kolom

r adalah radius pada keliling sudut

α_1 adalah faktor penambah kekuatan beton terhadap tegangan triaxial pada batas-batas tegangan (persamaan 2.4)

α_2 adalah faktor reduksi terhadap penjumlahan untuk beberapa deviasi (persamaan 2.5)

- Rumus mencari α_1 dan α_2 , yaitu :

$$\alpha_1 = 1,25 \left(1,8 \sqrt{1 + 7,94 \frac{F_l}{f_{c'}}} - 1,6 \frac{F_l}{f_{c'}} - 1 \right) \quad (2.4)$$

$$\alpha_2 = \left[1,4 \frac{f_l}{F_l} - 0,6 \left(\frac{f_l}{F_l} \right)^2 - 0,8 \right] \sqrt{\frac{F_l}{f_{c'}}} + 1 \quad (2.5)$$

Dimana :

F_1 dan f_1 adalah nilai maksimum dan minimum yang mengikat tegangan lateral.

- Penahan tegangan lateral pada CFRP dapat dihitung pada sumbu x dan y , dengan rumus :

$$f_{l,jx} = 2\frac{t_j}{h} f_j \quad (2.6)$$

$$f_{l,jy} = 2\frac{t_j}{b} f_j \quad (2.7)$$

Dimana :

t_j adalah ketebalan jaket CFRP

f_j adalah tegangan pada sisi dalam jaket CFRP (persamaan 2.8)

➤ Rumus mencari f_j , yaitu :

$$f_j = E_j \cdot \varepsilon_t \quad (2.8)$$

Dimana :

ε_t adalah regangan pada potongan melintang CFRP

Untuk mencari nilai F_l sama dengan cara mencari nilai f_l yang merupakan tegangan lateralnya.

2.5 Pembebanan

Beban yang bekerja pada struktur suatu bangunan dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu beban vertikal dan beban horisontal. Beban vertikal meliputi beban mati dan beban hidup. Sedangkan beban horisontal dalam hal ini berupa beban gempa.

2.5.1 Beban Vertikal

A. Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri struktur bangunan dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan Lain SNI 1727-2013, yang termasuk beban mati yaitu dinding, lantai, atap, plafond, tangga dan finishing.

Tabel 2.1 Beban Mati pada Gedung

No	Konstruksi	Berat	Satuan
1	Baja	7850	kg/m ³
1	Beton bertulang	2400	kg/m ³
2	Beton	2200	kg/m ³
3	Dinding pas bata ½ bt	250	kg/m ²
4	Dinding pas bata 1 bt	450	kg/m ²
5	Curtain wall+rangka	60	kg/m ²
6	Cladding + rangka	20	kg/m ²
7	Pasanganbatu kali	2200	kg/m ³
8	Finishing lantai (tegel)	2200	kg/m ³
9	Plafon+penggantung	20	kg/m ²
10	Mortar	2200	kg/m ³
11	Tanah, Pasir	1700	kg/m ³
12	Air	1000	kg/m ³
13	Kayu	900	kg/m ³
14	Baja	7850	kg/m ³
15	Aspal	1400	kg/m ³
16	Instalasi plumbing	50	kg/m ²

(Sumber : SNI 1727-2013)

B. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang besar dan posisinya dapat berubah-ubah. Beban hidup yang dapat bergerak dengan tenaganya sendiri disebut beban bergerak, seperti kendaraan dan manusia. Sedangkan beban yang dapat dipindahkan antara lain furniture dan material-material yang ada dalam bangunan. Beban guna dan beban air hujan juga merupakan beban hidup pada suatu struktur bangunan.

2.5.2 Beban Gempa

Beban gempa merupakan semua beban yang bekerja pada struktur bangunan yang diakibatkan oleh pergerakan tanah akibat gempa bumi, baik gempa tektonik maupun gempa vulkanik yang tentunya akan mempengaruhi struktur bangunan. Dalam penelitian ini digunakan analisa gempa menggunakan metode *respons spectrum*. Analisa *respons spectrum* merupakan suatu analisa dengan menentukan respons dinamik struktur gedung yang berperilaku elastis penuh terhadap pengaruh suatu gempa. Metode ini merupakan suatu pendekatan terhadap beban gempa yang

mungkin terjadi. Menurut SNI 1726-2012, *respons spectrum* adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respons maksimum suatu sistem satu derajat kebebasan (SDK) akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami.

Metode *Respons Spectrum*

- Besar beban gempa ditentukan oleh percepatan gempa rencana dan massa total struktur. Massa total struktur terdiri dari berat sendiri struktur dan beban hidup yang dikalikan dengan faktor reduksi 0,5.
- Percepatan gempa diambil dari data Peta Wilayah Gempa Indonesia menurut Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002) karena lokasi gedung diasumsikan terletak di Jember, Jawa Timur dengan memakai *respons spectrum* yang nilai ordinatnya dikalikan dengan koreksi $I/R = 1/6,4$ seperti tabel di bawah. Percepatan gravitasi diambil, $g = 9,81 \text{ cm/det}^2$.

Tabel 2.2 Nilai *Spectrum* Terkoreksi

Waktu Getar (detik)	Nilai Spectrum	Nilai Spectrum Terkoreksi
0,0	0,32	0,05
0,2	0,83	0,13
0,6	0,83	0,13
1,0	0,50	0,08
1,5	0,33	0,05
2,0	0,25	0,04
2,5	0,20	0,03
3,0	0,17	0,02

- c. Analisis dinamik dilakukan dengan metode superposisi *respons spectrum* dengan mengambil respons maksimum dari 4 arah gempa, yaitu 0, 45, 90, dan 135 derajat.
- d. Digunakan number eigen NE = 3 dengan *mass participation factor* ³ 90% dengan kombinasi dinamis (*CQC method*). Karena hasil dari analisis *spectrum response* selalu bersifat positif (hasil akar) maka perlu faktor +1 dan -1 untuk dikombinasikan dengan respon statik.

2.5.3 Beban Angin

Beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya tekan dan hisap angin terhadap gedung adalah kecepatan angin, kepadatan udara, permukaan bidang, dan bentuk dari gedung. Pada perhitungan pembebanan pun juga perlu memperhitungkan faktor beban angin dengan menggunakan acuan SNI 2847-2013.

Faktor beban angin perlu diperhitungkan terutama pada struktur bangunan yang memiliki tinggi bangunan minimal atau lebih dari 16 meter.

Rumus yang dapat digunakan, yaitu :

$$P = V^2/16 \quad (2.9)$$

Dimana :

P = tekanan tiup angin (kg/m²)

V = kecepatan angin (m/det)

2.6 Kombinasi Pembebanan

Untuk keperluan desain, analisis dari sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan (*load combination*) dari beberapa beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan

Gedung SNI 2847-2013. Faktor beban memberikan nilai kuat perlu (U) bagi perencanaan pembebanan pada struktur.

Nilai Kuat perlu (U), yaitu :

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$$

$$U = 0,9 D + 1,0 W$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

Dimana :

D = Beban Mati (Dead)

L = Beban Hidup (Life)

E = Beban Gempa (Earthquake)

W = Beban Angin (Wind)

2.7 Evaluasi Kekuatan Struktur Bangunan

Dalam melakukan evaluasi kekuatan struktur bangunan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

A. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan adalah data dimensi komponen struktur serta kualitas bahan yang meliputi antara lain :

- Kuat tekan beton sebagai data masukkan dalam melakukan analisis struktur, maka perlu diketahui kualitas beton, terutama kuat tekannya. Untuk mengetahui kuat tekan beton dapat dilakukan uji *non destructive test* (uji tidak merusak) dengan pengambilan sampel bor inti (*core case*), Schmidt Hammer Test, UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*) dan lain-lain. Pengujian bahan dilakukan pada bagian struktur yang pada dugaan awal diragukan kekuatannya.

- Baja Tulangan Tegangan leleh baja tulangan ditentukan berdasar data mutu baja yang digunakan pada pelaksanaan pembangunan

B. Penilaian Kekuatan Penampang Komponen Struktur.

Apabila dimensi komponen struktur dan kualitas bahan sudah diketahui, maka kekuatan struktur dalam mendukung momen, gaya geser, dan aksial dapat dianalisis. Komponen struktur harus mempunyai kekuatan tersedia R (resistance) minimum sama dengan kekuatan diperlukan atau kuat perlu U (ultimate) atau dapat dituliskan $R \geq U$. Kuat tersedia R adalah sama dengan kapasitasnya (kuat nominal) dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ sesuai pasal 22.2.5 SNI-2847-2002. Kuat perlu U dihitung berdasarkan kombinasi beban, masing-masing dikalikan dengan faktor beban γ sesuai pasal 11.1. SNI-2847-2002.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Kajian

Lokasi dalam penyusunan tugas akhir ini adalah bangunan gedung 8 lantai yang berlokasi pada Kecamatan Kebonsari, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 3.1 Lokasi Bangunan Gedung 8 Lantai

Spesifikasi gedung yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini, meliputi:

- a) Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
- b) Luas Bangunan : 876 m²
- c) Jumlah Lantai : 8 Lantai
- d) Tinggi Lantai : 4 m
- e) Jenis Bangunan : Beton Bertulang
- f) Mutu Beton : 30 Mpa
- g) Mutu Baja : 410 Mpa



Gambar 3.2 Bangunan Gedung 8 Lantai

3.2 Waktu Kajian

Waktu kajian pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel Penjadwalan.

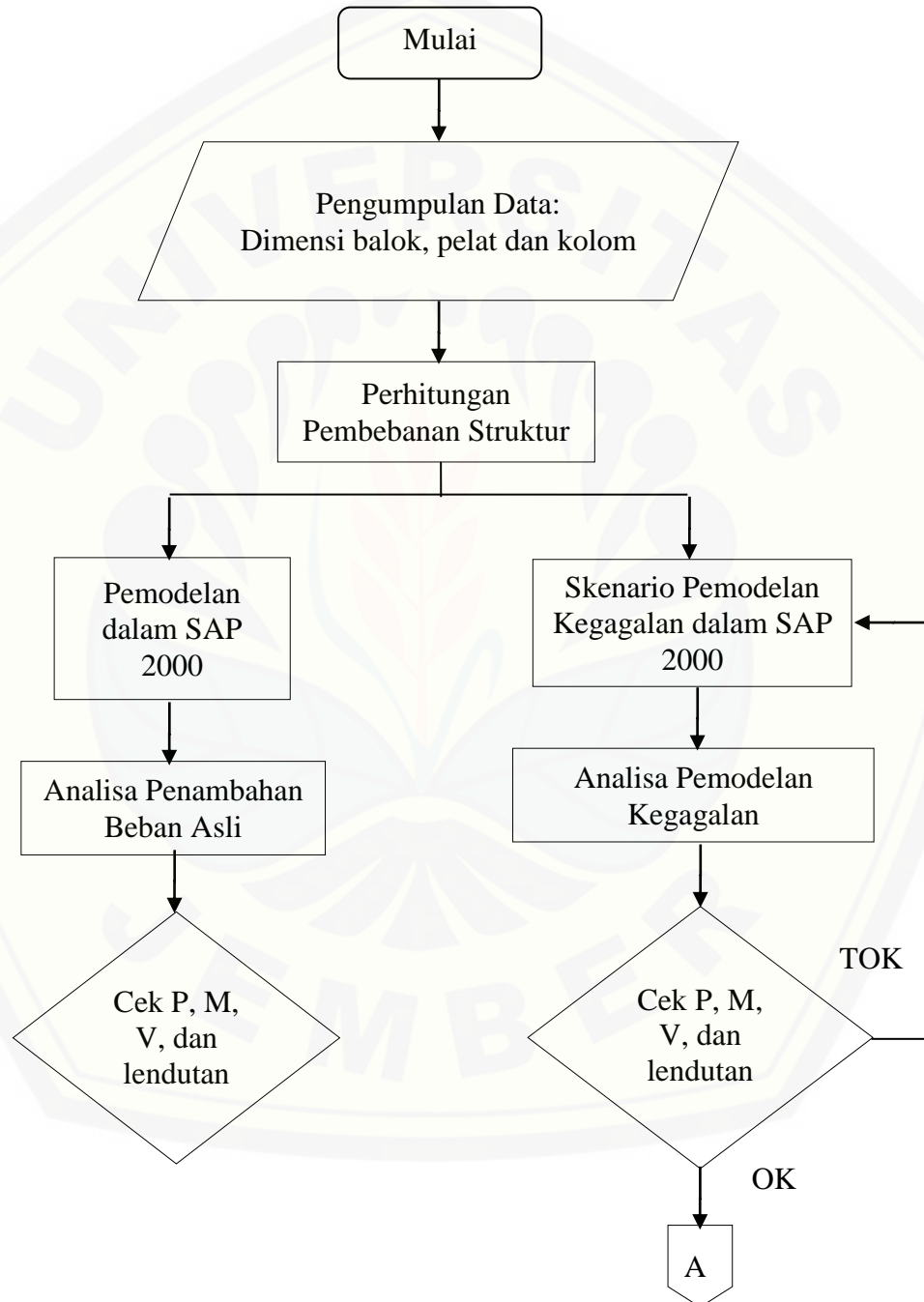
3.3 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

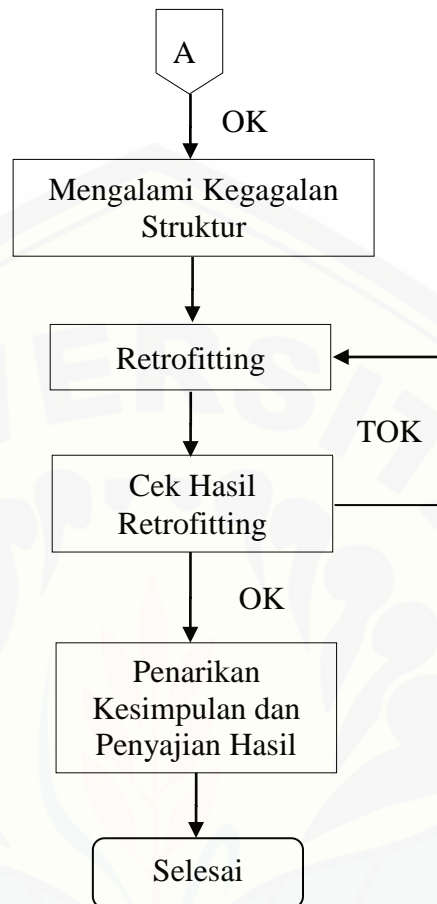
Literatur yang berkaitan dengan judul Tugas Akhir ini, meliputi :

- a. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung **SNI 2847-2013**
- b. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung **SNI 1729-2015**
- c. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan Lain **SNI 1727-2013**
- d. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung **SNI 1726-2012**

3.4 Diagram Alur Perencanaan

Diagram alur perencanaan analisa kegagalan struktur dan *retrofitting* pada bagian kolom gedung 8 lantai ditampilkan pada Gambar 3.3 berikut :





Gambar 3.3 Diagram Alur Perencanaan

3.4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan pada pembahasan ini, meliputi :

- Mutu beton
- Ukuran dimensi balok
- Ukuran tulangan yang digunakan
- Jumlah lantai bangunan
- Elevasi bangunan

Data-data tersebut diperoleh dari *shop drawing* gedung 8 lantai

3.4.2 Perhitungan Pembebanan

Dengan mengetahui data-data yang dibutuhkan dapat membantu serta mempermudah pada tahap perhitungan pembebanan strukturnya. Pembebanan yang dilakukan yaitu, meliputi : perhitungan beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

3.4.2.1 Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri struktur bangunan dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Beban mati biasanya terdiri dari : balok, pelat, kolom, tangga, spesi, keramik, plafond, dinding, dll.

3.4.2.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang besar dan posisinya dapat berubah-ubah. Beban hidup yang dapat bergerak dengan tenaganya sendiri disebut beban bergerak, seperti kendaraan dan manusia. Sedangkan beban yang dapat dipindahkan antara lain furniture dan material-material yang ada dalam bangunan. Beban guna dan beban air hujan juga merupakan beban hidup pada suatu struktur bangunan. Tiap-tiap bangunan mempunyai beban hidup yang beragam tergantung dari fungsi tiap-tiap gedung tersebut. Untuk mengetahui beban hidup pada lantai gedung dapat dilihat pada Lampiran.

3.4.2.3 Beban Angin

Beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya tekan dan hisap angin terhadap gedung adalah kecepatan angin, kepadatan udara, permukaan bidang, dan bentuk dari gedung.

Beban angin minimum pada bangunan yang terletak jauh dari tepi pantai dapat dihitung berdasarkan kecepatan angin 20 m/detik pada ketinggian 10 m di atas permukaan tanah.

3.4.2.4 Beban Gempa

Beban gempa merupakan semua beban yang bekerja pada struktur bangunan yang diakibatkan oleh pergerakan tanah akibat gempa bumi, baik gempa tektonik maupun gempa vulkanik yang tentunya akan mempengaruhi struktur bangunan. Dalam penelitian ini digunakan analisa gempa menggunakan metode *respons spectrum*.

3.4.3 Pemodelan Kegagalan Struktur

Skenario pemodelan kegagalan struktur dilakukan dengan cara menurunkan mutu bahan pada kolom gedung, menaikkan beban hidupnya, serta merubah zona gempa pada zona dengan potensi paling tinggi mengalami gempa bumi. Tentunya pemodelan ini dilakukan sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan Lain (SNI 1727-2013). Setelah mengubah mutu beton dan beban hidup pada lantai gedung yang ada, kemudian struktur gedung akan dicek kembali beban aksial, momen, gaya geser, dan lendutannya untuk mengetahui gedung mengalami kegagalan struktur atau tidak.

3.4.4 Retrofitting

Retrofitting merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi kegagalan struktur yang terjadi pada suatu konstruksi bangunan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui teknis pelaksanaan yang tepat dan efisien dalam melakukan perbaikan, restorasi, dan perkuatan struktur sebuah bangunan. Metode *retrofitting* yang akan digunakan yaitu dengan perkuatan atau perbaikan beton dengan cara meyelimuti beton yang telah ada dengan sejenis pelat baja tipis yang di dalamnya terdapat serat-serat carbon dan fiber atau yang biasa disebut *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*. Setelah dilakukan *retrofitting* pada kolom gedung, maka akan dicek kembali kekuatan struktur bangunan apakah bangunan mampu menahan beban yang telah dimodelkan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari Analisis Pemodelan Kegagalan Struktur dan *Retrofitting* pada Bagian Kolom Gedung 8 lantai ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. *Retrofitting* yang diterapkan pada pemodelan kegagalan struktur ini yaitu dengan melapisi kolom yang telah mengalami kerusakan dengan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) dengan tebal 0,5 mm dan memperbesar dimensi pada bagian kolom gedung.
2. Penggunaan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) sebagai metode *retrofitting* dapat meningkatkan kapasitas gaya aksial dan momen pada bagian kolom gedung sebesar 10 – 300 % dari kapasitas sebelumnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi dari Analisis Pemodelan Kegagalan Struktur dan *Retrofitting* pada Bagian Kolom Gedung 8 lantai ini terdapat beberapa saran yang perlu dipertimbangkan, diantaranya:

1. Melakukan perhitungan *retrofitting* menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) dengan ketebalan yang berbeda.
2. Menerapkan *retrofitting* pada bagian struktur bangunan yang lainnya, misalkan pada bagian balok dan pelat.
3. Menggunakan bahan komposit lain, misalkan GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) sebagai metode perbaikan dan perkuatan struktur bangunan (*retrofitting*).
4. Perlu kajian lebih lanjut terhadap terhadap tipe kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan sehingga dapat diketahui metode *retrofitting* apa yang cocok diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Karmila, Soehardjono dan Tavio. 2012. Penggunaan Carbon Fiber Reinforced sebagai Perkuatan Kolom Beton Bertulang Akibat Beban Siklik untuk Meningkatkan Daktilitas Perpindahan Struktur. Surabaya: Jurnal Teknologi dan Kejuruan. Vol. 35, No. 2.
- Badan Standar Nasional. 2015. SNI 1729 – 2015, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standar Nasional 2013. SNI 2847 – 2013, *Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standar Indonesia. 2012. SNI 1726 – 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*.
- Badan Standar Indonesia. 2013. SNI 1727 – 2013, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan Lain*.
- Boen, T. 2009. *Cara Memperbaiki Bangunan Sederhana yang Rusak Akibat Gempa Bumi*. Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang* . Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- <http://www.ilmusipil.com/ketentuan-perencanaan-bangunan-yang-baik> . Diakses 15 Maret 2017.
- Iswari. dan Triwiyono, A. 2004. *Perkuatan Lentur Balok Tampang Persegi dengan Penambahan Tulangan Menggunakan Perekat Epoxy*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Sianipar, Marolop. 2009. Analisa Kolom Beton Bertulang yang Diperkuat dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP).

Sungai Antirigo

UPT Bahasa

FKIP

FISP

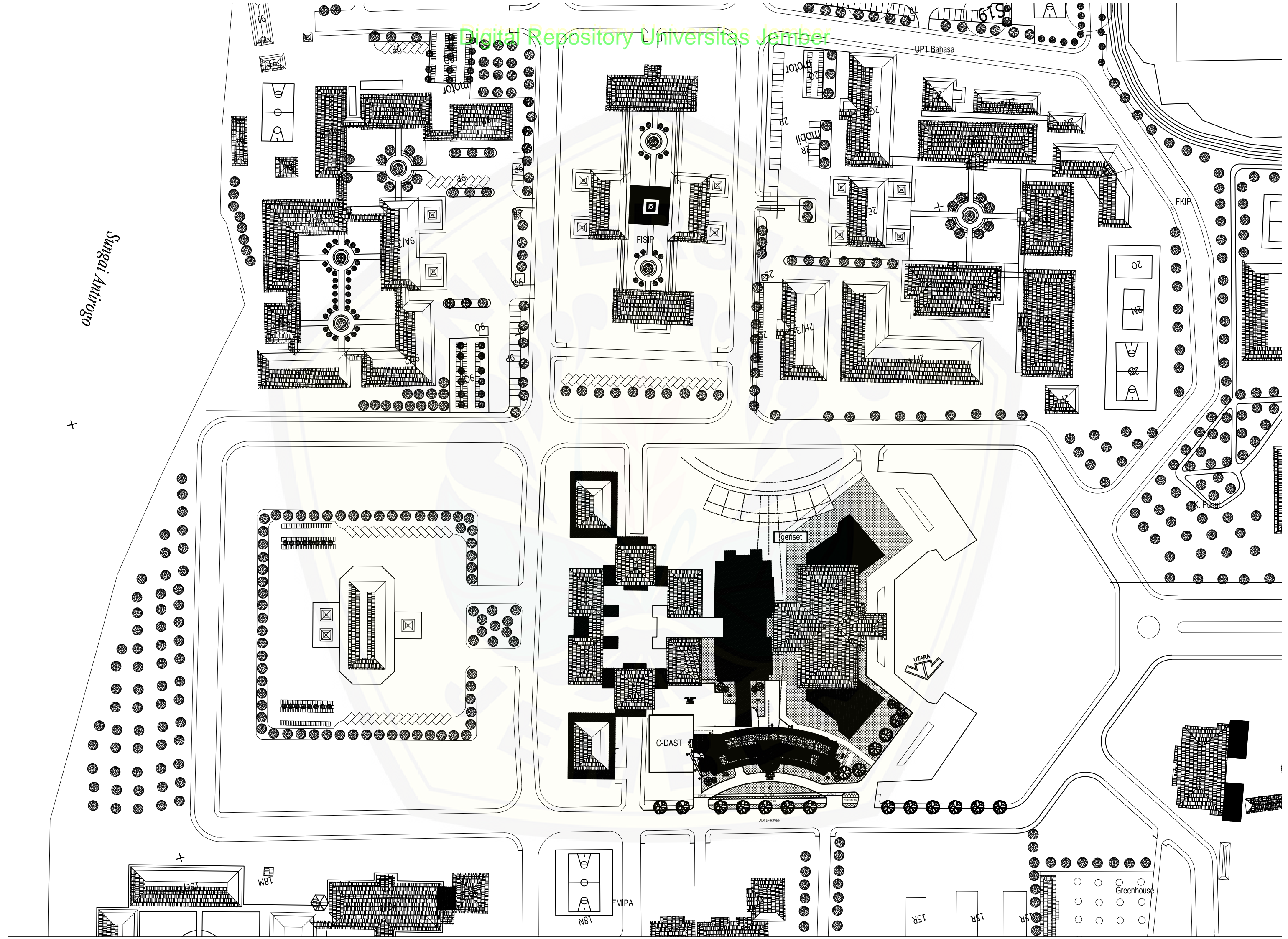
genset

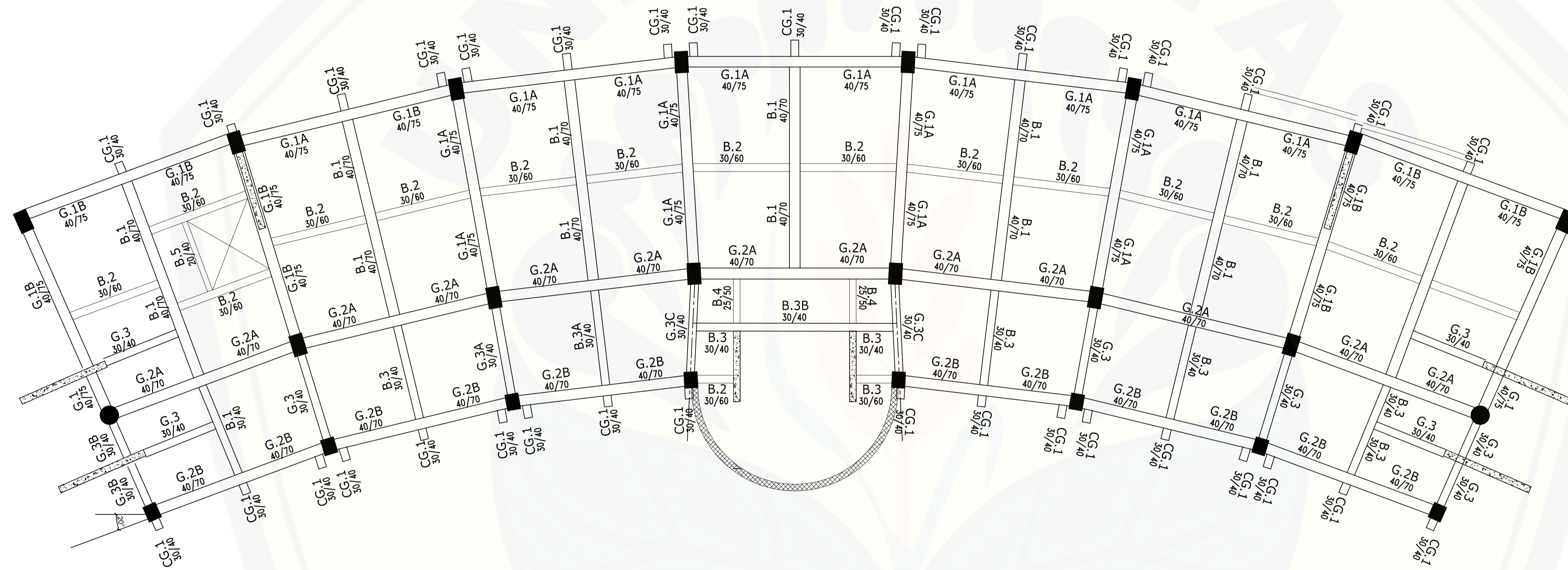
C-DAST

UTARA

FMIPA

Greenhouse

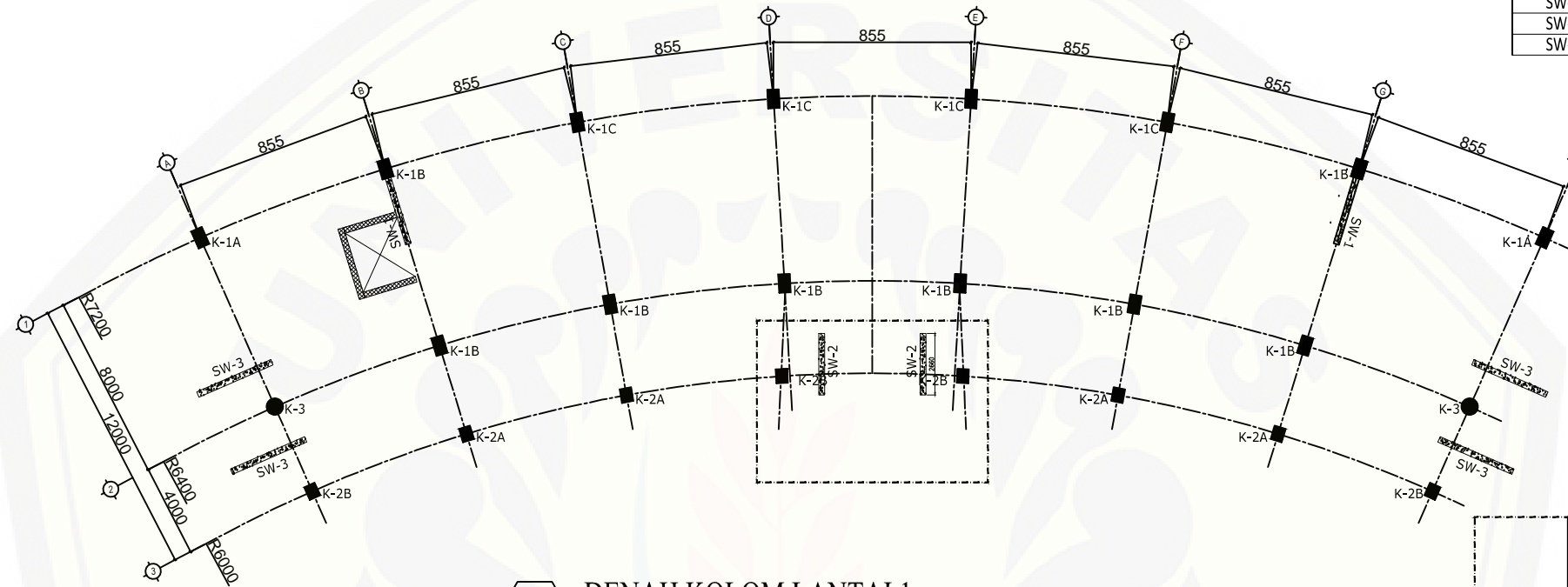




TYPE	DIMENSI
G.1	40 x 75
G.2	40 x 70
G.3	30 x 40
CG.1	30 x 40
B.1	40 x 70
B.2	30 x 60
B.3	30 x 40
B.4	25 x 40
B.5	20 x 40

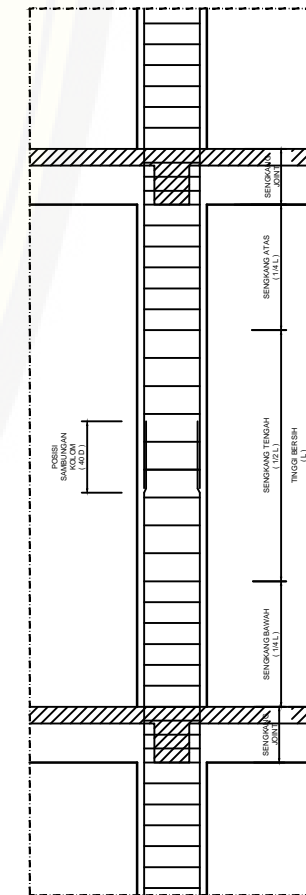
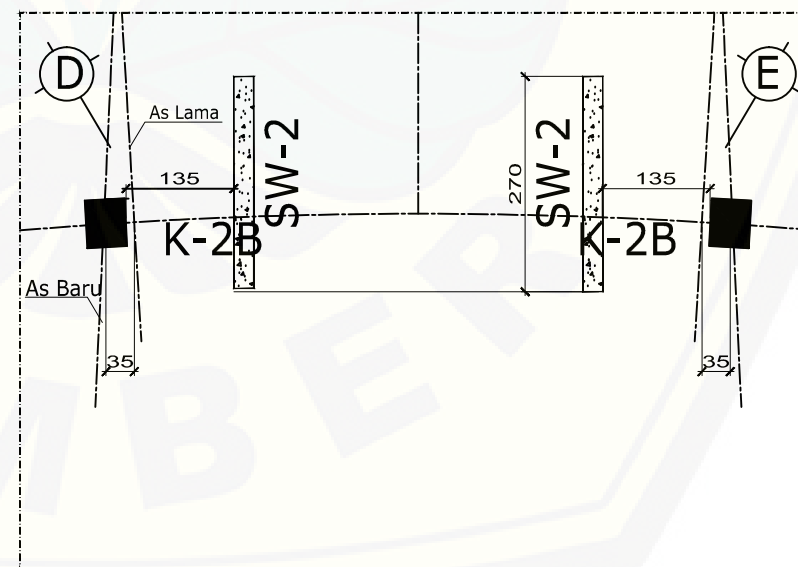
PEMBALOKAN
SKALA 1 : 100

TYPE	DIMENSI
K-1	50 x 80
K-2	50 x 60
K-3	Ø 60
K-4	25 x 25
SW-1	T = 25cm
SW-2	T = 25cm
SW-3	T = 25cm

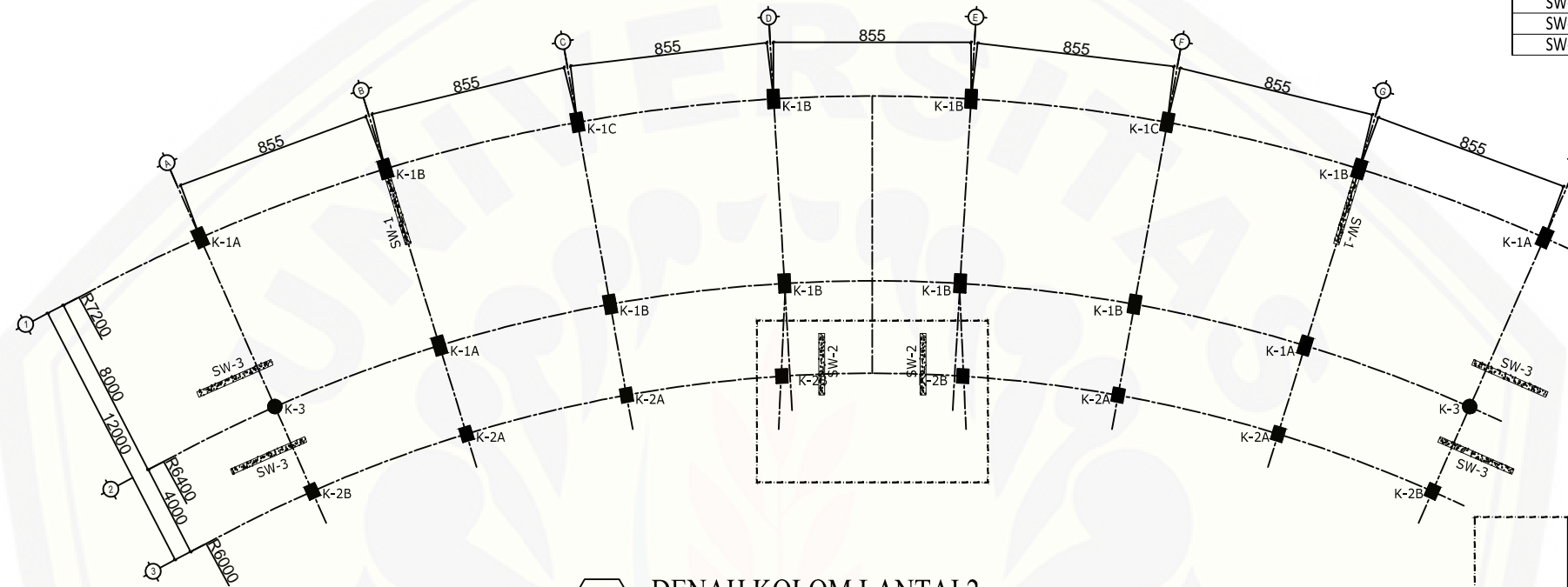


DENAH KOLOM LANTAI I
SKALA 1 : 100

TYPE KOLOM	K-1A	TYPE KOLOM	K-1B	TYPE KOLOM	K-1C																								
LANTAI 1																													
UKURAN	500 X 800	500 X 800	500 X 800																										
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-200	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60		
ATAS	D19-150																												
TENGAH	D19-200																												
BAWAH	D19-150																												
JOKT	D19-150																												
ATAS	D19-90																												
TENGAH	D19-120																												
BAWAH	D19-90																												
JOKT	D19-60																												
ATAS	D19-90																												
TENGAH	D19-120																												
BAWAH	D19-90																												
JOKT	D19-60																												
TYPE KOLOM	K-2A	TYPE KOLOM	K-2B	TYPE KOLOM	K-3																								
LANTAI 1																													
UKURAN	500 X 600	500 X 600	Ø 60																										
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-200	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-150	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60		
ATAS	D19-150																												
TENGAH	D19-200																												
BAWAH	D19-150																												
JOKT	D19-150																												
ATAS	D19-150																												
TENGAH	D19-150																												
BAWAH	D19-150																												
JOKT	D19-150																												
ATAS	D19-90																												
TENGAH	D19-120																												
BAWAH	D19-90																												
JOKT	D19-60																												

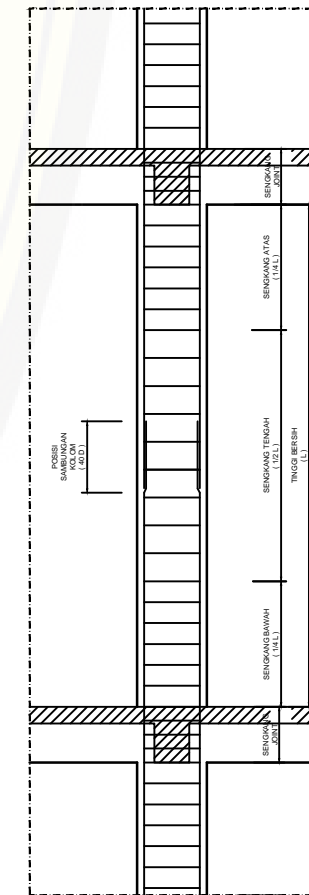
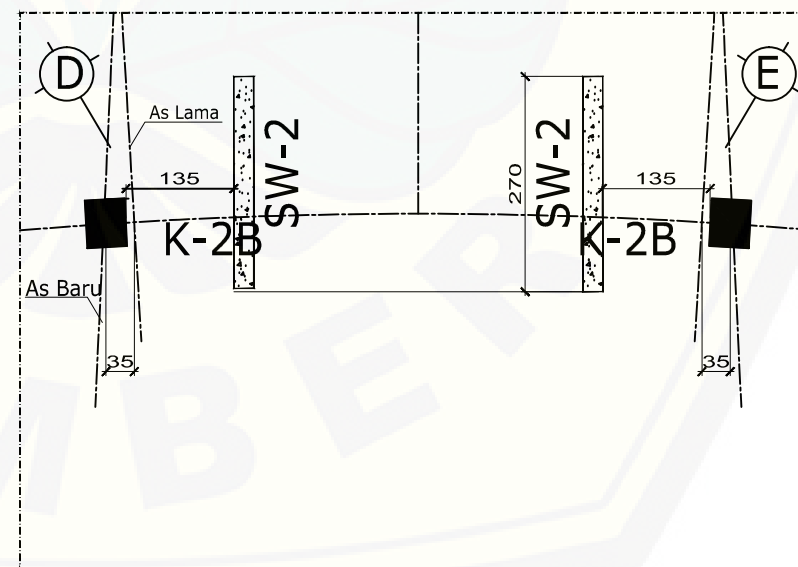


TYPE	DIMENSI
K-1	50 x 80
K-2	50 x 60
K-3	Ø 60
K-4	25 x 25
SW-1	T = 25cm
SW-2	T = 25cm
SW-3	T = 25cm

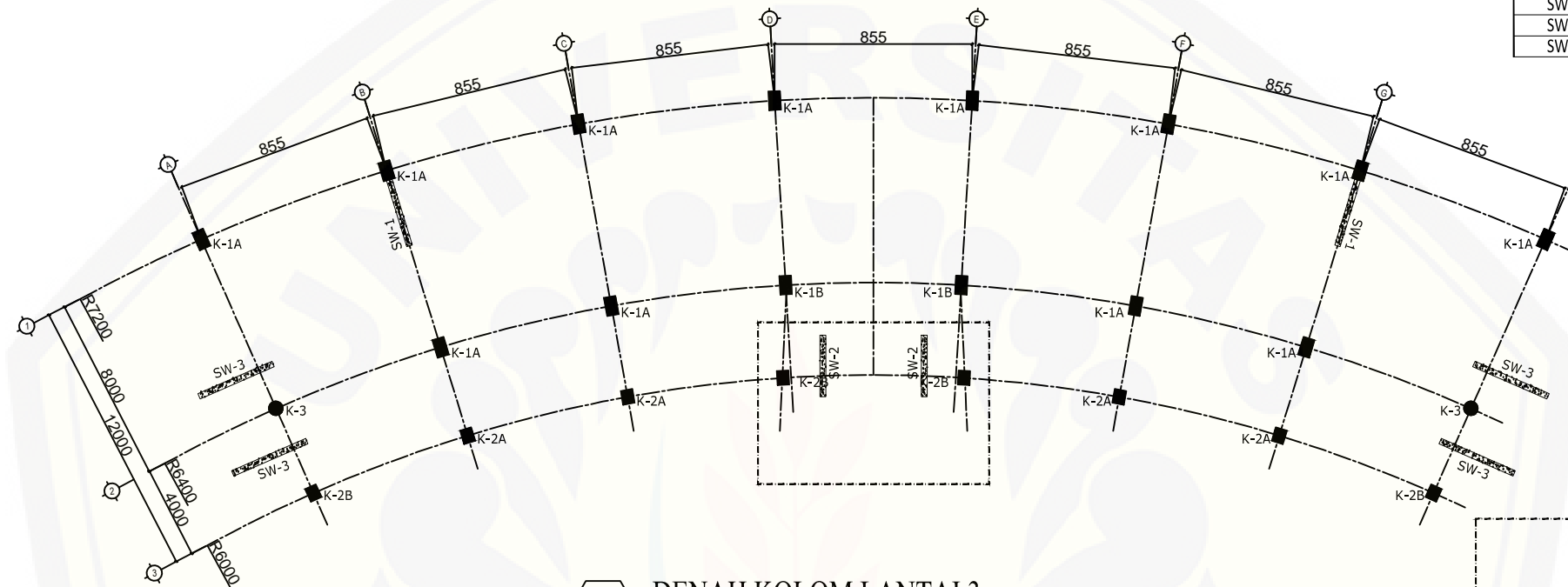


DENAH KOLOM LANTAI 2
SKALA 1 : 100

TYPE KOLOM	K-1A	TYPE KOLOM	K-1B	TYPE KOLOM	K-1C																								
LANTAI 2																													
UKURAN	500 X 800	500 X 800	500 X 800	500 X 800	500 X 800																								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-200	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60		
ATAS	D19-150																												
TENGAH	D19-200																												
BAWAH	D19-150																												
JOKT	D19-150																												
ATAS	D19-90																												
TENGAH	D19-120																												
BAWAH	D19-90																												
JOKT	D19-60																												
ATAS	D19-90																												
TENGAH	D19-120																												
BAWAH	D19-90																												
JOKT	D19-60																												
TYPE KOLOM	K-2A	TYPE KOLOM	K-2B	TYPE KOLOM	K-3																								
LANTAI 2																													
UKURAN	500 X 600	500 X 600	500 X 600	Ø 60	Ø 60																								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-200	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-150	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60		
ATAS	D19-150																												
TENGAH	D19-200																												
BAWAH	D19-150																												
JOKT	D19-150																												
ATAS	D19-150																												
TENGAH	D19-150																												
BAWAH	D19-150																												
JOKT	D19-150																												
ATAS	D19-90																												
TENGAH	D19-120																												
BAWAH	D19-90																												
JOKT	D19-60																												



TYPE	DIMENSI
K-1	50 x 80
K-2	50 x 60
K-3	Ø 60
K-4	25 x 25
SW-1	T = 25cm
SW-2	T = 25cm
SW-3	T = 25cm



DENAH KOLOM LANTAI 3
SKALA 1 : 100

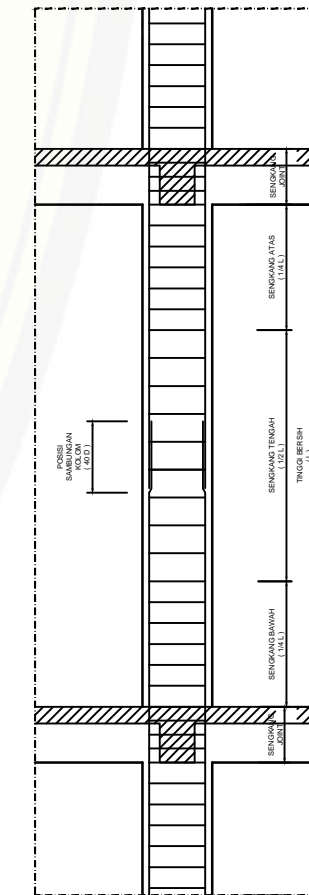
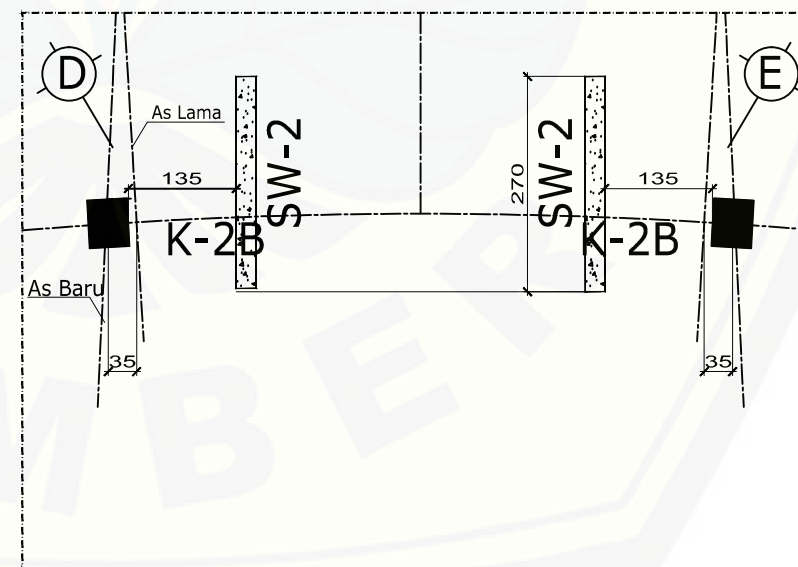
TYPE KOLOM	K-1A								
LANTAI 3									
UKURAN	500 X 800								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-200	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150
ATAS	D19-150								
TENGAH	D19-200								
BAWAH	D19-150								
JOKT	D19-150								

TYPE KOLOM	K-1B								
LANTAI 3									
UKURAN	500 X 800								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60
ATAS	D19-90								
TENGAH	D19-120								
BAWAH	D19-90								
JOKT	D19-60								

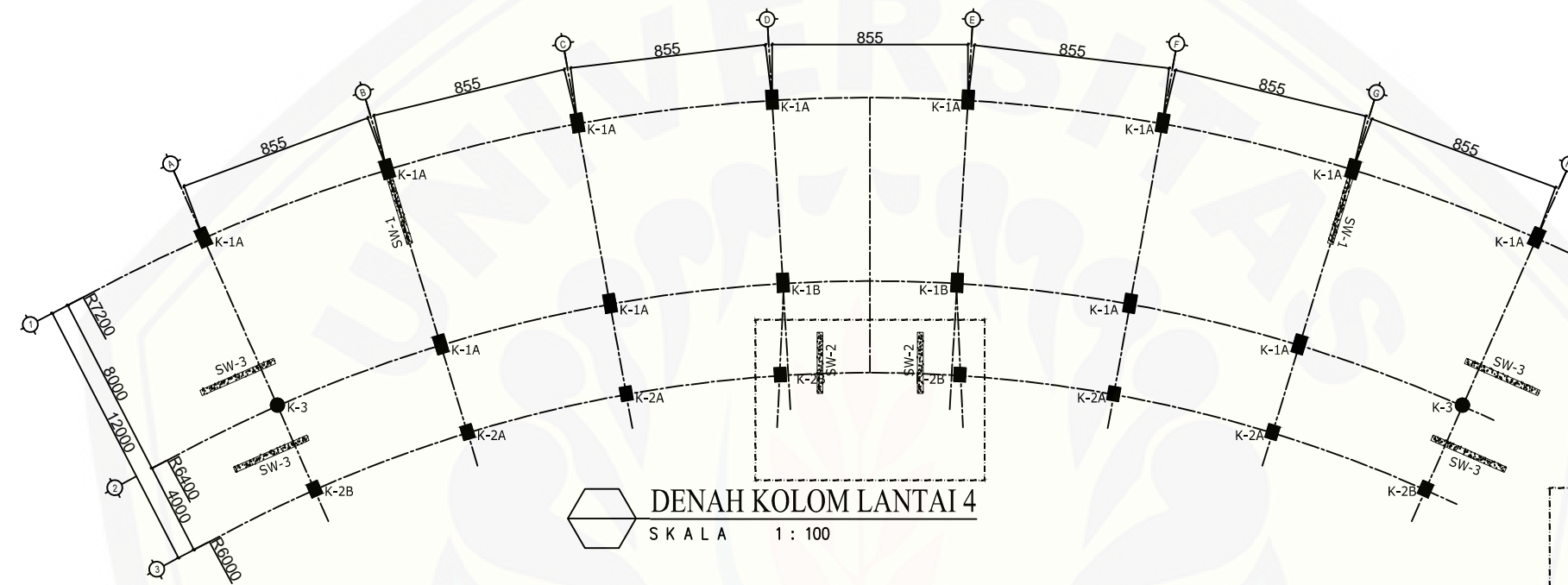
TYPE KOLOM	K-2A								
LANTAI 3									
UKURAN	500 X 600								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-200	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150
ATAS	D19-150								
TENGAH	D19-200								
BAWAH	D19-150								
JOKT	D19-150								

TYPE KOLOM	K-2B								
LANTAI 3									
UKURAN	500 X 600								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-150	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150
ATAS	D19-150								
TENGAH	D19-150								
BAWAH	D19-150								
JOKT	D19-150								

TYPE KOLOM	K-3								
LANTAI 3									
UKURAN	Ø 60								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60
ATAS	D19-90								
TENGAH	D19-120								
BAWAH	D19-90								
JOKT	D19-60								



TYPE	DIMENSI
K-1	50 x 80
K-2	50 x 60
K-3	Ø 60
K-4	25 x 25
SW-1	T = 25cm
SW-2	T = 25cm
SW-3	T = 25cm



DENAH KOLOM LANTAI 4
SKALA 1 : 100

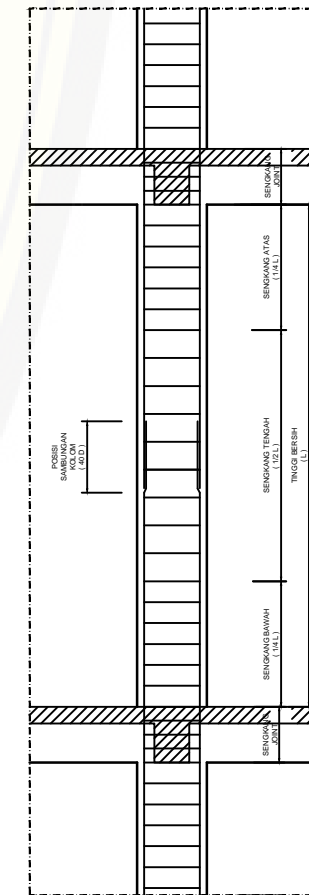
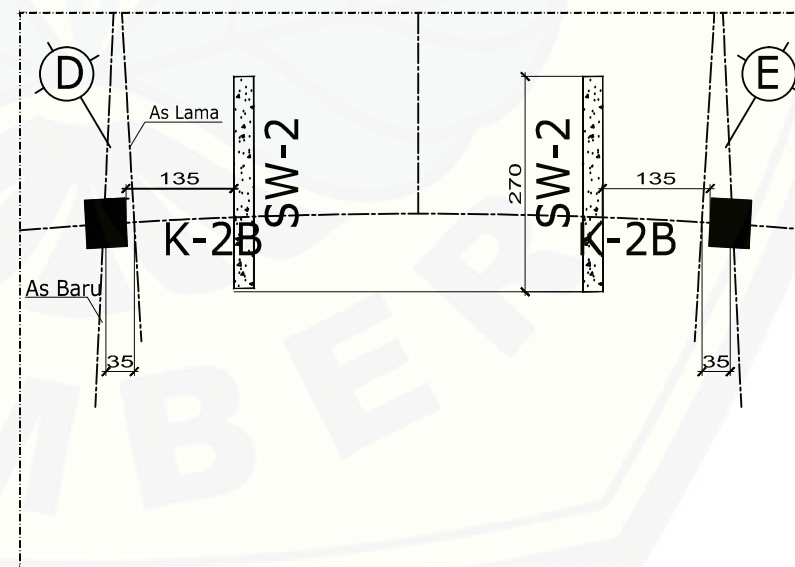
TYPE KOLOM	K-1A								
LANTAI 4									
UKURAN	500 X 800								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-200	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150
ATAS	D19-150								
TENGAH	D19-200								
BAWAH	D19-150								
JOKT	D19-150								

TYPE KOLOM	K-1B								
LANTAI 4									
UKURAN	500 X 800								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60
ATAS	D19-90								
TENGAH	D19-120								
BAWAH	D19-90								
JOKT	D19-60								

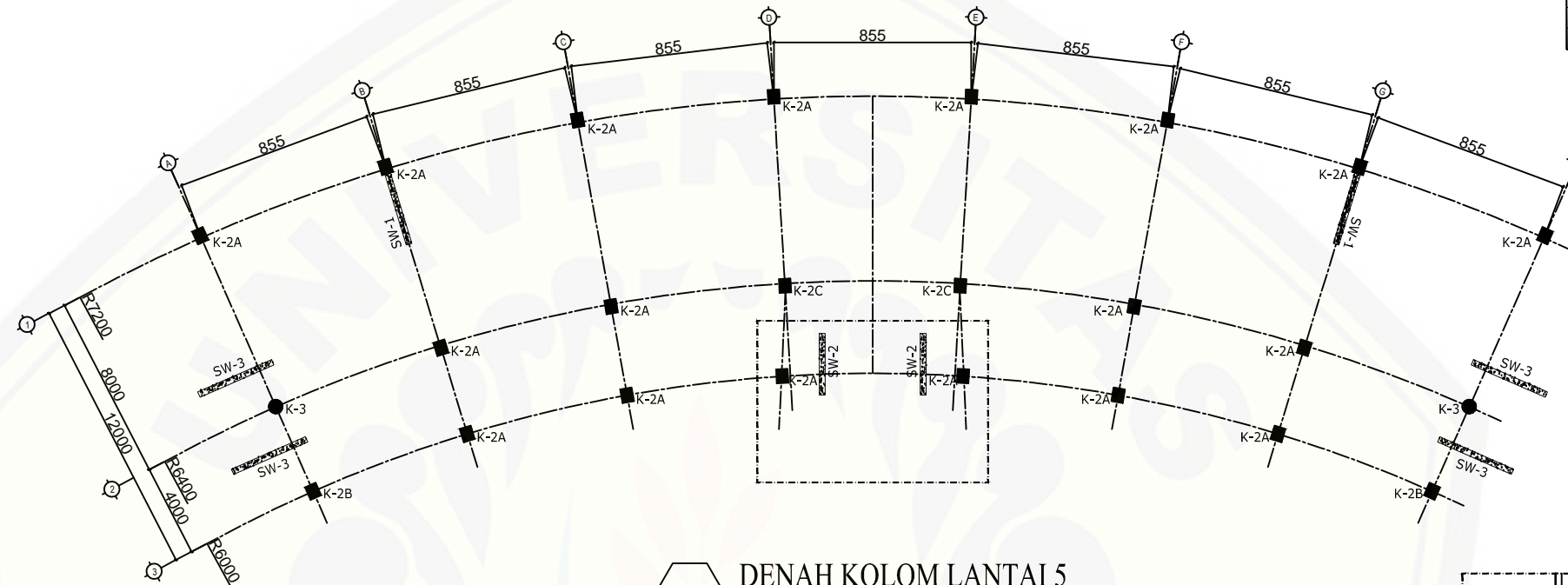
TYPE KOLOM	K-2A								
LANTAI 4									
UKURAN	500 X 600								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-200	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150
ATAS	D19-150								
TENGAH	D19-200								
BAWAH	D19-150								
JOKT	D19-150								

TYPE KOLOM	K-2B								
LANTAI 4									
UKURAN	500 X 600								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-150</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-150</td></tr> </table>	ATAS	D19-150	TENGAH	D19-150	BAWAH	D19-150	JOKT	D19-150
ATAS	D19-150								
TENGAH	D19-150								
BAWAH	D19-150								
JOKT	D19-150								

TYPE KOLOM	K-3								
LANTAI 4									
UKURAN	Ø 60								
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D19-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D19-90</td></tr> <tr><td>JOKT</td><td>D19-60</td></tr> </table>	ATAS	D19-90	TENGAH	D19-120	BAWAH	D19-90	JOKT	D19-60
ATAS	D19-90								
TENGAH	D19-120								
BAWAH	D19-90								
JOKT	D19-60								

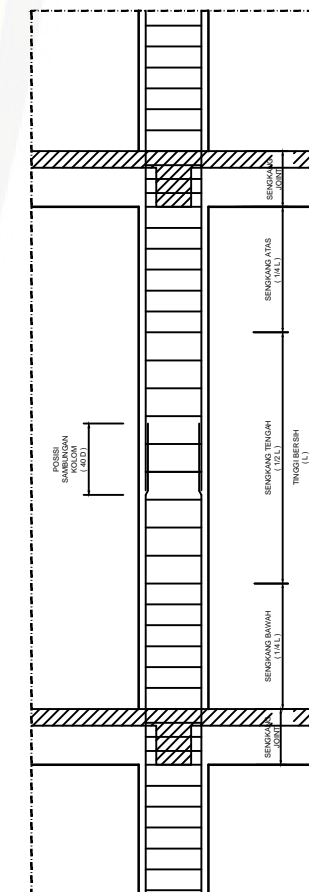
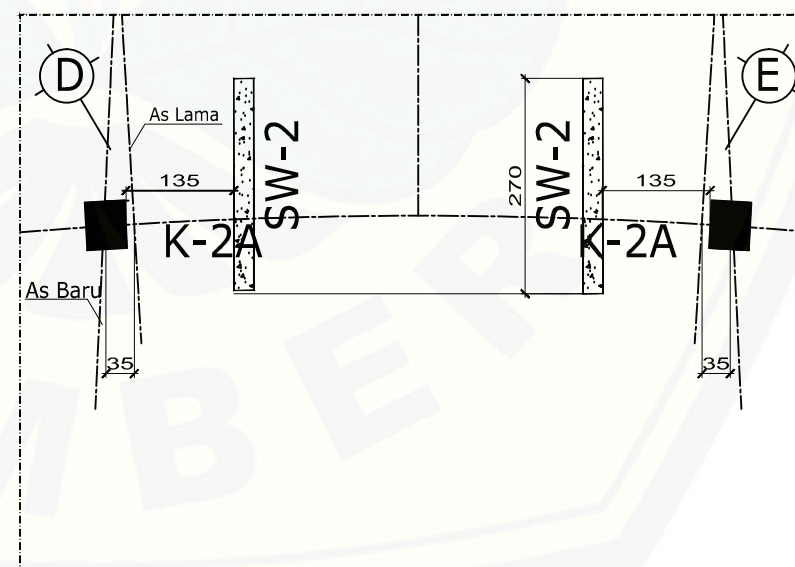


TYPE	DIMENSI
K-1	50 x 60
K-2	Ø 60
K-3	25 x 25
SW-1	T = 25cm
SW-2	T = 25cm
SW-3	T = 25cm



DENAH KOLOM LANTAI 5
SKALA 1 : 100

TYPE KOLOM	K-2A	TYPE KOLOM	K-2B																
LANTAI	5 - 8	LANTAI	5 - 8																
UKURAN	500 X 600	UKURAN	500 X 600																
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D18-98</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D18-200</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D18-58</td></tr> <tr><td>JOINT</td><td>D18-98</td></tr> </table>	ATAS	D18-98	TENGAH	D18-200	BAWAH	D18-58	JOINT	D18-98	SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D18-98</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D18-150</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D18-98</td></tr> <tr><td>JOINT</td><td>D18-98</td></tr> </table>	ATAS	D18-98	TENGAH	D18-150	BAWAH	D18-98	JOINT	D18-98
ATAS	D18-98																		
TENGAH	D18-200																		
BAWAH	D18-58																		
JOINT	D18-98																		
ATAS	D18-98																		
TENGAH	D18-150																		
BAWAH	D18-98																		
JOINT	D18-98																		
TYPE KOLOM	K-2C	TYPE KOLOM	K-3																
LANTAI	5 - 8	LANTAI	5 - 8																
UKURAN	500 X 600	UKURAN	Ø 60																
SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D18-98</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D18-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D18-98</td></tr> <tr><td>JOINT</td><td>D18-80</td></tr> </table>	ATAS	D18-98	TENGAH	D18-120	BAWAH	D18-98	JOINT	D18-80	SENGKANG	<table border="1"> <tr><td>ATAS</td><td>D18-98</td></tr> <tr><td>TENGAH</td><td>D18-120</td></tr> <tr><td>BAWAH</td><td>D18-98</td></tr> <tr><td>JOINT</td><td>D18-60</td></tr> </table>	ATAS	D18-98	TENGAH	D18-120	BAWAH	D18-98	JOINT	D18-60
ATAS	D18-98																		
TENGAH	D18-120																		
BAWAH	D18-98																		
JOINT	D18-80																		
ATAS	D18-98																		
TENGAH	D18-120																		
BAWAH	D18-98																		
JOINT	D18-60																		



Lampiran E. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek		
	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
Lantai pertama	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Lantai lain		
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	

Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in x 2 in [50mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in x 1 in [25mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat pasal 4.5
Garasi/Parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92) ^{a,b,c}	
Truk dan bus		
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan		Lihat pasal 4.5
Helipad	60 (2,87) ^{d,e} tidak boleh direduksi	e,f,g
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a,h}	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3000 (13,40)

Gedung perkantoran :

Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan perkiraan hunian

Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsas dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^{a,k}	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat di lantai)	60 (2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		

Atap datar, berbubung dan lengkung	20 (0,96) ⁿ	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani ^a	i
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup		200 (0,89)
	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	2000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap di atas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)

Bak-bak/scuttles, rusuk atau atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) ^{a,p}	8000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 ^r
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 ^r
Gudang di atas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
Ringan	125 (6,00) ^a	
Berat	250 (11, 97) ^a	
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Lantai di atasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) ^a	1000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susuran jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

(Sumber : SNI 1727-2013)



Tyfo® SEH-51 Composite using Tyfo® S Epoxy

DESCRIPTION

The Tyfo® SEH-51 Composite is an ICC ER-5282 listed material comprised of Tyfo® S Epoxy and Tyfo® SEH-51 reinforcing fabric. Tyfo® SEH-51 is a custom weave, uni-directional glass and aramid hybrid fabric used in the Tyfo® Fibrwrap System. The glass material is orientated in the 0° direction with aramid fibers at 90°. The Tyfo® S Epoxy is a two-component epoxy matrix material for bonding applications.

USE

Tyfo® SEH-51 Fabric is combined with Tyfo® epoxy material to add strength and ductility to bridges, buildings, and other structures.

ADVANTAGES

- ICC ER-5282 listed material
- Component of UL listed, fire-rated assembly
- NSF/ANSI Standard 61 listed product for drinking water systems
- Good high & low temperature properties
- Long working time
- High elongation
- Ambient cure
- 100% solvent-free
- Rolls can be cut to desired widths prior to shipping

COVERAGE

Approximately 675 sq. ft. surface area with 3 to 4 units of Tyfo® S Epoxy and 1 roll of Tyfo® SEH-51 Fabric when used with the Tyfo® Saturator.

PACKAGING

Order Tyfo® S Epoxy in 55-gallon (208L) drums or pre-measured units in 5-gallon (19L) containers. Order Tyfo® SEH-51 Fabric in 54" x 150 lineal foot (1.4m x 45.7m) rolls. Typically ships in 12" x 13" x 64" (305mm x 330mm x 1626mm) boxes.

EPOXY MIX RATIO

100.0 component A to 42.0 component B by volume. (100 component A to 34.5 component B by weight.)

SHELF LIFE

Epoxy - two years in original, unopened and properly stored containers.
Fabric - ten years in proper storage conditions.

CERTIFICATE OF COMPLIANCE

- Will be supplied upon request, complete with state and federal packaging laws with copy of labels used.
- Material safety data sheets will be supplied upon request.
- Possesses 0% V.O.C. level.

STORAGE CONDITIONS

Store at 40° to 90° F (4° to 32° C). Avoid freezing. Store rolls at, not on ends, at temperatures below 100° F (38° C). Avoid moisture and water contamination.

TYPICAL DRY FIBER PROPERTIES

Tensile Strength	470,000 psi (3.24 GPa)
Tensile Modulus	10.5 x 10 ⁶ psi (72.4 GPa)
Ultimate Elongation	4.5%
Density	0.092 lbs./in. ³ (2.55 g/cm ³)
Weight per sq. yd.	27 oz. (915 g/m ²)
Fiber Thickness	0.014 in. (0.36mm)

COMPOSITE GROSS LAMINATE PROPERTIES

PROPERTY	ASTM METHOD	TYPICAL TEST VALUE	DESIGN VALUE*
Ultimate tensile strength in primary fiber direction, psi	D-3039	83,400 psi (575 MPa) (4.17 kip/in. width)	66,720 psi (460 MPa) (3.3 kip/in. width)
Elongation at break	D-3039	2.2%	1.76%
Tensile Modulus, psi	D-3039	3.79 x 10 ⁶ psi (26.1 GPa)	3.03 x 10 ⁶ psi (20.9 GPa)
Ultimate tensile strength 90 degrees to primary fiber, psi	D-3039	6,250 psi (43 MPa)	5,000 psi (34.4 MPa)
Laminate Thickness		0.05 in. (1.3 mm)	0.05 in. (1.3mm)

* Design and specification values will vary based on individual project requirements and applicable safety factors. Contact Fyfe Co. LLC engineers to determine appropriate specification values.

EPOXY MATERIAL PROPERTIES

Curing Schedule 72 hours post cure at 140° F (60° C).		
PROPERTY	ASTM METHOD	TYPICAL TEST VALUE*
Tg 140° F (60° C) Post Cure (24 hours)	ASTM D-4065	180° F (82° C)
Tensile Strength ¹ , psi	ASTM D-638 Type 1	10,500 psi (72.4 MPa)
Tensile Modulus, psi	ASTM D-638 Type 1	461,000 psi (3.18 GPa)
Elongation Percent	ASTM D-638 Type 1	5.0%
Flexural Strength, psi	ASTM D-790	17,900 psi (123.4 MPa)
Flexural Modulus, psi	ASTM D-790	452,000 psi (3.12 GPa)

¹ Testing temperature: 70° F (21° C) Crosshead speed: 0.5 in. (13mm)/min. Grips Instron 2716-0055 - 30 kips
* Specification values can be provided upon request.

HOW TO USE THE TYFO® S COMPOSITE SYSTEM

DESIGN

The Tyfo® System shall be designed to meet specific design criteria. The criteria for each project is dictated by the engineer of record and any relevant building codes and/or guidelines. The design should be based on the allowable strain for each type of application and the design modulus of the material. The Fyfe Co. LLC engineering staff will provide preliminary design at no obligation.

INSTALLATION

Tyfo® System to be installed by Fyfe Co. LLC trained and certified applicators. Installation shall be in strict compliance with the Fyfe Co. LLC Quality Control Manual.

SURFACE PREPARATION

The required surface preparation is largely dependent on the type of element being strengthened. In general, the surface must be clean, dry and free of protrusions or cavities, which may cause voids behind the Tyfo® composite. Column surfaces that will receive continuous wraps typically require only a broom cleaning. Discontinuous wrapping surfaces (walls, beams, slabs, etc.) typically require a light sandblast, grinding or other approved methods to prepare for bonding. Tyfo® Fibrwrap® Anchors are incorporated in some designs. The Fyfe Co. LLC engineering staff will provide the proper specifications and details based on the project requirements.

MIXING

For pre-measured units in 5-gallon (19L) containers, pour the contents of component B into the pail of component A. For drums, premix each component: 100.0 parts of component A to 42.0 parts of component B by volume (100 parts of component A to 34.5 parts of component B by weight). Mix thoroughly for five minutes with a Tyfo® low speed mixer at 400-600 RPM until uniformly blended.

APPLICATION

Feed fabric through the Tyfo® Saturator and apply using the Tyfo® wrapping equipment or approved hand methods. See data sheet on this equipment. Hand saturation is allowable, provided the epoxy is applied uniformly and meets the specifications.

LIMITATIONS

Minimum application temperature of the epoxy is 40° F (4° C). **DO NOT THIN**, solvents will prevent proper cure.

CAUTION!

COMPONENT A - Irritant:

Prolonged contact to the skin may cause irritation. Avoid eye contact.

COMPONENT B - Irritant:

Contact with skin may cause severe burns. Avoid eye contact. Product is a strong sensitizer. Use of safety goggles and chemical resistant gloves recommended. Remove contaminated clothing. Avoid breathing vapors. Use adequate ventilation. Use of an organic vapor respirator recommended.

SAFETY PRECAUTIONS

Use of an approved particle mask is recommended for possible airborne particles. Gloves are recommended when handling fabrics to avoid skin irritation. Safety glasses are recommended to prevent eye irritation.

FIRST AID

In case of skin contact, wash thoroughly with soap and water. For eye contact, flush immediately. For respiratory problems, remove to fresh air. Wash clothing before reuse.

CLEANUP

Collect with absorbent material, flush with water. Dispose of in accordance with local disposal regulations. Uncured material can be removed with approved solvent. Cured materials can only be removed mechanically.

TYFO® S COMPOSITE SAMPLES

Please note that field samples are to be cured for 48-hours at 140° F (60° C) before testing. Testing shall be in accordance with ASTM D-3039 and Fyfe Co. LLC sample preparation and testing procedures.

SHIPPING LABELS CONTAIN

- State specification number with modifications, if applicable
- Component designation
- Type, if applicable
- Manufacturer's name
- Date of manufacture
- Batch name
- State lot number, if applicable
- Directions for use
- Warnings or precautions by law

**KEEP CONTAINER TIGHTLY CLOSED.
NOT FOR INTERNAL CONSUMPTION.
CONSULT MATERIAL SAFETY DATA SHEET
(MSDS) FOR MORE INFORMATION.
KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN.
FOR INDUSTRIAL USE ONLY.**

Fyfe Co. LLC

“The Fibrwrap® Company”

Nancy Ridge Technology Center

6310 Nancy Ridge Drive, Suite 103, San Diego, CA 92121

Tel: 858.642.0694 Fax: 858.642.0947

E-mail: info@fyfeco.com Web: <http://www.fyfeco.com>

Statement of Responsibility: The technical information and application advice in this publication is based on the present state of our best scientific and practical knowledge. As the nature of the information herein is general, no assumption can be made as to the product's suitability for a particular use or application, and no warranty as to its accuracy, reliability or completeness, either expressed or implied, is given other than those required by State legislation. The owner, his representative or the contractor is responsible for checking the suitability of products for their intended use. Field service, where provided, does not constitute supervisory responsibility. Suggestions made by the Fyfe Co., either verbally or in writing, may be followed, modified or rejected by the owner, engineer or contractor since they, and not the Fyfe Co., are responsible for carrying out procedure appropriate to a specific application.