



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
APARTEMEN SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN DENGAN
BUBBLEDECK DAN DROP PANEL**

WISNU SHANDI KUNCORO AJI

NRP 03111440000116

Dosen Pembimbing

Prof.Dr.Ir. Triwulan, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**REDESIGN OF SETIABUDI APARTMENT MEDAN
BUILDING STRUCTURE WITH FLAT SLAB METHOD
COMBINED WITH BUBBLEDECK AND DROP PANEL**

WISNU SHANDI KUNCORO AJI

NRP 03111440000116

Academic Supervisor

Prof.Dr.Ir. Triwulan, DEA

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Civil Engineering, Enviromental and Geo Engineering

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya, 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK DAN
DROP PANEL**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
031 11 44 0000 116

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA(Pembimbing I)



JANUARI, 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK DAN DROP PANEL

Nama Mahasiswa : Wisnu Shandi Kuncoro Aji
NRP : 03111440000116
Departemen : Teknik Sipil FTSLK - ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA

ABSTRAK

Meningkatnya penggunaan CO₂ dalam kehidupan sehari-hari salah satunya disebabkan oleh penggunaan semen yang terus menerus pada produksi beton. Emisi gas yang dihasilkan dari pembuatan semen adalah gas CO₂. Dalam era globalisasi ini pun setiap pembangunan dituntut untuk efektif dan efisien dalam penggunaan waktu dan biaya.

Seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi serta seni dalam beberapa dekade terakhir, memunculkan ide akan suatu model bangunan yang selain memiliki kekuatan struktur yang kuat juga mampu memberikan ruang yang luas tanpa adanya struktur yang dapat menghalangi atau mengurangi estetika. Maka dari itu, para ahli konstruksi mengembangkan suatu sistem struktur yang dinamakan *flat slab*. Metode *flat slab* sendiri terbukti baik untuk menerima beban gravitasi, sedangkan untuk menerima beban lateral (gempa) belum terbukti ketepatan dan keakuratannya. Ada berbagai macam metode yang bisa digunakan sebagai perkuatan *flat slab* salah satunya adalah *drop panel*.

Untuk mengatasi permasalahan emisi gas CO₂ yang dihasilkan semen serta pembangunan yang efektif dan efisien, memunculkan ide pula akan suatu bahan yang disebut *BubbleDeck* dimana bahan tersebut merupakan sebuah bola berongga yang terbuat dari bahan polietilen yang memiliki kerapatan yang tinggi.

Ada berbagai macam jenis *BubbleDeck* yang dapat digunakan salah satunya adalah *Hollow Spherical Balls*.

Perhitungan dari metode tersebut sudah diatur dalam SNI 2847 2013, ACI 318 M14 serta DIN 1045. Namun dalam peraturan tersebut tidak dijelaskan secara mendetail tentang *BubbleDeck* pada sebuah struktur. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini, penulis mencoba memodifikasi desain struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan yang berlokasi di Tanjungsari – Medan, yang semula menggunakan metode konvensional menjadi metode *flat slab* yang dikombinasikan dengan *BubbleDeck* dan *drop panel*.

Pengumpulan data dilakukan untuk merencanakan ulang struktur gedung dan menentukan kriteria desain. Desain awal (preliminary design) serta pembebanan adalah input pemodelan struktur gedung untuk mendapatkan hasil analisa strukturnya. Gaya dalam yang didapat dari hasil analisa struktur digunakan untuk perhitungan perencanaan setiap elemen struktur gedung. Perhitungan perencanaan setiap elemen menghasilkan gambar teknik serta kesimpulan dan saran.

Penulis mengharapkan agar perencanaan ulang menggunakan metode *flat slab* yang dikombinasikan dengan *BubbleDeck* dan *Drop Panel* dapat diterapkan dalam perencanaan struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan. Perencanaan ulang menghasilkan output perhitungan yang akurat dan dapat dipertanggung-jawabkan, serta gambar design yang rinci dan jelas.

Kata Kunci: beton bertulang, *flat slab*, *drop panel*, *BubbleDeck*

REDESIGN OF SETIABUDI APARTMENT MEDAN BUILDING STRUCTURE WITH FLAT SLAB METHOD COMBINED WITH BUBBLEDECK AND DROP PANEL

Student's Name : Wisnu Shandi Kuncoro Aji
NRP : 03111440000116
Department : Teknik Sipil FTSLK - ITS
Academic Supervisor : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA

ABSTRACT

Constant usage of cement in concrete production is one of the many causes of CO₂ escalation percentage in the air. Cement manufacture generate CO₂ as its gas emission. In this advanced era, every development requires more effective and efficient time and cost.

Along with science, technology and art developments in the current decade, the idea to present a building that not only has a firm structure, but also are able to create spacious rooms without being disturbed by the presence of structural elements which lower the aesthetic value of the building itself. Thus, construction experts developed a structural system named flat slab system. Flat slab has been tested and proven its to be qualified in gravitational load test. On the other hand, its accuracy and precision in lateral load test have not been proven. There are numerous method to apply flat slab, one of them is combining with drop panel.

To solve the resulting CO₂ from cement, as well as to conduct an effective and efficient construction process. BubbleDeck is considered to be a solution to support the idea along the way. BubbleDeck is a hollow ball material, made from polyethylene that has high density. There are various kinds of BubbleDeck, one of them is Hollow Spherical Balls.

The calculation based on the method used has been arranged in SNI 2847 2013, ACI 318 M14 as well as DIN 1045.

But, the regulation itself doesn't discuss a lot about BubbleDeck application in a structural system. Therefore, in this final project, Author tries to modify the structural design of Setiabudi Apartment Medan, which originally is using the conventional method into the Flat Slab method that is combined with BubbleDeck and Drop Panel.

Data collection method is applied to redesign the building structure and to determine the design criteria. Preliminary design and loading act as the building structural modelling input to which one achieve the structural analysis result. Inner loads, which are obtained from the structural analysis, are used for the planning calculation of every elements that produce technical drawings, also conclusion and suggestion.

Author hopes that redesigned result of Setiabudi Apartment Medan using Flat Slan method that is combined with BubbleDeck and Drop Panel could be applied. The redesign generates an accurate and accountable output, also several clear and detailed design drawings.

Keyword: reinforced concrete, flat slab, drop panel, BubbleDeck

KATA PENGANTAR

Pertama-tama penyusun panjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena proposal tugas akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Proposal tugas akhir ini berisi tentang gagasan hasil kerja tentang pengenalan “Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Setiabudi Medan Menggunakan Metode *Flat Slab* Dikombinasikan dengan *Drop Panel* dan *BubbleDeck*”, gagasan, konsep, beserta pemaparan dari gagasan ini. Proposal tugas akhir ini disusun sedemikian rupa dengan harapan agar dapat menambah wawasan, menumbuhkan semangat inovatif dan kreatif, dan mengembangkan pola pikir bagi seluruh pembaca.

Dalam kesempatan ini, tak lupa diucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan proposal ini:

1. Kedua orang tua yang ikut serta membantu dalam proses perkuliahan selama ini
2. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini
3. Seluruh dosen pengajar dan staff Jurusan Teknik Sipil FTSLK-ITS atas ilmu yang telah diberikan
4. Teman-teman S57 selaku mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2014 yang selalu memberikan dukungan moral maupun tenaga

Akhir kata, penyusun menyadari masih ada banyak salah meski telah berusaha maksimal dalam proses pengerjaan proposal tugas akhir ini. Untuk itu, penyusun memohon maaf serta menerima saran dan kritik secara terbuka. Penyusun mempersilahkan siapapun untuk menggunakan proposal ini apabila membutuhkan referensi. Semoga dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 2 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xxii
DAFTAR TABEL	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.2.1. Masalah Utama	4
1.2.2. Detail Masalah.....	4
1.3. Tujuan	5
1.3.1. Tujuan Utama	5
1.3.2. Detail Tujuan	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Umum	7
2.2 <i>Flat Slab</i>	8
2.2.1. Umum	8
2.2.2. Keuntungan <i>Flat Slab</i>	10
2.2.3. Kerugian <i>Flat Slab</i>	10
2.2.4. Analisa Struktur <i>Flat Slab</i>	11

2.2.5. Jalur Kolom dan Jalur Tengah	11
2.2.6. Hubungan <i>Flat Slab</i> dan Kolom	13
2.3 <i>BubbleDeck</i>	15
2.3.1. Umum	15
2.3.2. Sejarah Pengujian	15
2.3.3. Prosedur Pengujian	18
2.3.4. Hasil Pengujian	18
2.3.5. Kesimpulan Pengujian	20
2.3.6. Permodelan Struktur Pelat <i>BubbleDeck</i>	20
2.4 Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	21
BAB III METODOLOGI	23
3.1 Umum	23
3.2 Bagan Alur Perencanaan	23
3.3 Pengumpulan Data	26
3.4 Studi Literatur	27
3.5 Pemilihan Kriteria Desain	28
3.6 <i>Preliminary Design</i>	28
3.6.1. Penentuan Dimensi Pelat	28
3.6.2. Penentuan Dimensi Kolom	29
3.6.3. Penentuan Dimensi <i>Drop Panel</i>	30
3.6.4. Penentuan Dimensi Balok Tepi	30
3.6.5. Penentuan Dimensi <i>Shearwall</i>	31
3.6.6. Penentuan Dimensi <i>BubbleDeck</i>	31
3.7 Perencanaan Struktur Sekunder	32
3.7.1. Perencanaan Tangga	32
3.7.2. Perencanaan Lift	32
3.8 Pembebanan	33
3.8.1. Kombinasi Pembebanan	36
3.9 Permodelan Struktur	37
3.10 Kontrol Permodelan Struktur	37

3.10.1. Kontrol Partisipasi Massa	37
3.10.2. Kontrol Periode Fundamental Struktur	37
3.10.3. Kontrol Skala Gaya Dinamis	39
3.10.4. Kontrol Drift (Defleksi Bangunan)	39
3.11 Analisa Struktur.....	40
3.11.1. Perhitungan Gaya Dalam.....	40
3.11.2. Hasil Analisa Struktur	40
3.12 Perencanaan Penulangan Struktur	41
3.12.1. Perencanaan Penulangan <i>Flat Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i>	41
3.12.1.1. Perencanaan Tulangan Lentur Pelat.....	41
3.12.1.2. Perencanaan Tulangan Geser Pelat	41
3.12.2. Perencanaan Penulangan Kolom	41
3.12.2.1. Hubungan Kolom – <i>Flat Slab</i>	42
3.12.3. Perencanaan Penulangan <i>Shearwall</i>	42
3.12.3.1. Kuat Aksial Rencana.....	42
3.12.3.2. Pemeriksaan Tebal Dinding	42
3.12.3.3. Kuat Geser Beton	42
3.12.3.4. Keperluan Penulangan Geser	43
3.12.3.5. Penulangan Geser Horizontal.....	43
3.12.3.6. Penulangan Geser Vertical.....	43
3.12.4. Perencanaan Penulangan Balok Tepi.....	43
3.12.4.1. Perencanaan Penulangan Lentur	43
3.12.4.2. Perencanaan Penulangan Geser.....	43
3.12.4.3. Kontrol Torsi.....	44
3.13 Perencanaan Basement	45
3.14 Perencanaan Pondasi.....	46
3.15 Daya Dukung Tiang Vertikal.....	46
3.15.2.1 Jumlah Tiang Pancang yang Diperlukan.....	47
3.16 Gambar Teknik	48
3.17 Jadwal Kegiatan.....	49

BAB IV PEMBAHASAN	51
4.1 Preliminary Design	51
4.1.1. Umum	51
4.1.2. Data Perencanaan	51
4.1.3. Perencanaan Dimensi Pelat	52
4.1.4. Perencanaan Dimensi <i>Drop Panel</i>	53
4.1.4.1. Lebar <i>Drop Panel</i>	54
4.1.4.2. Tebal <i>Drop Panel</i>	54
4.1.5. Perencanaan Dimensi <i>BubbleDeck</i>	54
4.1.6. Perencanaan Balok Tepi.....	56
4.1.7. Perencanaan Dimensi Kolom	57
4.1.8. Perencanaan Tebal Dinding Geser dan Dinding Basement	66
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder.....	67
4.2.1. Perencanaan Tangga.....	67
4.2.1.1. Data Perencanaan Tangga	67
4.2.1.2. Pembebanan Pada Tangga.....	72
4.2.1.3. Gaya Dalam Tangga.....	75
4.2.1.4. Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes	78
4.2.2 Perencanaan Balok Lift	84
4.2.2.1. Data Perencanaan	84
4.2.2.2. Perencanaan Dimensi Balok Lift	89
4.2.2.3. Pembebanan Lift	89
4.2.2.4. Perhitungan Gaya Dalam Balok Lift.....	91
4.2.2.5. Perhitungan Tulangan Balok Lift.....	91
4.2.3. Perencanaan Ramp	94
4.2.3.1. Data Perencanaan Ramp	94
4.2.3.2. Pembebanan	96
4.2.3.3. Perhitungan Gaya Dalam	97
4.2.3.4. Perhitungan Tulangan Pelat Ramp.....	99

4.3	Permodelan Struktur.....	103
4.3.1.	Umum.....	103
4.3.2.	Permodelan Struktur.....	103
4.3.3.	Permodelan Pada Pelat.....	104
4.3.4.	Pembebanan Gravitasi.....	106
4.3.5.	Pembebanan Gempa Dinamis.....	109
4.3.5.1.	Faktor Keutamaan Gempa.....	109
4.3.5.2.	Kelas Situs.....	110
4.3.5.3.	Parameter Respon Spectral.....	110
4.3.5.4.	Parameter Percepatan Spectral Desain.....	111
4.3.5.5.	Kategori Desain Seismik.....	111
4.3.5.6.	Respon Spektrum Desain.....	111
4.3.6.	Kontrol Permodelan Struktur.....	114
4.3.6.1.	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental....	114
4.3.6.2.	Kontrol Gaya Geser Dasar.....	118
4.3.6.3.	Kontrol Beban Gravitasi.....	120
4.3.6.4.	Kontrol Dual System.....	121
4.3.6.5.	Kontrol Partisipasi Massa.....	122
4.3.6.6.	Kontrol Drift.....	126
4.4	Perencanaan Struktur Primer.....	131
4.4.1.	Perencanaan Balok Tepi.....	131
4.4.1.1.	Data Perencanaan.....	132
4.4.1.2.	Perhitungan Tulangan Torsi.....	134
4.4.1.3.	Perhitungan Tulangan Lentur.....	142
4.4.1.4.	Kontrol Balok L.....	148
4.4.1.5.	Panjang Penyaluran Tulangan.....	151
4.4.1.6.	Penulangan Geser Balok.....	154
4.4.1.7.	Kontrol Lendutan.....	159
4.4.1.8.	Kontrol Retak.....	160
4.4.2.	Perencanaan Pelat/Flat Slab.....	163
4.4.2.1.	Perencanaan Tulangan Lentur Pelat.....	166

4.4.2.2. Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser	179
4.4.2.3. Pelimpahan Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Pelat dan Kolom.....	181
4.4.3. Perencanaan Struktur Kolom.....	185
4.4.3.1. Kontrol Dimensi Kolom.....	186
4.4.3.2. Penulangan Longitudinal Kolom.....	187
4.4.3.3. Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal pada Kolom.....	188
4.4.3.4. Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap Beban Aksial Terfaktor	189
4.4.3.5. Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser rencana	189
4.4.3.6. Perhitungan Tulangan Geser	192
4.4.3.7. Kontrol Kebutuhan Torsi	193
4.4.4. Perencanaan Struktur Dinding Geser.....	196
4.4.4.1. Data Perencanaan Dinding Geser.....	197
4.4.4.2. Kontrol Ketebalan minimum Dinding Geser	200
4.4.4.3. Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser	201
4.4.4.4. Penulangan Geser Shearwall.....	201
4.4.4.5. Kontrol Rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal.....	202
4.4.4.6. Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal.....	203
4.4.4.7. Kontrol Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal.....	203
4.4.4.8. Pengecekan Tulangan dengan SpColumn	205
4.4.4.9. Cek Elemen Pembatas Khusus.....	206
4.4.5. Perencanaan Dinding Basement	208

4.4.5.1. Penulangan Dinding Basement	209
4.4.5.2. Kontrol Ketebalan minimum Dinding Basement.....	215
4.4.5.3. Perencanaan Pelat Basement.....	216
4.4.5.3.1 Perencanaan Tulangan Lentur Pelat Basement	218
4.5 Perencanaan Pondasi	231
4.5.1. Umum	231
4.5.2. Beban Struktur.....	232
4.5.3. Kriteria Design	234
4.5.3.1. Spesifikasi Tiang Pancang	234
4.5.3.2. Data Tanah	235
4.5.3.3. Daya Dukung	235
4.5.3.3.1. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	235
4.5.3.3.2. Kontrol Beban Maksimum 1 tiang pancang	241
4.5.3.3.3. Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok ...	244
4.5.3.4. Perencanaan Poer (Pile Cap).....	252
4.5.3.4.1. Kontrol Geser Pons pada Pile Cap	253
4.5.3.4.2. Penulangan Pile Cap.....	259
4.5.3.4.3. Penulangan Tusuk Konde.....	263
 BAB V PENUTUP.....	 267
5.1 Kesimpulan.....	267
5.2 Saran.....	270
 DAFTAR PUSTAKA.....	 271
LAMPIRAN	

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Bangunan yang Menggunakan Metode Flat Slab.....	9
Gambar 2.2 <i>Short Direction of Panel</i>	12
Gambar 2.3 <i>Long Direction of Panel</i>	13
Gambar 2.4 Daerah sekitar hubungan pelat-kolom	14
Gambar 2.5 Tulangan Pelat Konvensional	16
Gambar 2.6 Tulangan Pelat BubbleDeck Continous	16
Gambar 2.7 Tulangan Pelat BubbleDeck Tipe 1	17
Gambar 2.8 Tulangan Pelat BubbleDeck Tipe 2	17
Gambar 2.9 <i>Layering</i> pada Pelat.....	20
Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan.....	25
Gambar 3.2 Perhitungan Simpangan Tiap Lantai.....	39
Gambar 4.1 Denah Penampang Drop Panel	53
Gambar 4.2 Potongan Melintang Pelat dengan BubbleDeck.....	55
Gambar 4.3 Potongan Penampang BubbleDeck.....	55
Gambar 4.4 Area Pembebanan Kolom 1 – Kolom 4	58
Gambar 4.5 Area Pembebanan Kolom 5 – Kolom 6	59
Gambar 4.6 Denah Dinding Basement dan Shearwall.....	66
Gambar 4.7 Denah Tangga	68
Gambar 4.8 Desain Perencanaan Tangga	70
Gambar 4.9 Desain Perencanaan Tangga (Lanjutan).....	71
Gambar 4.10 Detail Perencanaan Tangga.....	72
Gambar 4.11 Beban Hidup dan Mati pada Tangga.....	73
Gambar 4.12 Bidang N,D,M pada Tangga	77
Gambar 4.13 Desain Tulangan Pelat Tangga	81
Gambar 4.14 Desain Tulangan Pelat Bordes	81
Gambar 4.15 Penulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes	81

Gambar 4.16 Denah Ruang Lift.....	86
Gambar 4.17 Potongan Ruang Lift	87
Gambar 4.18 Denah Lift	88
Gambar 4.19 Denah Pembalokan Ruang Mesin Lift	89
Gambar 4.20 Beban yang Bekerja pada Balok Lift	91
Gambar 4.21 Penulangan Balok Penumpu Lift	93
Gambar 4.22 Detail Penulangan Balok Penumpu Lift.....	93
Gambar 4.23 Desain Perencanaan Ramp	95
Gambar 4.24 Detail Perencanaan Ramp	96
Gambar 4.25 Beban Hidup dan Mati pada Ramp	96
Gambar 4.26 Bidang N,D,M pada Ramp.....	98
Gambar 4.27 Desain Tulangan Pelat Ramp	101
Gambar 4.28 Penulangan Pelat Ramp.....	102
Gambar 4.29 Permodelan Gedung Apartemen Setiabudi	104
Gambar 4.30 Modifikasi Koefisien Kekakuan Pada Pelat.....	105
Gambar 4.31 Momen pada Kolom dan Balok yang terjadi akibat beban mati	106
Gambar 4.32 Momen pada Pelat yang terjadi akibat beban mati	107
Gambar 4.33 Momen pada Kolom dan Balok yang terjadi akibat beban hidup	107
Gambar 4.34 Momen pada Pelat yang terjadi akibat beban hidup.....	108
Gambar 4.35 Momen yang terjadi pada Pelat akibat Beban Struktur Sekunder.....	109
Gambar 4.36 Grafik Respon Spektrum Desain.....	112
Gambar 4.37 Momen pada Kolom dan Balok Akibat Beban Gempa Arah X (Ex).....	113
Gambar 4.38 Momen pada Pelat akibat beban gempa Arah Y (Ey).....	113

Gambar 4.39 Momen pada Pelat akibat beban gempa Arah X (Ex).....	114
Gambar 4.40 Denah Balok Tepi	131
Gambar 4.41 Tinggi Balok Efektif	133
Gambar 4.42 Momen pada Balok BT1	134
Gambar 4.43 Gaya geser dan Torsi pada Balok BT1	134
Gambar 4.44 Penampang Balok L.....	136
Gambar 4.45 Variasi Φ dengan regangan tarik neto dalam baja tarik terluar, ϵ_t , dan c/d_t untuk tulangan Mutu 420.....	142
Gambar 4.46 Diagram Tegangan dan Regangan Beton Bertulang dengan Tulangan Tunggal	143
Gambar 4.47 Sketsa Penulangan Balok Tumpuan.....	143
Gambar 4.48 Asumsi Balok L	149
Gambar 4.49 Letak Penulangan Balok	152
Gambar 4.50 Acuan panjang penyaluran tulangan	153
Gambar 4.51 Detail Penulangan Balok BT1.....	161
Gambar 4.52 Detail Penulangan Balok BT2.....	162
Gambar 4.53 Hasil Output Momen Lantai Arah X.....	163
Gambar 4.54 Momen Lantai Arah X.....	164
Gambar 4.55 Hasil Output Momen Lantai Arah Y.....	165
Gambar 4.56 Momen Lantai Arah Y	165
Gambar 4.57 Penempatan Tulangan pada Slab	167
Gambar 4.58 Potongan Penampang Pelat di daerah tumpuan .	168
Gambar 4.59 Potongan Penampang Pelat di daerah lapangan.	168
Gambar 4.60 Distribusi Asumsi Tegangan.....	182
Gambar 4.61 Denah Perencanaan Kolom.....	185
Gambar 4.62 Penampang Kolom.....	186
Gambar 4.63 Output spColumn K3 Arah X	187
Gambar 4.64 Output spColumn K3 Arah Y	188
Gambar 4.65 Output spColumn (setelah Mpr) K3 Arah X.....	190
Gambar 4.66 Output spColumn (setelah Mpr) K3 Arah Y.....	191

Gambar 4.67	Detail Penulangan Kolom	195
Gambar 4.68	Denah Dinding Geser yang Ditinjau	196
Gambar 4.69	Penampang Dinding Geser Shearwall Tipe 2	197
Gambar 4.70	Potongan Bangunan	198
Gambar 4.71	Diagram Geser Shearwall Arah X.....	198
Gambar 4.72	Diagram Geser Shearwall Arah Y.....	199
Gambar 4.73	Diagram Geser Momen Shearwall Arah X	199
Gambar 4.74	Diagram Geser Momen Shearwall Arah Y	200
Gambar 4.75	Output spColumn Arah X	205
Gambar 4.76	Output spColumn Arah Y	206
Gambar 4.77	Nilai Simpangan Terbesar pada Dinding Geser .	207
Gambar 4.78	Nilai C Pada Shearwall	207
Gambar 4.79	Rekapitulasi Penulangan Shearwall	208
Gambar 4.80	Diagram Tegangan pada Dinding dan Pelat <i>Basement</i>	209
Gambar 4.81	Diagram Momen dan Deformasi yang terjadi pada Dinding Basement	213
Gambar 4.82	Detail Penulangan Dinding Basement.....	215
Gambar 4.83	Hasil Output Momen Basement Arah X	216
Gambar 4.84	Momen Basement Arah X.....	216
Gambar 4.85	Hasil Output Momen Basement Arah Y	217
Gambar 4.86	Momen Basement Arah Y.....	218
Gambar 4.87	Penempatan Tulangan pada Slab.....	219
Gambar 4.88	Potongan Penampang Pelat Basement	220
Gambar 4.89	Denah Pondasi.....	231
Gambar 4.90	Pembagian segmen tiang pancang.....	236
Gambar 4.91	Grafik Daya Dukung Tanah vs Kedalaman	240
Gambar 4.92	Group Tiang Pondasi Kolom	241
Gambar 4.93	Group Tiang Pondasi Shearwall.....	242
Gambar 4.94	Diagram Gaya Lateral Tiang.....	247
Gambar 4.95	grafik <i>Immediate Settlement of Isolate Footing</i> .	248

Gambar 4.96 grafik <i>Influence Value fot Laterally Loaded Pile</i>	249
Gambar 4.97 grafik <i>Influence Value fot Laterally Loaded Pile</i>	250
Gambar 4.98 Poer Pondasi Kolom 1	252
Gambar 4.99 Area Kritis Geser pons dua arah pondasi kolom	255
Gambar 4.100 Area Kritis Geser pons dua arah pondasi shearwall.....	255
Gambar 4.101 Area Kritis Geser pons satu arah pondasi	257
Gambar 4.102 Area Geser Akibat tiang pancang Individu.....	258
Gambar 4.103 Jarak Tiang Pancang ke Kolom	260
Gambar 4.104 Penulangan Pondasi Kolom 1	264
Gambar 4.105 Penulangan Pondasi Kolom 2	265
Gambar 4.106 Penulangan Pondasi Shearwall 2	266

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Pengujian BubbleDeck	19
Tabel 2.2 Karakteristik Bahan pada Pelat BubbleDeck	21
Tabel 3.1 Tebal Minimum Plat Tanpa Balok Interior	29
Tabel 3.2 Tebal minimum balok non-prategang atau plat satu arah bila lendutan tidak dihitung	30
Tabel 3.3 <i>Design of BubbleDeck</i>	31
Tabel 3.4 Peraturan DIN 1045 dan DIN 1045-1 tentang BubbleDeck.....	32
Tabel 3.5 Beban Mati	33
Tabel 3.6 Koefisien Cu.....	38
Tabel 3.7 Koefisien Ct dan x	38
Tabel 3.8 Simpangan izin struktur	40
Tabel 3.9 Jadwal Kegiatan	49
Tabel 4.1 Tebal Minimum Plat Tanpa Balok Interior	52
Tabel 4.2 Persyaratan Dimensi <i>Drop Panel</i>	53
Tabel 4.3 Tabel Design of BubbleDeck	55
Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Jarak antar BubbleDeck	56
Tabel 4.5 Tebal minimum balok non-prategang atau plat satu arah bila lendutan tidak dihitung	56
Tabel 4.6 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Lantai 14 - Lantai 10) Gedung I	60
Tabel 4.7 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Lantai 9 - Lantai 4) Gedung I	61
Tabel 4.8 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Lantai 1 - Lantai 3) Gedung I	62

Tabel 4.9 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Basement 2 – Basement 1) Gedung I	63
Tabel 4.10 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Lantai 1 – Lantai3) Gedung II	64
Tabel 4.11 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Basement 2 – Basement 1) Gedung II	65
Tabel 4.12 Persyaratan Tebal minimum dinding yang didesain dengan metode desain empiris	67
Tabel 4.13 Data Perencanaan Tangga	70
Tabel 4.14 Pembebanan Pada Tangga	74
Tabel 4.15 Perhitungan Gaya Dalam Tangga	78
Tabel 4.16 Perhitungan tulangan lentur pada tangga dan bordes	82
Tabel 4.17 Perhitungan tulangan lentur pada tangga dan bordes (lanjutan)	82
Tabel 4.18 Perhitungan tulangan lentur pada tangga dan bordes (lanjutan)	83
Tabel 4.19 Perhitungan tulangan lentur pada tangga dan bordes (lanjutan).....	83
Tabel 4.20 Spesifikasi Lift (<i>Plan of Hoistway</i>)	85
Tabel 4.21 Spesifikasi Lift (<i>Section of Hoistway</i>)	85
Tabel 4.22 Peraturan Desain BubbleDeck	104
Tabel 4.23 Peraturan Desain Modifikasi Koefisien Kekakuan BubbleDeck	104
Tabel 4.24 Kategori Resiko Desain	109
Tabel 4.25 Koefisien Batas Atas Periode Gedung	113
Tabel 4.26 Tabel Periode Fundamental Struktur	117
Tabel 4.27 Berat Efektif Struktur	118
Tabel 4.28 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y	119
Tabel 4.29 Perbandingan Perhitungan Beban Gravitasi secara manual dengan ETABS	120

Tabel 4.30 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y	121
Tabel 4.31 Tabel Modal Partisipasi Massa	124
Tabel 4.32 Batas Simpangan Gedung	125
Tabel 4.33 Perhitungan Kontrol Drift pada Gedung Arah X....	126
Tabel 4.34 Perhitungan Kontrol Drift pada Gedung Arah X (Lanjutan).....	127
Tabel 4.35 Perhitungan Kontrol Drift pada Gedung Arah Y....	128
Tabel 4.36 Perhitungan Kontrol Drift pada Gedung Arah Y (Lanjutan).....	129
Tabel 4.37 Data Perencanaan Balok Tepi.....	132
Tabel 4.38 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi.....	136
Tabel 4.39 Kontrol Penampang terhadap Torsi	137
Tabel 4.40 Kontrol Tulangan Minimum Torsi	138
Tabel 4.41 Penulangan Tulangan Torsi	140
Tabel 4.42 Kontrol rasio tulangan balok BT1 dan BT2 di daerah tumpuan	143
Tabel 4.43 Kontrol rasio tulangan balok BT1 dan BT2 di daerah lapangan	143
Tabel 4.44 Penulangan Tulangan Lentur daerah tumpuan	144
Tabel 4.45 Penulangan Tulangan Lentur daerah lapangan	144
Tabel 4.46 Kontrol Tarik Tulangan dan Kontrol Momen Rencana daerah tumpuan	145
Tabel 4.47 Kontrol Tarik Tulangan dan Kontrol Momen Rencana daerah lapangan.....	145
Tabel 4.48 Lebar efektif balok L di daerah tumpuan dan lapangan	146
Tabel 4.49 Kontrol Tarik tulangan di daerah tumpuan.....	147
Tabel 4.50 Kontrol Tarik tulangan di daerah lapangan	147
Tabel 4.51 Kontrol Balok L Palsu dan Momen Rencana di daerah tumpuan.....	148

Tabel 4.52 Kontrol Balok L Palsu dan Momen Rencana di daerah lapangan	148
Tabel 4.53 Panjang penyaluran minimum tulangan	151
Tabel 4.54 Perhitungan Mpr Balok	153
Tabel 4.55 Perhitungan V_u balok	153
Tabel 4.56 Perhitungan Penulangan Sengkang di Sendi Plastik	155
Tabel 4.57 Perhitungan Penulangan Sengkang di Sendi Plastik (Lanjutan)	155
Tabel 4.58 Perhitungan Penulangan Sengkang diluar Sendi Plastik	156
Tabel 4.59 Kontrol Momen Retak (<i>Crack</i>) pada Balok	158
Tabel 4.60 Hasil Momen Pelat Lantai Arah X	161
Tabel 4.61 Hasil Momen Pelat Lantai Arah Y	163
Tabel 4.62 Momen Lajur Kolom Pelat	166
Tabel 4.63 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom	169
Tabel 4.64 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom (Lanjutan)	169
Tabel 4.65 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom (Lanjutan)	170
Tabel 4.66 Kontrol Tarik Penulangan Pelat.....	170
Tabel 4.67 Momen Lajur Tengah Pelat	170
Tabel 4.68 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah	175
Tabel 4.69 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah (Lanjutan)	175
Tabel 4.70 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah (Lanjutan)	176
Tabel 4.71 Kontrol Tarik Penulangan Pelat	176
Tabel 4.72 Gaya Geser pada Hubungan Pelat Kolom	177

Tabel 4.73	Data Perencanaan Kontrol Geser Pelat.....	178
Tabel 4.74	Kontrol Kebutuhan Tulangan Geser	179
Tabel 4.75	Gaya Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Slab-Kolom	180
Tabel 4.76	Data Perencanaan Perhitungan Kontrol Pelat.....	181
Tabel 4.77	Kontrol Kebutuhan Tulangan Geser pada Pelat	182
Tabel 4.78	Data Perencanaan Kolom	184
Tabel 4.79	Perhitungan Penulangan dan Kontrol Dimensi Kolom.....	187
Tabel 4.80	Kontrol Kapasitas Beban Aksial dan Gaya Geser ..	190
Tabel 4.81	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser	191
Tabel 4.82	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi.....	192
Tabel 4.83	Data Perencanaan Dinding Geser	195
Tabel 4.84	Output ETABS pada Shearwall Tipe 2.....	195
Tabel 4.85	Kontrol Dimensi Dinding Geser	199
Tabel 4.86	Momen yang terjadi pada dinding basement	209
Tabel 4.87	Hasil Momen Pelat Lantai Arah X	214
Tabel 4.88	Hasil Momen Pelat Lantai Arah Y	216
Tabel 4.89	Momen Lajur Kolom Pelat	219
Tabel 4.90	Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom	222
Tabel 4.91	Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom (Lanjutan)	222
Tabel 4.92	Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom (Lanjutan)	222
Tabel 4.93	Kontrol Tarik Penulangan Pelat.....	223
Tabel 4.94	Momen Lajur Tengah Pelat	223
Tabel 4.95	Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah.....	228
Tabel 4.96	Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah (Lanjutan)	228

Tabel 4.97 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah (Lanjutan)	228
Tabel 4.98 Kontrol Tarik Penulangan Pelat	229
Tabel 4.99 Beban Pada Saat Service	237
Tabel 4.100 Spesifikasi Tiang Pancang WIKA	238
Tabel 4.101 Perhitungan Daya Dukung Tanah.....	243
Tabel 4.102 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang (Tipe Kolom1).....	247
Tabel 4.103 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok....	250
Tabel 4.104 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang (Tipe Kolom1).....	255
Tabel 4.105 Data Perencanaan Pile Cap.....	256
Tabel 4.106 Data Perencanaan Pile Cap.....	257
Tabel 4.107 Data Perencanaan Pile Cap.....	257
Tabel 4.108 Kontrol Gaya Geser Pons 2 Arah Pile Cap.....	259
Tabel 4.109 Kontrol Gaya Geser Pons 1 Arah Pile Cap.....	260
Tabel 4.110 Perencanaan Penulangan Pile Cap Arah X.....	264
Tabel 4.111 Perencanaan Penulangan Pile Cap Arah Y.....	264
Tabel 4.112 Kontrol Tarik Tulangan	264
Tabel 5.1 Dimensi Struktur Sekunder.....	267
Tabel 5.2 Dimensi Struktur Primer Bangunan Atas	268
Tabel 5.3 Dimensi Struktur Primer Bangunan Bawah.....	269

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah pemakaian semen dalam pembuatan beton mengakibatkan jumlah emisi gas CO₂ ke atmosfer juga meningkat. Peningkatan emisi gas CO₂ ke atmosfer meningkatkan masalah efek rumah kaca dan menjadi penyebab peningkatan pemanasan global (Simatupang, 2016). Pemanasan global sebagai indikasi perubahan iklim diisukan sebagai akibat dari bertambahnya gas rumah kaca. Gas rumah kaca yang paling banyak menjadi perhatian adalah CO₂. Perubahan konsentrasi gas CO₂ di atmosfer yang merupakan bagian dari siklus karbon penting untuk diteliti. Indonesia sebagai negara yang telah meratifikasi protokol Kyoto, dipandang perlu untuk menginformasikan keadaan gas CO₂. Emisi maupun konsentrasi gas CO₂ di Indonesia cenderung naik, tetapi Indonesia masih mempunyai penyerap gas CO₂ yaitu hutan dan lautan. Emisi gas CO₂ di Indonesia mengalami peningkatan, tetapi tidak semua daerah di Indonesia mengalami perubahan iklim. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa Jakarta mengalami peningkatan intensitas curah hujan tetapi Kototabang justru sebaliknya mengalami penurunan. Selanjutnya dari sisi kesetimbangan emisi dan penyerapan gas CO₂ di Indonesia, Pulau Jawa merupakan wilayah yang mengemisikan gas CO₂ sedangkan Pulau Irian yang menyerap gas CO₂ (Samiaji, 2011).

Pada era globalisasi, di mana batas antarnegara makin terbuka, produk dan jasa dari satu tempat mudah mencapai tempat lain, maka hanya mereka yang bekerja dengan prinsip "*doing the right things (efficient)*" dan "*doing things right (effective)*" yang akan memenangkan

persaingan dan merebut pasaran (Soeharto, 1997). Di negara yang sedang berkembang, dalam rangka meningkatkan taraf hidup rakyatnya, tuntutan akan terselenggaranya kegiatan yang dilandasi prinsip-prinsip tersebut makin terasa, mengingat banyaknya kemajuan yang harus dikejar, sedangkan sumber daya yang tersedia baik berupa sumber daya manusia terampil maupun ahli amat terbatas (Soeharto,1997).

BubbleDeck merupakan bola berongga yang terbuat dari plastik daur ulang dan inovasi metode untuk menghilangkan bagian tengah pada beton konvensional yang tidak memberikan kontribusi untuk kinerja struktural. BubbleDeck slab adalah *two way spanning hollow deck* di mana bola plastik daur ulang yang melayani tujuannya yaitu menghilangkan non struktural beton, sehingga dapat mengurangi bobot mati struktural, kekosongan beton di tengah *flat slab* menghilangkan 25% dari berat beton. Terdapat 2 jenis *hollow ball* yaitu *hollow spherical balls* dan *hollow elliptical balls*. Bola bola tersebut dibuat menggunakan bahan *polietilen* dengan kepadatan tinggi. Bola-bola tersebut dibuat dengan bahan *nonporous* yang tidak bereaksi kimiawi dengan beton atau tulangan. Bola-bola tersebut memiliki kekuatan dan kekakuan yang cukup untuk mendukung keamanan beban yang diterima pada fase sebelum dan selama pembetonan. BubbleDeck yang didefinisikan oleh suatu ukuran tertentu, ditempatkan di grid modular yang tepat untuk ketebalan tertentu secara keseluruhan plat. BubbleDeck menghasilkan pekerjaan lantai 20% lebih cepat dengan penggunaan bekisting dan balok yang lebih minim, mengurangi biaya konstruksi sebesar 10% dan 35% penurunan penggunaan beton (Bhade, 2016).

Salah satu metode kerja yang menggunakan efisiensi waktu adalah *flat slab*. *Flat slab* mempunyai kelebihan-kelebihan di antaranya: (1) Meningkatkan kecepatan konstruksi, (2) Pembangunan sederhana dan ekonomis karena pekerjaan yang sederhana, (3) Langit-langit polos memberi kesan menarik karena tidak adanya balok, (4) Perawatan mudah dan secara segi arsitektural lebih bagus (Sawant, 2013). Ditinjau dari lokasinya, Indonesia adalah negara yang terletak diantara dua lempengan gempu tektonik yang rawan untuk terjadinya gempa. Oleh karena itu, pembangunan infrastruktur sekarang harus memenuhi syarat ketahanan terhadap gempa. Struktur yang tahan gempa dapat meminimalisir terjadinya kerusakan yang timbul akibat gempa. Mengingat tingginya resiko dan intensitas gempa di Indonesia, maka perencanaan harus sesuai dengan perhitungan letak bangunan ini dibangun.

Gedung Apartemen Setiabudi Medan merupakan gedung 14 lantai dengan 2 *basement* yang dibangun di kota Medan dan berada dalam zona daerah gempa menengah. Fungsi utama gedung ini adalah sebagai hunian. Dalam perencanaan ini, gedung akan dibangun dengan menggunakan metode *flat slab* dan berada pada zona gempa menengah yang memenuhi kategori desian seismik D.

Dalam merencanakan *flat slab*, perencanaan plat dengan *drop panel* adalah hal terpenting yang harus diperhatikan mengingat tidak adanya balok dalam struktur. Dengan adanya *drop panel* yang bertujuan sebagai penahan gaya geser spon yang tinggi di plat sekitar kolom. Metode *flat slab* sebenarnya kurang cocok bahkan tidak diperbolehkan untuk dibangun pada daerah gempa menengah-kuat. Untuk itu, gedung tersebut direncanakan

dengan memadukan metode *flat slab* dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), di mana minimal 25% dari seluruh beban lateral akan dipikul oleh SRPM dan sisanya dipikul oleh dinding geser sehingga metode *flat slab* dapat digunakan pada daerah gempa kuat.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Permasalahan Utama:

Bagaimana merencanakan struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan dengan menggunakan Sistem *Flat slab* dikombinasikan dengan *BubbleDeck* dan *drop panel*?

1.2.2 Detail Permasalahan:

- a. Bagaimana merencanakan *preliminary design*, struktur primer, dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan?
- b. Bagaimana perhitungan pembebanan pada perencanaan struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan?
- c. Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan?
- d. Bagaimana merancang *detailing* dimensi dan penulangan pada elemen gedung Apartemen Setiabudi Medan?
- e. Bagaimana merancang dimensi dari *BubbleDeck* yang digunakan pada *slab*?
- f. Bagaimana merancang pondasi dari struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah eksisting?
- g. Bagaimana merancang gambar teknik dari hasil modifikasi perancangan dan perhitungan struktur?

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari modifikasi perencanaan struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan dengan menggunakan Sistem *Flat slab* dikombinasikan dengan *BubbleDeck* dan *drop panel*, meliputi:

1.3.1 Tujuan Utama:

Perencanaan struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan dibangun dengan menggunakan sistem *flat slab* dikombinasikan dengan *BubbleDeck*.

1.3.2 Detail Tujuan:

- a. Merencanakan *preliminary design*, struktur primer, dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan
- b. Menghitung pembebanan pada perencanaan struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan
- c. Membuat analisa permodelan struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan
- d. Merancang *detailing* dimensi dan penulangan pada elemen gedung Apartemen Setiabudi Medan
- e. Merancang dimensi *BubbleDeck* pada *slab*
- f. Merancang pondasi dari struktur gedung Apartemen Setiabudi Medan yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah eksisting
- g. Merancang gambar teknik dari hasil modifikasi perancangan dan perhitungan struktur

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan modifikasi gedung Apartemen Setiabudi Medan dengan menggunakan sistem *flat slab* dikombinasikan dengan *BubbleDeck* ini adalah:

1. Perencanaan menggunakan teknologi *Flat slab* yang dikombinasikan dengan *BubbleDeck* pada bagian plat dan metode konvensional pada elemen lainnya

2. Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi *BubbleDeck*, segi analisis anggaran biaya dan manajemen konstruksi
3. Perencanaan tidak meninjau utilitas bangunan, *mechanical, electrical, dan finishing*.
4. Menggunakan program bantu ETABS 2016, AutoCad dan SpColumn

1.5 Manfaat

Manfaat dari perencanaan gedung Apartemen Setiabudi Medan dengan menggunakan sistem *flat slab* dikombinasikan dengan *BubbleDeck* ini adalah:

1. Mampu merancang struktur gedung menggunakan metode *Flat slab* yang dikombinasikan dengan *BubbleDeck* dan Drop Panel yang memenuhi persyaratan keamanan konstruksi bangunan gedung.
2. Menambah wawasan penulis mengetahui perbandingan antara pembangunan gedung metode konvensional dengan metode *Flat slab* yang dikombinasikan dengan *BubbleDeck* dan Drop Panel.
3. Mereduksi penggunaan semen dan beton dalam pembangunan gedung *high rise building* yang sesuai dengan persyaratan keamanan konstruksi bangunan gedung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Struktur adalah suatu kesatuan dari rangkaian beberapa elemen yang didesain agar mampu menahan berat sendiri maupun beban luar tanpa mengalami perubahan bentuk yang melewati batas persyaratan. Struktur yang didesain harus mampu menahan beban, baik beban vertikal (beban mati dan beban hidup) maupun beban horizontal/lateral (beban angin dan beban gempa) yang direncanakan berdasarkan peraturan pembebanan. Bangunan gedung bertingkat terutama yang memiliki jumlah lantai banyak memerlukan perencanaan yang mampu menerima beban gempa yang terjadi. Tujuan perancangan bangunan tahan gempa adalah merancang suatu bangunan yang mempunyai daya tahan terhadap gempa yang terjadi, yaitu dimana jika pada bangunan terkena beban gempa tidak akan mengalami kehancuran yang dapat merusak atau merobohkan bangunan tersebut (Ririn, 2017).

Perencanaan struktur bangunan umumnya terdiri dari dua bagian utama, yaitu perencanaan struktur bawah (*substructure*) dan perencanaan struktur atas (*upper structure*). Struktur bawah atau *substructure* merupakan bagian struktur yang mempunyai fungsi meneruskan beban ke dalam tanah pendukung. Perancangan struktur bagian bawah harus benar-benar terjamin keamanannya, sehingga keseimbangan struktur secara keseluruhan dapat terjamin dengan baik (Ririn, 2017).

Untuk merencanakan gedung bertingkat, salah satu perhitungan strukturnya menggunakan sistem *flat slab* dengan dinding geser. Struktur *flat slab* merupakan plat beton bertulang yang mentransfer beban langsung ke kolom tanpa menggunakan elemen balok sepanjang garis

kolom pada bagian dalam bangunan, namun terdapat balok tepi pada luar atau balok eksterior. Pada struktur *flat slab* yang tidak terdapat balok namun terdapat penebalan plat disekitar kepala kolom yang disebut *drop panel* (Zulkarnaen, 2013).

Keuntungan sendiri dari pemakaian struktur *flat slab* yaitu memungkinkan struktur yang lebih tinggi, serta fleksibilitas dalam tata letak, dan mempermudah pemasangan instalasi listrik. Namun sistem *flat slab* hanya dapat diaplikasikan atau digunakan pada wilayah gempa rendah hingga menengah. Dalam penyelesaian tugas akhir ini bangunan akan direncanakan pada wilayah gempa menengah dan dalam pelaksanaannya akan digabungkan dengan dinding geser (*shear wall*) dengan tujuan untuk menambah kekuatan struktur bangunan gedung untuk menerima beban lateral (Zulkaarnaen, 2013).

2.2 Flat slab

2.2.1. Umum

Flat slab terdiri dari sebuah plat beton bertulang yang langsung ditopang oleh kolom beton tanpa menggunakan balok menengah. C.A.P. Turner membangun *flat slab* di Amerika Serikat pada tahun 1906 dengan menggunakan ide-ide yang intuitif dan konseptual, yang menjadi awal mula jenis konstruksi ini. Banyak *slab* yang diuji beban antara tahun 1910 - 20 di Amerika Serikat. Hanya pada tahun 1914 bahwa Nicholas mengusulkan metode analisis *flat slab* berdasarkan statika sederhana. Metode ini digunakan bahkan sampai hari ini untuk desain *flat slab* dan *flat plates* dan dikenal sebagai metode *direct design method*. Insinyur struktural umumnya menggunakan metode *equivalent frame method with equivalent beams* seperti yang dicanangkan oleh Jacob S. Grossman, praktisi teknik untuk analisis struktur flat plates. Sistem lantai yang terdiri dari *flat slab* sangat

populer di negara di mana pengecoran di tempat konstruksi adalah dominan bentuk konstruksi karena banyak keuntungan dalam hal fleksibilitas arsitektur, penggunaan ruang, bekisting lebih mudah dan lebih pendek waktu konstruksinya. *Flat slab* sering digunakan terutama di gedung perkantoran karena mengurangi biaya bekisting, instalasi mudah, dapat memberikan penataan ruang yang lebih baik dari segi arsitektural, mengoptimalkan penggunaan ruang, dan menerapkan konsep baru dalam bidang teknik struktural sebagai beton bertulang *flat slab* (Patil, 2014).



Gambar 2.1.

Contoh bangunan yang menggunakan metode flat slab

2.2.2 Keuntungan *Flat Slab*

Penggunaan sistem *flat slab* mempunyai beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan sistem plat konvensional (Soedarsono, 2002), antara lain:

- a. Fleksibilitas terhadap tata ruang
- b. Waktu pengerjaan yang relatif lebih pendek, karena hal ini dapat dilihat dari proses pembuatan dimana pengecoran plat dapat langsung dilakukan tanpa perlu mengecor balok lebih dulu
- c. Kemudahan dalam pemasangan instalasi *mechanical* dan *electrical*
- d. Menghemat tinggi bangunan. Tinggi ruang bebas lebih besar dikarenakan tidak adanya pengurangan akibat balok dan komponen pendukung struktur lainnya
- e. Pemakaian tulangan plat bisa dengan tulangan fabrikasi

2.2.3 Kekurangan *Flat Slab*

Dari beberapa keuntungan di atas, *flat slab* memiliki berbagai kekurangan yang akan fatal akibatnya terhadap suatu struktur atau bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan apabila diabaikan, antara lain:

- a. Fenomena *punching shear* yang terjadi akibat transfer gaya geser dan momen tak seimbang antara plat dan kolom bila menerima beban siklik lateral (Tegos, 1996)
- b. Tanpa adanya balok-balok disepanjang garis kolom, maka kemampuan menahan beban gempa menjadi berkurang (Tegos, 1996)

Berdasarkan kelemahan yang dimiliki struktur *flat slab*, maka SNI 03-1726-2012 membatasi penggunaan struktur *flat slab* yang lebih spesifik, yaitu struktur diklasifikasikan sebagai SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) dan jika digunakan sebagai sistem tunggal, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C tidak dibatasi dan D, E, dan F tidak diizinkan. Di samping itu, jika digunakan dengan dinding geser khusus, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C

tidak dibatasi, D dibatasi dengan tinggi maksimum 48 m, dan E dan F dibatasi tinggi maksimum 30 m.

2.2.4 Analisa Struktur *Flat Slab*

Analisa struktur *flat slab* dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yakni metode desain langsung (*direct design method*) dan metode portal ekuivalen (*equivalent frame method*). Kedua metode tersebut adalah metode yang menggunakan prinsip pendekatan yang menyebabkan nilai momen dan geser sangat berbeda. Maka dengan munculnya program bantu, analisa elemen struktur menghasilkan hasil yang teliti maka kita bisa memilih kedua metode berdasarkan kekuatan struktur dan faktor ekonomi. Berikut adalah komparasi analisa struktur menggunakan metode desain langsung dan metode portal ekivalen (Tande, 2016):

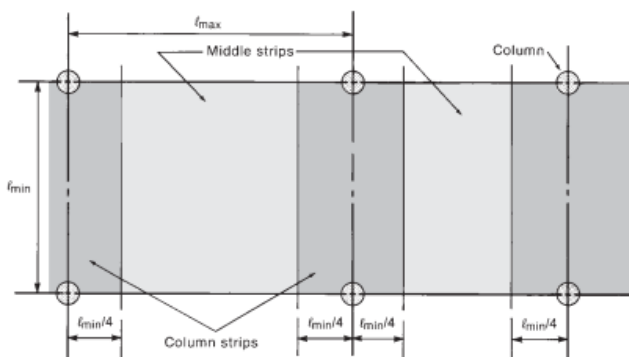
- a. Momen positif lapangan meningkat dan momen negatif menurun ketika plat menggunakan analisa metoda portal ekivalen
- b. Desain plat menggunakan metode desain langsung memiliki beberapa batasan, yaitu: (a) Plat harus memiliki minimal 3 bentang dalam satu arah dan (b) Plat tidak boleh memberikan goncangan pada kolom. Maka dari itu metode portal ekivalen dipakai
- c. Kedua metode merupakan metode pendekatan namun hasil yang didapat dari metode portal ekivalen lebih akurat
- d. Metode portal ekivalen tidak memuaskan untuk perhitungan manual. Maka dari itu, penggunaan program bantu computer yang mengacu pada Analisa Elemen Terbatas (*Finite Element Analysis*) digunakan

2.2.5 Jalur Kolom dan Jalur Tengah

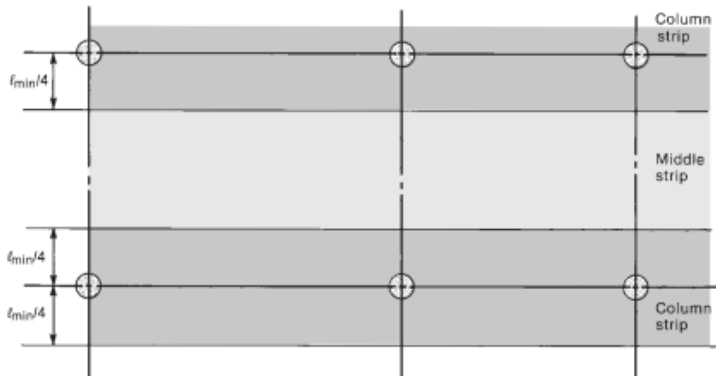
Pelat dua arah melentur dengan bentuk permukaan seperti mangkuk jika dibebani dalam dua arah. Oleh karena itu, pelat ini harus ditulangi dalam kedua arah dengan tulangan berlapis tegak lurus satu dengan lainnya. Jalur kolom adalah pelat dengan

lebar di setiap sisi garis tengah kolom sama dengan $\frac{1}{4}$ dimensi panel terkecil ℓ_1 atau ℓ_2 . Jalur tengah adalah bagian pelat diantara dua jalur kolom.

Bagian dari momen yang diterima jalur kolom dan jalur tengah diasumsikan tersebar merata pada seluruh jalur. Presentase momen yang dipikul oleh jalur kolom tergantung pada kekakuan efektif dari jalur kolom dan pada *aspect ratio* ℓ_1/ℓ_2 (dengan ℓ_1 adalah Panjang bentang pusat ke pusat, dari tumpuan-tumpuannya dalam arah momen yang ditinjau dan ℓ_2 adalah panjang bentang pusat ke pusat, dari tumpuan-tumpuannya dalam arah tegak lurus terhadap ℓ_1). (Mcgregor, 2012) Dapat dilihat pada gambar 2..



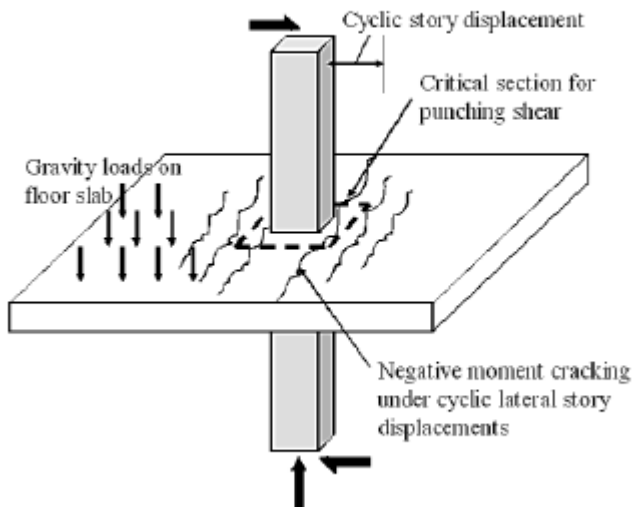
Gambar 2.2. *Short Direction of Panel*



Gambar 2.3. Long Direction of Panel

2.2.6 Hubungan Flat Slab dan Kolom

Fenomena yang paling umum terjadi pada hubungan slab-kolom adalah punching shear. Punching shear merupakan gaya geser dua arah yang bekerja pada slab yang menyebabkan slab mengalami desak setempat. Kehancuran akibat punching shear ini dapat terjadi dengan tiba-tiba tanpa ada peringatan awal (Zardi, 2015). Gambar 1 mengilustrasikan daerah hubungan pelat-kolom pada struktur flat slab yang mengalami fenomena punching shear di mana deformasi lateral yang terjadi pada struktur menghasilkan gaya-gaya dalam (moment and shear) di daerah sambungan yang dikombinasikan dengan momen dan gaya geser yang terjadi akibat beban gravitasi (Jirsa, 2004).



Gambar 2.4. Daerah sekitar hubungan pelat-kolom (*Jirsa, 2004*)

Ada 4 hal yang mempengaruhi fenomena punching shear, yaitu : (*Zardi, 2015*)

1. Mutu beton berpengaruh terhadap kapasitas punching shear. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan beban maksimum yang sanggup ditahan oleh flat slab pada mutu beton yang lebih tinggi.
2. Eksentrisitas kolom memperkecil kapasitas punching shear
3. Tulangan geser mempunyai andil yang tidak bisa diabaikan terhadap punching shear. Namun, Penggunaan tulangan geser tidak selalu memperbesar kapasitas punching shear. Penggunaan tulangan geser pada flat slab dapat memperbesar kapasitas punching shear pada kondisi beban sentris sedangkan penggunaan tulangan geser pada

slab dengan kondisi beban eksentris justru memperkecil kapasitas punching shear

4. Defleksi kolom yang terjadi pada struktur dengan beban sentris lebih besar dari struktur dengan beban eksentris. Hal ini disebabkan karena kapasitas punching shear pada kondisi beban sentris lebih besar dari kondisi pada beban eksentris.

2.3 BubbleDeck

2.3.1 Umum

Bubble Deck slab, merupakan teknologi konstruksi prefabrikasi yang baru-baru ini diterapkan di banyak proyek industri dunia. Bubble Deck slab menggunakan bola berongga yang dibuat dengan cara mendaur ulang plastik dan menghilangkan bagian beton di tengah bentang pelat konvensional yang tidak berkontribusi terhadap kinerja struktural. *Bubble Deck slab* dapat mengurangi berat sendiri sebesar 25% dari pelat konvensional

2.3.2 Sejarah Pengujian

Pada tahun 2016, dilakukan penelitian terhadap kekakuan, defleksi dan kemampuan ketahanan terhadap beban pada beberapa benda uji plat yang menggunakan BubbleDeck yang dilakukan oleh Bhagasyri G. Bhade. Hasil penelitiannya adalah terdapat 4 jenis benda uji yang dilakukan, yaitu:

1. Conventional Slab
2. Continuous BubbleDeck
3. Alternative BubbleDeck Type 1
4. Alternative BubbleDeck Type 2



Fig 2 Reinforcement of conventional slab

Gambar 2.5 Tulangan Plat Konvensional

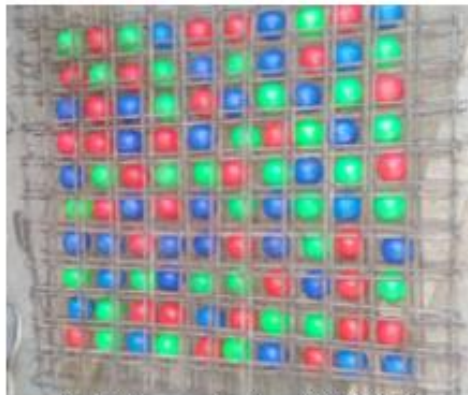


Fig 4 Reinforcement of continuous bubble deck slab

Gambar 2.6 Tulangan Plat BubbleDeck Continous



Fig 6 Reinforcement of Alternative bubble deck slab (type I)

Gambar 2.7 Tulangan Plat BubbleDeck Tipe I

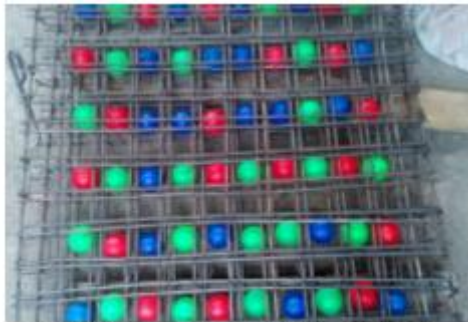


Fig 7 Reinforcement of Alternative bubble deck slab (type II)

Gambar 2.8 Tulangan Plat BubbleDeck Tipe II

2.3.3 Prosedur Pengujian

Pengujian hanya dilakukan dengan beban satu titik pengujian. Lembaran telah diuji pada usia hari (28). Spesimen lempengan ditempatkan pada mesin pengujian dan disesuaikan pengontrol, mendukung, titik load dan dial gauge berada di lokasi yang tepat. Pada akhir setiap kenaikan beban, pengamatan dan pengukuran direkam untuk rentang pertengahan defleksi dan pengembangan retak propagasi pada permukaan lempengan. Defleksi dari spesimen diukur di midspan mereka di bawah wajah bawah lembaran diuji. Ketika slab mencapai stadium lanjut pemuatan, lebih kecil bertahap diterapkan sampai kegagalan, mana memuat indikator berhenti merekam lagi dan defleksi meningkat sangat cepat tanpa adanya peningkatan dalam beban diterapkan.

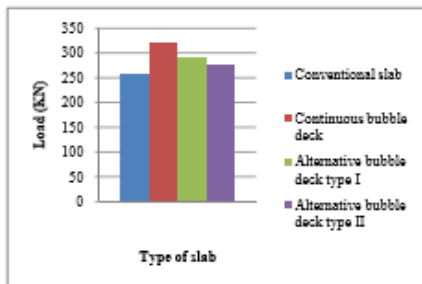
2.3.4 Hasil Pengujian

RESULTS AND DISCUSSION

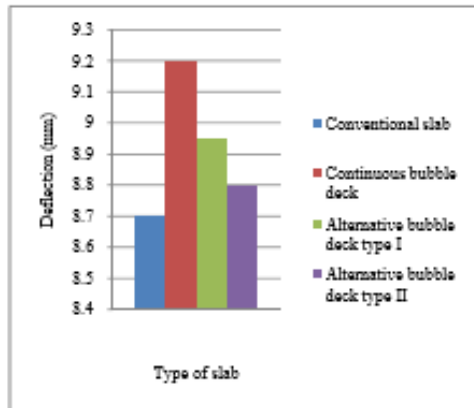
Results on the slab

Table 1 shows the load, deflection, weight of the slab

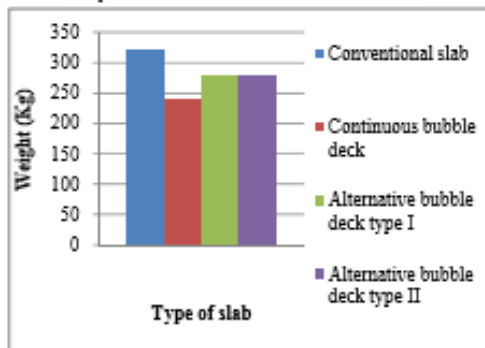
Type of slab	Load (KN)	Deflection (mm)	Weight (kg)
Conventional Slab	260	8.70	321
Continuous Bubble deck	320	9.20	242
Alternative bubble deck type I	290	8.95	278
Alternative bubble deck type II	275	8.80	281



Graph 1 shows the load carrying capacity on the slab



Graph 2 shows the Deflection behavior on the slab



Tabel 2.1 Hasil Pengujian BubbleDeck

2.3.5 Kesimpulan Pengujian

1. Berat dengan BubbleDeck lebih ringan 25% dibanding plat padat
2. BubbleDeck menggunakan lebih sedikit semen yang berakibat baik pada minimnya emisi gas CO₂
3. Dibanding dengan plat konvensional, volume beton yang digunakan lebih sedikit 25%
4. Dengan beban yang lebih ringan pada bagian plat, hal tersebut menyebabkan lebih ringannya dimensi pondasi

2.3.6 Permodelan Struktur Pelat *BubbleDeck*

Pada bagian pelat, permodelan flat slab yang dikombinasikan dengan BubbleDeck dilakukan dengan cara memodelkannya seperti pelat konvensional namun pada bagian koefisien kekakuan dilakukan memodifikasi koefisien kekakuan pada bagian pelat sesuai dengan desain yang ditetapkan.

Version	Slab Thickness	Bubbles	Span (Multiple bays)	Cantilever Maximum Length	Span (Single bays)	Completed Slab Mass	Site Concrete Quantity
	mm	mm	metres	metres	metres	kN/m ²	m ³ /m ²
BD230	230	Ø 180	5 – 8.3	≤ 2.8	5 – 6.5	4.34	0.109
BD280	280	Ø 225	7 – 10.1	≤ 3.3	6 – 7.8	5.17	0.142
BD340	340	Ø 270	9 – 12.5	≤ 4.0	7 – 9.5	6.25	0.186
BD390	390	Ø 315	11 – 14.4	≤ 4.7	9 – 10.9	6.93	0.213
BD450	450	Ø 360	13 – 16.4	≤ 5.4	10 – 12.5	7.94	0.245
BD510 *	510	Ø 410	15 – 18.8	≤ 6.1	11 – 13.9	9.06	0.291
BD600 *	600	Ø 500	16 – 21.0	≤ 7.2	12 – 15.0	10.22	0.338

* New 2006 BubbleDeck slab configurations: Agrément certification pending, outside scope of KOMO technical certificate.

Tabel 2.1 Peraturan Desain BubbleDeck

Ball diameter	[cm]	18.00	22.50	27.00	31.50	36.00	40.50	45.00
Minimum axis spacing	[cm]	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
Maximum number of balls	[1/m ²]	25.00	16.00	11.11	8.16	6.25	4.94	4.00
Recommended minimum slab thickness	[cm]	23.00	28.00	34.00	40.00	45.00	52.00	58.00
Load reduction per ball	[kN]	0.08	0.15	0.26	0.41	0.61	0.87	1.19
Maximum load reduction per sq. metre	[kN/m ²]	1.91	2.39	2.86	3.34	3.82	4.29	4.77
Rigidity factor	[-]	0.88	0.87	0.87	0.88	0.87	0.88	0.88
Shear factor	[-]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Tabel 2.2 Peraturan Desain Modifikasi Koefisien Kekakuan
BubbleDeck

2.4. Dinding Geser (*Shear Wall*)

Bangunan tahan gempa umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut (Imran, 2014). Dinding geser biasanya dikategorikan berdasarkan geometrinya, yaitu :

- *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w / l_w \geq 2$ dan desainnya dikontrol oleh perilaku lentur.
- *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w / l_w \leq 2$ dan desainnya dikontrol oleh perilaku geser.
- *Coupled shear wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

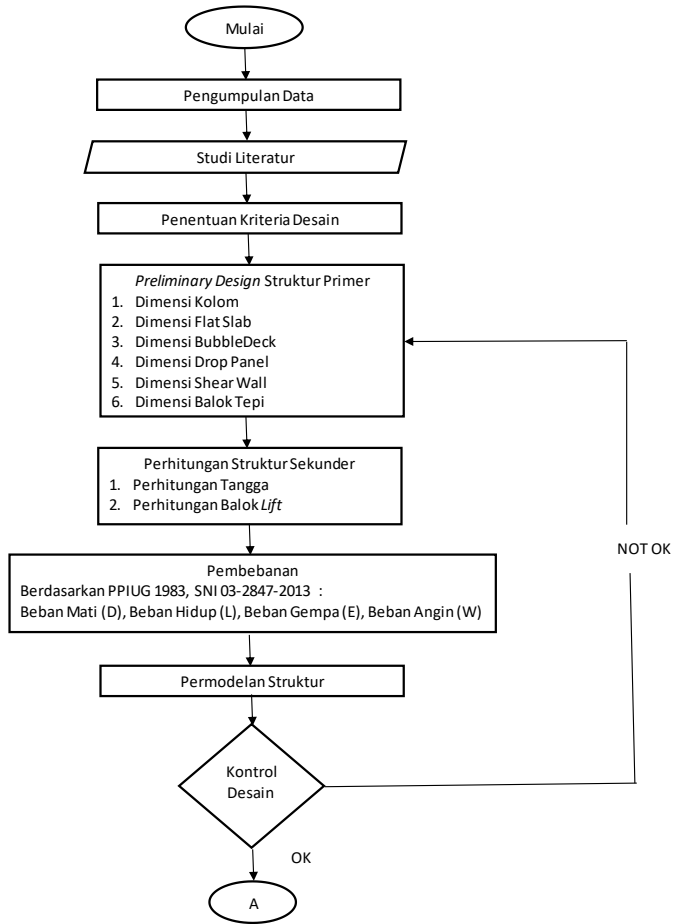
BAB III METODOLOGI

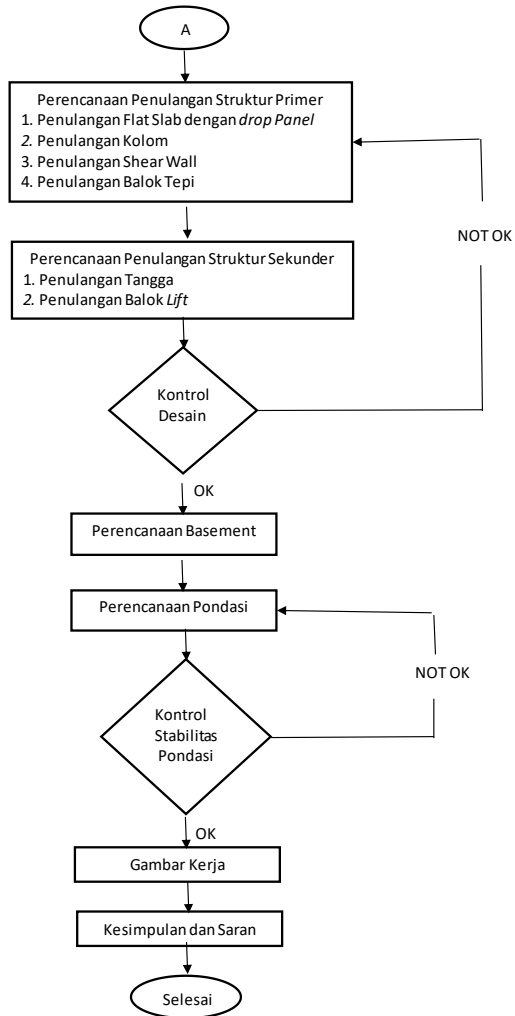
3.1. Umum

Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Setiabudi Medan dengan metode *flat slab* dikombinasikan dengan *BubbleDeck* tentunya harus memiliki susunan pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data sampai gambar teknik pada akhirnya.

3.2. Bagan Alur Perencanaan

Dalam mengerjakan Tugas Akhir ini, penulis merencanakan kegiatan kegiatan yang akan dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini seperti yang tertera pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Bagan Alur Perencanaan

3.3. Pengumpulan Data

1. Data umum

- Nama gedung : Gedung Apartemen Setiabudi Medan
- Lokasi : Jl. Harmonika Baru, Medan Selayang, Medan, Sumatera Utara
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 20
- Tinggi bangunan : $\pm 124,41$ m
- Total luas area : ± 24.760 m²
- Struktur utama : Struktur beton bertulang
- Atap : Struktur beton bertulang
- Tinggi tiap lantai
 - Lantai basement : 4,2 m
 - Lantai 1 s/d 5 : 6,6 m
 - Lantai 6 s/d 20 : 5,6 m

2. Data bahan

- Kekuatan tekan beton (f_c') : 25-40 MPa
- Tegangan leleh baja (f_y) : 500 Mpa
- Data tanah : (Lampiran)

3. Data gambar

- Gambar struktur : (Lampiran)
- Gambar arsitektur : (Lampiran)

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi pada bagian plat diseluruh lantainya dengan menggunakan metode *flat slab* yang dikombinasikan dengan *BubbleDeck* dan Drop Panel. Data bangunan yang direncanakan sebagai berikut:

1. Data Umum

- Nama gedung : Gedung Apartemen Setiabudi Medan
- Lokasi : Jl. Harmonika Baru, Medan Selayang, Medan, Sumatera Utara
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 14

- Tinggi bangunan : ± 47,2 m
 - Total luas area : ± 14.760 m²
 - Struktur utama : Struktur beton bertulang
 - Atap : Struktur beton bertulang
 - Tinggi tiap lantai
 - Lantai Basement : 3,7 m
 - Lantai 1 s/d 3 : 4 m
 - Lantai 4 s/d 14 : 3,2 m
2. Data bahan
- Kekuatan tekan beton (f_c') : 40 MPa
 - Tegangan leleh baja (f_y) : 420 Mpa
 - Data tanah : (Lampiran)
3. Data gambar
- Gambar struktur : (Lampiran)
 - Gambar arsitektur : (Lampiran)

3.4. Studi Literatur

Beberapa literatur serta peraturan gedung tersebut antara lain:

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung (RSNI 03-1727-2013)
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983)
- ACI 318M-14. *Building Code Requirements for Structural Concrete*
- DIN 1045 dan DIN 1045-1. *Concrete, Reinforces and Prestressed Concrete Structures*

3.5. Pemilihan Kriteria Desain

Metode *flat slab* banyak dipilih karena jarak antar lantai lebih luas dan proses pengerjaan yang lebih cepat. Sedangkan dalam pemilihan sistem struktur digunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan.

- Rangka Momen Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.5 - 21.8)
- Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9)

3.6. Preliminary Design

Preliminary design (desain awal) merupakan perencanaan awal berupa dimensi tipe komponen struktur yang direncanakan.

3.6.1. Penentuan Dimensi Plat Sesuai SNI 03-2847-2013 Ps. 9.5.3.2

plat tanpa balok interior dengan tergolong plat dua arah, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan table dan tidak boleh kurang dari poin a dan b:

- a. Tanpa panel drop (*drop panels*) adalah 125 mm
- b. Dengan panel drop (*drop panels*) adalah 100 mm

Tabel 3.1. Tebal Minimum Plat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh (MPa)	Tanpa Penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$
<p>Catatan : Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah Panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada plat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.</p>						

3.6.2 Penentuan Dimensi Kolom

Untuk komponen struktur yang terkena beban aksial dan beban aksial dengan lentur, faktor reduksi yang digunakan (Φ), seperti tercantum dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2 (b) adalah 0.65. Kemudian luas dimensi kolom dapat didesain dengan persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$A = \frac{W}{\Phi \cdot f_c'} \quad (3-1)$$

Keterangan:

- A = Luas dimensi kolom yang dibutuhkan
- W = Berat beban total yang diterima kolom
- f_c' = Kuat tekan beton karakteristik
- Φ = Faktor reduksi

3.6.3 Penentuan Dimensi Drop Panel Setempat Sesuai SNI 03-2847-2013 Ps. 13.2.5 point a dan point b:

a. Tebal panel setempat harus memenuhi persamaan:

$$h_{\min} \leq \frac{1}{4} \text{ tebal slab} \quad (3-2)$$

b. Lebar panel harus memenuhi persamaan:

$$L_{\text{drop panel}} \geq \frac{1}{6} L_x, \quad (3-3)$$

Di mana L_x merupakan panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

3.6.4 Penentuan Dimensi Balok Tepi

Menurut SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5 (a) menyebutkan bahwa balok pada dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum (bila lendutan tidak dihitung) seperti pada tabel 3.2:

Tabel 3.2 Tebal minimum balok non-prategang atau plat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Tebal minimum, h				
Komponen Struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Plat masif satu-arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau plat rusuk satu-arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$

CATATAN:

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulang mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut:

- (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65-0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

3.6.5 Penentuan Dimensi Shear Wall

Menurut SNI 2847-2013 pasal 14.5.3. (1), ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

3.6.6 Penentuan Dimensi BubbleDeck

Menurut DIN 1045 (1998) dan DIN 1045-1 (2001), persyaratan tentang *relative bending moment* pada area bola tidak boleh lebih dari 0,2 dan perhitungan antara ketebalan slab dengan ukuran bola menjad parameternya.

Tabel 3.3 Design of BubbleDeck

Ball diameter	[cm]	18.00	22.50	27.00	31.50	36.00	40.50	45.00
Minimum axis spacing	[cm]	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
Maximum number of balls	[1/m ²]	25.00	16.00	11.11	8.16	6.25	4.94	4.00
Recommended minimum slab thickness	[cm]	23.00	28.00	34.00	40.00	45.00	52.00	58.00
Load reduction per ball	[kN]	0.08	0.15	0.26	0.41	0.61	0.87	1.19
Maximum load reduction per sq. metre	[kN/m ²]	1.91	2.39	2.66	3.34	3.82	4.29	4.77
Rigidity factor	[-]	0.88	0.87	0.87	0.88	0.87	0.88	0.88
Shear factor	[-]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Tabel 3.4 Peraturan DIN 1045 dan DIN 1045-1 tentang BubbleDeck

DIN 1045-1:	$\mu_{sds} = m_{sd} \cdot D_{BD} \cdot 1.96 / (d_B^3 \cdot f_{tk}) \leq 0.2$
	where: μ_{sds} = relative bending moment in the ball zone [-]
	m_{sd} = max. bending moment [MNm/m]
	D_{BD} = ball diameter [m]
	d_B = static height of the BubbleDeck® [m]
	f_{tk} = characteristic strength according to DIN 1045-1 [MN/m ²]
DIN 1045:	$m_s = m \cdot D_{BD} \cdot 1.17 / (d_B^3 \cdot \beta_R) \leq 0.2$
	where: m_s = relative bending moment in the ball zone [-]
	m = max. bending moment under occupancy load [MNm/m]
	D_{BD} = ball diameter [m]
	d_B = static height of the BubbleDeck® [m]
	β_R = calculated strength according to DIN 1045 [MN/m ²]

3.7. Perencanaan Struktur Sekunder

3.7.1. Perencanaan Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi injakan harus memenuhi persamaan:

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \quad (3-3)$$

Di mana,

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

α = sudut kemiringan tangga ($25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$)

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan plat bordes dan plat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan plat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal plat.

3.7.2 Perencanaan Lift

Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift. Ruang landasan diberi kelonggaran (lift pit) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus. Perencanaan ini mencakup perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

3.8. Pembebanan

Dalam melakukan analisa perhitungan desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1727:2013.

1. Beban statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG,1983) dan SNI 1727:2013 adalah sebagai berikut:

- **Beban mati**

Beban mati adalah berat seluruh badan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya, didasarkan PPIUG-1983.

Tabel 3.5. Beban Mati

Beban mati	Besar beban
Beton bertulang	2400 kg/m ²
Dinding pasangan 1/2 bata	250 kg/m ²
Langit-langit + penggantung	18 kg/m ²
Lantai ubin semen Portland	24 kg/m ²
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²

- **Beban hidup**
 Beban hidup adalah beban-beban yang dapat ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja sangatlah sulit karena fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung pada banyak faktor. Peraturan yang digunakan dalam perancangan beban hidup berdasarkan Peraturan Pembebanan SNI 1727:2013.
 - a. Untuk ruang pribadi dan koridor yang melayani ruang pribadi sebesar 1.92 kN/m^2
 - b. Untuk ruang publik dan koridor yang melayani ruang publik sebesar 4.79 kN/m^2
 - c. Untuk atap yang digunakan untuk taman sebesar 4.79 kN/m^2

2. Beban dinamis

- a. **Beban gempa**
 Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012) di daerah Surabaya. Pembebanan gravitasi struktur pada sistem rangka pemikul momen hanya diterima oleh *frame*. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan beban gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, di mana pengaruh pada struktur dibebankan langsung ke pusat massa bangunan (*center of mass*). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan

pembebanan yang ada. Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 meliputi:

- Penentuan Respon Spektrum
Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada lampiran Gambar 9 dan Gambar 10 dalam SNI-03-1726-2012.
- Respon Seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-4)$$

((Pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2012))

Di mana:

S_{DS} = percepatan spektrum respons desain dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan hunian

Dengan nilai C_s max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

- Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral
 $V = C_s \times W$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-5)$$

Di mana:

C_S = koefisien respon seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1

W = berat seismik efektif menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.7.2

- b. Beban angin (*Wind load/WL*)
Berdasarkan SNI 1727 – 2013 Pasal 27.2.1, parameter beban angin yang harus diperhitungkan:
- Kecepatan angin dasar, V (Pasal 26.5)
 - Faktor arah angin, K_0 (Pasal 26.6)
 - Kategori eksposur (Pasal 26.7)
 - Faktor topografi, K_{zt} (Pasal 26.8)
 - Faktor efek tiupan angin (Pasal 26.9)
 - Klasifikasi ketertutupan (Pasal 26.10)
 - Koefisien tekanan internal (Pasal 26.11)

3.8.1 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

- 1) $U = 1,4 D$
- 2) $U = 1,2 D + 1,6 L$
- 3) $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- 4) $U = 1,0 D + 1,0 L$
- 5) $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan:

U: beban ultimate

D: beban mati

L: beban hidup

E: beban gempa

3.9. Permodelan Struktur

Analisa struktur utama menggunakan program ETABS/SAP 2000 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur. Model harus memenuhi beberapa kriteria di kontrol permodelan struktur agar model yang dibuat dapat digunakan untuk perhitungan.

3.10. Kontrol Permodelan Struktur

Permodelan yang dibuat harus memenuhi beberapa kriteria di bawah agar gaya gempa yang terjadi pada permodelan dapat digunakan saat perencanaan.

3.10.1. Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.9.1 : Partisipasi Massa < 90%. Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

3.10.2. Kontrol Periode Fundamental Struktur

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 : $T_a < T < C_u \times T_a$. periode fundamental struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan di atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 14 pada SNI 1726-2002 dan periode fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1. sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur. Nilai “ T ”, diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1.

$$T_a = C_t \times h n^x \quad (3-8)$$

Keterangan:

hn = ketinggian struktur (m)

Ct = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2012

x = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2012

Tabel 3.6. Koefisien Cu

Parameter percepatan respons spectral desai pada 1 detik, SD1	Koefisien Cu
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,15$	1,7

Tabel 3.7. Koefisien Ct dan x

Tipe Struktur	Ct	x
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	0,0731	0,75
Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731	0,75
Semua Sistem Struktur Lainnya	0,0488	0,75

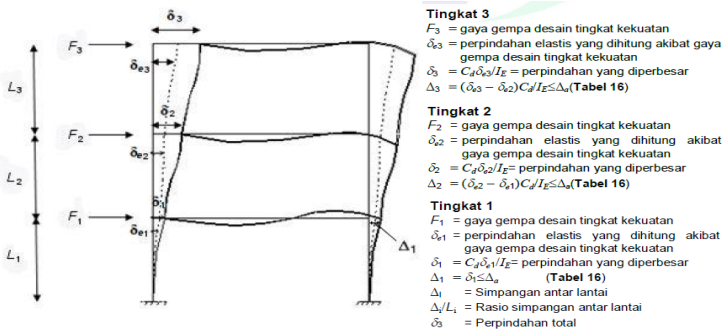
3.10.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1 : Gaya Dinamis > 85% Gaya Statis. Bila Perioda fundamental yang dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (Vt) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85 (V/Vt).

3.10.4. Kontrol Drift (Defleksi Bangunan)

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.6 : Defleksi tiap lantai > Defleksi izin. Penentuan Simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan izin digunakan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan izin.

Gambar 3.2. Perhitungan Simpangan Tiap Lantai



Tabel 3.8. Simpangan izin struktur

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpanan antar lantai	0,025 h	0,02 h	0,015 h
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h

3.11. Analisa Struktur

3.11.1 Perhitungan Gaya Dalam

Penghitungan gaya dalam pada struktur utama menggunakan program bantu ETABS/SAP 2000. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain:

- bentuk gedung
- dimensi elemen struktur dari *preliminary design*
- pembebanan struktur
- kombinasi pembebanan
- wilayah gempa

3.11.2 Hasil Analisa Struktur

Hasil Analisa yang diperoleh dari program bantu ETABS/SAP 2000 adalah berupa gaya-gaya dalam struktur yang meliputi momen, gaya nominal, serta gaya lintang. Dari hasil Analisa struktur tersebut, dapat dihitung

kebutuhan tulangan utama, geser, maupun lendutan *flat slab*. Setelah itu cek kemampuan geser dan lendutan yang terjadi pada saat *flat slab* menggunakan *drop panel* sesuai dengan persyaratan yang ada di SNI 03-2847-2013.

3.12 Perencanaan Penulangan Struktur

3.12.1 Perencanaan Penulangan *Flat Slab* dengan *Drop Panel*

Perencanaan struktur *flat slab* menggunakan metode desain langsung. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur *flat slab* dengan metode desain langsung terdapat pada SNI 03-2847-2013 pasal 13.6.

3.12.1.1 Perencanaan Tulangan Lentur Plat

Pengaturan tulangan lentur plat dua arah tanpa balok diatur dalam SNI 03 2847:2013 pasal 21.3.6. Untuk Panjang penyaluran tulangan diatur dalam SNI 03 2847 2013 pasal 12.

3.12.1.2. Perencanaan Tulangan Geser Plat

Pengaturan tulangan geser plat dua arah diatur dalam SNI 03 2847:2013 pasal 11.11.

3.12.2 Perencanaan Penulangan Kolom

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari permodelan ETABS/SAP2000, didapatkan momen dan gaya axial yang terjadi pada kolom tersebut. Gaya-gaya tersebut dijadikan input pada program bantu PCACOL untuk mendapatkan tulangan lentur. Penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5.1, Sedangkan untuk penulangan geser digunakan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.2 sebagai acuan. Untuk sambungan lewatan kolom sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.3.

3.12.2.1 Hubungan Kolom-Flat Slab

Menurut SNI 03 2847:2013 pasal 11.11.7.1 dalam perencanaan plat tanpa balok penumpu diperlukan peninjauan terhadap momen tak berimbang pada mukak kolom penumpu, sehingga apabila beban gravitasi, angin, gempa atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya perpindahan momen antara plat dan kolom, maka dari sebagian momen yang tak berimbang harus dilimpahkan sebagai lentur pada keliling kolom dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris.

3.12.3 Perencanaan Penulangan *Shear Wall*

3.12.3.1 Kuat Aksial Rencana

Dihitung berdasarkan (SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f'c \cdot Ag \left[1 - \left(\frac{k \cdot I_c}{32h} \right)^2 \right]$$

(3-9)

3.12.3.2 Pemeriksaan Tebal Dinding

Tebal dinding dianggap cukup bila memenuhi (SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.3.)

$$\phi x V_n = \phi \frac{5}{6} x \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d \geq V_u$$

(3-10)

Di mana: $d = 0,8 I_w$

3.12.3.3 Kuat Geser Beton

Dihitung Menurut SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.6.

$$V_c = 0,27 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4l_w} \quad (3-11)$$

Atau

$$Vc = [0,05 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + lw(0,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + 0,2 \frac{Nu}{lw \cdot h}) \frac{Mu - lw}{Vu - \frac{lw}{2}}]$$

(3-12)

Di mana:

lw = panjang keseluruhan dinding
 Nu = positif untuk gaya tekan dan negatif untuk gaya tarik

$\frac{Mu}{Vu} - \frac{lw}{2}$ = jika nilai nya negatif, maka tidak dapat digunakan

3.12.3.4 Keperluan Penulangan Geser

Penulangan geser dihitung berdasarkan (SNI 03-2847-2013, pasal 13.9.8.)

3.12.3.5 Penulangan Geser Horizontal

Dihitung merdasarkan pada (SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.9)

3.12.3.6 Penulangan Geser Vertical

Dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002, pasal 11.9.9.4

3.12.4 Perencanaan Penulangan Balok Tepi

3.12.4.1 Perencanaan Penulangan Lentur

Perhitungan penulangan lentur untuk komponen balok harus memenuhi ketentuan SRPMM yang tercantum dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.2.

3.12.4.2 Perencanaan Penulangan Geser

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 yaitu harus memenuhi:

$$\phi V_n \geq V_u, \tag{3-13}$$

Di mana:

Vn = kuat geser nominal penampang

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang
 ϕ = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

Sedangkan untuk kuat geser nominal dari penampang merupakan hasil penjumlahan dari kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s).

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-14)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2)

$$V_c = 0,17\alpha\sqrt{f'c}b_w d \quad (3-15)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3)

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-16)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1)

Di mana:

V_u = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_n = Kuat geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat geser nominal tulangan geser

3.12.4.3. Kontrol Torsi

Akibat torsi harus diperhitungkan apabila memenuhi kriteria berikut:

$$T_u \leq \frac{\phi\sqrt{f'c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \quad (3-17)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n \quad (3-18)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta \quad (3-19)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21)

Di mana:

- Tu = Momen torsi terfaktor
- Tn = Kuat momen torsi
- Tc = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton
- Ts = Kuat momen torsi nominal tulangan geser
- A₀ = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser mm²

3.13. Perencanaan Basement

Dinding pada basement harus di rancang agar kokoh dan kuat, mengingat fungsinya sebagai *retaining wall* (penahan beban tekanan tanah dan air). Namun pada tugas besar kali ini, dinding basement tidak dijadikan sebagai *retaining wall*, karena yang akan menahan beban tekanan tanah dan air adalah tiang pancang di sekeliling *basement*. Sehingga tekanan tanah dan air hanya akan membebani tiang pancang tersebut. Ketebalan dinding beton untuk *basement* berkisar antara 15-17,5 cm, bergantung pada kedalaman *basement*-nya. Struktur *basement* direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan cor di lokasi.

Adapun persyaratan yang lain sebagai berikut:

- Penulangan Dinding *Basement*
Penulangan dinding basement dihitung sesuai dengan peraturan dalam SNI 2847:2013.
- Kontrol Ketebalan Dinding *Basement*
Ketebalan dinding basement dikontrol sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-2847-2013 pasal 22.6.6.3.

- Plat Lantai *Basement*

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan plat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-2847-2013.

3.14 Perencanaan Pondasi

Pada prosesnya, beban yang bekerja pada struktur atas akan ditransfer ke tanah melalui pondasi. Umumnya ada 2 macam pondasi yang sering dipakai dalam suatu konstruksi gedung, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal pada umumnya digunakan untuk konstruksi gedung sederhana dengan beban standar dan bentang pendek. Beberapa contoh dari pondasi dangkal adalah pondasi tapak, pondasi rollag bata, pondasi batu kali, dan pondasi *raft*. Sedangkan untuk kasus konstruksi gedung tingkat tinggi tentu menggunakan pondasi dalam, contohnya ialah pondasi tiang pancang dan pondasi *bore pile*.

Pondasi gedung pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan tiang pancang beton pracetak. Perhitungan daya dukung tanah vertikal menggunakan formula dari Luciano Decourt.

3.15 Daya Dukung Tiang Vertikal

Luciano Decourt memberikan formula daya dukung tiang vertical sebagai berikut:

$$Q_L = Q_P + Q_S$$

$$(3-20)$$

$$q_p = N_p + K \quad (3-21)$$

$$Q_S = q_s A_s \quad (3-22)$$

$$Q_S = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (3-23)$$

3.15.1 Jumlah Tiang Pancang yang Diperlukan

Banyaknya kebutuhan tiang pancang yang akan digunakan pada perencanaan gedung ini berdasarkan pada rumusan berikut :

$$n = \frac{\Sigma Pu}{P_{ijin}} \quad (3-24)$$

$$S \geq \frac{1,57(D) \min - 2D}{m + n - 2} \quad (3-25)$$

1. Efisiensi tiang

$$(\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \quad (3-26)$$

Dimana, $\theta = \arcsin \left(\frac{D}{S} \right)$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{M_x \times X_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_y \times Y_{max}}{\Sigma y^2} \quad (3-27)$$

$P_{ult} = \text{Efisiensi tiang} \times P_u$ 1 tiang berdiri

2. Kontrol Kekuatan Tiang

$$P_{ult} \geq P_{perlu}$$

$$P_{perlu} = P_{maks}$$

3. Kontrol Geser Ponds Pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(a) (3-28)

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f' c} b_o d$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(b) (3-29)

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f' c} b_o d$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(c) (3-30)

Di mana:

β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

b_o = keliling pada penampang kritis pada poer

$$= 2(b_{\text{kolom}}+d) + 2(h_{\text{kolom}}+d)$$

$\alpha_s \rightarrow 30$, untuk kolom tepi

$\rightarrow 40$, untuk kolom tengah

$\rightarrow 20$, untuk kolom pojok

$\phi V_c > P_u$ "OK" (Ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser)

3.16. Gambar Teknik

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan *software* AutoCAD.

3.17 Jadwal Kegiatan

Merencanakan kegiatan agar mempunyai acuan waktu untuk mengerjakan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan.

Tabel 3.9. Jadwal Kegiatan

Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengumpulan Data dan Studi Literatur	■	■														
Preliminary Design			■													
Perhitungan Struktur Primer				■	■	■	■									
Perhitungan Struktur Sekunder						■	■									
Permodelan dan Analisa Struktur								■	■	■	■					
Penulangan Struktur Primer dan Sekunder											■	■				
Gambar Kerja													■	■	■	■

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

4.1.1 Umum

Preliminary design merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur *flat slab* antara lain pelat, kolom, *BubbleDeck* dan dinding geser. Sebelum melakukan preliminary sebaiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

4.1.2 Data Perencanaan

Data perencanaan gedung beton bertulang menggunakan sistem beton pracetak sebagai berikut :

- Fungsi Bangunan : Gedung Apartemen
- Lokasi : Jl. Setiabudi, Medan
- Jumlah Lantai : 14 Lt.
- Tinggi Bangunan : 47,2 m
- Mutu Beton (f^c) : 40 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 420 Mpa
- Letak Bangunan : Jauh Dari Pantai

4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat

Struktur flat slab merupakan struktur slab dua arah yang tidak menggunakan balok interior sehingga pelat akan lebih tebal dibandingkan dengan menggunakan balok. SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2 mengatur bahwa tebal minimum pelat pada panel dalam akibat tidak digunakan balok interior dengan f_y 420 MPa adalah sebesar $1/33$ dari lebar (l_n) pelat itu sendiri, sehingga didapatkan tebal pelat dengan $l_x = 8000\text{mm}$, $l_y = 8000\text{ mm}$ sebagai berikut :

Tegangan leleh (MPa)	Tanpa Penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$
Catatan : Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah Panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada plat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.						

Tabel 4.1 Tebal minimum Pelat tanpa Balok Interior

(Sumber : SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)

$$h = \frac{ln}{33} = \frac{8000}{33} = 242,42 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan pelat dengan tebal 300 mm.

4.1.4 Perencanaan Dimensi *Drop Panel*

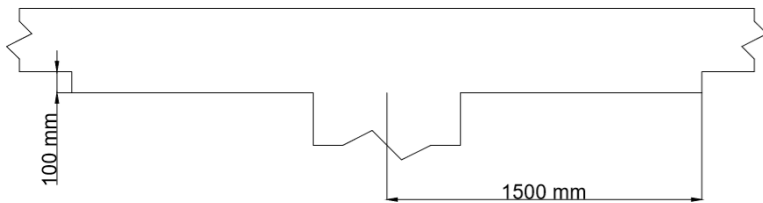
Drop panel pada struktur flat slab berfungsi sebagai pengganti balok serta mencegah geser pounds pada kolom. Sehingga dalam desain drop panel yang akan digunakan harus mempertimbangkan hal tersebut. Desain drop panel harus memenuhi persyaratan yang terdapat pada SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.5

Tabel 4.2 Persyaratan Dimensi *Drop Panel*

13.2.5 Jika digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada kolom atau tebal slab perlu minimum, panel drop (*drop panel*) harus:

- (a) menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab di sebelahnya; dan
- (b) menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

(Sumber : SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung)



Gambar 4.1 Denah Penampang Drop Panel

4.1.4.1 Lebar *Drop Panel*

- Untuk arah Sumbu X dan Y :

$$\begin{aligned}L_{DROP\ PANEL} &\geq \frac{1}{6} L_x \\L_{DROP\ PANEL} &\geq \frac{1}{6} \times 8000 \\L_{DROP\ PANEL} &\geq 1.333,33\ mm\end{aligned}$$

Digunakan lebar drop panel 1500 mm untuk arah x maupun y sehingga lebar total *drop panel* adalah 3000 mm baik arah x maupun y

4.1.4.2 Tebal *Drop Panel*

Dari perhitungan tebal pelat sebelumnya tebal pelat yang digunakan adalah 300 mm, maka tebal drop panel ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}h_{DROP\ PANEL} &\geq \frac{1}{4} h_{pelat} \\h_{DROP\ PANEL} &\geq \frac{1}{4} \times 300 \\h_{DROP\ PANEL} &\geq 75\ mm \approx 100\ mm\end{aligned}$$

Maka, digunakan Drop Panel dengan tebal 100 mm

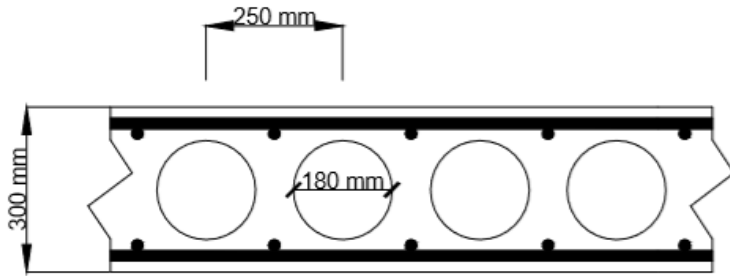
4.1.5 Perencanaan Dimensi *BubbleDeck*

Berdasarkan Tabel rekomendasi dimensi yang diatur dalam DIN 1045 dan DIN 1045-1 dijelaskan dimensi *BubbleDeck* yang disarankan dikorelasikan dengan tebal pelat yang direncanakan.

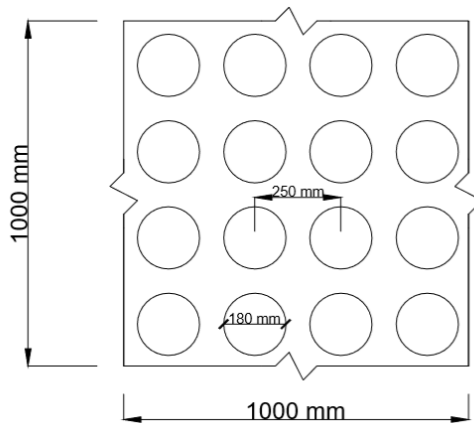
$$h_{Pelat} = 300\ mm$$

$$\emptyset_{BubbleDeck} = 180\ mm$$

$$\text{Jarak antar bola} = 250\ mm$$



Gambar 4.2 Potongan Melintang Pelat dengan BubbleDeck



Gambar 4.3 Potongan Penampang BubbleDeck

Version	Slab Thickness	Bubbles	Span (Multiple bays)	Cantilever Maximum Length	Span (Single bays)	Completed Slab Mass	Site Concrete Quantity
	mm	mm	metres	metres	metres	kN/m ²	m ³ /m ²
BD230	230	Ø 180	5 – 8.3	≤ 2.8	5 – 6.5	4.34	0.109
BD280	280	Ø 225	7 – 10.1	≤ 3.3	6 – 7.8	5.17	0.142
BD340	340	Ø 270	9 – 12.5	≤ 4.0	7 – 9.5	6.25	0.186
BD390	390	Ø 315	11 – 14.4	≤ 4.7	9 – 10.9	6.93	0.213
BD450	450	Ø 360	13 – 16.4	≤ 5.4	10 – 12.5	7.94	0.245
BD510 *	510	Ø 410	15 – 18.8	≤ 6.1	11 – 13.9	9.06	0.291
BD600 *	600	Ø 500	16 – 21.0	≤ 7.2	12 – 15.0	10.22	0.338

* New 2006 BubbleDeck slab configurations: Agrément certification pending, outside scope of KOMO technical certificate.

Tabel 4.3 Tabel Design of BubbleDeck

Ball diameter	[cm]	18.00	22.50	27.00	31.50	36.00	40.50	45.00
Minimum axis spacing	[cm]	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
Maximum number of balls	[1/m ²]	25.00	16.00	11.11	8.16	6.25	4.94	4.00
Recommended minimum slab thickness	[cm]	23.00	28.00	34.00	40.00	45.00	52.00	58.00
Load reduction per ball	[kN]	0.08	0.15	0.26	0.41	0.61	0.87	1.19
Maximum load reduction per sq. metre	[kN/m ²]	1.91	2.39	2.86	3.34	3.82	4.29	4.77
Rigidity factor	[-]	0.88	0.87	0.87	0.88	0.87	0.88	0.88
Shear factor	[-]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Jarak antar Bola

(Sumber : DIN 1045 (1))

- Jumlah Bola dalam per m² = 16

4.1.6 Perencanaan Balok Tepi

Dimensi Balok dan Pelat direncanakan dengan :

- Tinggi Balok Induk = L/16
(L = Panjang Balok atau Pelat)

Dasaran menentukan dimensi pelat dan balok berdasarkan SNI 7833-2012 Tabel 2 (Pasal 5.2.7.1.1)

Komponen struktur	Tebal minimum, <i>h</i>			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Pelat massif satu arah	ℓ /20	ℓ /24	ℓ /28	ℓ /10
Balok atau pelat berusuk satu- arah	ℓ /16	ℓ /18,5	ℓ /21	ℓ /8
CATATAN:				
Nilai yang dibenarkan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut. a) Untuk struktur beton ringan dengan densitas w_c antara 1 440kg/m ³ dan 1 840 kg/m ³ , nilai harus dikalikan dengan (1,65 – 0,0003 w_c), tapi tidak kurang dari 1,09. b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilai harus dikalikan dengan (0,4 + $f_y/700$)				

Tabel 4.5 Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bilalendutan tidak dihitung

Dimensi balok direncanakan dengan :

- Lebar Balok (B) = $\frac{2}{3}$ x tinggi balok
- Tinggi Balok (h) = $L/16$

Diketahui : terdapat 2 tipe balok yaitu balok BT1 dengan bentang 8000 mm dan balok BT2 bentang 4000 mm

Balok BT1 :

- L = 8000 mm
- H min = $\frac{8000}{16} = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$
H pakai = 60 cm
- B = $\frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm}$

Jadi, digunakan Balok tepi BT1 dengan dimensi 40x60 cm

Balok BT2 :

- L = 4000 mm
- H min = $\frac{4000}{16} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$
H pakai = 40 cm
- B = $\frac{2}{3} \times 40 = 16.67 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$

Jadi, digunakan Balok tepi BT2 dengan dimensi 25x40 cm

4.1.7 Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban

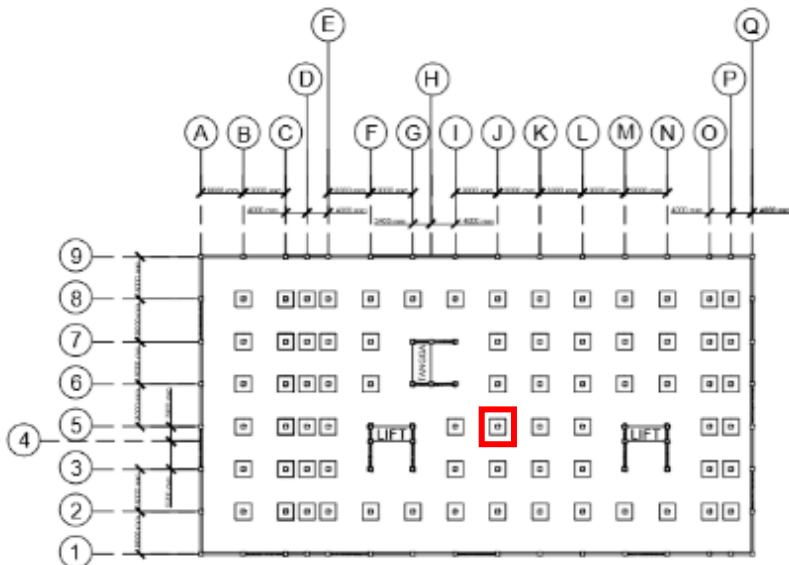
terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Data - data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

- Tebal *Flat Slab* = 300 mm
- Tinggi lantai = 4000 mm
- Dimensi *Drop Panel* = 100 mm x 3000 mm
- Dimensi *BubbleDeck* = 180 mm

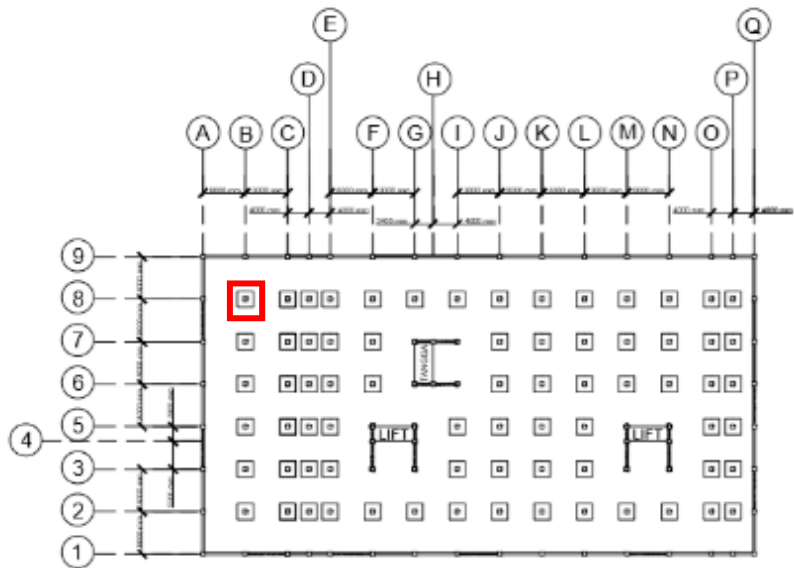
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ($\phi=0.65$).

Rencana Awal Luas Penampang Kolom

- $A = \frac{W}{\phi f'c}$
- $b = h$



Gambar 4.4 Area Pembebanan Kolom 1 – Kolom 4



Gambar 4.5 Area Pembebanan Kolom 5 – Kolom 6

Pembebanan Kolom I				Lantai	14	s/d	10
BEBAN MATI							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Tebal	Volume	Berat Jenis	Jumlah	Total Berat
	m	m	m	m ³	kg/m ³	buah	kg
Pelat BubbleDeck	8	8	0,3	17,57	2400	5	210.816
<i>Drop Panel</i>	3	3	0,1	0,9	2400	5	10.800
Plafond	8	8	-	64	11	5	3.520
Penggantung	8	8	-	64	7	5	2.240
Plumbing	8	8	-	64	25	5	8.000
Spesi (2cm)	8	8	-	64	42	5	13.440
Dinding	8	3,2	0,2	5,12	250	5	6.400
Sanitasi	8	8	-	64	20	5	6.400
Tegel	8	8	-	64	22	5	7.040
Beban Diatas							0
Total Beban Mati (DL)							268.656,0
BEBAN HIDUP							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Luas	Beban	Jumlah	Total Berat	
	m	m	m ²	kg/m ²	buah	kg	
Beban Hidup Lantai	8	8	64	250	4	64.000	
Beban Hidup Atap	8	8	64	100	1	6.400	
Beban Diatas							0
Total Beban Hidup (LL)							70.400
Beban Ultimate (1,2DL + 1,6LL)							435.027,20
DIMENSI KOLOM							
Mutu Beton						40	Mpa
Faktor Reduksi						0,65	-
Luas Penampang Minimal Kolom						1673,2	cm ²
Panjang Kolom (b)						50	cm
Lebar Kolom (h)						50	cm
Luas Penampang Kolom						2500	cm ²
Keterangan							OK

Tabel 4.6 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Lantai 10 - Lantai 14) Gedung I

(Sumber : Data Pribadi)

Pembebanan Kolom 2				Lantai	9	s/d	4
BEBAN MATI							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Tebal	Volume	Berat Jenis	Jumlah	Total Berat
	m	m	m	m ³	kg/m ³	buah	kg
Pelat BubbleDeck	8	8	0,3	17,57	2400	6	252.979
Drop Panel	3	3	0,1	0,9	2400	6	12.960
Plafond	8	8	-	64	11	6	4.224
Penggantung	8	8	-	64	7	6	2.688
Plumbing	8	8	-	64	25	6	9.600
Spesi (2cm)	8	8	-	64	42	6	16.128
Dinding	8	3,2	0,2	5,12	250	6	7.680
Sanitasi	8	8	-	64	20	6	7.680
Tegel	8	8	-	64	22	6	8.448
Beban Diatas							268.656,0
Total Beban Mati (DL)							591.043,2
BEBAN HIDUP							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Luas	Beban	Jumlah	Total Berat	
	m	m	m ²	kg/m ²	buah	kg	
Beban Hidup Lantai	8	8	64	250	6	96.000	
Beban Diatas							70.400
Total Beban Hidup (LL)							166.400
Beban Ultimate (1,2DL + 1,6LL)							916.387,52
DIMENSI KOLOM							
Mutu Beton						40	Mpa
Faktor Reduksi						0,65	-
Luas Penampang Minimal Kolom						3524,6	cm ²
Panjang Kolom (b)						65	cm
Lebar Kolom (h)						65	cm
Luas Penampang Kolom						4225	cm ²
Keterangan							OK

Tabel 4.7 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Lantai 4 - Lantai 9) Gedung I

(Sumber : Data Pribadi)

Pembebanan Kolom 3				Lantai	3	s/d	1
BEBAN MATI							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Tebal	Volume	Berat Jenis	Jumlah	Total Berat
	m	m	m	m ³	kg/m ³	buah	kg
Pelat BubbleDeck	8	8	0,3	17,57	2400	3	126.490
<i>Drop Panel</i>	3	3	0,1	0,9	2400	3	6.480
Plafond	8	8	-	64	11	3	2.112
Penggantung	8	8	-	64	7	3	1.344
Plumbing	8	8	-	64	25	3	4.800
Spesi (2cm)	8	8	-	64	42	3	8.064
Dinding	8	4	0,2	6,4	250	3	4.800
Sanitasi	8	8	-	64	20	3	3.840
Tegel	8	8	-	64	22	3	4.224
Beban Diatas							591.043,2
Total Beban Mati (DL)							753.196,8
BEBAN HIDUP							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Luas	Beban	Jumlah	Total Berat	
	m	m	m ²	kg/m ²	buah	kg	
Beban Hidup Lantai	8	8	64	250	3	48.000	
Beban Diatas							166.400
Total Beban Hidup (LL)							214.400
Beban Ultimate (1,2DL + 1,6LL)							1.171.556,48
DIMENSI KOLOM							
Mutu Beton						40	Mpa
Faktor Reduksi						0,65	-
Luas Penampang Minimal Kolom						4506	cm ²
Panjang Kolom (b)						70	cm
Lebar Kolom (h)						70	cm
Luas Penampang Kolom						4900	cm ²
Keterangan							OK

Tabel 4.8 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Lantai 1 - Lantai 3) Gedung I

(Sumber : Data Pribadi)

Pembebanan Kolom 4				Lantai	Basement 2	s/d	Basement 1
BEBAN MATI							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Tebal	Volume	Berat Jenis	Jumlah	Total Berat
	m	m	m	m ³	kg/m ³	buah	kg
Pelat BubbleDeck	8	8	0,3	17,57	2400	2	84.326
Drop Panel	3	3	0,1	0,9	2400	2	4.320
Plafond	8	8	-	64	11	2	1.408
Penggantung	8	8	-	64	7	2	896
Plumbing	8	8	-	64	25	2	3.200
Spesi (2cm)	8	8	-	64	42	2	5.376
Dinding	8	3,7	0,2	5,92	250	2	2.960
Sanitasi	8	8	-	64	20	2	2.560
Tegel	8	8	-	64	22	2	2.816
Beban Diatas							753.196,8
Total Beban Mati (DL)							861.059,2
BEBAN HIDUP							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Luas	Beban	Jumlah	Total Berat	
	m	m	m ²	kg/m ²	buah	kg	
Beban Hidup Parkiran	8	8	64	400	2	51.200	
Beban Diatas							214.400
Total Beban Hidup (LL)							265.600
Beban Ultimate (1,2DL + 1,6LL)							1.372.125,12
DIMENSI KOLOM							
Mutu Beton						40	Mpa
Faktor Reduksi						0,65	-
Luas Penampang Minimal Kolom						5277,4	cm ²
Panjang Kolom (b)						75	cm
Lebar Kolom (h)						75	cm
Luas Penampang Kolom						5625	cm ²
Keterangan							OK

Tabel 4.9 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Basement 2 – Basement 1) Gedung I

(Sumber : Data Pribadi)

Pembebanan Kolom 5				Lantai	3	s/d	1
BEBAN MATI							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Tebal	Volume	Berat Jenis	Jumlah	Total Berat
	m	m	m	m ³	kg/m ³	buah	kg
Pelat BubbleDeck	8	8	0,3	17,57	2400	3	126.490
<i>Drop Panel</i>	3	3	0,1	0,9	2400	3	6.480
Plafond	8	8	-	64	11	3	2.112
Penggantung	8	8	-	64	7	3	1.344
Plumbing	8	8	-	64	25	3	4.800
Spesi (2cm)	8	8	-	64	42	3	8.064
Dinding	8	4	0,2	6,4	250	3	4.800
Sanitasi	8	8	-	64	20	3	3.840
Tegel	8	8	-	64	22	3	4.224
Beban Diatas							-
Total Beban Mati (DL)							162.153,6
BEBAN HIDUP							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Luas	Beban	Jumlah	Total Berat	
	m	m	m ²	kg/m ²	buah	kg	
Beban Hidup Lantai	8	8	64	250	2	32.000	
Beban Hidup Taman	8	8	64	400	1	25.600	
Beban Diatas							-
Total Beban Hidup (LL)							57.600
Beban Ultimate (1,2DL + 1,6LL)							286.744,32
DIMENSI KOLOM							
Mutu Beton						40	Mpa
Faktor Reduksi						0,65	-
Luas Penampang Minimal Kolom						1102,9	cm ²
Panjang Kolom (b)						45	cm
Lebar Kolom (h)						45	cm
Luas Penampang Kolom						2025	cm ²
Keterangan							OK

Tabel 4.10 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom
(Lantai 1 – Lantai3) Gedung II

(Sumber : Data Pribadi)

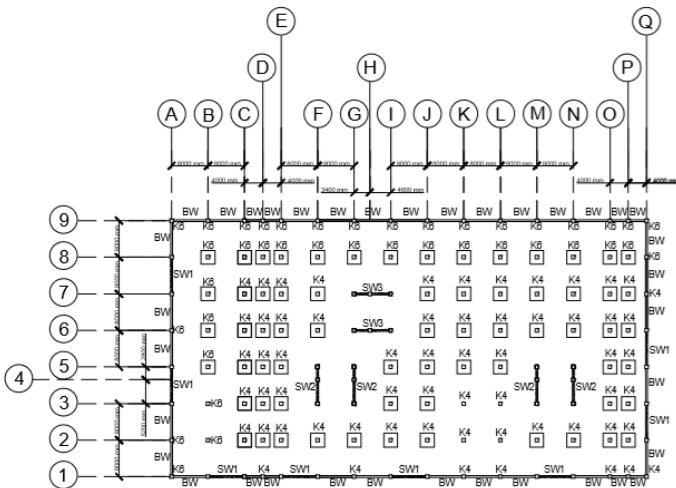
Pembebanan Kolom 6				Lantai	Basement 2	s/d	Basement 1
BEBAN MATI							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Tebal	Volume	Berat Jenis	Jumlah	Total Berat
	m	m	m	m ³	kg/m ³	buah	kg
Pelat BubbleDeck	8	8	0,3	17,57	2400	2	84.326
Drop Panel	3	3	0,1	0,9	2400	2	4.320
Plafond	8	8	-	64	11	2	1.408
Penggantung	8	8	-	64	7	2	896
Plumbing	8	8	-	64	25	2	3.200
Spesi (2cm)	8	8	-	64	42	2	5.376
Dinding	8	3,7	0,2	5,92	250	2	2.960
Sanitasi	8	8	-	64	20	2	2.560
Tegel	8	8	-	64	22	2	2.816
Beban Diatas							162.153,6
Total Beban Mati (DL)							270.016,0
BEBAN HIDUP							
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Luas	Beban	Jumlah	Total Berat	
	m	m	m ²	kg/m ²	buah	kg	
Beban Hidup Parkiran	8	8	64	400	2	51.200	
Beban Diatas							57.600
Total Beban Hidup (LL)							108.800
Beban Ultimate (1,2DL + 1,6LL)							498.099,20
DIMENSI KOLOM							
Mutu Beton						40	Mpa
Faktor Reduksi						0,65	-
Luas Penampang Minimal Kolom						1915,8	cm ²
Panjang Kolom (b)						55	cm
Lebar Kolom (h)						55	cm
Luas Penampang Kolom						3025	cm ²
Keterangan							OK

Tabel 4.11 Pembebanan dan Preliminary Design Dimensi Kolom (Basement 2 – Basement 1) Gedung II

(Sumber : Data Pribadi)

4.1.8 Perencanaan Tebal Dinding Geser dan Dinding Basement

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm. Serta ketebalan dinding *basement* tidak boleh kurang dari 190 mm. Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser dan dinding *basement* direncanakan sebagai berikut :



Gambar 4.6 Denah Dinding Basement dan Shearwall

- Untuk dinding geser ini dirancang awal dengan menggunakan tebal 40 cm dengan tinggi dinding 400 cm dan panjang 800 cm, dengan demikian maka :
 - $T \text{ min} \geq 190 \text{ mm}$
 - $T \text{ min} \geq \frac{1}{25} \times 800 = 32 \text{ cm}$

- $T_{\min} \geq \frac{1}{25} \times 400 = 22 \text{ cm}$
- Dikarenakan $T = 40 \text{ cm}$ lebih besar dari $T_{\min} = 32 \text{ cm}$, maka $T = 40 \text{ cm}$ dapat digunakan
- Untuk dinding basement direncanakan dengan tebal 30 cm

14.5.3 Tebal minimum dinding yang didesain dengan metoda desain empiris

14.5.3.1 Tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

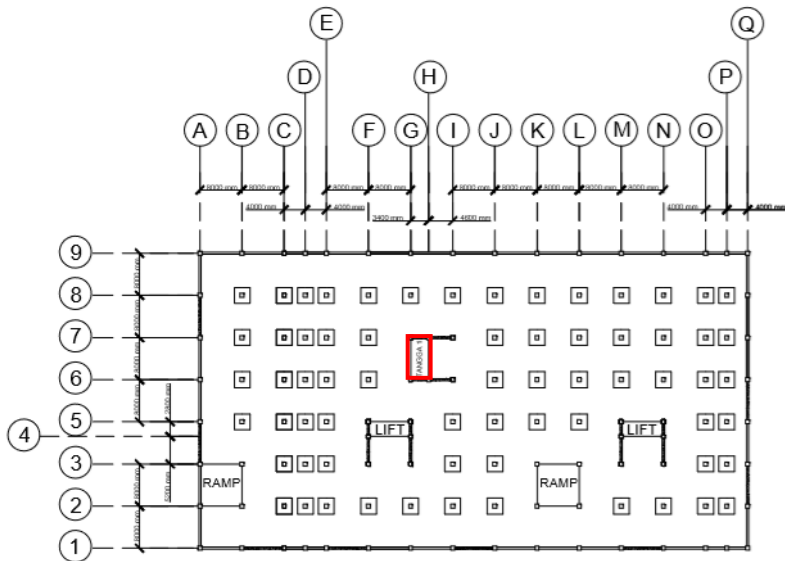
14.5.3.2 Tebal dinding besmen (*basement*) eksterior dan dinding fondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

Tabel 4.12 Persyaratan Tebal minimum dinding yang didesain dengan metode desain empiris

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

4.2.1. Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga yang berupa pelat dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol. Struktur tangga ke atas memiliki 2 tipe.



Gambar 4.7 Denah Tangga

4.2.1.1. Data Perencanaan Tangga

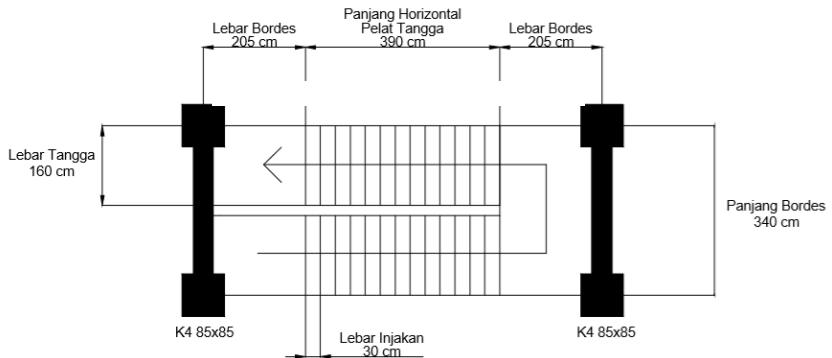
Perhitungan Data Perencanaan Tangga

- Panjang bentang tangga (L) : 800 cm (tipikal)
- Tinggi lantai : 370 cm
- Elevasi bordes : $\frac{\text{Tinggi lantai}}{2}$: 185 cm
- Tinggi tanjakan (t) : 15 cm (tipikal)
- Lebar injakan (i) : 30 cm (tipikal)

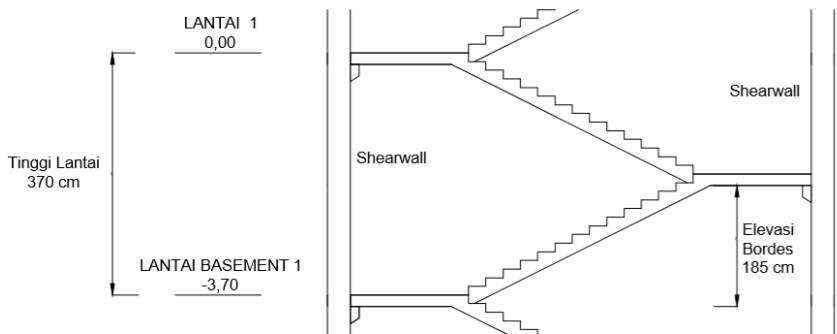
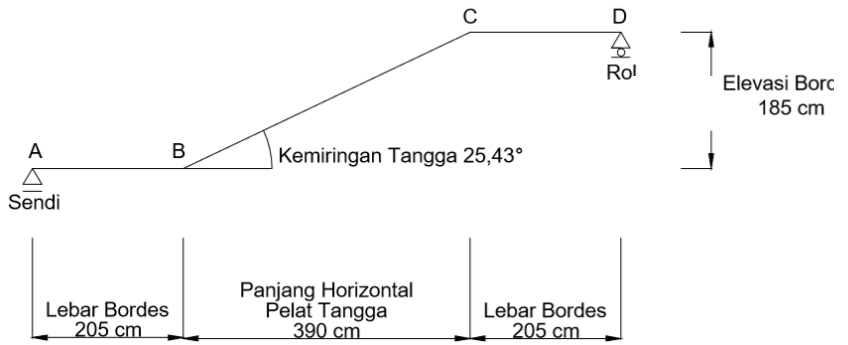
- Jumlah injakan (ni) : $\frac{\text{Elevasi Bordes}}{\text{Tinggi Tanjakan}}$: 13 buah
- Jumlah tanjakan (nt) : ni – 1 buah : 12 buah
- Panjang horizontal pelat tangga : i x nt : 390 cm
- Kemiringan tangga (α) : $\text{arc tan } \frac{\text{Elv. Bordes}}{\text{Panjang horizontal}}$
: $\text{arc tan } \frac{185}{390}$: $25,37^\circ$
- Tebal pelat tangga (tp) : 19 cm (tipikal)
- Tebal anak tangga rata-rata (tr) : $(i/2) \sin \alpha$: 6,43 cm
- Tebal pelat tangga rata-rata : tp + tr : 25,43 cm
- Panjang bordes : $\frac{(L - \text{Panjang horintal})}{2}$
: $\frac{800-390}{2}$: 205 cm
- Lebar Bordes : 340 cm (tipikal)
- Lebar tangga : 160 cm (tipikal)
- Cek syarat
 1. $60 \leq (2t+i) \leq 65$
 $60 \leq (30+30) \leq 65$ (**OK**)
 2. $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 25.43^\circ \leq 40^\circ$ (**OK**)

Data Perencanaan		Tipe Tangga		
		Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
1	Panjang Bentang Tangga (cm)	800	800	800
2	Tinggi Lantai (cm)	370	400	320
3	Tinggi Tanjakan (cm)	15	17	16
4	Lebar Injakan (cm)	30	30	30
5	Lebar Tangga (cm)	160	160	160
6	Tebal Pelat Tangga (cm)	19	19	19
7	Tebal Pelat Bordes (cm)	19	19	19
8	Elevasi Bordes (cm)	185	200	160
9	Jumlah Injakan (buah)	13	12	10
10	Jumlah Tanjakan (buah)	12	11	9
11	Lebar Bordes (cm)	340	340	340
12	Panjang Bordes (cm)	205	220	250
13	Panjang Horizontal Pelat Tangga (cm)	390	360	300
14	Kemiringan Tangga (α°)	25,37	29,05	28,07
15	Tebal Pelat Anak Tangga Rata-Rata (cm)	6,43	7,28	7,06
16	Tebal Pelat Rata-Rata (cm)	25,43	26,28	26,06
Cek Syarat				
$60 \leq (2t + i) \leq 65$		60	64	62
$25^\circ \leq \alpha^\circ \leq 40^\circ$		OK	OK	OK

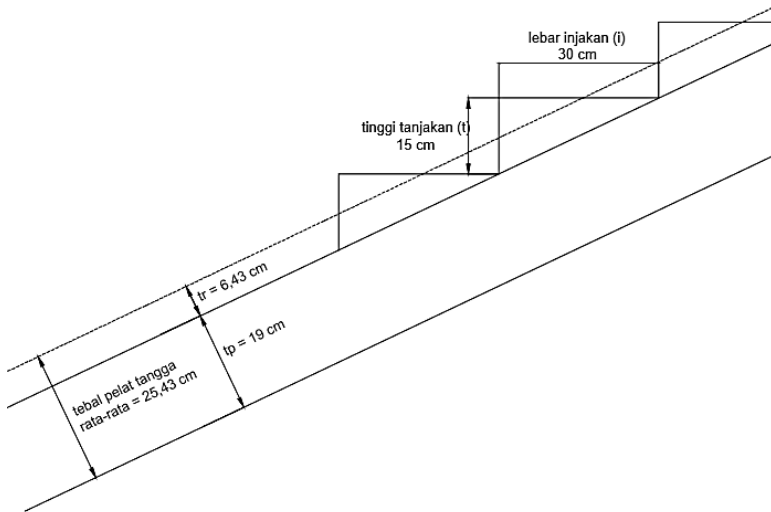
Tabel 4.13 Data Perencanaan Tangga



Gambar 4. 8 Desain Perencanaan Tangga



Gambar 4.9 Desain Perencanaan Tangga (Lanjutan)



Gambar 4.10 Detail Perencanaan Tangga

4.2.2.2 Pembebanan Pada Tangga

Pada perhitungan pembebanan struktur tangga, beban hidup dan mati diberikan untuk lebar tangga setiap 1 m'.

Perhitungan Pembebanan pada Tangga (Tipe 1):

- **Pelat Tangga**

- Beban Mati

$$\text{Pelat tangga} = \frac{0,2543 \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1\text{m}}{\cos 25,37^\circ} = 675,38 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 24 \times 1\text{m} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 21 \times 1\text{m} = 21 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran} = 50 = 50 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel dan Spesi} = \frac{(24+21) \times 1\text{m} \times 3,7\text{m}}{3,9\text{m}} = 42,69 \text{ kg/m}$$

vertikal

$$\mathbf{qd = 813,07 \quad \text{kg/m}}$$

- Beban Hidup $q_l = 488,3 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned} q_{u1} &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2 \times 813,07 + 1,6 \times 488,3 = 1756,97 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

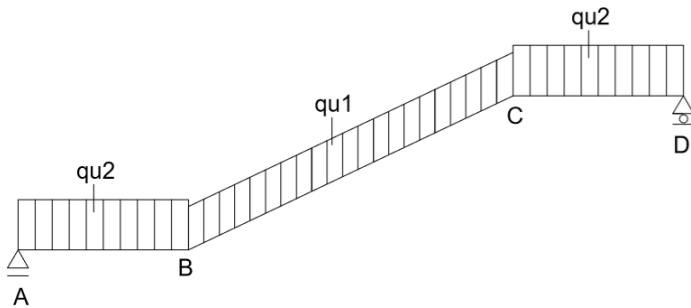
• **Pelat Bordes**

- Beban Mati

Pelat bordes	= 0,19 x 2,05 x 2400	= 934,8	kg/m
Tegel	= 24 x 1m	= 24	kg/m
Spesi	= 21 x 1m	= 21	kg/m
Sandaran	= 50	= 50	kg/m +
		q_d = 1029,8	kg/m

- Beban Hidup $q_l = 488,3 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned} q_{u2} &= 1,2 q_d + 1,6 q_l \\ &= 1,2 \times 1029,8 + 1,6 \times 488,3 = 2017,04 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4.11 Beban Hidup dan Mati Pada Tangga

Data Perencanaan		Tipe Tangga		
		Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
Pelat Tangga				
Beban Mati (kg/m')				
1	Berat Sendiri	675,38	721,58	708,77
2	Tegel	24	24	24
3	Spesi	21	21	21
4	Sandaran	50	50	50
5	Tegel dan Spesi Vertikal	42,69	50,00	48,00
Total Beban Mati (qd)		813,07	866,58	851,77
Beban Hidup (kg/m')				
1	Beban Hidup pada Tangga	488,3	488,3	488,3
Total Beban Hidup (ql)		488,3	488,3	488,3
Beban Ultimate (kg/m')				
Qu = 1,2Qd + 1,6Ql		1756,97	1821,18	1803,40
Pelat Bordes				
Beban Mati (kg/m')				
1	Berat Sendiri	934,8	1003,2	1140
2	Tegel	24	24	24
3	Spesi	21	21	21
4	Sandaran	50	50	50
Total Beban Mati (qd)		1029,8	1098,2	1235
Beban Hidup (kg/m')				
1	Beban Hidup pada Tangga	488,3	488,3	488,3
Total Beban Hidup (ql)		488,3	488,3	488,3
Beban Ultimate (kg/m')				
Qu = 1,2Qd + 1,6Ql		2017,04	2099,12	2263,28

Tabel 4.14 Pembebanan Pada Tangga

4.2.1.3 Gaya Dalam Tangga

Perhitungan gaya dalam pada tangga adalah sebagai berikut:

Perhitungan Gaya Dalam Tangga

Reaksi Perletakan

$$q_{u1} = 1756,97 \text{ kg/m}$$

$$q_{u2} = 2017,04 \text{ kg/m}$$

$$\diamond \Sigma H = 0 \Rightarrow H_A = 0$$

$$\diamond \Sigma M_a = 0$$

$$RD(8) - q_2(2,05) \left(\frac{2,05}{2} + \left(\frac{2,05}{2} + 5,95 \right) \right) - q_1 \times 3,9 \times (1,95 + 2,05) = 0$$

$$RD = \frac{2017,04 \times 2,05 \times 8 + 1756,97 \times 3,9 \times 4}{8}$$

$$RD = 7561,02 \text{ kg}$$

$$- \Sigma V = 0$$

$$RA - q_1(3,9) - q_2(2,05 \times 2) + RD = 0$$

$$RA = 1756,97 \times 3,9 + 2017,04 \times 4,1 - 7561,02$$

$$RA = 7561,02 \text{ kg}$$

Gaya Dalam

- Segmen A – B

$$\text{Bidang N} \rightarrow NAB = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Bidang D} \rightarrow DA = RA = 7561,02 \text{ kg}$$

$$\rightarrow DB = RA - q_2(2,05)$$

$$= 3426,09 \text{ kg}$$

$$\text{Bidang M} \rightarrow MA = 0 \text{ kgm}$$

$$MB = RA \times 2,05 - 0,5q_2 \times 2,05^2$$

$$= 11261,78 \text{ kgm}$$

- **Segmen B – C**

Bidang N

$$\begin{aligned} \rightarrow NB &= -(Ra - q_2 (2,05)) \times \sin \alpha \\ &= -1467,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow NC &= (Ra - q_2 (2,05)) \times \sin \alpha \\ &= 1467,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bidang D

$$\begin{aligned} \rightarrow DB &= (Ra - q_2 (2,05)) \times \cos \alpha \\ &= 3095,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow DC &= (-RD + q_2 (2,05)) \times \cos \alpha \\ &= -3095,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bidang M

$$\begin{aligned} \rightarrow MB &= RA \times 2,05 - 0,5 q_2 \times 2,05^2 \\ &= 11261,78 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow MC &= RD \times 2,05 - 0,5 q_2 \times 2,05^2 \\ &= 11261,78 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\rightarrow M_{\max}$$

$$\begin{aligned} &= Ra \times 4 - q_2 \times 2,05 \times 3,05 - 0,5q_1 \times 1,95^2 \\ &= 14602,21 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- **Segmen C – D**

Bidang N

$$\rightarrow N_{CD} = 0$$

Bidang D

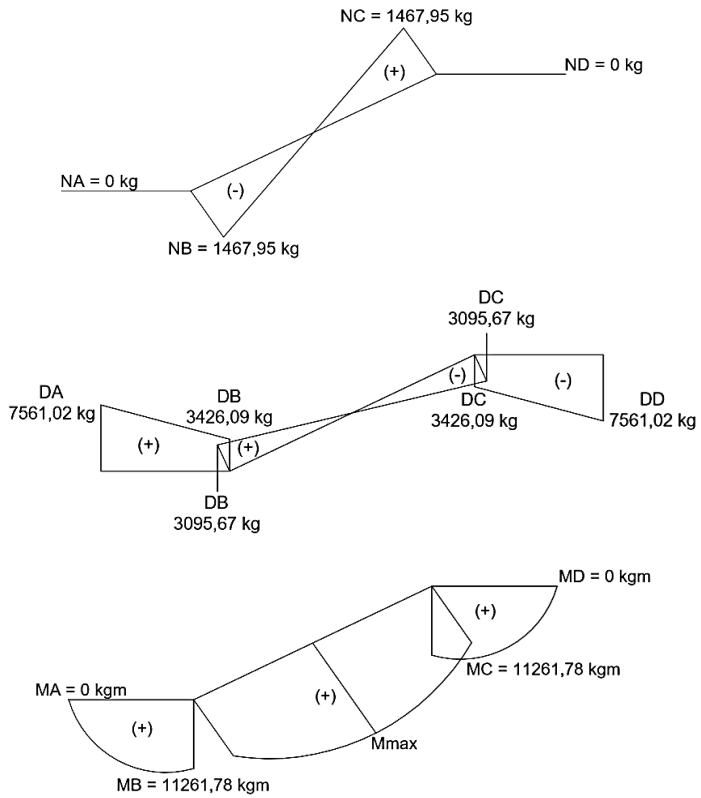
$$\rightarrow DD = -RD = -7561,02 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow DC &= -RD + q_2 (2,05) \\ &= -3426,09 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bidang M

$$\begin{aligned} \rightarrow MC &= RA \times 2,05 - 0,5q_2 \times 2,05^2 \\ &= 11261,78 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\rightarrow MD = 0$$



Gambar 4.12 Bidang N,D,M pada Tangga

Perhitungan Gaya Dalam	Tipe Tangga		
	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3
Reaksi Perletakan			
Reaksi Perletakan D (kg)	7561,02	7896,19	8363,30
Reaksi Perletakan A (kg)	7561,02	7896,19	8363,30
Gaya Normal			
NA (kg)	0	0	0
NB kiri (kg)	0	0	0
NB kanan (kg)	-1467,95	-1591,77	-1272,89
NC kiri (kg)	1467,95	1591,77	1272,89
NC kanan (kg)	0	0	0
ND (kg)	0	0	0
Gaya Geser			
DA (kg)	7561,02	7896,19	8363,30
DB kiri (kg)	3426,09	3278,13	2705,10
DB kanan (kg)	3095,67	2865,73	2386,91
DC kiri (kg)	-3095,67	-2865,73	-2386,91
DC kanan (kg)	-3426,09	-3278,13	-2705,10
DD (kg)	-7561,02	-7896,19	-8363,30
Gaya Momen			
MA (kgm)	0	0	0
MB (kgm)	11261,78	12291,75	13835,51
MC (kgm)	11261,78	12291,75	13835,51
MD (kgm)	0	0	0
Mmax (kgm)	14602,214	15242,06	15864,333

Tabel 4.15 Perhitungan Gaya Dalam Tangga

4.2.1.4 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Tulangan pelat tangga dan bordes dibuat sama agar lebih mudah dalam pelaksanaan. Perhitungan tulangan tangga adalah sebagai berikut:

Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

- $F_c = 40 \text{ Mpa}$
- $F_y = 420 \text{ Mpa}$
- $\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{0,05(F_c-28)}{7}\right) = 0,7643$
- $\rho_{\min} = 0,0018 \text{ (} F_y = 420 \text{ Mpa)}$
- $\rho_{\text{balance}} = 0,85 \times \left(\frac{\beta_1 \times F_c}{F_y}\right) \times \left(\frac{600}{600+F_y}\right) = 0,0364$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,0364 = 0,0273$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,3529$
- Tebal pelat = 190 mm
- Direncanakan tulangan = D 16 mm ($A_s = 201,06 \text{ mm}^2$)
- Tebal selimut beton (C_c) = 20 mm
- $d_x = 190 - 20 - 16 - (0,5 \times 16) = 146 \text{ mm}$
- $d_y = 190 - 20 - (0,5 \times 16) = 162 \text{ mm}$
- $M_u = 14602,21 \text{ kg.m} = 146,0221 \text{ KNm} = 146022100 \text{ Nmm}$
- $V_u = 7561,02 \text{ kg}$
- $N_u = 1467,95 \text{ kg}$

Perhitungan Penulangan :

- **Penulangan Longitudinal** (SNI 2847:2013, Pasal 9.3.2.7)

Penulangan terhadap momen positif

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{146022100}{0,75 \times 1000 \times 162^2} = 7,4187$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 7,4187}{420}} \right) = 0,0188$$

$$0,0188 < \rho_{\max}$$

- $\rho \text{ pakai} = 0,0188$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 3040,08 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum :

$$S \text{ perlu} = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ Perlu}} = \frac{1000 \times 201,06}{3040,08} = 66,2 \text{ mm}$$

S pakai = 50 mm

∴ **Digunakan tulangan lentur D16 – 50**

Penulangan terhadap momen negatif

Karena memakai perletakkan sendi-rol (beban gravitasi tidak ada momen negative), maka rasio tulangan untuk momen negatif memakai ρ_{\min}

ρ pakai = 0.0018

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 291,6 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum :

$$S = \frac{b \times As}{As \text{ Perlu}} = \frac{1000 \times 201,06}{291,6} = 689,8 \text{ mm}$$

S pakai = 250 mm

∴ **Digunakan tulangan lentur D16 – 250**

- **Penulangan Geser** (SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.2)

Komponen struktur dibebani tekan aksial.

$$Vc = 0,17x \left(1 + \frac{Nu}{Agx14} \right) x \sqrt{fc} x bw x d$$

$$Vc = 0,17x \left(1 + \frac{14679,5}{1000x190x14} \right) x \sqrt{40} x 1000 x 162$$

$$Vc = 175.139,5 \text{ N}$$

$$Vn = \frac{Vu}{\phi} = \frac{75610,2}{0,75} = 84.011,3 \text{ N}$$

$Vc > Vn \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

- **Penulangan Susut** (SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.1)

Tulangan susut menggunakan $\rho_{\min} = 0,0018$

ρ pakai = 0.0018

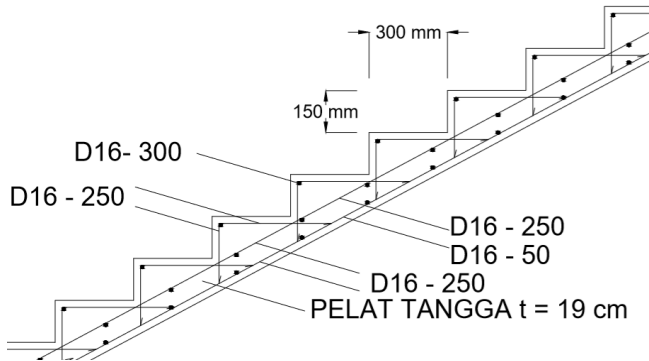
$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 291,6 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum :

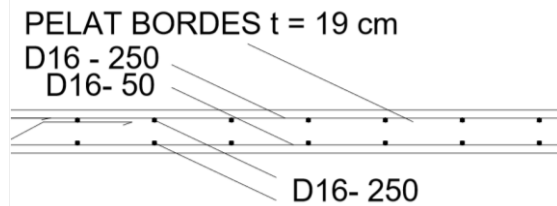
$$S = \frac{b \times As}{As \text{ Perlu}} = \frac{1000 \times 201,06}{291,6} = 689,8 \text{ mm}$$

S pakai = 250 mm

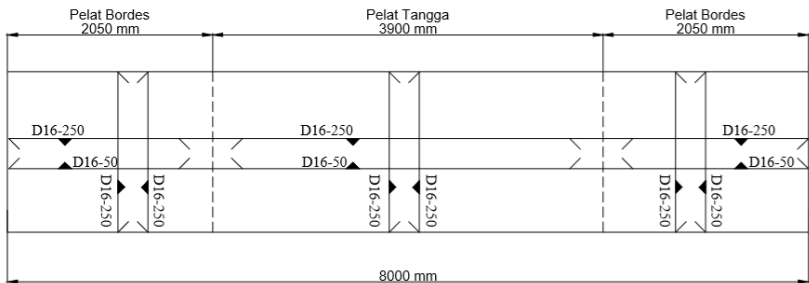
∴ Digunakan tulangan lentur D16 – 250



Gambar 4.13 Desain Tulangan Pelat Tangga



Gambar 4.14 Desain Tulangan Pelat Bordes



Gambar 4.15 Penulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Nama Pelat			Spesifikasi Bahan			Spesifikasi Penampang			
			D tul	Fy	Fc	Lebar (b)	Tebal (h)	Cover	d
			mm	Mpa	Mpa	mm	mm	mm	mm
Tangga Tipe 1	X	Atas	16	420	40	1000	190	20	146
	Y	Atas	16	420	40	1000	190	20	162
	X	Bawah	16	420	40	1000	190	20	146
	Y	Bawah	16	420	40	1000	190	20	162
Tangga Tipe 2	X	Atas	16	420	40	1000	190	20	146
	Y	Atas	16	420	40	1000	190	20	162
	X	Bawah	16	420	40	1000	190	20	146
	Y	Bawah	16	420	40	1000	190	20	162
Tangga Tipe 3	X	Atas	16	420	40	1000	190	20	146
	Y	Atas	16	420	40	1000	190	20	162
	X	Bawah	16	420	40	1000	190	20	146
	Y	Bawah	16	420	40	1000	190	20	162

Tabel 4.16 Perhitungan tulangan lentur pada tangga dan bordes

Nama Pelat			Input Gaya	β_1	Pb	Pmax	Pmin	Rn	m
			Mu					Mpa	
			KNm						
Tangga Tipe 1	X	Atas	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0626	12,353
	Y	Atas	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0508	12,353
	X	Bawah	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0626	12,353
	Y	Bawah	146,0221	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	7,4187	12,353
Tangga Tipe 2	X	Atas	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0626	12,353
	Y	Atas	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0508	12,353
	X	Bawah	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0626	12,353
	Y	Bawah	152,4206	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	7,7438	12,353
Tangga Tipe 3	X	Atas	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0626	12,353
	Y	Atas	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0508	12,353
	X	Bawah	1,0000	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	0,0626	12,353
	Y	Bawah	158,6433	0,764	0,0364	0,0273	0,0018	8,0599	12,353

Tabel 4.17 Perhitungan tulangan lentur pada tangga dan bordes
(lanjutan)

Nama Pelat			P perlu	P pakai	As perlu	S perlu	S pakai	Tulangan Pakai
					mm ²	mm	mm	
Tangga Tipe 1	X	Atas	0,0001	0,0018	262,80	765,4	250	D16-250
	Y	Atas	0,0001	0,0018	291,60	689,8	250	D16-250
	X	Bawah	0,0001	0,0018	262,80	765,4	250	D16-250
	Y	Bawah	0,0188	0,0188	3040,08	66,2	50	D16-50
Tangga Tipe 2	X	Atas	0,0001	0,0018	262,80	765,4	250	D16-250
	Y	Atas	0,0001	0,0018	291,60	689,8	250	D16-250
	X	Bawah	0,0001	0,0018	262,80	765,4	250	D16-250
	Y	Bawah	0,0197	0,0197	3196,75	62,9	50	D16-50
Tangga Tipe 3	X	Atas	0,0001	0,0018	262,80	765,4	250	D16-250
	Y	Atas	0,0001	0,0018	291,60	689,8	250	D16-250
	X	Bawah	0,0001	0,0018	262,80	765,4	250	D16-250
	Y	Bawah	0,0207	0,0207	3351,77	60,0	50	D16-50

Tabel 4.18 Perhitungan tulangan lentur pada tangga dan bordes (lanjutan)

Nama Pelat	Spesifikasi Penampang				Input Gaya		Perhitungan		Tulangan Geser
	Lebar	Tebal	Cover	d	Vu	Nu	Vc	Vn	
	mm	mm	mm	mm	N	N	N	N	
Tangga 1	1000	190	20	162	75.610,2	14.679,5	175.139,5	84.011,3	Tidak Perlu
Tangga 2	1000	190	20	162	78.961,9	15.917,7	175.220,6	87.735,4	Tidak Perlu
Tangga 3	1000	190	20	162	83.633,0	12.728,9	175.011,7	92.925,6	Tidak Perlu

Tabel 4.19 Perhitungan tulangan lentur pada tangga dan bordes (lanjutan)

4.2.2 Perencanaan Balok Lift

4.2.2.1 Data Perencanaan

Perencanaan balok lift meliputi balok lift depan dan balok lift belakang. Pada bangunan ini digunakan lift yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe Lift : Machine Room-Less Type
- Model : 2 Panel Side Open
- Kapasitas : 1750 kg
- Kecepatan : 1,75 m/detik
- Lebar pintu (*clear opening*) : 1200 mm
- Dimensi sangkar (*car size*) :
 - *Car wide (CA)* : 1600 mm
 - *Car depth (CB)* : 2300 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway size*)
 - *Hoistway width (A)* : 1700 mm
 - *Hoistway depth (B)* : 2507 mm
- Beban reaksi ruang mesin
 - R₁ : 8600 kg
 - R₂ : 4300 kg
 - R₃ : 2900 kg
 - R₄ : 1300 kg

Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi lift berikut disajikan dalam tabel :

Manufacturer Standard

(Unit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)						Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		OP	CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6		
1.0	8	550	2 Panel Side Open	800	1100 x 1300	1160 x 1492	1800	1850	4000	2100	1500	600	7000	1600		
	9	600		800	1100 x 1400	1160 x 1592	1800	1900	4100	2300	1600	600	7300	1600		
	10	700		800	1200 x 1400	1260 x 1592	1900	1900	4500	2300	1700	650	7800	1600		
	11	750		800	1300 x 1400	1360 x 1592	2000	1900	4800	2300	1750	700	8100	1700		
	13	900		900	1300 x 1600	1360 x 1792	2000	2100	5100	2500	1800	750	9200	1900		
1.5	15	1000	900	1100 x 2100	1160 x 2292	1800	2550	5600	2700	1900	800	9800	2000			
	17	1150	1200	2100 x 1100	2160 x 1292	2800	1750	5600	2700	1900	800	9800	2000			
	17	1150	1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2000	2700	6300	3400	2100	900	12500	2500			
1.75	20	1350	1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	7700	4300	2500	1100	13900	3000			
	24	1600	1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	7900	4600	2600	1200	15200	3200			
2.0	27	1750	2 Panel Side Open	1200	1600 x 2300	1700 x 2507	2500	2800	8600	4300	2900	1300	16700	2800		
	30	2000	1200	1500 x 2700	1600 x 2907	2400	3200	9100	4700	3100	1300	19800	3300			
	38	2500	1300	1800 x 2700	1900 x 2907	2900	3200	10300	5200	3300	1600	24000	3700			
	13	900	900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300			
	15	1000	900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500			
	17	1150	1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700			
	20	1350	1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100			
	24	1600	1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	8300	4900	2700	1200	17800	3300			
	2.5	13	900	900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300		
		15	1000	900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500		
17		1150	1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700			
20		1350	1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100			
24		1600	1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	8300	4900	2700	1200	17800	3300			

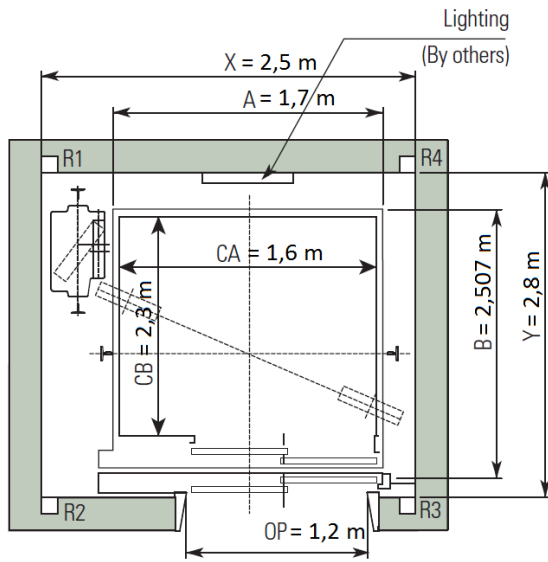
Tabel 4. 20 Spesifikasi Lift (Plan of Hoistway)

Overhead & Pit Depth

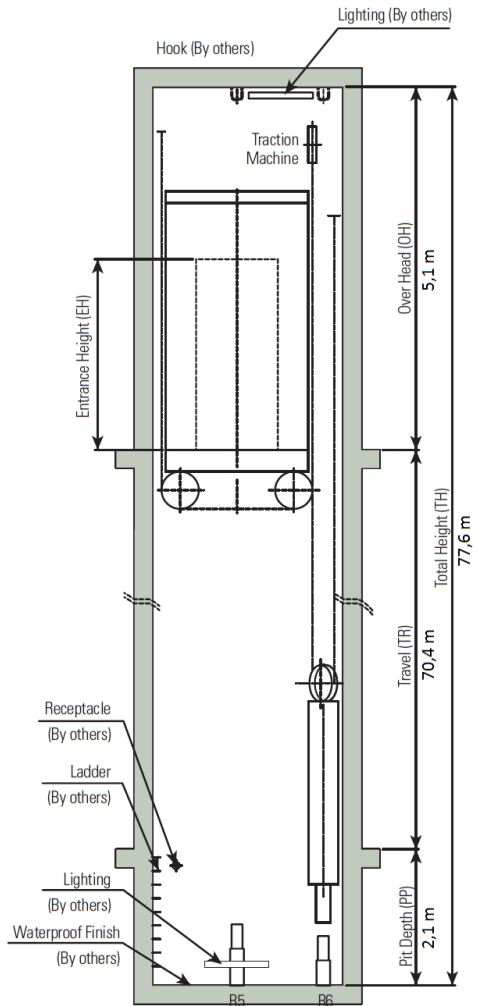
(Unit : mm)

Duty Load (kg)	Speed (m/s)	Overhead (OH)		Pit Depth (PP)	Control Panel (CP)*
		2 Panel Center Open	2 Panel Side Open		
550 ~ 1150	1.0	3800	4300	1500	530
	1.5	3900	4400	1800	
	1.75	4000	4500	2100	
900 ~ 1150	2.0	4300	4800	2200	530
	2.5	5100	5600	2400	630
	1.0	4200	4700	1500	530
1350 ~ 1600	1.5	4300	4800	1800	630
	1.75	4500	5000	2100	
	2.0	4800	5300	2200	
	2.5	5100	5600	2400	
1750 ~ 2000	1.0	4400	4900	1750	630
	1.5	4500	5000	1900	
	1.75	4600	5100	2100	
2250 ~ 2500	1.0	5000	5500	1750	630
	1.5	5100	5600	1900	
	1.75	5300	5800	2100	

Tabel 4. 21 Spesifikasi Lift (Section of Hoistway)

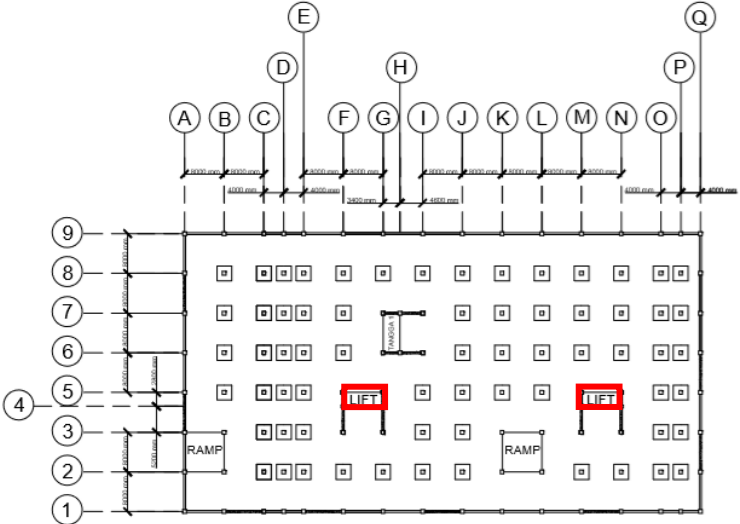


Gambar 4. 16 Denah Ruang Lift

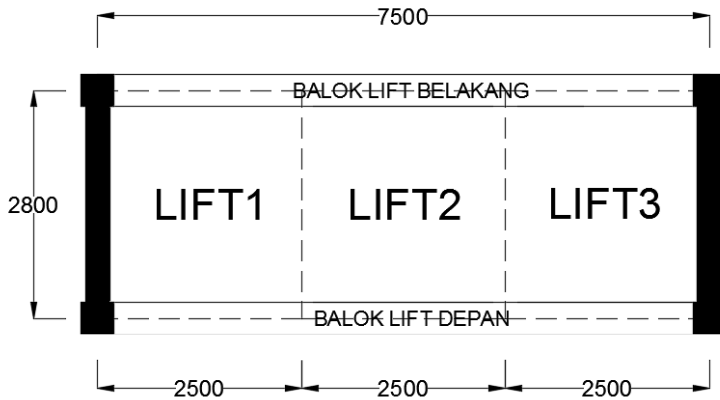


Gambar 4. 17 Potongan Ruang Lift

Lift dipasang 3 buah bersejajar yang akan ditumpu oleh balok lift, untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 4.18 Denah Lift



Gambar 4. 19 Denah Pembalokan Ruang Mesin Lift

4.2.2.2 Perencanaan Dimensi Balok Lift

Panjang Balok Lift = 7500mm
 $h_{\min} = \frac{1}{16} \times 7500 = 468,75 \text{ mm}$
 $h_{\text{pakai}} = 600 \text{ mm}$
 $b = 400 \text{ mm}$
 Digunakan dimensi Balok Lift 40/60

4.2.2.3 Pembebanan Lift

Beban Hidup Terpusat

1. Beban yang bekerja pada balok penumpu
 Beban yang bekerja pada balok penumpu adalah beban mati (pelat, aspal, ducting, dll) dan beban hidup
2. Koefisien kejut beban hidup keran
 Pasal 3.3(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri ditambah muatan yang diangkat. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Dimana :

Ψ = koefisien kejut yang nilainya idak boleh kurang dari 1,15

V = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s

K_1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6

K_2 = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

- $R_1 = 8600 \text{ kg} \times \Psi = 8600 \text{ kg} \times 1,15 = 9890 \text{ kg}$
- $R_2 = 4300 \text{ kg} \times \Psi = 4300 \text{ kg} \times 1,15 = 4945 \text{ kg}$
- $R_3 = 2900 \text{ kg} \times \Psi = 2900 \text{ kg} \times 1,15 = 3335 \text{ kg}$
- $R_4 = 1300 \text{ kg} \times \Psi = 1300 \text{ kg} \times 1,15 = 1495 \text{ kg}$

Beban Merata

Beban mati:

$$\text{Berat pelat} = 0,25 \times 2400 \times 1,4m = 840 \text{ kg/m}$$

$$\text{Aspal (t=2cm)} = 0,02 \times 2200 \times 1,4m = 61,6 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Ducting} &= 30 \times 1,4m &= 42 \text{ kg/m} \\ & & \text{qd} &= 943,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup:

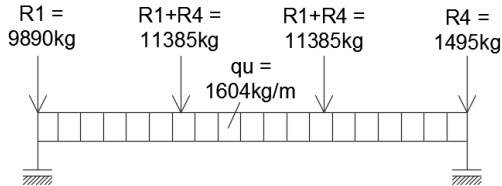
$$\begin{aligned} \text{Beban pekerja} &= 100 \times 1,4m &= 140 \text{ kg/m} \\ & & \text{ql} &= 140 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban berfaktor

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2qd + 1,6ql \\ &= 1,2(943,6) + 1,6(140) \\ &= 1356,32 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4.2.2.4 Perhitungan Gaya Dalam Balok Lift

Dari perhitungan pembebanan, dapat dilihat beban yang bekerja pada balok adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 20 Beban yang bekerja pada balok lift

Gaya Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times qu \times L + (R1 + R4) \\ &= \frac{1}{2} \times 1356,32 \times 8 + 11385 \\ &= 16810,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya Momen

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{12} \times qu \times L^2 + \frac{2}{9} (R1 + R4)L \\ &= \frac{1}{12} \times 1356,32 \times 8^2 + \frac{2}{9} \times 11385 \times 8 \\ &= 27473,71 \text{ kgm} \end{aligned}$$

4.2.4.5 Perhitungan Tulangan Balok Lift

Data Perencanaan :

f'_c		= 40 MPa
f_y		= 420 MPa
Tulangan utama		= D22 mm
Tulangan sengkang		= D13 mm
Clear cover		= 40 mm
b		= 400 mm
h		= 600 mm
d	= $600 - 40 - 13 - \frac{1}{2} \times 22$	= 536 mm
β_1	= $0,85 - \frac{0,05(40-28)}{7}$	= 0,764

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} &&= 0,0033 \\ \text{atau} &= \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{40}}{420} &&= 0,0037 \\ m &= \frac{f_y}{0,85f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} &&= 12,35 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Lentur

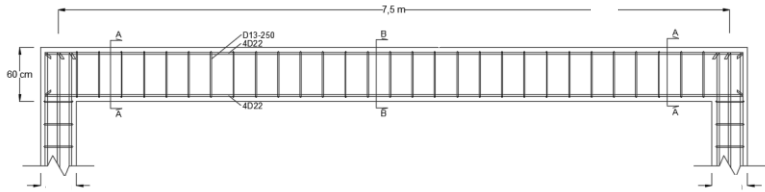
$$\begin{aligned} M_u &= 27473,71 \text{ kgm} \\ &= 274737100 \text{ Nmm} \\ \phi &= 0,9 \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{264937500}{0,9} &&= 305263444,45 \text{ Nmm} \\ R_n &= \frac{M_n}{bd^2} = \frac{305263444,45}{400 \times 536^2} &&= 2,656 \\ \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) &&= 0,0066 \\ A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d &&= 1415,04 \text{ mm}^2 \\ A_{D25} &= 380,13 \text{ mm}^2 \\ n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{D22}} = \frac{1367,6}{380,13} &&= 3,72 \approx 4 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 4D22

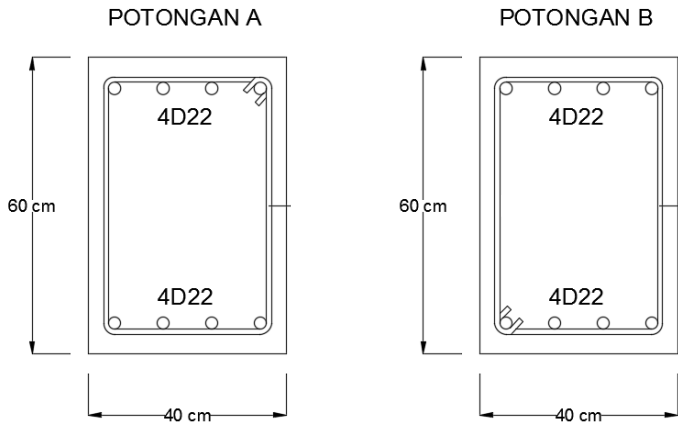
Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 16810,28 \text{ kg} &&= 168102,8 \text{ N} \\ \phi &= 0,75 \\ V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b d = \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 400 \times 536 \\ &= 225997 \text{ N} \\ \phi V_c &= 0,75 \times 225997 &&= 169478 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $\phi V_c \geq V_u$ maka tidak dibutuhkan tulangan geser



Gambar 4. 21 Penulangan Balok Penumpu Lift



Gambar 4. 22 Detail Penulangan Balok Penumpu Lift

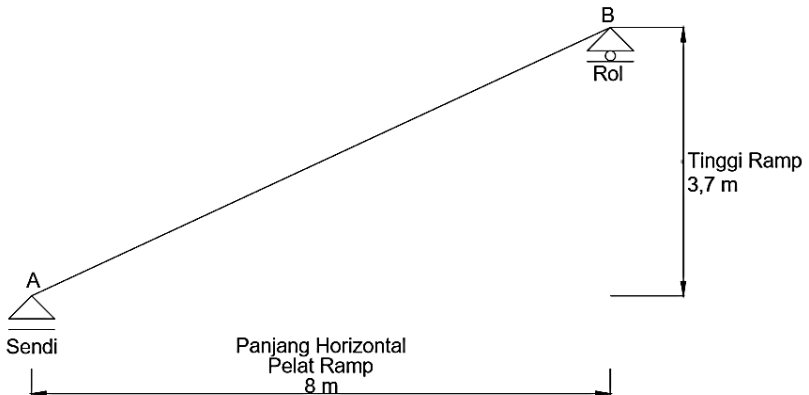
4.2.3 Perencanaan Ramp

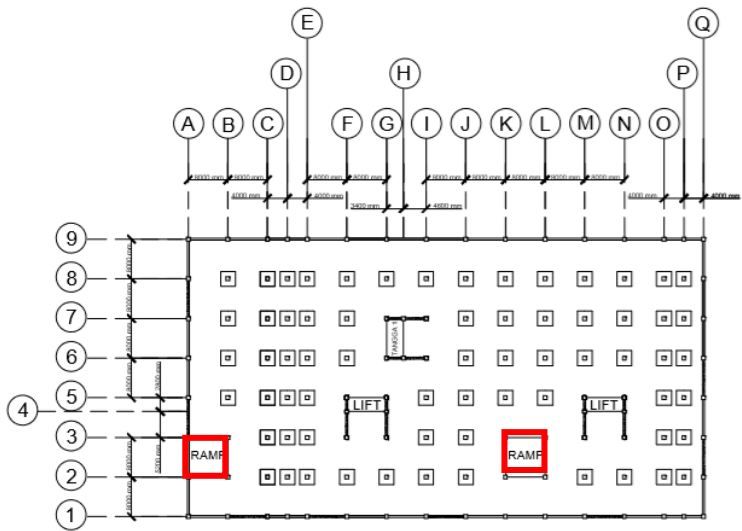
4.2.3.1 Data Perencanaan Ramp

Pada perencanaan gedung apartemen terdapat 2 lantai parkir, sehingga terdapat 2 tipe ramp yang berbeda. Data perencanaan ramp adalah sebagai berikut:

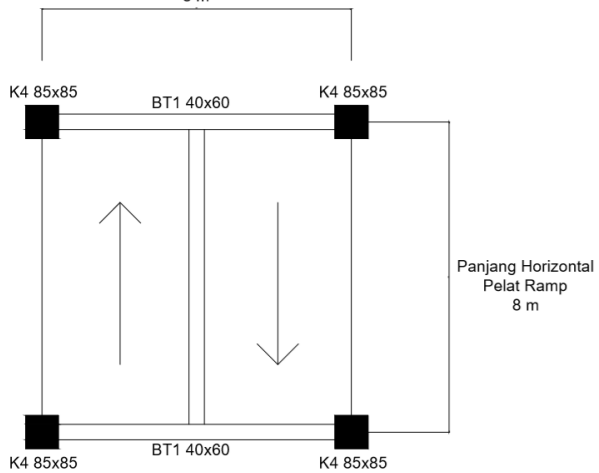
Perhitungan Data Ramp :

- Tinggi ramp : 370 cm
- Lebar ramp : 150 cm (tipikal)
- Tebal pelat ramp (tp) : 20 cm (tipikal)
- Panjang horizontal pelat ramp : 800 cm (tipikal)
- Kemiringan ramp (α) : $\text{arc tan } \frac{\text{Tinggi ramp}}{\text{Panjang horizontal}}$
: $\text{arc tan } \frac{370}{800} : 24,82^\circ$
- Tebal vertikal pelat ramp : $\frac{tp}{\cos \alpha} : \frac{20}{\cos 24,82^\circ} : 22,03\text{cm}$

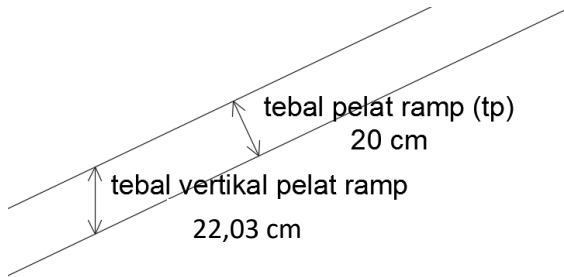




Lebar Ramp
8 m



Gambar 4. 23 Desain Perencanaan Ramp



Gambar 4. 24 Detail Perencanaan Ramp

4.2.3.2 Pembebanan

Pada pemodelan struktur ramp, beban sendiri ditambahkan sebagai beban mati tambahan, sehingga untuk beban mati sendiri tidak dihitung. Beban hidup dan mati diberikan untuk lebar ramp setiap 1 m'.

Perhitungan Pembebanan Ramp (Tipe 1)

- Beban Mati

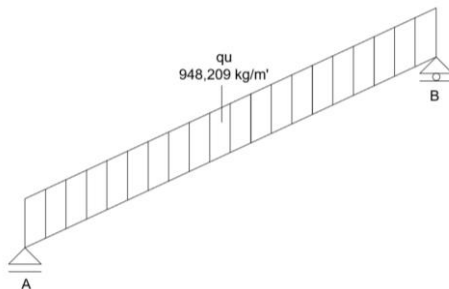
$$\text{Pelat ramp} = 0,2203 \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1\text{m} = 528,84 \quad \text{kg/m}$$

$$\mathbf{q_d = 528,84 \quad \text{kg/m}}$$

- Beban Hidup $\mathbf{q_l = 196 \quad \text{kg/m}}$

$$\mathbf{q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l}$$

$$= 1,2 \times 528,84 + 1,6 \times 196 = \mathbf{948,209 \text{ kg/m}}$$



Gambar 4. 25 Beban Hidup dan Mati pada Ramp

4.2.3.3 Perhitungan Gaya Dalam

Hasil perhitungan gaya dalam ramp adalah sebagai berikut:

Perhitungan Gaya Dalam pada Ramp:

$$q_u = 948,209 \text{ kg/m}$$

$$\diamond \Sigma H = 0 \Rightarrow H_A = 0$$

$$\diamond \Sigma M_a = 0$$

$$RB (8) - q_u (8) (4) = 0$$

$$RB = \frac{948,209 \times 8 \times 4}{8}$$

$$RB = 3792,83 \text{ kg}$$

$$\diamond \Sigma V = 0$$

$$RA - q_u (8) + RB = 0$$

$$RA = 948,209 \times 8 - 3792,83$$

$$RA = 3792,83 \text{ kg}$$

$$\text{Bidang N} \rightarrow NA = - (Ra) \times \sin \alpha = - 1592,11 \text{ kg}$$

$$\rightarrow NB = (Rb) \times \sin \alpha = 1592,11 \text{ kg}$$

$$\text{Bidang D} \rightarrow DA = Ra \times \cos \alpha = 3442,49 \text{ kg}$$

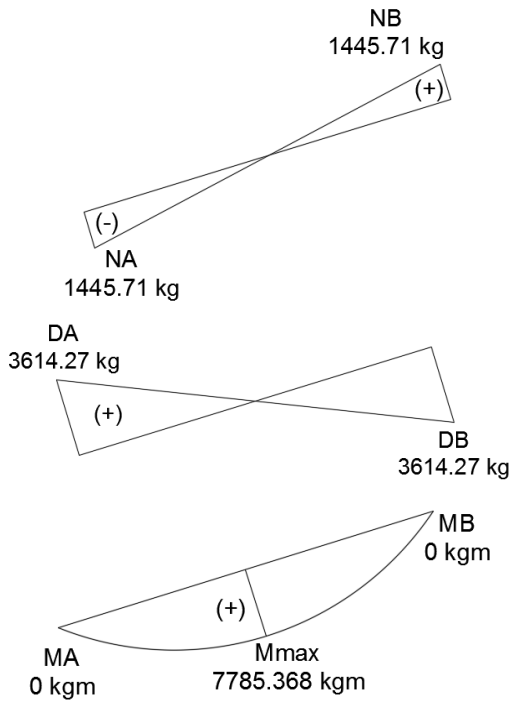
$$\rightarrow DB = - Rb \times \cos \alpha = - 3442,49 \text{ kg}$$

$$\text{Bidang M} \rightarrow MA = 0 \text{ kgm}$$

$$\rightarrow MB = 0 \text{ kgm}$$

$$\rightarrow M_{\max} = \frac{q_u \times l \times l}{12} = \frac{948,209 \times 8 \times 8}{8}$$

$$= 7585,66 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 26 Bidang N,D,M pada ramp

4.2.3.4 Perhitungan Tulangan Pelat Ramp

Perhitungan tulangan ramp adalah sebagai berikut:

Perhitungan Tulangan Pelat Ramp:

- $F_c = 40 \text{ Mpa}$
- $F_y = 420 \text{ Mpa}$
- $\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{0,05(F_c-28)}{7}\right) = 0,764$
- $\rho_{\min} = 0,0018 (F_y = 420 \text{ Mpa})$
- $\rho_{\text{balance}} = 0,85 \left(\frac{\beta_1 \times F_c}{F_y}\right) \times \left(\frac{600}{600+F_y}\right) = 0,0364$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times 0,0364 = 0,0273$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,3529$
- Tebal pelat = 200 mm
- Direncanakan tulangan = D 16 mm ($A_s = 201,06 \text{ mm}^2$)
- Tebal selimut beton (d') = 20 mm
- $d_x = 200 - 20 - (0,5 \times 16) = 172 \text{ mm}$
- $M_u = 7585,66 \text{ kg.m} = 75,8566 \text{ KNm}$
- $V_u = 3442,49 \text{ kg}$
- $N_u = 1592,11 \text{ kg}$

Perhitungan Penulangan :

- **Penulangan Longitudinal** (SNI 2847:2013, Pasal 9.3.2.7)

Penulangan terhadap momen positif

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{75856600}{0,75 \times 1000 \times 172^2} = 3,42 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 3,42}{420}} \right) = 0,008$$

$$\rho_{\min} < 0,008 < \rho_{\max}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,008$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 1375,09 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum :

$$S = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ Perlu}} = \frac{1000 \times 201,06}{1375,09} = 146,3 \text{ mm}$$

S pakai = 100 mm

∴ Digunakan tulangan lentur D16 – 100

Penulangan terhadap momen negatif

Karena memakai perletakkan sendi-rol (beban gravitasi tidak ada momen negative), maka rasio tulangan untuk momen negatif memakai ρ_{\min}

ρ pakai = 0.0018

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 309,6 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum :

$$S = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ Perlu}} = \frac{1000 \times 201,06}{309,6} = 649,7 \text{ mm}$$

S pakai = 250 mm

∴ Digunakan tulangan lentur D16 – 250

- **Penulangan Geser** (SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.2)

Komponen struktur dibebani tekan aksial.

$$V_c = 0,17x \left(1 + \frac{Nu}{Agx14} \right) x \sqrt{f_c} x b_w x d$$

$$V_c = 0,17x \left(1 + \frac{15921,1}{1000x200x14} \right) x \sqrt{40} x 1000 x 172$$

$$V_c = 185981,5 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{34424,9}{0,9} = 38249,9 \text{ N}$$

$V_c > V_n \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

- **Penulangan Susut** (SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.1)

Tulangan susut menggunakan $\rho_{\min} = 0,0018$

ρ pakai = 0.0018

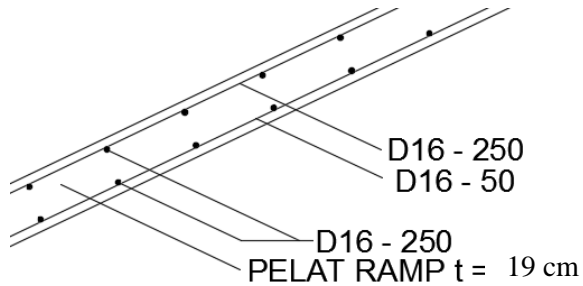
$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 309,6 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum :

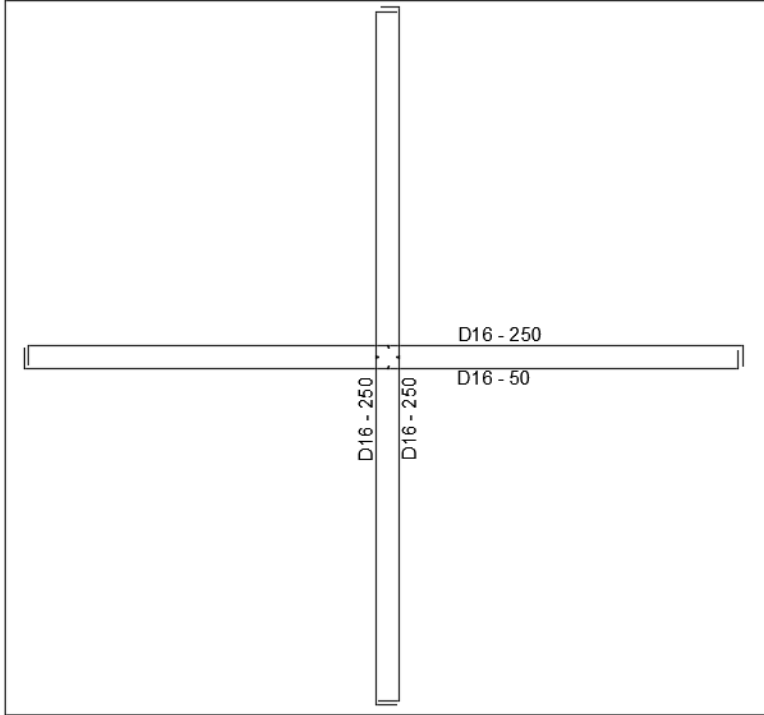
$$S = \frac{b \times A_s}{A_s \text{ Perlu}} = \frac{1000 \times 201,06}{309,6} = 649,7 \text{ mm}$$

S pakai = 250 mm

∴ Digunakan tulangan lentur D16 – 250



Gambar 4. 27 Desain Tulangan Pelat Ramp



Gambar 4. 28 Penulangan Pelat Ramp

4.3 Pemodelan Struktur

4.3.1 Umum

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 1727:2013, PPIUG 1983 dan SNI 2847:2013, dan pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

- 1) $U = 1,4 D$
- 2) $U = 1,2 D + 1,6 L$
- 3) $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- 4) $U = 1,0 D + 1,0 L$
- 5) $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan:

U: beban ultimate

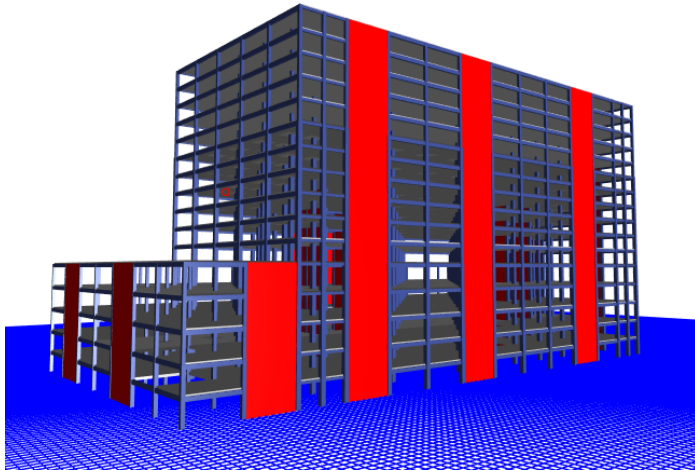
D: beban mati

L: beban hidup

E: beban gempa

4.3.2 Pemodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu pemodelan struktur. Struktur pemodelan gedung memiliki total 20 Lantai dengan tinggi total gedung ± 95.5 .m. Pemodelan gedung berlokasi di Medan, Sumatera Utara



Gambar 4.29 Pemodelan Gedung Apartemen Setiabudi

4.3.3. Pemodelan Pada Pelat

Pada bagian pelat, permodelan flat slab yang dikombinasikan dengan BubbleDeck dilakukan dengan cara memodelkannya seperti pelat konvensional namun pada bagian koefisien kekakuan dilakukan memodifikasi koefisien kekakuan pada bagian pelat sesuai dengan desain yang ditetapkan.

Version	Slab Thickness	Bubbles	Span (Multiple bays)	Cantilever Maximum Length	Span (Single bays)	Completed Slab Mass	Site Concrete Quantity
	mm	mm	metres	metres	metres	kN/m ²	m ³ /m ²
BD230	230	Ø 180	5 – 8.3	< 2.8	5 – 6.5	4.34	0.100
BD280	280	Ø 225	7 – 10.1	≤ 3.3	6 – 7.8	5.17	0.142
BD340	340	Ø 270	9 – 12.5	≤ 4.0	7 – 9.5	6.25	0.186
BD390	390	Ø 315	11 – 14.4	≤ 4.7	9 – 10.9	6.93	0.213
BD450	450	Ø 360	13 – 16.4	≤ 5.4	10 – 12.5	7.94	0.245
BD510 *	510	Ø 410	15 – 18.8	≤ 6.1	11 – 13.9	9.06	0.291
BD600 *	600	Ø 500	16 – 21.0	≤ 7.2	12 – 15.0	10.22	0.338

* New 2006 BubbleDeck slab configurations: Agrément certification pending, outside scope of KOMO technical certificate.

Tabel 4.22 Peraturan Desain BubbleDeck

Ball diameter	[cm]	18.00	22.50	27.00	31.50	36.00	40.50	45.00
Minimum axis spacing	[cm]	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00
Maximum number of balls	[1/m ²]	25.00	16.00	11.11	8.16	6.25	4.94	4.00
Recommended minimum slab thickness	[cm]	23.00	28.00	34.00	40.00	45.00	52.00	58.00
Load reduction per ball	[kN]	0.08	0.15	0.26	0.41	0.61	0.87	1.19
Maximum load reduction per sq. metre	[kN/m ²]	1.91	2.39	2.86	3.34	3.82	4.29	4.77
Rigidity factor	[-]	0.88	0.87	0.87	0.88	0.87	0.88	0.88
Shear factor	[-]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Tabel 4.23 Peraturan Desain Modifikasi Koefisien Kekakuan BubbleDeck

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Direction	<input type="text" value="0.88"/>
Membrane f22 Direction	<input type="text" value="0.88"/>
Membrane f12 Direction	<input type="text" value="0.88"/>
Bending m11 Direction	<input type="text" value="0.88"/>
Bending m22 Direction	<input type="text" value="0.88"/>
Bending m12 Direction	<input type="text" value="0.88"/>
Shear v13 Direction	<input type="text" value="0.6"/>
Shear v23 Direction	<input type="text" value="0.6"/>
Mass	<input type="text" value="0.745"/>
Weight	<input type="text" value="0.745"/>

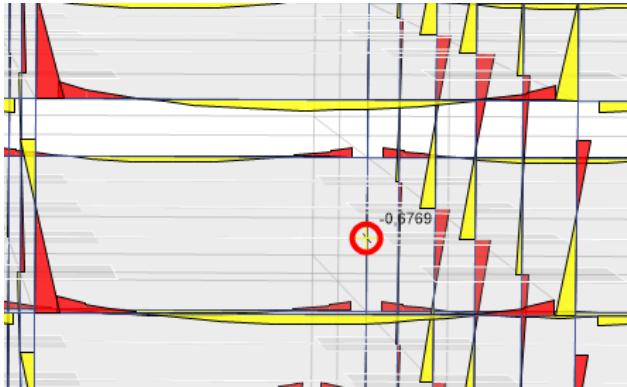
Gambar 4.30 Modifikasi Koefisien Kekakuan Pada Pelat

4.3.4. Pembebanan Gravitasi

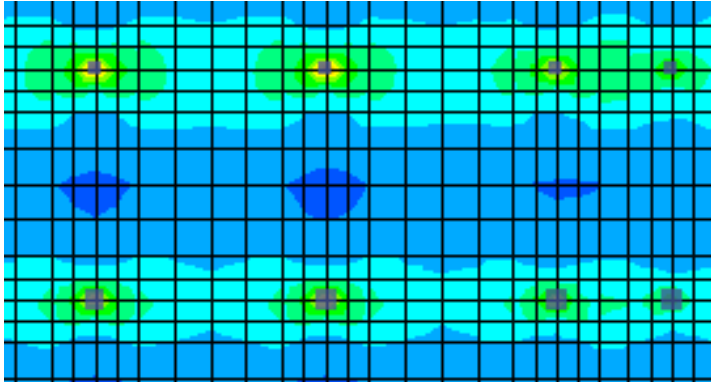
Pembebanan Gravitasi berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gedung. Beban mati dan hidup yang dipehitungkan berupa

1. Beban Mati (PPIUG 1983)

• Berat sendiri pelat beton	: Input langsung ke permodelan sebagai SELF WEIGHT
• Spesi 1cm	: 21 Kg/m ²
• Tegel	: 24 Kg/m ²
• Plafond	: 11 Kg/m ²
• Penggantung	: 7 Kg/m ²
• Plumbing +ducting	: 25 Kg/m ²
• Sanitasi	: 30 Kg/m ²
TOTAL	: 138 Kg/m²



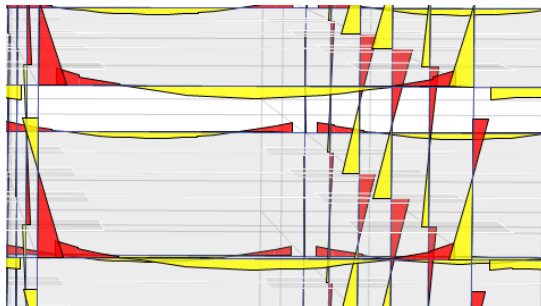
Gambar 4.31 Momen pada Kolom dan Balok yang terjadi akibat beban mati



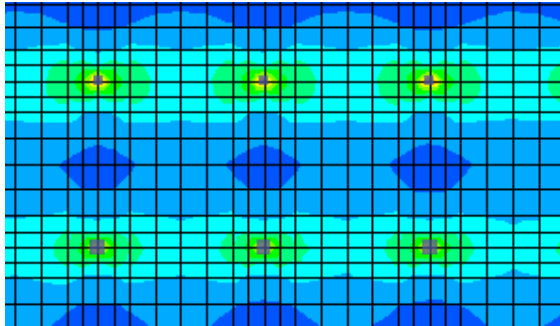
Gambar 4.32 Momen pada Pelat yang terjadi akibat beban mati

2. Beban Hidup (SNI 1727 : 2013)

- Lantai Atap : 100 Kg/m²
- Lantai Apartement : 300 Kg/m²
- Lantai Parkir : 400 Kg/m²



Gambar 4.33 Momen pada Kolom dan Balok yang terjadi akibat beban hidup



Gambar 4.34 Momen pada Pelat yang terjadi akibat beban hidup

3. Beban Akibat Struktur Sekunder

Beban akibat struktur sekunder berupa beban garis terpusat sebesar reaksi perletakkan pada struktur sekunder (kg/m')

- Beban Tangga

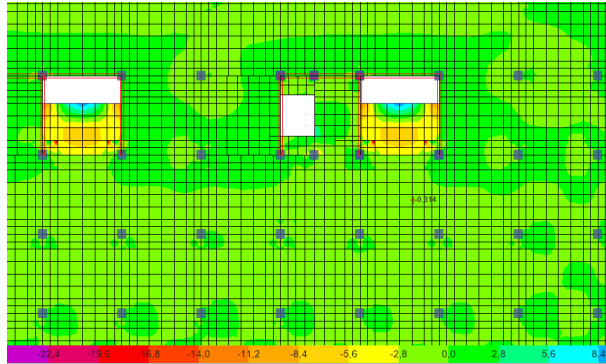
Tangga 1	: 2017,04 Kg/m
Tangga 2	: 2099,12 Kg/m
Tangga 3	: 2263,28 Kg/m

- Beban Ruang Mesin Lift

R 1	: 9890 Kg
R 4	: 1495 Kg
R1 + R4	: 11385 Kg
Qu	: 1604 Kg/m

- Ramp

Ramp 1	: 948,209 kg/m
--------	----------------



Gambar 4.35 Momen yang terjadi pada Pelat akibat Beban Struktur Sekunder

4.3.5 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

4.3.5.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa seperti yang telah di bahas pada Subab 2.9.1 ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung apartemen masuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa (I) **1,0**.

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 4.24 Kategori Resiko Desain

4.3.5.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan gedung Apartemen Setiabudi Medan didapatkan nilai N (tes N_{spt}) sampai kedalaman 20 meter diantara 15 sampai 50 jadi dapat dikatakan tanah termasuk dalam kelas situs **SD**.

4.3.5.3 Parameter Respons Spectral

S_s , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaikan (MCE_R). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis), Kelas situs SD. Untuk wilayah Medan, Sumatera Utara didapatkan nilai $S_s = 0,526$ g.

S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaikan (MCE_R) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SB. Untuk wilayah Medan, Sumatera Utara didapatkan nilai $S_1 = 0,332$ g.

4.3.5.4 Parameter Percepatan Spectral Desain

Parameter percepatan spektra disain untuk periode pendek 0,2 detik (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) adalah sebagai berikut

$$S_{MS} = F_a S_s = 1,38 \times 0,526 = 0,725$$

$$S_{M1} = F_v S_1 = 1.736 \times 0,332 = 0,577$$

sehingga

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,725 = 0,483$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,577 = 0,385$$

Untuk perioda pendek 0.2 detik (S_s) sebesar 0,526g dan parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik (S_1) sebesar 0,332g dengan kelas situs SD didapatkan daerah Jakarta Timur memiliki S_{DS} sebesar **0,483** dan S_{D1} sebesar **0,385**.

4.3.5.5 Kategori Desain Seismik

Seperti yang telah di bahas pada subab 2.3.6, kategori desain seismik dibagi berdasarkan tabel 2.6 dan tabel 2.7 untuk S_{DS} sebesar 0,483 dan S_{D1} sebesar 0,385 dan kategori resiko II kategori desain seismik tergolong kategori D. Untuk kategori D tipe struktur menggunakan Sistem Ganda yaitu Dinding Geser Beton Bertulang Khusus dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

4.3.5.6 Respon Spectrum Desain

Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \cdot \left(0,4 + 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \right)$$

Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain

$$S_a = S_{DS}$$

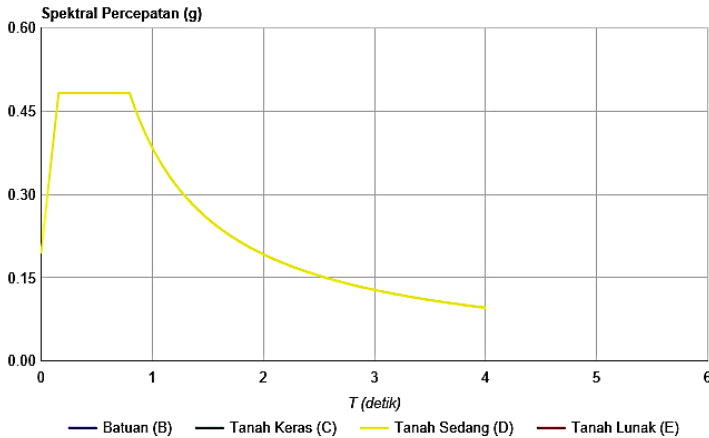
Untuk perioda lebih besar dari T_s , respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

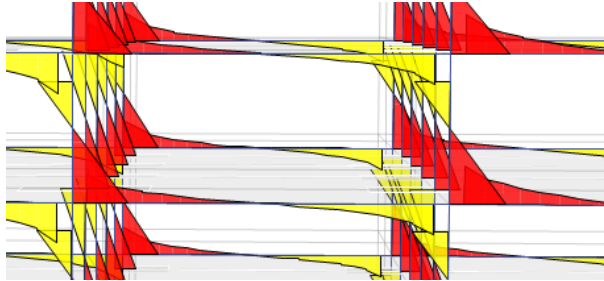
Dimana :

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,159 dt ; T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,794 dt$$

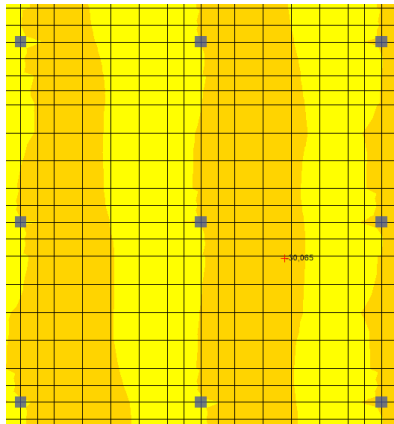
Sehingga didapatkan respon spektrum desain sebagai berikut



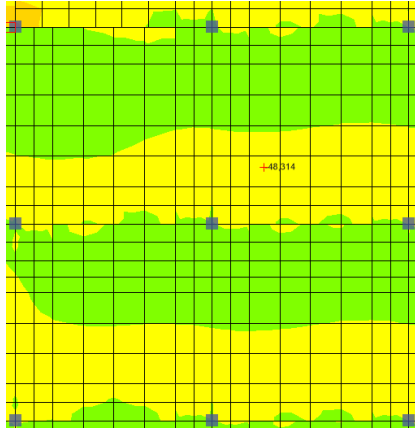
Gambar 4.36 Grafik Respon Spektrum Desain



Gambar 4.37 Momen pada Kolom dan Balok Akibat Beban Gempa Arah X (Ex)



Gambar 4.38 Momen pada Pelat akibat beban gempa Arah Y (Ey)



Gambar 4.39 Momen pada Pelat akibat beban gempa Arah X (Ex)

4.3.6 Kontrol Pemodelan Struktur

4.3.6.1 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental (T)

$$T = C_u \times T_a$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 15, tipe struktur system rangka pemikul momen menggunakan nilai parameter periode pendekatan C_t adalah 0,0466, nilai x digunakan 0,9 dan ketinggian gedung 94,4m.

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$T_a = 0,0466 \times 47,2^{0,9} \text{ a}$$

$$T_a = 1,496 \text{ dt}$$

Dimana :

- T_a = periode fundamental pendekatan
- C_t = koefisien pendekatan
- h_n = ketinggian struktur

Tabel 4. 25 Koefisien Batas Atas Periode Gedung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Perhitungan waktu getar alami fundamental menggunakan rumusan berikut :

$$T = C_u \times T_a$$

$$T = 1,4 \times 1,496 \text{ dt}$$

$$T = 2,094 \text{ dt}$$

Periode fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u)

$$T < C_u \times T_a$$

Nilai T didapat dari pemodelan ETABS 2016 yang telah diinput gaya gempa dinamik.

TABLE : Modal Participating Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		Sec		
MODAL	1	1,927	0,4169	0,0978
MODAL	2	1,783	0,5712	0,4528
MODAL	3	1,452	0,5852	0,5308
MODAL	4	1,325	0,718	0,5339
MODAL	5	0,985	0,7366	0,7063
MODAL	6	0,69	0,7687	0,7596
MODAL	7	0,471	0,8269	0,7596
MODAL	8	0,389	0,8281	0,8291
MODAL	9	0,377	0,8449	0,8312
MODAL	10	0,295	0,8676	0,8313
MODAL	11	0,245	0,8682	0,8317
MODAL	12	0,232	0,8723	0,8537
MODAL	13	0,227	0,8878	0,8601
MODAL	14	0,219	0,8881	0,8607
MODAL	15	0,205	0,8983	0,8607
MODAL	16	0,197	0,8989	0,861
MODAL	17	0,191	0,9073	0,8611
MODAL	18	0,177	0,9097	0,8803
MODAL	19	0,171	0,9239	0,8897
MODAL	20	0,165	0,9255	0,8897
MODAL	21	0,157	0,9257	0,9032
MODAL	22	0,154	0,9308	0,9041
MODAL	23	0,147	0,9327	0,9042
MODAL	24	0,146	0,9365	0,9055
MODAL	25	0,141	0,9393	0,9081
MODAL	26	0,138	0,94	0,9097
MODAL	27	0,133	0,9404	0,9101
MODAL	28	0,132	0,9452	0,9109

TABLE : Modal Participating Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		Sec		
MODAL	29	0,127	0,9455	0,9109
MODAL	30	0,126	0,9476	0,9122
MODAL	31	0,124	0,9489	0,9124
MODAL	32	0,124	0,9494	0,9136
MODAL	33	0.121	0,9494	0,9145
MODAL	34	0.12	0,9511	0,9146
MODAL	35	0.119	0,9595	0,9154
MODAL	36	0.117	0,9602	0,9167
MODAL	37	0.116	0,9602	0,9167
MODAL	38	0.115	0,9617	0,9181
MODAL	39	0.112	0,9685	0,9181
MODAL	40	0.111	0,9686	0,9228
MODAL	41	0.11	0,9686	0,9229
MODAL	42	0.108	0,9687	0,9232
MODAL	43	0.108	0,9688	0,9249
MODAL	44	0.106	0,9688	0,9278
MODAL	45	0.105	0,9729	0,9279
MODAL	46	0.105	0,9732	0,9283
MODAL	47	0.104	0,9732	0,9283
MODAL	48	0.102	0,9764	0,9283
MODAL	49	0.101	0,9764	0,929
MODAL	50	0.1	0,9768	0,9299
MODAL	51	0.099	0,9772	0,9317
MODAL	52	0.099	0,9785	0,9323
MODAL	53	0.098	0,9787	0,9328
MODAL	54	0.098	0,9805	0,9331
MODAL	55	0.096	0,9807	0,9331
MODAL	56	0.095	0,9818	0,9335

TABLE : Modal Participating Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		Sec		
MODAL	57	0.094	0,9822	0,9378
MODAL	58	0.094	0,9825	0,9378
MODAL	59	0.093	0,9825	0,9382
MODAL	60	0/093	0,9841	0,9382
MODAL	61	0.092	0,9842	0,9409
MODAL	62	0.09	0,9842	0,9439
MODAL	63	0.09	0,9846	0,9452
MODAL	64	0.089	0,9868	0,9454
MODAL	65	0.088	0,987	0,9455
MODAL	66	0.088	0,9875	0,9464
MODAL	67	0.087	0,9877	0,9474
MODAL	68	0.087	0,9879	0,9514
MODAL	69	0.086	0,9882	0,9515
MODAL	70	0.086	0,9884	0,952
MODAL	71	0.085	0,9884	0,9533
MODAL	72	0.084	0,9885	0,9533

Tabel 4.26 Tabel Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur terbesar yang didapat dari analisis ETABS 2016 = 2,948 dt, maka:

$$T_a < T_{a\ SAP} < C_u \times T_a$$

$$1,496\ dt < 1,927\ dt < 2,094\ dt \dots \text{"OK"}$$

4.3.6.2 Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_0}\right)} ; S_{DS} = 0,483 ; I_0 = 1 ; R = 6$$

$$C_s = \frac{0,483}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0805$$

Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 6. (SNI 1726:2012 Tabel 9)

Dan nilai Cs tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_0}\right)} ; S_{D1} = 0,385 ; I_0 = 1 ; R = 6 ; T = 1,927 \text{ dt}$$

$$C_s = \frac{0,397}{1,927 \cdot \left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0343$$

Dan nilai Cs tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e$$

$$C_s = 0,044 \times 0,483 \times 1$$

$$C_s = 0,0264$$

Maka nilai Cs diambil **0,0343**

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk bangunan apartemen sebesar 0,3, sehingga didapatkan berat seismic efektif bangunan (W) sebagai berikut

Tabel 4. 27 Berat Efektif Struktur

TABLE : Base Reactions				
Case	CaseType	Global FX	GlobalFY	GlobalFZ
		Kgf	Kgf	Kgf
Wt 1D + 0.3L	Combination	1.725 E-07	8.208 E-05	70.448.100

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$C_s = 0,0343$$

$$W = 70448100 \text{ Kg}$$

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0343 \times 70448100 \text{ Kg}$$

$$V = 2416370 \text{ Kg}$$

$$0,85 V = 2053914 \text{ Kg}$$

Kombinasi respons untuk geser dasar (Vt) harus melebihi 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS 2016 didapatkan gaya geser dasar ragam (Vt) sebagai berikut :

Tabel 4. 28 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y

TABLE :Base Reactions			
Case	CaseType	Global FX	GlobalFY
		Kgf	Kgf
GEMPA X	RespSpec	2.133.634	661.427
GEMPA Y	RespSpec	737.123	2.303.509

$$V_t \text{ Gempa X} = 2133634 \text{ Kg} > 2053914 \text{ Kg (OK!)}$$

$$V_t \text{ Gempa Y} = 2303509 \text{ Kg} > 2053914 \text{ Kg (OK!)}$$

4.3.6.3 Kontrol Beban Gravitasi

Beban gravitasi dikontrol untuk mengecek kesesuaian permodelan pada program bantu ETABS 2016 dengan desain bangunan gedung. Rekapitulasi Perhitungan beban mati dan beban hidup masing – masing elemen struktur pada gedung ditunjukkan pada Tabel 4.25 berikut :

Lantai	Dead	Live
	Kgf	Kgf
14	2.318.277	640.000
13	2.318.277	640.000
12	2.318.277	640.000
11	2.318.277	640.000
10	2.318.277	640.000
9	2.897.847	640.000
8	2.897.847	640.000
7	2.897.847	640.000
6	2.897.847	640.000
5	2.897.847	640.000
4	2.897.847	640.000
3	7.244.617	1.920.000
2	7.244.617	1.920.000
1	7.244.617	1.920.000
Basement 1	9.055.771	1.920.000
Basement 2	9.055.771	1.920.000
TOTAL	68.823.859	16.640.000
TOTAL (1D+0.3L)		73.815.859
Beban Output ETABS		70.448.100
Selisih (%)		4,562

Tabel 4.29 Perbandingan Perhitungan Beban Gravitasi secara manual dengan ETABS

Selisih 4,562 % < 5%, dengan perhitungan manual. Dengan demikian pemodelan struktur dianggap sesuai.

4.3.6.4 Kontrol Dual System

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan shearwall

Tabel 4. 30 Reaksi Perletakan dan Persentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y

TABLE : Joint Reactions					
Case	CaseType	F Shearwall	Vt	Presentase (%)	
		Kgf	Kgf	Shearwall	SRPM
GEMPA X	RespSpec	622.761	1.916.188	32,5	67,5
GEMPA Y	RespSpec	601.683	1.916.188	31,4	68,6

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih **besar** dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual system.

4.3.6.5 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90%.

TABLE : Modal Participating Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		Sec		
MODAL	1	1,927	0,4169	0,0978
MODAL	2	1,783	0,5712	0,4528
MODAL	3	1,452	0,5852	0,5308
MODAL	4	1,325	0,718	0,5339
MODAL	5	0,985	0,7366	0,7063
MODAL	6	0,69	0,7687	0,7596
MODAL	7	0,471	0,8269	0,7596
MODAL	8	0,389	0,8281	0,8291
MODAL	9	0,377	0,8449	0,8312
MODAL	10	0,295	0,8676	0,8313
MODAL	11	0,245	0,8682	0,8317
MODAL	12	0,232	0,8723	0,8537
MODAL	13	0,227	0,8878	0,8601
MODAL	14	0,219	0,8881	0,8607
MODAL	15	0,205	0,8983	0,8607
MODAL	16	0,197	0,8989	0,861
MODAL	17	0,191	0,9073	0,8611
MODAL	18	0,177	0,9097	0,8803
MODAL	19	0,171	0,9239	0,8897
MODAL	20	0,165	0,9255	0,8897
MODAL	21	0,157	0,9257	0,9032
MODAL	22	0,154	0,9308	0,9041
MODAL	23	0,147	0,9327	0,9042
MODAL	24	0,146	0,9365	0,9055
MODAL	25	0,141	0,9393	0,9081
MODAL	26	0,138	0,94	0,9097
MODAL	27	0,133	0,9404	0,9101
MODAL	28	0,132	0,9452	0,9109

TABLE : Modal Participating Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		Sec		
MODAL	29	0,127	0,9455	0,9109
MODAL	30	0,126	0,9476	0,9122
MODAL	31	0,124	0,9489	0,9124
MODAL	32	0,124	0,9494	0,9136
MODAL	33	0,121	0,9494	0,9145
MODAL	34	0,12	0,9511	0,9146
MODAL	35	0,119	0,9595	0,9154
MODAL	36	0,117	0,9602	0,9167
MODAL	37	0,116	0,9602	0,9167
MODAL	38	0,115	0,9617	0,9181
MODAL	39	0,112	0,9685	0,9181
MODAL	40	0,111	0,9686	0,9228
MODAL	41	0,11	0,9686	0,9229
MODAL	42	0,108	0,9687	0,9232
MODAL	43	0,108	0,9688	0,9249
MODAL	44	0,106	0,9688	0,9278
MODAL	45	0,105	0,9729	0,9279
MODAL	46	0,105	0,9732	0,9283
MODAL	47	0,104	0,9732	0,9283
MODAL	48	0,102	0,9764	0,9283
MODAL	49	0,101	0,9764	0,929
MODAL	50	0,1	0,9768	0,9299
MODAL	51	0,099	0,9772	0,9317
MODAL	52	0,099	0,9785	0,9323
MODAL	53	0,098	0,9787	0,9328
MODAL	54	0,098	0,9805	0,9331
MODAL	55	0,096	0,9807	0,9331
MODAL	56	0,095	0,9818	0,9335

TABLE : Modal Participating Ratios				
Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		Sec		
MODAL	57	0.094	0,9822	0,9378
MODAL	58	0.094	0,9825	0,9378
MODAL	59	0.093	0,9825	0,9382
MODAL	60	0/093	0,9841	0,9382
MODAL	61	0.092	0,9842	0,9409
MODAL	62	0.09	0,9842	0,9439
MODAL	63	0.09	0,9846	0,9452
MODAL	64	0.089	0,9868	0,9454
MODAL	65	0.088	0,987	0,9455
MODAL	66	0.088	0,9875	0,9464
MODAL	67	0.087	0,9877	0,9474
MODAL	68	0.087	0,9879	0,9514
MODAL	69	0.086	0,9882	0,9515
MODAL	70	0.086	0,9884	0,952
MODAL	71	0.085	0,9884	0,9533
MODAL	72	0.084	0,9885	0,9533

Tabel 4.31 Tabel Modal Partisipasi Massa

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y. maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

4.3.6.6 Kontrol Drift

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

Nilai dari simpangan antar lantai ini dihitung dengan aplikasi program bantu struktur yang selanjutnya batasan simpangan dinyatakan dengan perumusan seperti berikut ini:

Untuk kontrol drift pada SNI 03-1726-2012, dirumuskan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{XE}}{I}$$

Dimana:

δ_x = defleksi pada lantai ke-x

Cd = faktor pembesaran defleksi (=5.5) (SNI tabel 9)

I = faktor keutamaan gedung (= 1)

Tabel 4. 32 Batas Simpangan Gedung

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Simpangan yang terjadi didapat dari hasil program bantu ETABS 2016. Berdasarkan persyaratan besarnya kinerja layan yang terjadi pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3, yaitu:

$$\Delta n = \frac{(\delta_2 - \delta_1)Cd}{I} < \Delta a$$

Berikut adalah hasil perhitungan simpangan tiap lantai pada gedung

Lantai			Elevasi		Tinggi Lantai (m)	Δ ijin (mm)	
			(m)				
Basement 2	s/d	Basement 1	-7,4	s/d	-3,7	3,7	74
Basement 1	s/d	1	-3,7	s/d	0	3,7	74
1	s/d	2	0	s/d	4	4	80
2	s/d	3	4	s/d	8	4	80
3	s/d	4	8	s/d	12	4	80
4	s/d	5	12	s/d	15,2	3,2	64
5	s/d	6	15,2	s/d	18,4	3,2	64
6	s/d	7	18,4	s/d	21,6	3,2	64
7	s/d	8	21,6	s/d	24,8	3,2	64
8	s/d	9	24,8	s/d	28	3,2	64
9	s/d	10	28	s/d	31,2	3,2	64
10	s/d	11	31,2	s/d	34,4	3,2	64
11	s/d	12	34,4	s/d	37,6	3,2	64
12	s/d	13	37,6	s/d	40,8	3,2	64
13	s/d	14	40,8	s/d	44	3,2	64
14	s/d	Atap	44	s/d	47,2	3,2	64

Tabel 4.33 Perhitungan Kontrol Drift pada Gedung Arah X

Lantai			Δ ETABS (mm)	Δ lantai (mm)	Pembesaran Δ (mm)	Ket
Basement 2	s/d	Basement 1	1,226	1,226	6,743	OK
Basement 1	s/d	1	3,347	2,121	11,666	OK
1	s/d	2	7,388	4,041	22,226	OK
2	s/d	3	13,498	6,11	33,605	OK
3	s/d	4	20,857	7,359	40,475	OK
4	s/d	5	29,25	8,393	46,162	OK
5	s/d	6	38,514	9,264	50,952	OK
6	s/d	7	46,659	8,145	44,798	OK
7	s/d	8	55,378	8,719	47,955	OK
8	s/d	9	64,345	8,967	49,319	OK
9	s/d	10	73,5	9,155	50,353	OK
10	s/d	11	82,766	9,266	50,963	OK
11	s/d	12	92,054	9,288	51,084	OK
12	s/d	13	101,272	9,218	50,699	OK
13	s/d	14	110,222	8,95	49,225	OK
14	s/d	Atap	119,712	9,49	52,195	OK

Tabel 4.34 Perhitungan Kontrol Drift pada Gedung Arah X (Lanjutan)

Lantai			Elevasi		Tinggi Lantai	Δ ijin	
			(m)		(m)	(mm)	
Basement 2	s/d	Basement 1	-7,4	s/d	-3,7	3,7	74
Basement 1	s/d	1	-3,7	s/d	0	3,7	74
1	s/d	2	0	s/d	4	4	80
2	s/d	3	4	s/d	8	4	80
3	s/d	4	8	s/d	12	4	80
4	s/d	5	12	s/d	15,2	3,2	64
5	s/d	6	15,2	s/d	18,4	3,2	64
6	s/d	7	18,4	s/d	21,6	3,2	64
7	s/d	8	21,6	s/d	24,8	3,2	64
8	s/d	9	24,8	s/d	28	3,2	64
9	s/d	10	28	s/d	31,2	3,2	64
10	s/d	11	31,2	s/d	34,4	3,2	64
11	s/d	12	34,4	s/d	37,6	3,2	64
12	s/d	13	37,6	s/d	40,8	3,2	64
13	s/d	14	40,8	s/d	44	3,2	64
14	s/d	Atap	44	s/d	47,2	3,2	64

Tabel 4.35 Perhitungan Kontrol Drift pada Gedung Arah Y

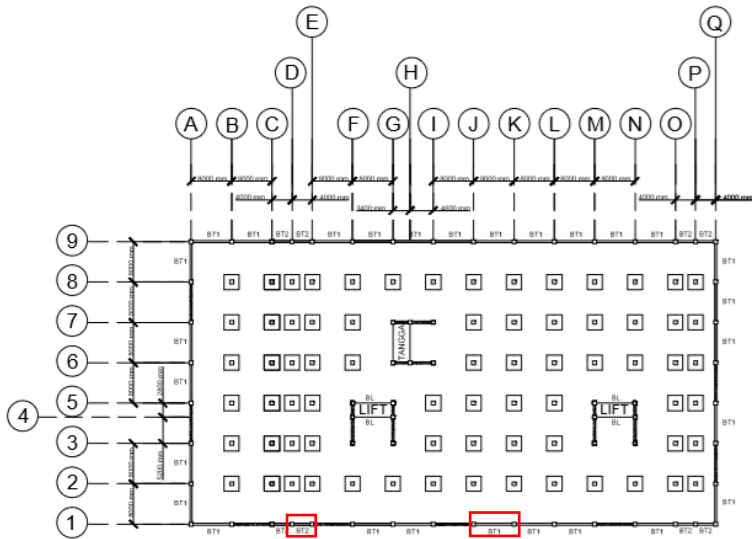
Lantai			Δ ETABS (mm)	Δ lantai (mm)	Pembesaran Δ (mm)	Ket
Basement 2	s/d	Basement 1	0,956	0,956	5,258	OK
Basement 1	s/d	1	2,202	1,246	6,853	OK
1	s/d	2	5,416	3,214	17,677	OK
2	s/d	3	10,914	5,498	30,239	OK
3	s/d	4	17,724	6,81	37,455	OK
4	s/d	5	25,935	8,211	45,161	OK
5	s/d	6	35,277	9,342	51,381	OK
6	s/d	7	43,624	8,347	45,909	OK
7	s/d	8	52,496	8,872	48,796	OK
8	s/d	9	61,836	9,34	51,370	OK
9	s/d	10	71,522	9,686	53,273	OK
10	s/d	11	81,445	9,923	54,576	OK
11	s/d	12	91,509	10,064	55,352	OK
12	s/d	13	101,534	10,025	55,138	OK
13	s/d	14	111,093	9,559	52,575	OK
14	s/d	Atap	121,932	10,839	59,615	OK

Tabel 4.36 Perhitungan Kontrol Drift pada Gedung Arah Y (Lanjutan)

4.4 Perencanaan Struktur Primer

4.4.1. Perencanaan Balok Tepi

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Didalam preliminary design gedung Apartemen Setiabudi Medan direncanakan balok tepi sebesar 40/60 dengan panjang bentang 8m

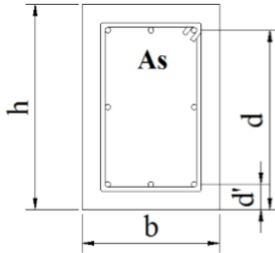


Gambar 4.40 Denah Balok Tepi

4.4.1.1 Data Perencanaan

Pada perencanaan balok tepi terdapat 2 tipe balok tepi, pada perencanaan ini hanya akan dicontohkan tata cara perencanaan 1 tipe saja, sedangkan 1 tipe lainnya akan disajikan dalam bentuk table. Data Perencanaan (BT1) yang diperlukan meliputi :

- Mutu Beton (f_c) = 40 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Dimensi Balok = 40/60 cm
- Diameter tul. Utama = 25 mm
- Diameter tul. Geser = 16 mm
- Diameter tul. Torsi = 25 mm
- Tebal selimut beton (t decking) = 40 mm
- Faktor β_1 = 0,764
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,9
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) = 0,75
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) = 0,75
- Tinggi efektif balok :
 - $d = h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.lentur}$
= $600 - 40 - 16 - (\frac{1}{2} \cdot 25)$
= 531,5 mm
 - $d' = \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul.lentur}$
= $40 + 16 + (\frac{1}{2} \cdot 25)$
= 68,5 mm



Gambar 4.41 Tinggi Balok Efektif

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00376$$

Digunakan ρ_{\min} terbesar antara 2 perhitungan ρ_{\min} di atas,

$$\rho_{\min} = 0,00376$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013, pasal 21.5.2.1)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

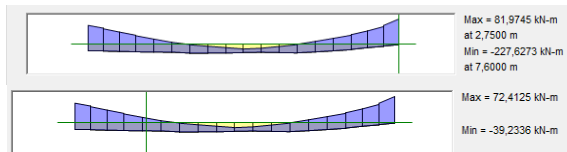
$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7} = 0,764 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,764$$

Balok	Dimensi		fc'	fy	D lentur	D geser	D torsi	Clear Cover	β_1	d	d'	m	Pmin 1	Pmin 2	Pmax
	b	h								mm	mm				
BT1	400	600	40	420	25	16	25	40	0,764	531,5	68,5	12,35	0,00333	0,00376	0,025
BT2	250	400	40	420	22	10	19	40	0,764	339	61	12,35	0,00333	0,00376	0,025

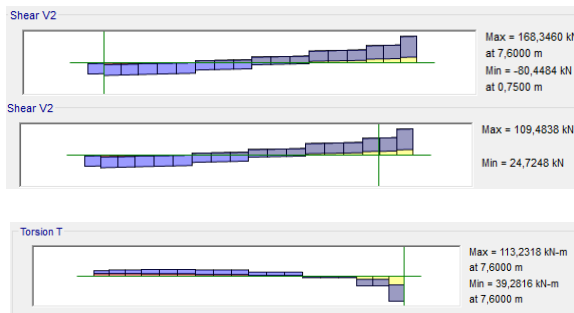
Tabel 4.37 Data Perencanaan Balok Tepi

Momen yang terjadi pada balok BT 1



Gambar 4.42 Momen pada Balok BT 1

Gaya Geser yang terjadi pada balok BT 1



Gambar 4.43 Gaya Geser dan Torsi pada Balok BT 1

4.4.1.2. Penulangan Torsi

Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut:

$$\Phi T_n = T_u \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5})$$

Tulangan sengkang untuk torsi harus direncanakan berdasarkan (SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6) sesuai persamaan berikut :

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana :

T_n = Kuat momen torsi ($T_c + T_s > T_{u_{\min}}$)

T_s = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

- T_c = Kuat torsi nominal yang disumbngkan oleh beton
 A_o = Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser, mm
 A_t = Luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan punter dalam daerah sejarak s, mm²
 F_{yv} = kuat leleh tulangan sengkang torsi, Mpa
s = Spasi tulangan geser atau puntir dalam arah parallel dengan tulangan longitudinal

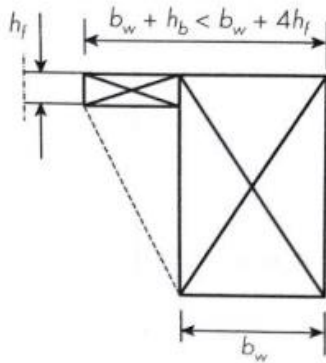
Sesuai peraturan (SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1) pengaruh torsi balok diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari :

$$\phi 0,083 \sqrt{f'c} \left(\frac{Acp^2}{pcp} \right)$$

Dimana:

- ϕ = Faktor reduksi kekuatan
 F_c' = Kuat tekan beton, Mpa
 A_{cp} = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang, mm²
 P_{cp} = Keliling luar penampang beton, mm²

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir. Diasumsikan bagian sayap ikut berperan memikul torsi sehingga bw tidak boleh lebih dari $4hf = 4(300) = 1200$ mm.



Gambar 4.44 Penampang Balok L

Panjang efektif sayap,

$$\begin{aligned}
 h_w &= b_w + h_b < b_w + 4h_f \\
 &= 400 + (600 - 300) < 400 + 4 \times 300 \\
 &= 700 \text{ mm} < 1600 \text{ mm} \rightarrow h_w = 700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= (b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}}) + (b_{\text{balok}} \times h_f) \\
 &= (400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}) + (400 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}) \\
 &= 360.000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 4 \times b_w + 2 \times h \\
 &= (4 \times 400 \text{ mm}) + (2 \times 600 \text{ mm}) \\
 &= 2800 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \\
 &= (400 - (2 \cdot 40) - 16) \times (600 - (2 \cdot 40) - 16) \\
 &= 153.216 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \times [(b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{geser}})] \\
 &= 2 \times [(400 - (2 \cdot 40) - 16) + (600 - (2 \cdot 40) - 16)] \\
 &= 1.616 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada ETABS 15.0 diperoleh momen puntir :

$$T_u = 113.230.000 \text{ Nmm}$$

Pada kasus ini balok tepi termasuk torsi kompatibilitas dimana dapat terjadi redistribusi puntir sehingga berdasarkan SNI 2847;2013 Ps. 11.5.2.2(a) maka momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$T_u < \phi 0,083 \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$113.230.000 \text{ Nmm} < 0,75 \times 0,083 \times \sqrt{40} \left(\frac{360.000^2}{2800} \right)$$

$$113.230.000 \text{ Nmm} > 18.222.851,89 \text{ Nmm}$$

Dengan demikian tulangan torsi dibutuhkan.

Balok	Dimensi		bw + hb	bw + 4hf	hw	Acp	Pcp	Aoh	Ph	Tu	$\phi 0,083 \sqrt{f'c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$	Kontrol
	b	h										
	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm	mm ²	mm	Nmm	Nmm	
BT1	400	600	700	1600	700	360.000	2800	153.216	1616	113.230.000	18.222.851	Butuh Tul.Torsi
BT2	250	400	350	1450	350	175.000	1800	49.600	940	19.530.000	6.698.429	Butuh Tul.Torsi

Tabel 4.38 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

Jadi, Penampang balok tepi memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang

Cek Kecukupan penampang untuk menahan momen puntir.

$$T_u = 113.230.000 \text{ Nmm}$$

$$T_n = \frac{113.230.000 - 18.222.851,89}{0,75} = 129.800.889,3 \text{ Nmm}$$

$$V_u \text{ sendi plastis} = 168.350,03 \text{ N}$$

$$V_u \text{ sendi non plastis} = 109.500,05 \text{ N}$$

Dimensi penampang harus memenuhi ketentuan berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d}{b \times d} + \left(\frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3}\right) \right)$$

$$4,638 \leq 5,007$$

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

Balok	Dimensi		T _n	V _u plastis	V _u non plastis	$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times Ph}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2}$	$\phi \left(\frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d}{b \times d} + \frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3} \right)$	Kontrol
	b	h						
	mm	mm	Nmm	N	N			
BT1	400	600	129.300.889,3	168.350,0	109.500,0	4,638	5,007	OK
BT2	250	400	18.339.085,3	46.740,0	20.540,0	4,414	5,007	OK

Tabel 4.39 Kontrol Penampang terhadap Torsi

Desain penampang harus berdasarkan pada

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Di mana :

$$A_o = 0,85 A_{oh}$$

$$= 0,85 (153.216)$$

$$= 130.234 \text{ mm}^2$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (struktur non-prategang)}$$

maka,

$$\frac{A_t}{s} = \frac{\frac{T_u}{\phi}}{2A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot(45)} = \frac{113.230.000 / 0,75}{2 \times 130.234 \times 420 \times 1}$$

$$= 1,158 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{At}{s} \min &= 0,175 \times \frac{bw}{f_{yt}} = 0,175 \times \frac{400}{420} \\ &= 0,167 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

• **Luas Minimum Tulangan Torsi**

$$Av + 2At \geq 0,062 \times \sqrt{f'c} \times bw \times \frac{s}{f_{yt}}$$

$$\frac{Av}{s} + \frac{2At}{s} \geq 0,062 \times \sqrt{f'c} \times \frac{bw}{f_y}$$

Di sendi plastis

$$\begin{aligned} \frac{Av}{s} &= \frac{Vu}{f_y \times d} = \frac{168350,03}{420 \times 531,5} \\ &= 0,754 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{Av}{s} + 2 \times \frac{At}{s}\right) = 0,754 + 2 \times 1,158 = 3,07 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$0,062 \times \sqrt{40} \times \frac{400}{420} = 0,373 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (OK)}$$

Di luar sendi plastis

$$\begin{aligned} \frac{Av}{s} &= \frac{Vu}{f_y \times d} = \frac{109.500,05}{420 \times 531,5} \\ &= 0,491 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{Av}{s} + 2 \times \frac{At}{s}\right) = 0,491 + 2 \times 1,158 = 2,806 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$0,062 \times \sqrt{40} \times \frac{400}{420} = 0,373 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (OK)}$$

Balok	Dimensi		Ao	θ	At/s	At/s min	Av/s	$\frac{Av}{s} + 2 \frac{At}{s}$	$0,062 \times \sqrt{f'c} \times \frac{bw}{f_y}$	Kontrol	Av/s	$\frac{Av}{s} + 2 \frac{At}{s}$	$0,062 \times \sqrt{f'c} \times \frac{bw}{f_y}$	Kontrol
	b	h			mm ² /mm	mm ² /mm	mm ² /mm	mm ² /mm	mm ² /mm		mm ² /mm	mm ² /mm	mm ² /mm	
BT1	400	600	130.234	45°	1.182	0.1667	0.754	3.118	0.373	OK	0.491	2.854	0.373	OK
BT2	250	400	42.160	45°	0.518	0.1042	0.328	1.364	0.233	OK	0.144	1.180	0.233	OK

= Kontrol Sendi Plastis

= Kontrol Sendi Non-Plastis

Tabel 4.40 Kontrol Tulangan Minimum Torsi

Tulangan Longitudinal Torsi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 luas tulangan torsi longitudinal dihitung dengan:

$$\begin{aligned} Al &= \left(\frac{At}{s}\right) \times Ph \times \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cot^2(\theta) \\ &= 1,158 \times 1628 \times \left(\frac{420}{420}\right) \times 1 \\ &= 1871,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan longitudinal total minimum menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3:

$$\begin{aligned} Al_{min} &= \frac{0,42\sqrt{f'_c} \times A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_v}{s}\right) Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\ 1871,26 &\geq \frac{0,42\sqrt{40} \times 340000}{420} - 0,5 \times 1628 \times \frac{420}{420} \\ 1871,26 &\geq 1058,13 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar 1871,26 mm². Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\begin{aligned} Al &= 1871,26 \text{ mm}^2 \\ 1/4 Al &= 467,815 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

Pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

Pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka, sisi atas dan bawah balok masing-masing mendapatkan tambahan luasan tulangan puntir sebesar 467,815 mm²

Pada sisi kanan dan kiri dipasang luasan tulangan puntir

sebesar :

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times 467,815 = 935,63 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah) :

$$\sum \text{Tul. Pasang} = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luasan Tulangan Puntir (D 25)}}$$

$$\sum \text{Tul. Pasang} = \frac{935,63}{491,07}$$

$$\sum \text{Tul. Pasang} = 1,905 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 2 - D25

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} A_{\text{Spasang puntir}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan tulangan puntir} \\ &= 2 \times 491,07 \\ &= 982,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_{\text{Spasang}} \geq A_{\text{Sperlu}}$$

$$982,14 \text{ mm}^2 \geq 935,63 \text{ mm}^2 \text{ (**memenuhi**)}$$

Balok	Dimensi		Al	Al min	Kontrol	Al perlu	n tulangan	n tulangan pembulatan	As pasang	Tulangan Pasang
	b	h								
	mm	mm	mm ²	mm ²		mm ²	buah	buah	mm ²	
BT1	400	600	1.871,260	1.058,13	OK	935,630	1,905	2	982,14	2D25
BT2	250	400	454,116	798,22	OK	399,109	1,984	2	402,29	2D16

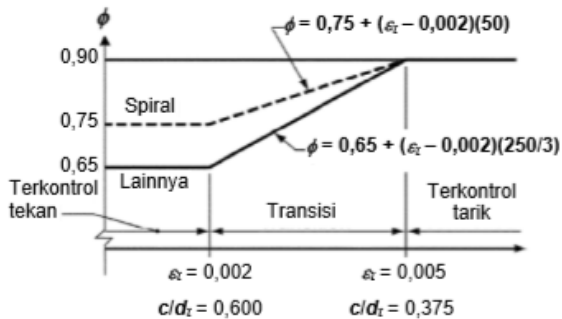
Tabel 4.41 Penulangan Tulangan Torsi

4.4.1.3. Perhitungan Tulangan Lentur

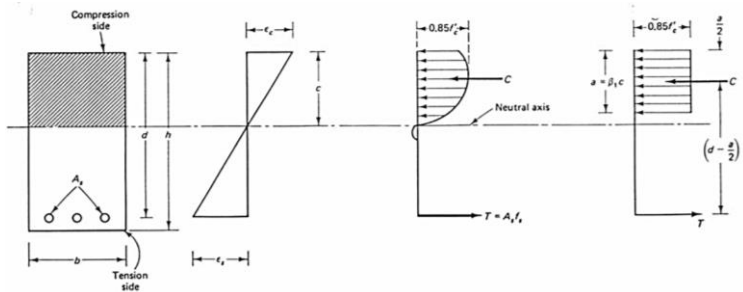
Perencanaan balok tepi dimana untuk merencanakan tulangan lentur diperhitungkan gaya gempa arah bolak balik (kanan-kiri) yang akan dihasilkan momen positif dan momen negatif pada tumpuan. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan digunakan merupakan kombinasi dari perencanaan bertahap tersebut dengan mengambil jumlah tulangan yang terbesar. Menurut SNI 2847-2013 Pasal 9.3.2 disebutkan bahwa factor reduksi (Φ) untuk struktur yang berperilaku terkendali tarik adalah 0,9. Adapun syarat penampang terkendali tarik yaitu :

$$(1) \quad \epsilon_t > 0,005$$

$$(2) \quad c/d < 0,375$$

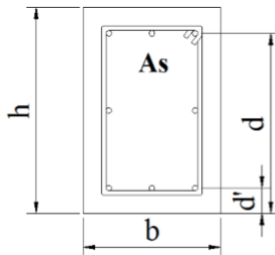


Gambar 4.45 Variasi Φ dengan regangan tarik neto dalam baja tarik terluar, ϵ_t , dan c/d_t untuk tulangan Mutu 420



Gambar 4.46 Diagram Tegangan dan Regangan Beton Bertulang dengan Tulangan Tunggal

- **Penulangan Tumpuan**
Tulangan Atas



Gambar 4.47 Sketsa Penulangan Balok Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$Mu = 227.630.000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b x d^2} = \frac{227630000}{0,9 x 400 x 531,5^2} = 2,238 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 2,238}{420}} \right) = 0,0055 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min} \text{ (OK)}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$ maka dipakai tulangan tunggal

Balok		Dimensi		Mu	Rn	ρ perlu	Kontrol
		b	h				
		mm	mm	KNm	Mpa		
BT1	Atas	400	600	227,63	2,238	0,0055	Balok Tul. Tunggal
	Bawah	400	600	81,9745	0,806	0,0019	Balok Tul. Tunggal
BT2	Atas	250	400	26,94	1,042	0,0025	Balok Tul. Tunggal
	Bawah	250	400	13,47	0,521	0,0012	Balok Tul. Tunggal

Tabel 4.42 Kontrol rasio tulangan balok BT1 dan BT2 di daerah tumpuan

Balok		Dimensi		Mu	Rn	ρ perlu	Kontrol
		b	h				
		mm	mm	KNm	N/mm		
BT1	Atas	400	600	72,4	0,712	0,0017	Balok Tul. Tunggal
	Bawah	400	600	39,22	0,386	0,0009	Balok Tul. Tunggal
BT2	Atas	250	400	19,1	0,739	0,0018	Balok Tul. Tunggal
	Bawah	250	400	9,55	0,369	0,0009	Balok Tul. Tunggal

Tabel 4.43 Kontrol rasio tulangan balok BT1 dan BT2 di daerah lapangan

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d + (A_l / 2) \\ &= 0,0055 \times 400 \times 531,5 + (1871,26 / 2) \\ &= 2.231,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} \times 400 \times 531,5 = 800,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1,4}{420} \times 400 \times 531,5 = 708,67 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{S_{\text{perlu}}}$ sebesar 2231,11 mm²

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{D25}}} = \frac{2231,11}{491,07} = 4,543 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= n \times A_{S_{D25}} \\
 &= 5 \times 491,07 \\
 &= 2.455,36 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, dipasang tulangan 5D25 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 2.455,36 \text{ mm}^2$)

Balok		Dimensi		As perlu	Tulangan Minimum		n tulangan	n tulangan pembulatan	As pasang
		b	h		As 1	As 2			
		mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	buah	buah	mm ²
BT1	Atas	400	600	2.231,11	800,36	708,67	4,543	5,00	2455,36
	Bawah	400	600	412,98	800,36	708,67	1,630	2,00	982,14
BT2	Atas	250	400	1.011,78	319,05	282,50	2,661	3,00	1140,86
	Bawah	250	400	105,94	319,05	282,50	0,839	2,00	760,57

Tabel 4.44 Penulangan Tulangan Lentur daerah tumpuan

Balok		Dimensi		As perlu	Tulangan Minimum		n tulangan	n tulangan pembulatan	As pasang
		b	h		As 1	As 2			
		mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	buah	buah	mm ²
BT1	Atas	400	600	1.858	800,36	708,67	3,785	4,00	1964,29
	Bawah	400	600	800	800,36	708,67	1,630	2,00	982,14
BT2	Atas	250	400	1.117	319,05	282,50	2,938	3,00	1140,86
	Bawah	250	400	319	319,05	282,50	0,839	2,00	760,57

Tabel 4.45 Penulangan Tulangan Lentur daerah lapangan

Tulangan Bawah

Tulangan Bawah pada daerah tumpuan dibutuhkan untuk menahan hasil momen pada kombinasi beban lain yang menghasilkan momen positif

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$M_u = 81.974.500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b \times d^2} = \frac{81974500}{0,9 \times 400 \times 531,5^2} = 0,806 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,806}{420}} \right) = 0,0017 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$ maka dipakai tulangan tunggal

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00376 \times 400 \times 531,5 \\ &= 412,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} \times 400 \times 531,5 = 800,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

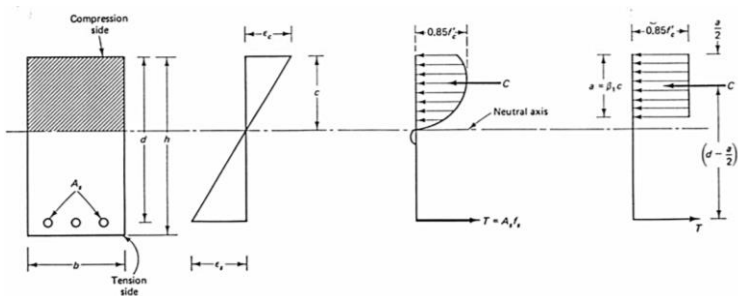
$$\begin{aligned} A_{S_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 400 \times 531,5 = 708,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{S_{\text{perlu}}}$ sebesar $800,36 \text{ mm}^2$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ D25}} = \frac{800,36}{491,07} = 1,63 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{pasang}} &= n \times A_s \text{ D25} \\ &= 2 \times 491,07 \\ &= 982,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, dipasang tulangan 2D25 ($A_{s\text{pakai}} = 982,14 \text{ mm}^2$)
Kontrol Tarik Tulangan



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{2455,36 \times 420}{0,85 \times 400 \times 40} = 75,827 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{75,827}{0,764} = 99,21 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol: } c/d = \frac{99,21}{531,5} = 0,19 < 0,375 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{531,5-99,21}{99,21} \times 0,003 \\ &= 0,0218 > 0,005 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

∴ Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,9 \times 2455,36 \times 420 \times \left(531,5 - \frac{75,827}{2}\right) \end{aligned}$$

$$= 458.109.874,8 \text{ Nmm}$$

$$= 458,11 \text{ KNm}$$

$$\phi M_n > M_u = 227,63 \text{ KNm (OK)}$$

Balok	Dimensi		Kontrol Tarik Tulangan			Kontrol [c/d<0,375]	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($\epsilon_t > \epsilon_u$)	ϕM_n	Kontrol ($\phi M_n > M_u$)
	b	h	a	c	c/d		ϵ_t	ϵ_{cu}			
	mm	mm	mm	mm	mm					KNm	
BT1	400	600	75,827	99,21	0,19	OK	0,0218	0,005	OK	458,11	OK
BT2	250	400	56,372	73,76	0,22	OK	0,0180	0,005	OK	134,04	OK

Tabel 4.46 Kontrol Tarik Tulangan dan Kontrol Momen Rencana daerah tumpuan

Balok	Dimensi		Kontrol Tarik Tulangan			Kontrol [c/d<0,375]	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($\epsilon_t > \epsilon_u$)	ϕM_n	Kontrol ($\phi M_n > M_u$)
	b	h	a	c	c/d		ϵ_t	ϵ_{cu}			
	mm	mm	mm	mm	mm					KNm	
BT1	400	600	60,662	79,37	0,15	OK	0,0285	0,005	OK	372,12	OK
BT2	250	400	56,372	73,76	0,22	OK	0,0180	0,005	OK	134,04	OK

Tabel 4.47 Kontrol Tarik Tulangan dan Kontrol Momen Rencana daerah lapangan

4.4.1.1.4 Kontrol Balok L

Lebar efektif balok L beam

$$be_1 = \frac{1}{12} \times L + bw = \frac{1}{12} \times 8000 + 400$$

$$= 1066,67 \text{ mm}$$

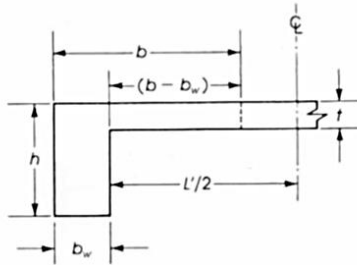
$$be_2 = 6 \times hf + bw = 6 \times 300 + 400$$

$$= 2200 \text{ mm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} \times ln + bw = \frac{1}{2} \times 7150 + 400$$

$$= 3975 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 1066,67 \text{ mm}$$



Gambar 4.48 Asumsi Balok L

Balok	Kontrol Balok L			b eff
	be 1	be 2	be 3	
	mm	mm	mm	
BT1	1066,7	2200	3975	1066,7
BT2	733,33	2600	1975	733,33

Tabel 4.48 Lebar efektif balok L di daerah tumpuan dan lapangan

Kontrol Tarik Tulangan

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{2455,36 \times 420}{0,85 \times 1066,67 \times 40} = 28,44 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{28,44}{0,764} = 37,20 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol: } c/d = \frac{37,20}{531,5} = 0,07 < 0,375 \text{ (OK)}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{531,5-37,20}{37,20} \times 0,003 = 0,0664 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"

Balok	a	c	c/d	Kontrol [c/d<0,375]	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($\epsilon_t > \epsilon_u$)
	mm	mm	mm		ϵ_t	ϵ_{cu}	
BT1	28,44	37,20	0,07	OK	0,0664	0,005	OK
BT2	19,22	25,14	0,07	OK	0,0624	0,005	OK

Tabel 4.49 Kontrol Tarik tulangan di daerah tumpuan

Balok	a	c	c/d	Kontrol [c/d<0,375]	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($\epsilon_t > \epsilon_u$)
	mm	mm	mm		ϵ_t	ϵ_{cu}	
BT1	22,75	29,76	0,06	OK	0,0843	0,005	OK
BT2	19,22	25,14	0,07	OK	0,0624	0,005	OK

Tabel 4.50 Kontrol Tarik tulangan di daerah lapangan

Kontrol Balok L Palsu

$$\rho = \frac{A_s}{b_e \times d} = \frac{2455,36}{1066,67 \times 531,5} = 0,0043 > \rho_{\min}$$

$$\omega = \rho \times \frac{f_y}{f_c} = 0,0043 \times \frac{420}{40} = 0,0455$$

Nilai hf harus memenuhi syarat dibawah ini agar dapat dianalisa sebagai balok L:

$$(1) hf \leq \frac{1,18 \times \omega \times d}{\beta_1} = \frac{1,18 \times 0,0455 \times 531,5}{0,764} = 37,32 \text{ mm}$$

$$hf = 300 \text{ mm} \leq 37,32 \text{ mm} \text{ (NOT OK)}$$

$$(2) hf = 300 \text{ mm} \leq a = 28,44 \text{ mm} \text{ (NOT OK)}$$

Maka, balok dianggap sebagai balok L palsu dan dianalisa dengan balok tulangan tunggal

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{2455,36 \times 420}{0,85 \times 400 \times 40} = 75,827 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
&= 0,9 \times 2455,36 \times 420 \times \left(531,5 - \frac{75,827}{2} \right) \\
&= 458.109.874,8 \text{ Nmm} \\
&= 458,11 \text{ KNm}
\end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u = 227,63 \text{ KNm (OK)}$$

Balok	p	ω	hf1	hf2	Kontrol	ΦM_n	Kontrol ($\Phi M_n > M_u$)
			mm	mm		KNm	
BT1	0,0043	0,0455	37,32	28,44	Balok L Palsu	509,01	OK
BT2	0,0046	0,0482	25,22	19,22	Balok L Palsu	148,93	OK

Tabel 4.51 Kontrol Balok L Palsu dan Momen Rencana di daerah tumpuan

Balok	p	ω	hf1	hf2	Kontrol	ΦM_n	Kontrol ($\Phi M_n > M_u$)
			mm	mm		KNm	
BT1	0,0035	0,03638	29,8532	22,75	Balok L Palsu	413,46	OK
BT2	0,0046	0,048186	25,22	19,22	Balok L Palsu	148,93	OK

Tabel 4.52 Kontrol Balok L Palsu dan Momen Rencana di daerah lapangan

4.4.1.1.5 Panjang Penyaluran Tulangan

Sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 12.2.2, panjang penyaluran tulangan dengan diameter 25 mm tidak boleh kurang dari:

$$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

Dimana,

$$F_y = 420 \text{ Mpa}$$

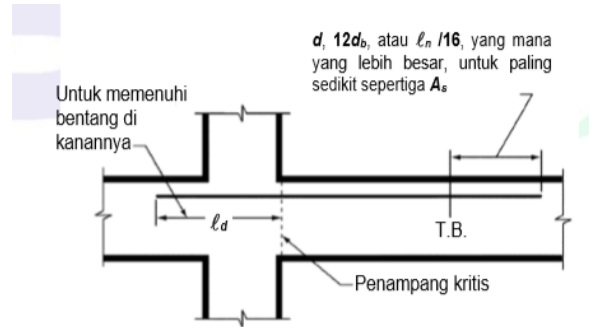
$$\Psi_t = 1$$

$$\Psi_e = 1 \text{ (tulangan tidak dilapisi seng)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton berat normal)}$$

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$d_b = 19 \text{ mm}$$



Catatan: Biasanya angkur tersebut menjadi bagian tulangan balok di sebelahnya.

Gambar 4.49 Letak Penulangan Balok

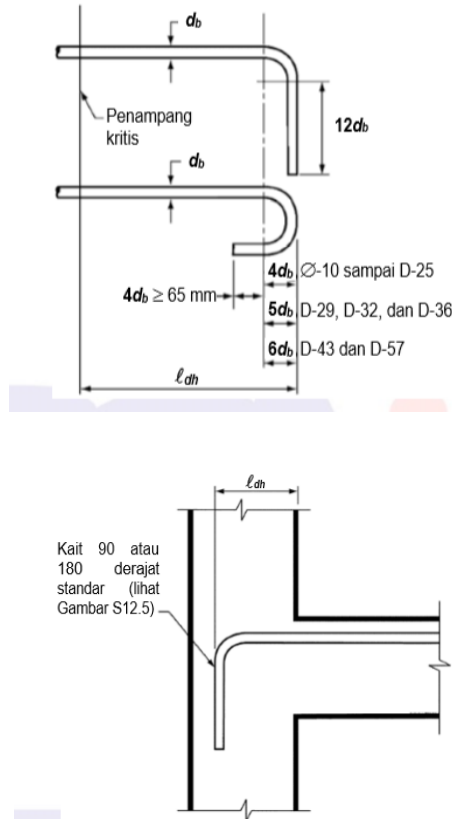
Maka, panjang penyaluran (l_d)

$$l_d = \frac{420 \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \times 25$$

$$= 800 \text{ mm}$$

∴ Digunakan panjang penyaluran tulangan 800 mm

Serta untuk penyaluran tulangan pada kait standar ataupun pengankuran ke dalam kolom mengacu pada syarat berikut :



Gambar 4.50 Acuan panjang penyaluran tulangan

Mengacu pada gambar diatas, berikut ini adalah daftar panjang penyaluran tulangan berdasarkan beberapa jenis diameter tulangan :

Diameter Tulangan (mm)	L dh (mm)					Penyaluran Lurus mm
	90°		180°			
	Lurus	Belokan	Lurus	Belokan	Setelah Belok	
16	150	192	150	65	65	505,964
19	152	228	152	76	76	600,833
22	176	264	176	88	88	859,395
25	200	300	200	100	100	976,586

Tabel 4.53 Panjang penyaluran minimum tulangan

4.4.1.1.6 Penulangan Geser Balok

Sesuai peraturan SNI 2847:2013 bab 11 mengenai geser dan torsi, perencanaan penampang yang diakibatkan oleh geser harus didasarkan pada perumusan :

$$\Phi V_n = V_u \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.1})$$

Dengan V_u merupakan gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan V_n merupakan kuat geser nominal yang ditinjau dari :

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_u = Geser pada terfaktor penampang yang ditinjau

Φ = Faktor reduksi geser (0,9)

V_n = Kuat Geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat Geser nominal tulangan geser

Penulangan geser balok induk didasarkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.3 di mana nilai gaya geser rencana (yang digunakan untuk perencanaan desain) bukan hanya pada gaya geser yang terjadi, tetapi harus memenuhi persyaratan yang ada sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.3.3.

- Jumlah gaya lintang yang terjadi akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan akibat beban gravitasi terfaktor.
- Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk beban gempa di mana nilai beban gempa diambil sebesar dua kali lipat nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan penulangan tumpuan dan lapangan untuk balok dengan bentang 8 meter.

Perumusan perhitungan gaya lintang pada balok:

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm (V_{act})$$

Dari persyaratan yang telah ditetapkan di atas maka besarnya gaya geser rencana dilakukan dengan membandingkan nilai momen nominal ujung balok (pada muka kolom) ditambah dengan gaya geser beban gravitasi terfaktor.

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut :

$$M_{pr} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

Balok	Lokasi		n	As	a	Mpr
			buah	mm ²	mm	KNm
BT1	Tumpuan	Kiri	5	2455,36	94,78	624,05
		Kanan	5	2455,36	94,78	624,05
BT2	Tumpuan	Kiri	3	1140,86	44,04	305,15
		Kanan	3	1140,86	44,04	305,15

Tabel 4. 54 Perhitungan Mpr Balok

$$Mpr_1 = 624,05 \text{ kNm}$$

$$Mpr_2 = 624,05 \text{ kNm}$$

$$l_n = 7,15 \text{ m}$$

$$V_{act} = 168,35 \text{ kN (Didapat dari program bantu ETABS 2016)}$$

$$V_u = \frac{624,05 + 624,05}{7,15} + 168,35$$

$$= 342,91 \text{ KN}$$

Balok	Lokasi		Mpr	Ln	Vact	Vu
			KNm	m	KN	KN
BT1	Tumpuan	Kiri	624,05	7,15	168,350	342,91
		Kanan	624,05	7,15		
BT2	Tumpuan	Kiri	305,15	3,15	46,740	240,49
		Kanan	305,15	3,15		

Tabel 4.55 Perhitungan Vu balok

Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap $V_c = 0$, apabila:

- $Mpr > 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$

$$\frac{624,05 + 624,05}{7,15} > 0,5 \times 168,35$$

$$174,56 \text{ kN} > 84,175 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

- Gaya Aksial Tekan $< 0,1 \times A_g \times f_c'$
 $162,95 \text{ KN} < 0,1 \times (400 \times 600) \times 40 / 1000$
 $162,95 \text{ KN} < 960 \text{ KN}$

Karena kedua syarat terpenuhi, maka V_c dianggap 0

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{342,91}{0,75} = 439,63 \text{ KN}$$

Direncanakan tulangan geser $\phi 16 \text{ mm}$ ($A_v = 201,14 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{201,14 \times 420 \times 531,5}{439630} = 102,135 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa syarat jarak antar sengkang untuk sendi plastis tidak boleh melebihi :

- $6 D$ lentur $= 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
- 150 mm
- $d/4 = 531,5/4 = 132,875 \text{ mm}$

Maka, $S_{\max} = 132,875 \text{ mm}$

Dari Syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang = 100 mm .

Sehingga nilai kuat geser diperoleh sebagai berikut :

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S} = \frac{201,14 \times 420 \times 531,5}{100} = 449011 \text{ N}$$

$$= 449,01 \text{ KN}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 449,01 = 350,229 \text{ KN} > V_u$$

Sengkang yang dipasang $D13 \text{ mm}$ sejarak 100 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

- Senggang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan

Kontrol kuat geser balok induk eksterior tidak boleh lebih besar dari syarat SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9

$$V_s \max = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f'c} = \frac{2}{3} \times 400 \times 531,5 \times \sqrt{40}$$

$$= 896400 \text{ N} = 896,4 \text{ KN}$$

$$896,4 \text{ kN} > 449,01 \text{ kN}$$

Sehingga senggang D13 – 100 dapat digunakan

Balok	Mpr / ln	0,5 Vact	Pu	0,1 Ag fc'	Kontrol	Vc	Vs	S
	KN	KN	KN	KN		KN	KN	mm
BT1	174,56	84,175	162,95	960	Vc = 0	0	439,63	102,135
BT2	193,75	23,370	32,59	400	Vc = 0	0	320,65	34,888

Tabel 4.56 Perhitungan Penulangan Senggang di Sendi Plastis

Balok	Kontrol Jarak Max			S pakai	Vs	Vs max	Kontrol
	6D	150mm	d/4				
	mm	mm	mm	mm	KN	KN	
BT1	150	150	132,875	100	350,229	896,4	OK
BT2	132	150	84,75	80	125,854	357,3	OK

Tabel 4.57 Perhitungan Penulangan Senggang di Sendi Plastis
(Lanjutan)

Pemasangan Senggang di Luar Daerah Sendi Plastis

Pemasangan tulangan senggang di luar daerah sendi plastis dimulai dari 1000 mm dari ujung balok dimana gaya geser yang digunakan merupakan gaya geser dari hasil analisa struktur.

$$V_u = 109,50 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{109,50}{0,75} = 146,00 \text{ kN}$$

- Direncanakan tulangan geser $\phi 16$ mm ($A_v = 201,14$ mm²)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{201,14 \times 420 \times 531,5}{146000} = 307,542 \text{ mm}$$

Syarat pemasangan begel di luar sendi plastis berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 :

$$S_{maks} = d/2 = 531,5 / 2 = 265,75 \text{ mm}$$

Dari Syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang = 250 mm.

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{S} = \frac{201,14 \times 420 \times 531,5}{250} = 179604,2 \text{ N}$$

$$= 179,604 \text{ KN}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 179,604 = 134,703 \text{ KN} > V_u \quad \text{OK}$$

Balok	V_u	V_s	S	S_{max}	S_{pakai}	V_s	V_s_{max}	Kontrol
	KN	KN	mm	mm	mm	KN	KN	
BT1	109,50	146,00	307,542	265,75	250	134,703	896,4	OK
BT2	20,54	27,39	408,483	169,5	150	55,935	357,3	OK

Tabel 4.58 Perhitungan Penulangan Sengkang diluar Sendi Plastis

4.4.1.1.7 Kontrol Lentutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013 tabel 9.5(a), syarat tebal minimum balok apabila lentutan tidak dihitung adalah sebagai berikut:

Balok dengan dua tumpuan

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times L_b$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak *preliminary design* telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan h_{\min}

4.4.1.1.8 Kontrol Retak

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.8.2.4 tulangan dari komponen struktur harus memberikan kekuatan desain

$$\phi M_n \geq M_{cr}$$

di mana M_{cr} harus diperoleh menggunakan modulus hancur, f_r , yang diberikan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

dan

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f_c'}$$

dimana:

M_{cr} = momen retak

f_r = modulus hancur beton

I_g = momen inersia penampang beton bruto

y_t = jarak dari sumbu pusat penampang bruto ke muka Tarik

λ = faktor modifikasi ($\lambda = 1,0$ untuk beton berat normal)

$$f_r = 0,62 \times 1 \times \sqrt{40} = 3,92 \text{ MPa}$$

$$I_g = \left(\frac{1}{12}\right) \times 400 \times 600^3 = 7200000000 \text{ mm}^4$$

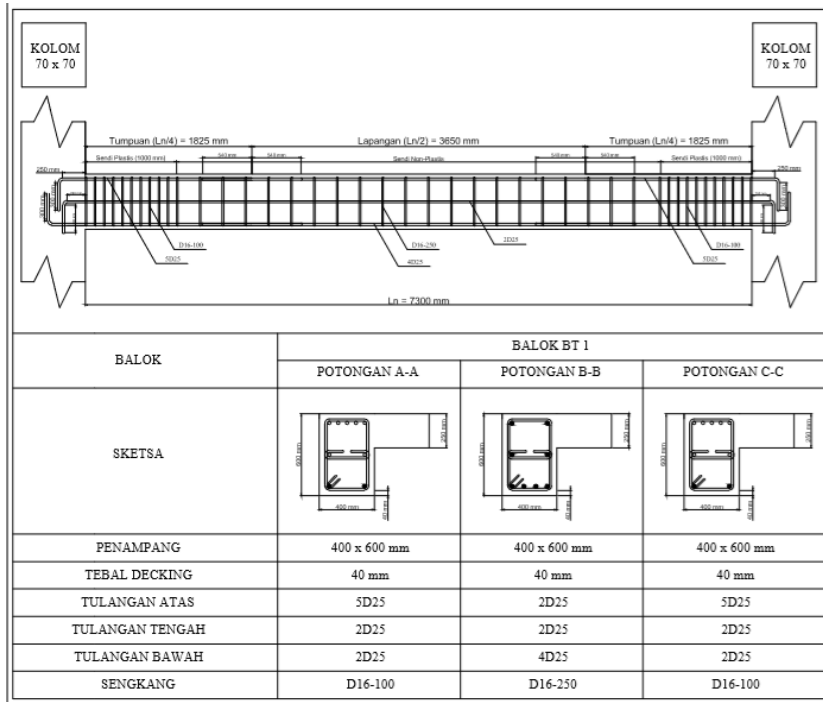
$$M_{cr} = \frac{3,92 \times 7200000000}{400} = 70560000 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 206380000 = 185742000 \text{ Nmm}$$

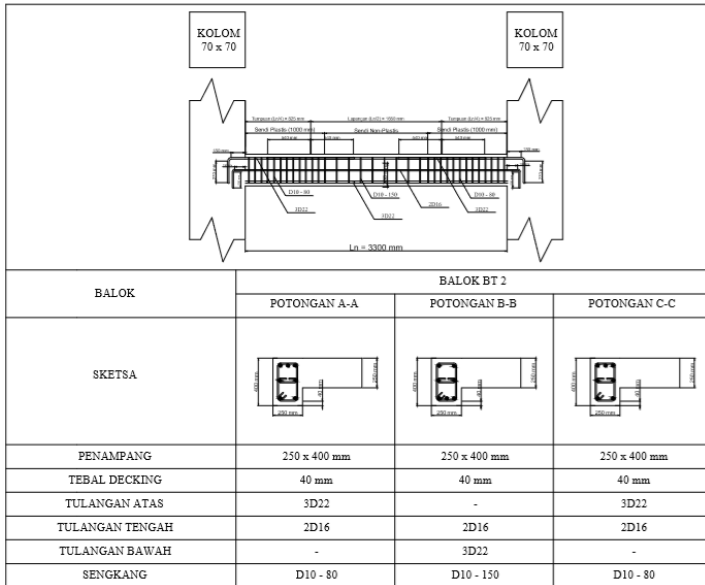
$$\phi M_n \geq M_{cr} \text{ (OK)}$$

Balok	fr	Ig	Mcr	ΦM_n	Kontrol
	Mpa	mm ⁴	KNm	KNm	
BT1	3,921	7.200.000.000	94,11	227,63	OK
BT2	3,921	1.333.333.333	26,14	26,94	OK

Tabel 4.59 Kontrol Momen Retak (*Crack*) pada Balok



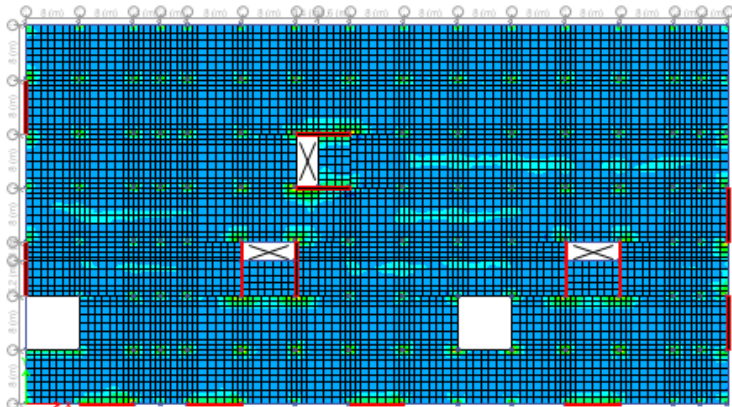
Gambar 4.51 Detail Penulangan Balok BT1



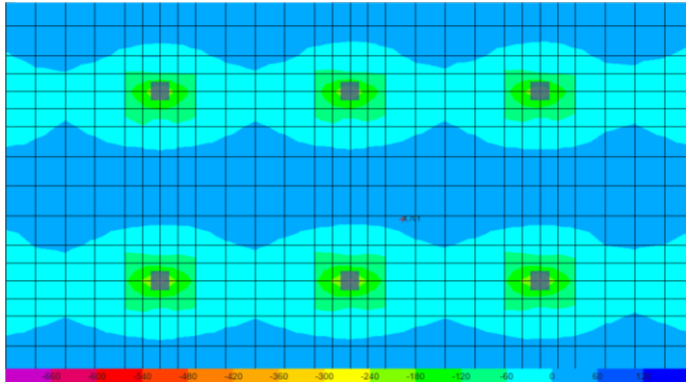
Gambar 4.52 Detail Penulangan Balok BT2

4.4.2 Perencanaan Pelat/Flat Slab

Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS menghasilkan momen rata-rata pada pelat. Hasil momen tersebut akan digunakan untuk merencanakan tulangan pelat lantai 1 s/d 19 dan atap. Momen yang digunakan untuk merencanakan tulangan pelat adalah momen rata-rata terbesar dari kombinasi beban lantai. Berikut merupakan contoh gambar hasil momen max yang didapatkan dari program bantu ETABS pada Gambar 4.53 s/d Gambar 4.56.



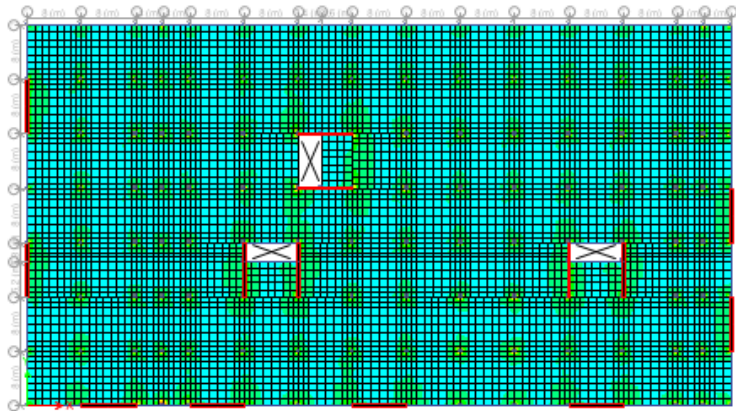
Gambar 4.53 Hasil Output Momen Lantai Arah X (KNm)



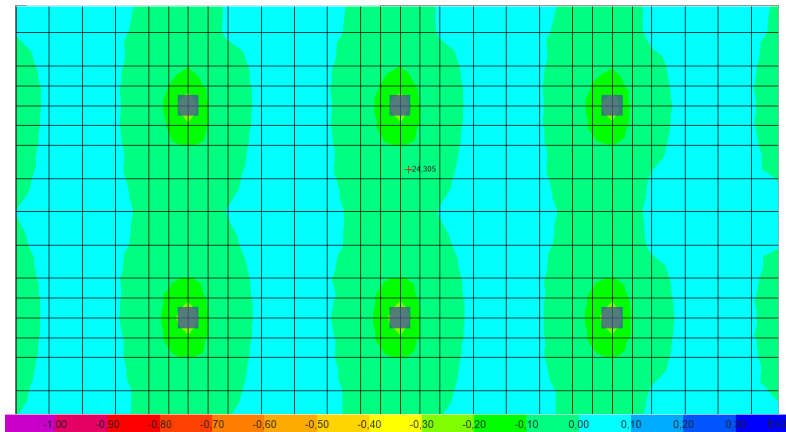
Gambar 4.54 Momen Lantai Arah X (KNm)

Pelat			Momen Arah X	
			Nmm	
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	-	205.790.000
		Lapangan		48.520.000
		Tumpuan Kanan	-	211.190.000
	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	-	65.453.000
		Lapangan		37.865.000
		Tumpuan Kanan	-	58.650.000

Tabel 4.60 Hasil Momen Pelat Lantai Arah X



Gambar 4. 55. Hasil Output Momen Lantai arah Y (KNm)



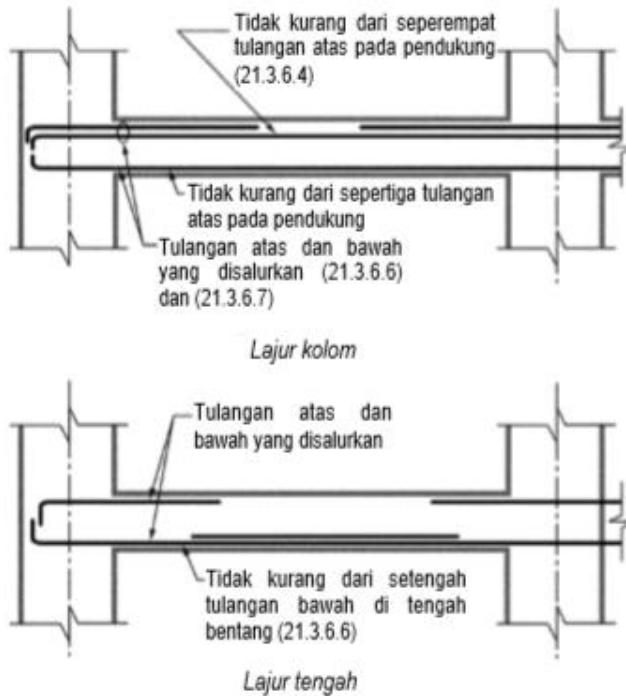
Gambar 4.56 Momen Lantai Arah Y (KNm)

Pelat			Momen Arah Y	
			Nmm	
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	-	206.270.000
		Lapangan		67.227.000
		Tumpuan Kanan	-	220.620.000
	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	-	91.626.000
		Lapangan		46.932.000
		Tumpuan Kanan	-	86.941.000

Tabel 4.61 Hasil Momen Pelat Lantai Arah Y

4.6.2.1 Perencanaan Tulangan Lentur Pelat

Pengaturan tulangan lentur pelat dua arah tanpa balok diatur dalam SNI 03 2847:2013 ps. 21.3.6 pengaturan tersebut menyangkut banyaknya tulangan yang harus dipasang menerus sepanjang kolom. Paling sedikit seperempat dari seluruh jumlah tulangan atas jalur kolom didaerah tumpuan harus dipasang menerus dikeseluruhan panjang bentang . jumlah tulangan bawah yang menerus pada jalur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga jumlah tulangan atas lajur kolom didaerah tumpuan.

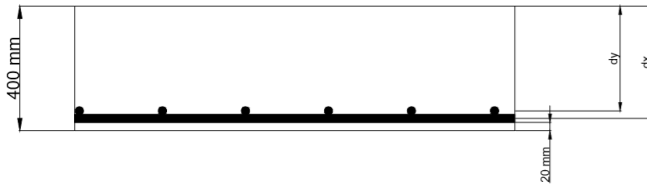


Gambar 4.57 Penempatan Tulangan pada Slab

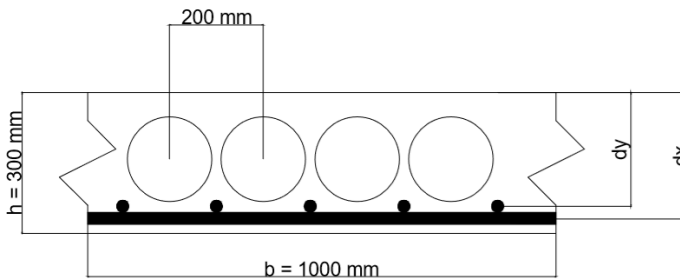
Data Perencanaan

- Mutu Beton (f_c) = 40 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- h pelat = 300 mm
- d bubbledeck = 180 mm
- h drop panel = 100 mm
- dimensi drop panel = 3000 x 3000 mm
- Dimensi kolom
 - Lantai Basement 2 – 1 (i) = 750 x 750 mm
 - Lantai Basement 2 -1 (ii) = 550 x 550 mm

- Lantai 1 - 5 (i) = 700 x 700 mm
- Lantai 1 - 5 (ii) = 450 x 450 mm
- Lantai 6 - 13 = 650 x 650 mm
- Lantai 14 - 20 = 500 x 500 mm
- Cover beton = 20 mm
- Diameter tul. Utama = 25 mm (Tumpuan)
= 19 mm (Lapangan)



Gambar 4.58 Potongan Penampang Pelat di daerah tumpuan



Gambar 4.59 Potongan Penampang Pelat di daerah lapangan

- $dx_{\text{pelat}} = 300 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 \cdot 19 \text{ mm}$
 $= 270,5 \text{ mm}$
- $dy_{\text{pelat}} = 300 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 19 - 1/2 \cdot 19 \text{ mm}$
 $= 251,5 \text{ mm}$
- $dx_{\text{dp}} = 400 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 \cdot 25 \text{ mm}$
 $= 367,5 \text{ mm}$

- $dy_{dp} = 400 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 25 - 1/2 \cdot 25 \text{ mm}$
 $= 352,5 \text{ mm}$
- $b = 1000 \text{ mm}$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan;

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y}\right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) \\ &= 0,85 \times 0,764 \times \left(\frac{40}{420}\right) \times \left(\frac{600}{600 + 420}\right) \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0273$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018 (F_y = 420 \text{ Mpa}) \text{ SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom

Pelat			Momen Arah X	
			Nmm	
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	-	205.790.000
		Lapangan		48.520.000
		Tumpuan Kanan	-	211.190.000
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	-	206.270.000
		Lapangan		67.227.000
		Tumpuan Kanan	-	220.620.000

Tabel 4.62 Momen Lajur Kolom Pelat

- Arah X
- **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Atas

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$M_u = 205.790.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{205790000}{0,9 \times 1000 \times 367,5^2} = 1,693 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,693}{420}}\right) = 0,0041 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} \quad (\mathbf{OK})$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0041 \times 1000 \times 367,5 \\ &= 1520,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} \times 1000 \times 369 = 1389,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 1000 \times 369 = 1230 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{S_{\text{perlu}}}$ sebesar 1520,25 mm²

Maka, dipasang tulangan D25-250 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1964,29 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas Menerus Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{min}}} &\geq \frac{1}{4} \times A_s \\ &\geq \frac{1}{4} \times 1964,29 = 491,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, tulangan atas minimum dipasang D16-250 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 804,57 \text{ mm}^2$)

Tulangan Bawah menerus

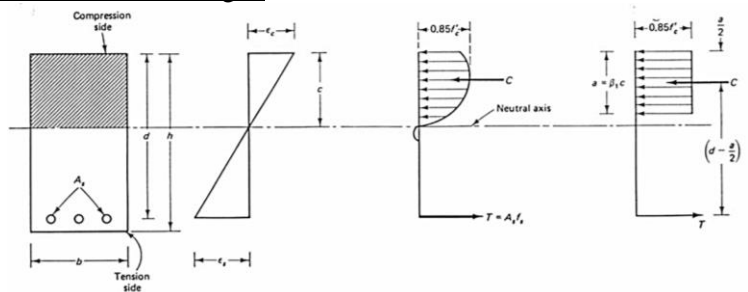
Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$A_{S_{\min}} \geq \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{S_{\min}} \geq \frac{1}{3} \times 1964,29 = 654,762 \text{ mm}^2$$

Maka, tulangan tekan dipasang tulangan D16- 250 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 804,57 \text{ mm}^2$)

Kontrol Tarik Tulangan



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1964,29 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 24,265 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{24,265}{0,764} = 31,76 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol: } c/d = \frac{31,76}{367,5} = 0,086 < 0,375 \text{ (OK)}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{367,5-31,76}{31,76} \times 0,003$$
$$= 0,053 > 0,005 \text{ (OK)}$$

\therefore Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"

Pelat			Momen Arah X	Rn	P perlu	As perlu mm2	Tul. Minimum Pelat		As perlu mm2
			Nmm	Mpa			As min 1 mm2	As min 2 mm2	
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	-205.790.000	1,693	0,0041	1520,25	1383,50	1225,00	1520,25
		Lapangan	48.520.000	0,737	0,0018	479,78	1018,33	901,67	1018,33
		Tumpuan Kanan	-211.190.000	1,737	0,0042	1561,25	1383,50	1225,00	1561,25
Pelat			Momen Arah Y	Rn	P perlu	As perlu mm2	Tul. Minimum Pelat		As perlu mm2
			Nmm	Mpa			As min 1 mm2	As min 2 mm2	
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	-206.270.000	1,954	0,0048	1641,86	1289,38	1141,67	1641,86
		Lapangan	67.227.000	1,181	0,0029	719,88	946,80	838,33	946,80
		Tumpuan Kanan	-220.620.000	2,090	0,0051	1759,95	1289,38	1141,67	1759,95

Tabel 4.63 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom

Pelat			As pakai mm2	Tulangan Atas (Tumpuan) Tulangan Bawah (Lapangan)	As min Tulangan Atas mm2	As pakai Tulangan Atas mm2	Tulangan Atas menerus
			Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	1964,29	D25-250
Lapangan	1134,57	D19-250			283,64	804,57	D16-250
Tumpuan Kanan	1964,29	D25-250			491,07	804,57	D16-250
Pelat			As pakai mm2	Tulangan Atas (Tumpuan) Tulangan Bawah (Lapangan)	As min Tulangan Atas mm2	As pakai Tulangan Atas mm2	Tulangan Atas menerus
			Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	1964,29	D25-250
Lapangan	1134,57	D19-250			283,64	804,57	D16-250
Tumpuan Kanan	1964,29	D25-250			491,07	804,57	D16-250

Tabel 4.64 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom (Lanjutan)

Pelat			As min Tulangan Bawah (Tumpuan) mm2	As pakai Tulangan Bawah (Tumpuan) mm2	Tulangan Bawah (Tumpuan)
			Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri
Lapangan	378,190	804,571			D16-250
Tumpuan Kanan	654,762	804,571			D16-250
Pelat			As min Tulangan Bawah (Tumpuan) mm2	As pakai Tulangan Bawah (Tumpuan) mm2	Tulangan Bawah (Tumpuan)
			Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri
Lapangan	378,190	804,571			D16-250
Tumpuan Kanan	654,762	804,571			D16-250

Tabel 4.65 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom (Lanjutan)

Pelat			Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol (c/d<0,375)	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol (εt > εu)
			a mm	c mm		εt	ε cu	
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	24,265	31,760	0,086	0,053	0,005	OK
		Lapangan	14,015	18,345	0,068	0,069	0,005	OK
		Tumpuan Kanan	24,265	31,760	0,086	0,053	0,005	OK
Pelat			Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol (c/d<0,375)	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol (εt > εu)
			a mm	c mm		εt	ε cu	
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	24,265	31,760	0,093	0,049	0,005	OK
		Lapangan	14,015	18,345	0,073	0,064	0,005	OK
		Tumpuan Kanan	24,265	31,760	0,093	0,049	0,005	OK

Tabel 4.66 Kontrol Tarik Penulangan Pelat

Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Lajur Tengah

Pelat			Momen Arah X	
			Nmm	
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	-	65.453.000
		Lapangan	-	37.865.000
		Tumpuan Kanan	-	58.650.000
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	-	91.626.000
		Lapangan	-	46.932.000
		Tumpuan Kanan	-	86.941.000

Tabel 4.67 Momen Lajur Tengah Pelat

- Arah X
- **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Atas

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 65.453.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{65453000}{0,9 \times 1000 \times 270,5^2} = 0,994 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,994}{420}} \right) = 0,0024$$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$ (OK)

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0024 \times 1000 \times 270,5 \\ &= 649,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} \times 1000 \times 270,5 = 1018,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 1000 \times 270,5 = 901,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{S_{\text{perlu}}}$ sebesar 1018,33 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-250 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1134,57 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &\geq \frac{1}{4} \times A_s \\ &\geq \frac{1}{4} \times 1134,57 = 354,55 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, tulangan atas minimum dipasang D16-400 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 502,86 \text{ mm}^2$)

Tulangan Bawah

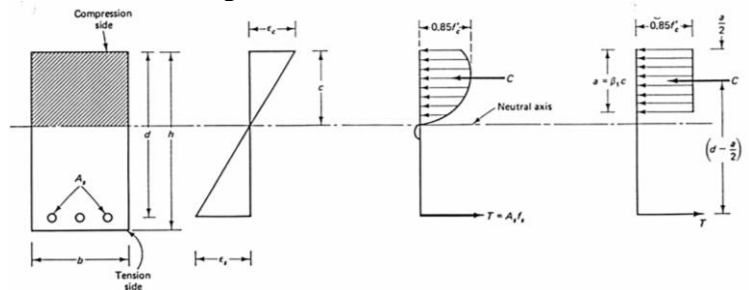
Persyaratan SNI 2847:2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$A_{Smin} \geq \frac{1}{3} \times A_s$$

$$A_{Smin} \geq \frac{1}{3} \times 1134,57 = 378,19 \text{ mm}^2$$

Maka, tulangan tekan dipasang tulangan D16- 250
($A_{Spakai} = 804,57 \text{ mm}^2$)

Kontrol Tarik Tulangan



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1134,57 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 14,015 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{14,015}{0,764} = 18,345 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol: } c/d = \frac{18,345}{270,5} = 0,068 < 0,375 \text{ (OK)}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{270,5-18,345}{18,345} \times 0,003$$

$$= 0,064 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"

➤ **Tulangan Lapangan**

✓ Tulangan Bawah

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 37.865.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{37865000}{0,9 \times 1000 \times 270,5^2} = 0,575 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,575}{420}}\right) = 0,0018 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} \quad (\mathbf{OK})$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 270,5 \\ &= 486,90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{min}}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} \times 1000 \times 270,5 = 1018,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{min}}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 1000 \times 270,5 = 901,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{S_{\text{perlu}}}$ sebesar 1018,33 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-250 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1134,57 \text{ mm}^2$)

Tulangan Bawah Menerus

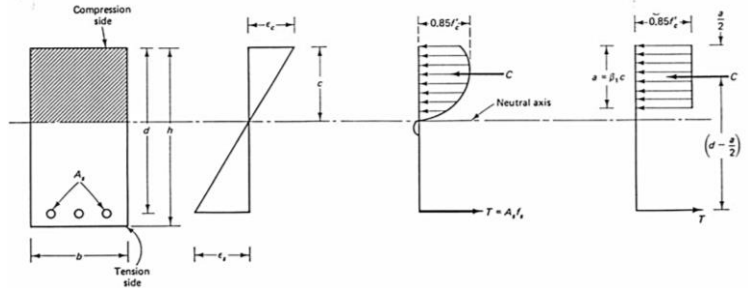
Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah menerus pada lajur tengah tidak boleh kurang dari 1/2 luasan bentang Tulangan bawah

$$A_{S_{\text{min}}} \geq \frac{1}{2} \times A_s$$

$$A_{S_{\text{min}}} \geq \frac{1}{2} \times 1134,57 = 567,29 \text{ mm}^2$$

Maka, tulangan tekan dipasang tulangan D16- 250
 ($A_{Spakai} = 804,57 \text{ mm}^2$)

Kontrol Tarik Tulangan



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1134,57 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 14,015 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{14,015}{0,764} = 18,345 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol: } c/d = \frac{18,345}{270,5} = 0,068 < 0,375 \text{ (OK)}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{270,5-18,345}{18,345} \times 0,003$$

$$= 0,064 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"

Pelat			Momen	Rn	P perlu	As perlu	Tul. Minimum Pelat		As perlu
			Arah X				As min 1	As min 2	
			Nmm	Mpa		mm2	mm2	mm2	
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	-65.453.000	0,994	0,0024	649,77	1018,33	901,67	1018,33
		Lapangan	37.865.000	0,575	0,0018	486,90	1018,33	901,67	1018,33
		Tumpuan Kanan	-58.650.000	0,891	0,0021	581,32	1018,33	901,67	1018,33

Pelat			Momen	Rn	P perlu	As perlu	Tul. Minimum Pelat		As perlu
			Arah Y				As min 1	As min 2	
			Nmm	Mpa		mm2	mm2	mm2	
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	-91.626.000	1,610	0,0039	987,77	946,80	838,33	946,80
		Lapangan	46.932.000	0,824	0,002	499,81	946,80	838,33	946,80
		Tumpuan Kanan	-86.941.000	1,527	0,0037	936,04	946,80	838,33	946,80

Tabel 4.68 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah

Pelat			As pakai	Tulangan Atas (Tumpuan) Tulangan Bawah (Lapangan)	As min	As pakai	Tulangan Atas menerus
			mm2		Tulangan Atas	Tulangan Atas	
			mm2	mm2	mm2	mm2	
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	1134,57	D19-250	-	-	-
		Lapangan	1134,57	D19-250	-	-	-
		Tumpuan Kanan	1134,57	D19-250	-	-	-

Pelat			As pakai	Tulangan Atas (Tumpuan) Tulangan Bawah (Lapangan)	As min	As pakai	Tulangan Atas menerus
			mm2		Tulangan Atas	Tulangan Atas	
			mm2	mm2	mm2	mm2	
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	1134,57	D19-250	-	-	-
		Lapangan	1134,57	D19-250	-	-	-
		Tumpuan Kanan	1134,57	D19-250	-	-	-

Tabel 4.69 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah (Lanjutan)

Pelat			As min Tulangan	As pakai Tulangan	Tulangan Bawah (Tumpuan)
			Bawah (Tumpuan)	Bawah (Tumpuan)	
			mm2	mm2	mm2
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	378,190	804,571	D16-250
		Lapangan	567,286	804,571	D16-250
		Tumpuan Kanan	378,190	804,571	D16-250

Pelat			As min Tulangan	As pakai Tulangan	Tulangan Bawah (Tumpuan)
			Bawah (Tumpuan)	Bawah (Tumpuan)	
			mm2	mm2	mm2
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	378,190	804,571	D16-250
		Lapangan	567,286	804,571	D16-250
		Tumpuan Kanan	378,190	804,571	D16-250

Tabel 4.70 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah (Lanjutan)

Pelat			Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($c/d < 0,375$)	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($\epsilon_t > \epsilon_{cu}$)
			a	c		ϵ_t	ϵ_{cu}	
			mm	mm				
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	14,015	18,345	0,068	0,069	0,005	OK
		Lapangan	14,015	18,345	0,068	0,069	0,005	OK
		Tumpuan Kanan	14,015	18,345	0,068	0,069	0,005	OK

Pelat			Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($c/d < 0,375$)	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($\epsilon_t > \epsilon_{cu}$)
			a	c		ϵ_t	ϵ_{cu}	
			mm	mm				
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	14,015	18,345	0,073	0,064	0,005	OK
		Lapangan	14,015	18,345	0,073	0,064	0,005	OK
		Tumpuan Kanan	14,015	18,345	0,073	0,064	0,005	OK

Tabel 4.71 Kontrol Tarik Penulangan Pelat

4.4.2.2 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser

Dalam perencanaan pelat tanpa adanya balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup.

Nama Kolom	Kolom Interior	V_u
	mm	N
K1	500 x 500	835.962,00
K2	650 x 650	919.558,20
K3	700 x 700	752.365,80
K4	750 x 750	961.356,30
K5	450 x 450	585.173,40
K6	550 x 550	643.690,74

Tabel 4.72 Gaya Geser pada Hubungan Pelat Kolom

Kolom 700 x 700 Interior

- V_u = 752365,8 N
- Tebal Pelat = 300 mm

- Drop panel = 100 mm
- Tebal cover = 20 mm
- C1,C2 = 800 mm
- αs kolom interior = 40 mm
- $d = (300+100) - 20 - 25 - \frac{1}{2} 25$
= 342,5 mm
- $bo = 2 \times (C1 + d + C2 + d)$
= $2 \times (700 + 342,5 + 700 + 342,5)$
= 4170 mm
- $Ao = bo \times d$
= 4170 mm x 342,5 mm
= 1.428.225 mm²

Nama Kolom	Kolom Interior	Vu	Tebal Pelat	Drop Panel	Clear Cover	C1	C2	αs	d	bo	Ao
	mm	N	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm ²
K1	500 x 500	835.962,00	300	100	20	500	500	40	342,5	3370	1.154.225
K2	650 x 650	919.558,20	300	100	20	650	650	40	342,5	3970	1.359.725
K3	700 x 700	752.365,80	300	100	20	700	700	40	342,5	4170	1.428.225
K4	750 x 750	961.356,30	300	100	20	750	750	40	342,5	4370	1.496.725
K5	450 x 450	585.173,40	300	100	20	450	450	40	342,5	3170	1.085.725
K6	550 x 550	643.690,74	300	100	20	550	550	40	342,5	3570	1.222.725

Tabel 4.73 Data Perencanaan Kontrol Geser Pelat

Syarat Kuat Geser:

- $V_{c1} = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \sqrt{f_c} \times bo \times d$
= $0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times \sqrt{40} \times 4170 \times 342,5$
= 4.606.773 N
- $V_{c2} = 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha s \times d}{bo}\right) \times \sqrt{f_c} \times bo \times d$
= $0,083 \times \left(2 + \frac{40 \times 342,5}{4570}\right) \times \sqrt{40} \times 4570 \times 342,5$
= 3.962.600 N

- $$V_{c3} = 0,333 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$= 0,333 \times 1 \times \sqrt{40} \times 4570 \times 342,5$$

$$= 2.433.320 \text{ N}$$

$$V_c = 2.433.320 \text{ N (Menentukan)}$$

$$\Phi V_c = 0,75 \times 2.433.320 \text{ N}$$

$$= 2.258.222 \text{ N}$$

Cek :

$$V_u < \Phi V_c$$

$$752365,8 \text{ N} < 2.258.222 \text{ N}$$

[Tidak Butuh Tul.Geser]

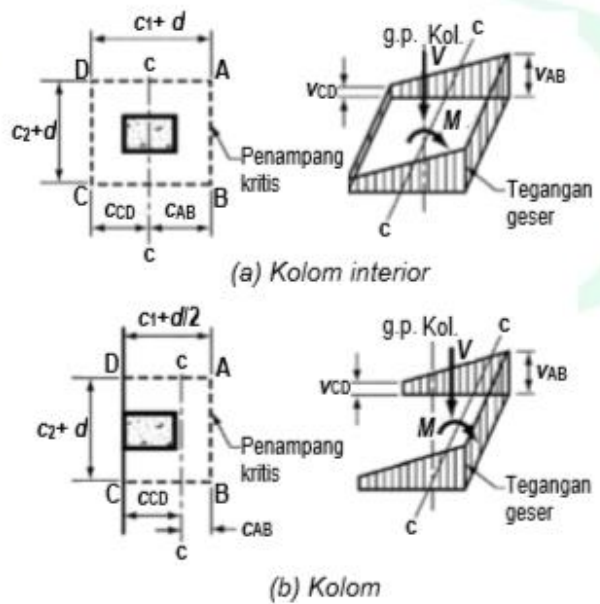
Nama Kolom	Kolom Interior mm	Syarat Kuat Geser			Vc	ΦVc	Kontrol
		Vc 1	Vc 2	Vc 3			
		N	N	N			
K1	500 x 500	3.722.980	3.674.934	2.433.320	2.433.320	1.824.990	Tidak butuh Tul. Geser
K2	650 x 650	4.385.825	3.890.684	2.866.552	2.866.552	2.149.914	Tidak butuh Tul. Geser
K3	700 x 700	4.606.773	3.962.600	3.010.963	3.010.963	2.258.222	Tidak butuh Tul. Geser
K4	750 x 750	4.827.721	4.034.517	3.155.373	3.155.373	2.366.530	Tidak butuh Tul. Geser
K5	450 x 450	3.502.031	3.603.018	2.288.909	2.288.909	1.716.682	Tidak butuh Tul. Geser
K6	550 x 550	3.943.928	3.746.851	2.577.731	2.577.731	1.933.298	Tidak butuh Tul. Geser

Tabel 4.74 Kontrol Kebutuhan Tulangan Geser

4.4.2.3. Pelimpahan Momen dan Gaya geser pada Pertemuan Pelat dan Kolom

Menurut Sni 2847;2013 pasal 11.11.7.1 dalam perencanaan pelat tanpa balok penumpu diperlukan peninjauan terhadap momen tak berimbang pada mukak kolom penumpu, sehingga apabila beban gravitasi, angin, gempa atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya perpindahan momen antara pelat dan kolom, maka dari sebagian momen yang tak berimbang harus dilimpahkan

sebagai lentur pada keliling kolom dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris .



Gambar 4.60 Distribusi Asumsi Tegangan

Nama Kolom	Kolom Interior	V_u	M_u
	mm	N	Nmm
K1	500 x 500	835.962,00	620.361.010
K2	650 x 650	919.558,20	682.397.111
K3	700 x 700	752.365,80	648.277.255
K4	750 x 750	961.356,30	777.932.707
K5	450 x 450	585.173,40	544.552.895
K6	550 x 550	643.690,74	653.463.473

Tabel 4.75 Gaya Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Slab-Kolom

Kolom 700x700 Interior :

$V_u = 752635,8 \text{ N} = 752,63 \text{ KN}$
 $M_u = 648277255 \text{ Nmm}$
 $= 648,28 \text{ KNm}$
 $A_o = 1.428.225 \text{ mm}^2$
 $= 1,428 \text{ m}^2$
 $d = 342,5 \text{ mm}$
 $C1,C2 + d = 700 + 342,5 = 1042,5 \text{ mm}$
 $Cab = \frac{1}{2} \times (C+d) = \frac{1}{2} \times 1042,5 = 521,25 \text{ mm}$

Nama Kolom	Kolom Interior	Ao	d	C1,C2 + d	Cab
	mm	m ²	m	m	m
K1	500 x 500	1,1542	0,343	0,843	0,4213
K2	650 x 650	1,3597	0,343	0,993	0,4963
K3	700 x 700	1,4282	0,343	1,043	0,5213
K4	750 x 750	1,4967	0,343	1,093	0,5463
K5	450 x 450	1,0857	0,343	0,793	0,3963
K6	550 x 550	1,2227	0,343	0,893	0,4463

Tabel 4.76 Data Perencanaan Perhitungan Kontrol Pelat

$$J_c = \frac{d(c1+d)^3}{6} + \frac{(c2+d) d^3}{6} + \frac{(c1+d) (c2+d)^2 d}{6}$$

$$= 0,2657 \text{ m}^4$$

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c1+d}{c2+d}}} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{700+342,5}{700+342,5}}} = 0,4$$

$$V_{uAB} = \left[\frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times Cab}{J_c} \right] \times b_o \times d$$

$$= \left[\frac{752,63}{1,428} + \frac{0,4 \times 648,28 \times 0,5213}{0,2657} \right] \times 1,428$$

$$= 987,99 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 V_{uCD} &= \left[\frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c} \right] \times b_o \times d \\
 &= \left[\frac{752,63}{1,428} - \frac{0,4 \times 648,28 \times 0,5213}{0,2657} \right] \times 1,428 \\
 &= 269,75 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$V_{u\text{perlu}} = 987,99 \text{ KN} = 987.990 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi V_c &= \Phi \times 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\
 &= 0,75 \times 0,17 \times \sqrt{40} \times 4170 \times 342,5 \\
 &= 1.151.690 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}
 V_u &< \Phi V_c \\
 987,99 \text{ KN} &< 1.151.690 \text{ N}
 \end{aligned}$$

[Tidak Butuh Tul.Geser]

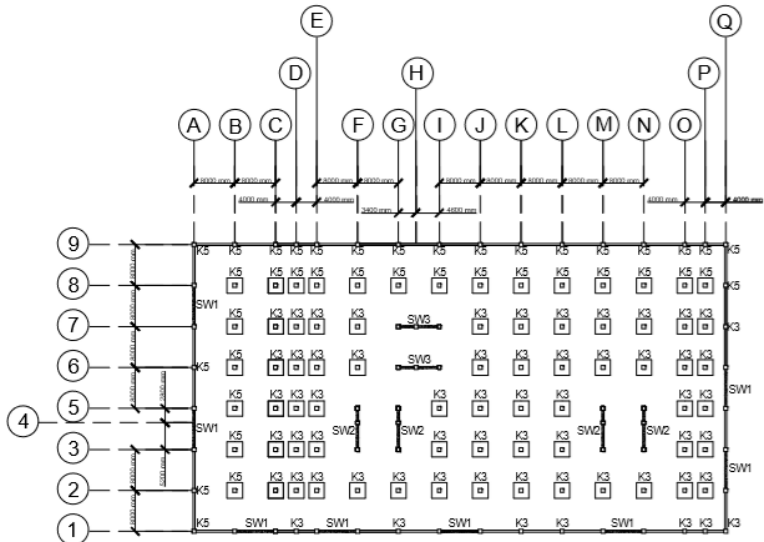
Nama Kolom	Kolom Interior	Jc	γ_v	Vu AB	Vu CD	Vu	Vc	ΦV_c	Kontrol
	mm	m ⁴		KN	KN	KN	KN	KN	
K1	500 x 500	0,14219	0,4	910,07	534,33	910,07	1.240,99	930,74	Tidak butuh Tul. Geser
K2	650 x 650	0,22988	0,4	1.035,01	459,10	1.035,01	1.461,94	1.096,46	Tidak butuh Tul. Geser
K3	700 x 700	0,26568	0,4	987,9870	269,75	987,99	1.535,59	1.151,69	Tidak butuh Tul. Geser
K4	750 x 750	0,30505	0,4	1.118,17	325,33	1.118,17	1.609,24	1.206,93	Tidak butuh Tul. Geser
K5	450 x 450	0,11896	0,4	655,56	350,90	655,56	1.167,34	875,51	Tidak butuh Tul. Geser
K6	550 x 550	0,16830	0,4	800,20	287,13	800,20	1.314,64	985,98	Tidak butuh Tul. Geser

Tabel 4.77 Kontrol Kebutuhan Tulangan Geser pada Pelat

4.4.3 Perencanaan Struktur Kolom

Contoh Perhitungan menggunakan kolom dengan dimensi 70cm x 70 cm (K3 70/70). Berdasarkan hasil perhitungan ETABS 2016 diexport beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 70/70cm, yaitu :

- Pu_{max} : 9288,46 KN
- Vu_{max} : 356,97 KN
- Mu_{max} : 278,10 KNm
- Tu_{max} : 10,35 KNm



Gambar 4.61 Denah Perencanaan Kolom

Kolom	Dimensi		Spesifikasi Material					
	Lebar 1	Lebar 2	D lentur	Fy Lentur	D sengkang	Fy Sengkang	Fc'	Clear Cover
	mm	mm	mm	Mpa	mm	Mpa	Mpa	mm
K1	500	500	22	420	16	420	40	50
K2	650	650	22	420	16	420	40	50
K3	700	700	25	420	16	420	40	50
K4	750	750	25	420	16	420	40	50
K5	450	450	22	420	16	420	40	50
K6	550	550	22	420	16	420	40	50

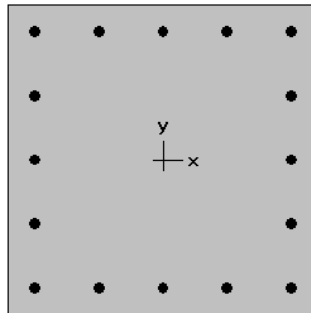
Tabel 4. 78 Data Perencanaan Kolom

4.4.3.1 Kontrol Dimensi Kolom

Dari hasil running program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 9288,46 KN

$$9288,46 \text{ KN} \geq 700 \times 700 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$9288,46 \text{ KN} \geq 1960 \text{ KN}$$



700 x 700 mm
1.66% reinf.

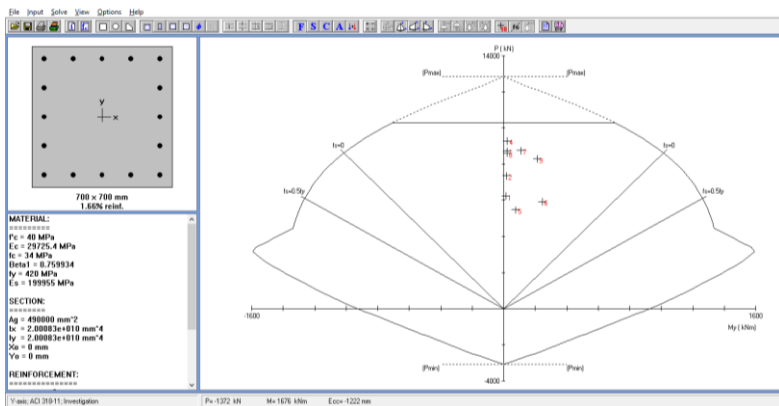
Gambar 4.62 Penampang Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.
800 mm > 300 mm
- Rasio dimensi besar dari 0.4
Rasio b/h = 800/800 = 1 > 0.4

4.4.3.2 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu PCA COL, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut :

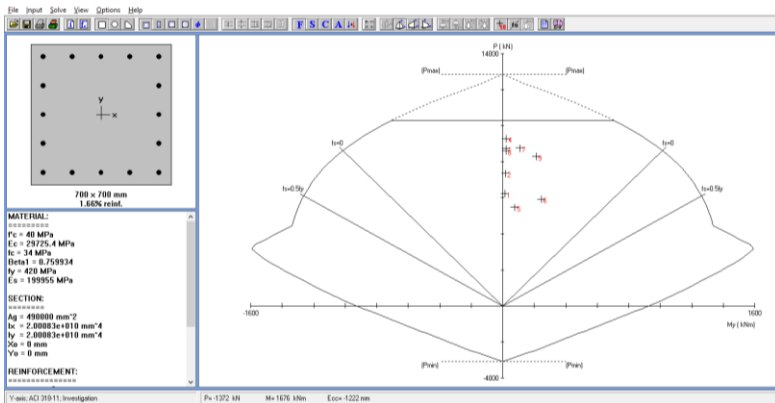


Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kNm	PhiMnx kNm	PhiMn/Mu NA mm	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	6242.21	2.19	1858.36	848.568	454	737	0.00187	0.650
2	7365.94	2.70	1814.56	672.060	515	737	0.00130	0.650
3	8739.00	3.07	1720.60	560.457	595	737	0.00072	0.650
4	9288.46	3.45	1668.22	483.541	628	737	0.00052	0.650
5	5475.68	272.98	1973.99	7.231	385	737	0.00275	0.706
6	5933.18	120.17	1866.87	15.535	438	737	0.00205	0.650
7	8757.13	278.10	1719.02	6.181	596	737	0.00071	0.650
8	8614.46	3.14	1731.17	551.327	587	737	0.00077	0.650
9	8299.63	115.05	1755.84	15.262	569	737	0.00089	0.650

*** End of output ***

Gambar 4. 63 Output spColumn K3 Arah X



Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Muy kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	6242.21	14.41	1858.37	128.964	454	737	0.00187	0.650
2	7365.94	17.47	1814.56	103.867	515	737	0.00130	0.650
3	8739.00	20.17	1720.60	85.305	595	737	0.00072	0.650
4	9288.46	22.19	1668.22	75.179	628	737	0.00052	0.650
5	5475.68	77.05	1973.99	25.620	385	737	0.00275	0.706
6	5933.18	246.31	1866.87	7.579	438	737	0.00205	0.650
7	8757.13	110.37	1719.02	15.575	596	737	0.00071	0.650
8	8614.46	20.35	1731.17	85.070	587	737	0.00077	0.650
9	8299.63	212.99	1755.84	8.244	569	737	0.00089	0.650

*** End of output ***

Gambar 4. 64 Output spColumn K3 Arah Y

Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom

$\phi M_n = 1973,99 \text{ KNm} > M_u = 278,10 \text{ KNm} \dots \text{OK}$

4.4.3.3 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Pada Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1, Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,06 A_g$. Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program SpColumn diperoleh Tulangan longitudinal : 16D25, dengan rasio tulangan = 1,66 % (OK).

Kolom	Kontrol Dimensi Kolom			Penulangan Longitudinal Kolom			Kontrol Rasio Tulangan	
	Pu	0,1 Ag x Fc'	Ket	ΦMn	Mu	Ket	Rasio Tul.	Ket
	KN	KN		KNm	KNm		%	
K1	4.763,26	1.000	OK	897,27	132,43	OK	1,86	OK
K2	7.812,50	1.690	OK	1096,66	150,32	OK	1,26	OK
K3	9.288,46	1.960	OK	1973,99	278,1	OK	1,66	OK
K4	12.315,44	2.250	OK	2368,79	361,53	OK	1,13	OK
K5	3.812,30	810	OK	807,54	119,19	OK	2,29	OK
K6	5.831,42	1.210	OK	1130,56	166,86	OK	1,54	OK

Tabel 4.79 Perhitungan Penulangan dan Kontrol Dimensi Kolom

4.4.3.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \times (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana:

$$P_u = 9288,46 \text{ KN}$$

$$\phi = 0,65$$

$$A_g = 700 \times 700 = 490000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 0,0166 \times 490000 = 8134 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$\phi P_n = 15839,78 \text{ KN} > P_u = 9288,46 \text{ KN} \quad (\text{OK})$$

4.4.3.5 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

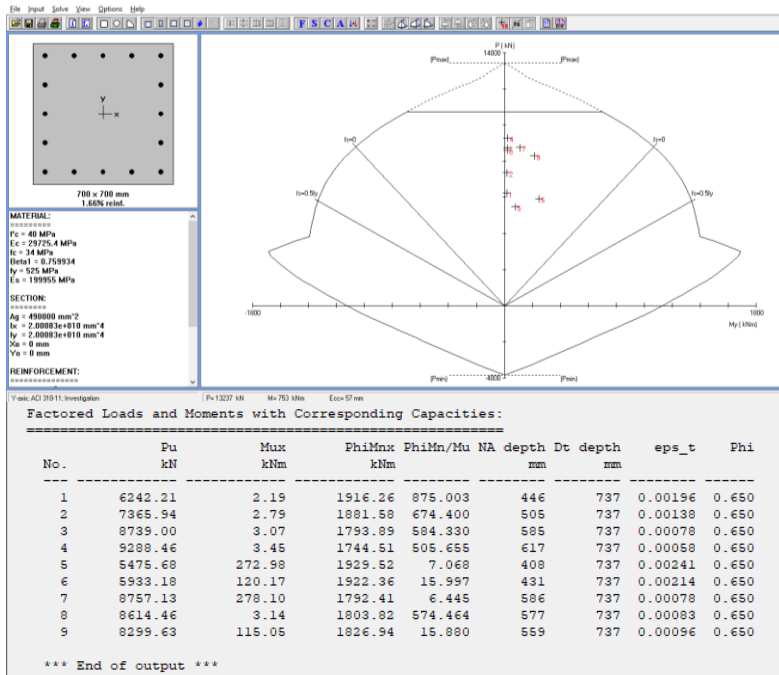
Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$V_e = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n}$$

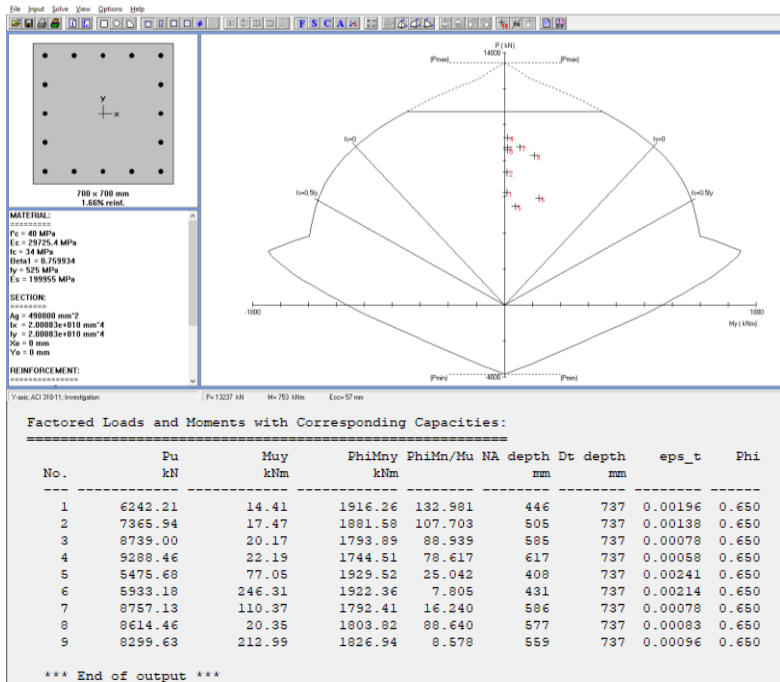
Dimana:

M_{pr} = Kekuatan Momen Maksimum yang mungkin terjadi

L_n = Tinggi bersih kolom



Gambar 4. 65 Output spColumn (setelah Mpr) K3 Arah X



Gambar 4. 66 Output spColumn (setelah Mpr) K3 Arah Y

$$L_n = 3600 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 1929,52 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 1929,52}{3,6}$$

$$V_e = 1169,41 \text{ kN} > V_u = 356,97 \text{ kN} \dots OK$$

Kolom	Kontrol Kapasitas Beban Aksial					Kontrol Rasio Tulangan					
	Ag	Ast	ΦPn	Pu	Ket	Mprx	Mpry	L	Ve	Vu	Ket
	mm	mm	KN	KN		KNm	KNm	m	KN	KN	
K1	250.000	4.650,00	8.235,92	4.763,26	OK	877,055	877,055	2,8	626,47	125,86	OK
K2	422.500	5.323,50	13.135,90	7.812,50	OK	1071,96	1071,96	2,8	765,68	321,95	OK
K3	490.000	8.134,00	15.839,78	9.288,46	OK	1929,52	1929,52	3,3	1169,41	356,97	OK
K4	562.500	6.356,25	17.262,81	12.315,44	OK	1543,62	1543,62	3,6	857,56	563,25	OK
K5	202.500	4.637,25	6.939,98	3.812,30	OK	789,349	789,349	3,3	478,39	74,63	OK
K6	302.500	4.658,50	9.666,54	5.831,42	OK	868,284	868,284	3,6	482,38	99,21	OK

Tabel 4.80 Kontrol Kapasitas Beban Aksial dan Gaya Geser

4.4.3.6 Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6, ujung-ujung kolom sepanjang lo harus dikekang oleh tulangan transversal (A_{sh}) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6

* Pemasangan Tulangan di Daerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

- $\frac{1}{4} b_{kolom} = \frac{1}{4} \times 700 = 175 \text{ mm}$
- $6 d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$
- $S_o = 100 + \left(\frac{350 - (0.5x(700 - 2x(50 + 13/2)))}{3} \right) = 102,17 \text{ mm}$

Digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 100 mm.

$A_{sh_{min}}$ sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$b_{cx} = 700 - 50 - 2 \times 16 = 618 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (700 - 50 - 2x16) \times (700 - 50 - 2x16)' \\ = 381924 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{s b_c f' c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{100 \times 618 \times 40}{420} \left[\frac{490000}{381924} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 499,66 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{100 \times 618 \times 40}{420} = 529,71 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan 4D16-100

$$(A_{sh} = 804,57 \text{ mm}^2) > 620,57 \text{ mm}^2$$

* Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom di luar sendi plastik tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

$$- 6 \times db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai $s = 150 \text{ mm}$

Kolom	Perhitungan Tulangan Geser												Jumlah kaki butuh buah	Jumlah kaki pakai buah	
	Sendi Plastik				Diluar Sendi Plastik			Bc	Ac	Ash min 1	Ash min 2	Ash min			
	Smaks1	Smaks2	Smaks3	S pakai	Smaks1	Smaks2	S pakai								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm2	mm2	mm2	mm2	mm2		
K1	125	150	150	100	150	150	150	418	174.724	514.53	358.29	514.53	2.558	3	
K2	162,5	150	150	100	150	150	150	568	322.624	502.39	486.86	486.86	2.420	3	
K3	175	150	150	100	150	150	150	618	381.924	499.66	529.71	529.71	2.634	4	
K4	187,5	150	150	100	150	150	150	668	446.224	497.33	572.57	572.57	2.847	4	
K5	112,5	150	150	100	150	150	150	368	135.424	520.78	315.43	520.78	2.589	3	
K6	137,5	150	150	100	150	150	150	468	219.024	509.62	401.14	509.62	2.534	3	

Tabel 4.81 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser

4.4.3.7 Kontrol Kebutuhan Torsi

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila nilai momen puntir kurang dari :

$$T_n = \phi 0.33 \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{Nu}{0.33 \sqrt{f'c}}}$$

$$\begin{aligned}
 N_u &= 5652,58 \text{ KN} \\
 T_u &= 10,35 \text{ KNm} \\
 A_g &= 490000 \text{ mm}^2 \\
 A_{cp} &= 381924 \text{ mm}^2 \\
 P_{cp} &= 2472 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$T_n = 0.65 \cdot 0.33 \sqrt{40} \left(\frac{381924^2}{2472} \right) \sqrt{1 + \frac{5652,58}{0.33 \sqrt{40}}}$$


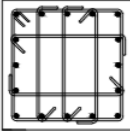
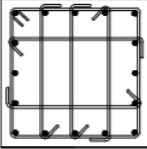
$$T_n = 41,66 \text{ KNm}$$

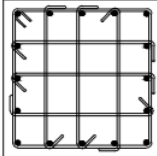

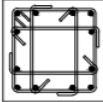
$$\begin{aligned}
 T_n &> T_u \\
 41,66 \text{ KNm} &> 10,35 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Maka tulangan torsi diabaikan.

Kolom	Kebutuhan Torsi						Ket
	Nu	Ag	Acp	Pcp	Tn	Tu	
	KN	mm ²	mm ²	mm	KNm	KNm	
K1	4.763,26	250.000	174.724	1.672	11,833	3,66	Tidak butuh Tul.Torsi
K2	7.812,50	422.500	322.624	2.272	38,025	6,97	Tidak butuh Tul.Torsi
K3	5.652,58	490.000	381.924	2.472	41,660	10,35	Tidak butuh Tul.Torsi
K4	12.315,44	562.500	446.224	2.672	77,657	12,38	Tidak butuh Tul.Torsi
K5	3.812,30	202.500	135.424	1.472	7,224	6,23	Tidak butuh Tul.Torsi
K6	5.831,42	302.500	219.024	1.872	18,376	8,56	Tidak butuh Tul.Torsi

Tabel 4.82 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

NAMA KOLOM	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3
LOKASI	Lantai	Lantai	Lantai
SKETSA			
PENAMPANG	500 mm x 500 mm	700 mm x 700 mm	800 mm x 800 mm
DECKING	50 mm	50 mm	50 mm
TULANGAN UTAMA	12D22	16D22	16D25
SENGKANG TUMPUAN	4D13 - 100	5D13 - 100	5D13 - 100
SENGKANG LAPANGAN	4D13 - 150	5D13 - 150	5D13 - 150

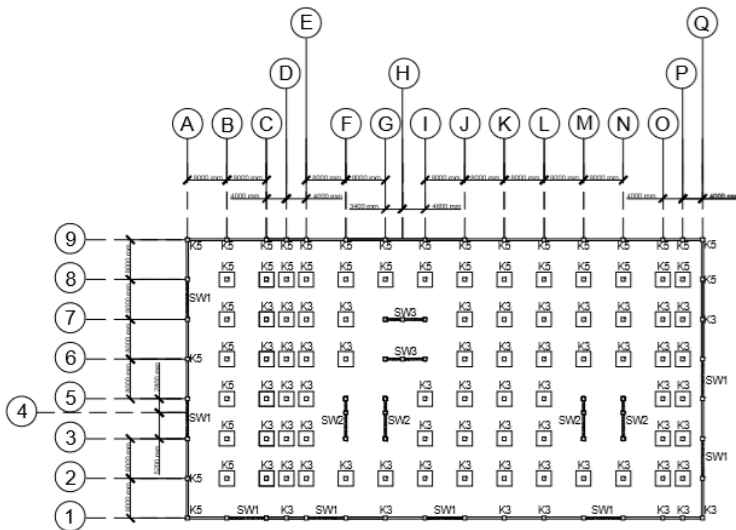
NAMA KOLOM	Kolom 4	Kolom 5	Kolom 6
LOKASI	Lantai	Lantai	Lantai
SKETSA			
PENAMPANG	850 mm x 850 mm	450 mm x 450 mm	550 mm x 550 mm
DECKING	50 mm	50 mm	50 mm
TULANGAN UTAMA	16D25	12D22	12D22
SENGKANG TUMPUAN	6D13 - 100	4D13 - 100	4D13 - 100
SENGKANG LAPANGAN	6D13 - 150	4D13 - 150	4D13 - 150

Gambar 4.67 Rekapitulasi Penulangan Kolom

4.4.4 Perencanaan Struktur Dinding Geser

Dinding geser (Shearwall) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen momen yang terjadi akibat gaya lateral. Struktur Gedung Apartemen Setiabudi yang didesain di kota Medan dengan kategori seismik D dengan konfigurasi struktur didesain dengan system ganda dimana dinding geser harus mampu memikul 75% beban lateral. Dinding geser yang terdapat pada strukur ini merupakan struktur dinding geser khusus dengan denah dinding diperlihatkan pada Gambar 4.68.

Secara keseluruhan terdapat tiga tipe dinding geser, oleh karena itu akan dianalisis satu tipe dinding geser tersebut berdasarkan gaya dalam yang paling menentukan diantara masing-masing dinding geser tersebut.



Gambar 4.68 Denah Dinding Geser yang Ditinjau

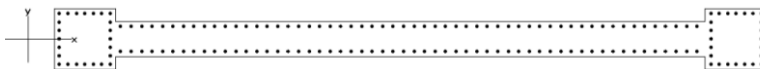
4.4.4.1 Data Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser yang akan direncanakan (SW1) memiliki data sebagai berikut :

- Tebal dinding (h) : 400 mm
- Lebar dinding (lw) : 8000 mm
- Tebal decking : 40 mm
- Diamter Tulangan : 16 mm
- Mutu tulangan (f_y) : 420 MPa
- Mutu beton (f'_c) : 40 Mpa
- Tinggi lantai (h_w) : 4000 mm

Shearwall	Tebal Dinding	Lebar Dinding	Tebal Decking	Diameter Tulangan	f_y	f_c	Tinggi Lantai
	mm	mm	mm	mm	Mpa	Mpa	mm
SW 1	400	8000	40	16	420	40	4000
SW 2	400	8000	40	16	420	40	4000
SW 3	400	8000	40	16	420	40	4000

Tabel 4.83 Data Perencanaan Dinding Geser

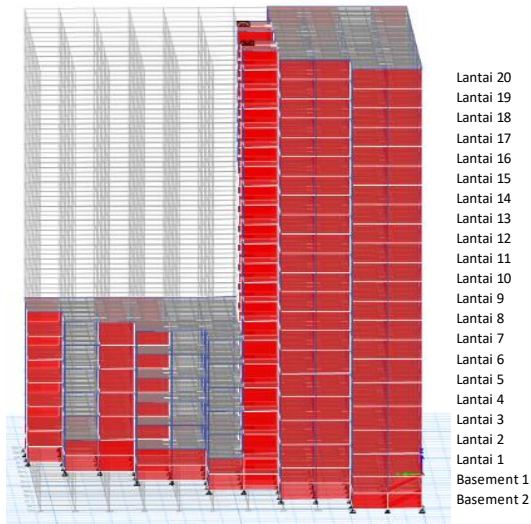


Gambar 4.69 Penampang Dinding Geser Shearwall Tipe 1

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS 2016 didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada shearwall dari 3 kombinasi terbesar, yaitu :

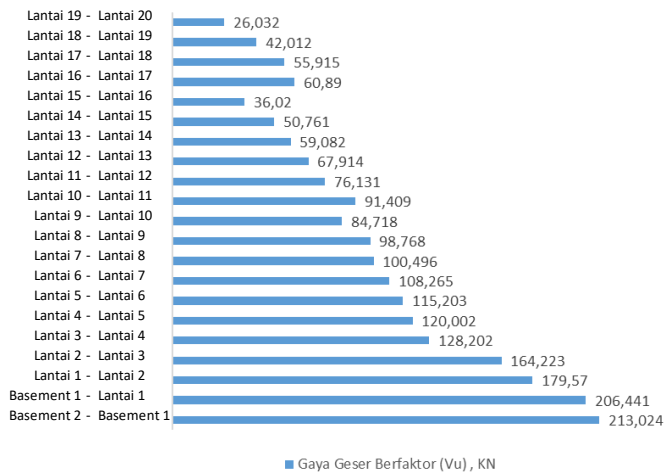
Shearwall	Kombinasi	Pu	Mx	My	Vx	Vy
		KN	KNm	KNm	KN	KN
SW2	1,4 DL	12282,36	93,26	6879,50	67,39	63,60
	1,2 DL + Ex + LL	10827,92	836,55	49090,32	1721,68	215,64
	1,2 DL + Ey + LL	10712,66	413,05	106040,44	3955,00	129,23

Tabel 4.84 Output ETABS pada Shearwall Tipe 1



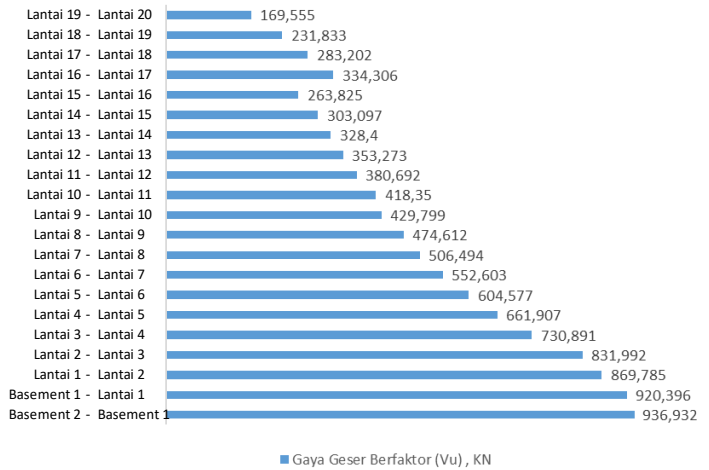
Gambar 4.70 Potongan Bangunan

Diagram Geser Shearwall Arah X



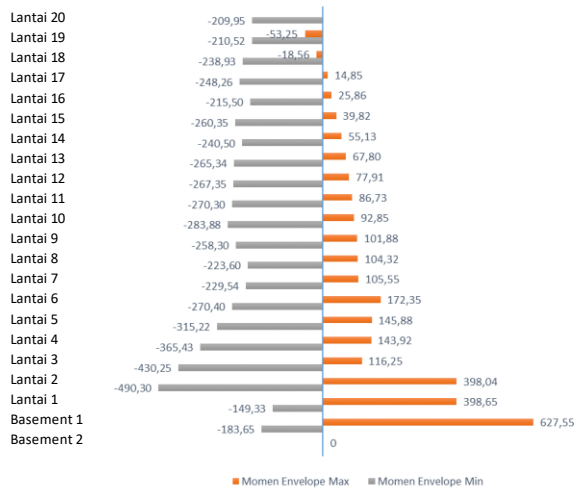
Gambar 4. 71 Diagram Geser Shearwall Arah X

Diagram Geser Shearwall Arah Y



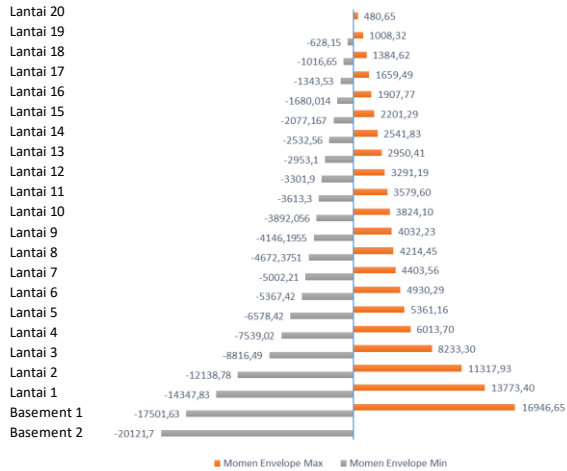
Gambar 4. 72 Diagram Geser Shearwall Arah Y

Diagram Momen Shearwall Arah X



Gambar 4. 73 Diagram Momen Shearwall Arah X

Diagram Momen Shearwall Arah Y



Gambar 4. 74 Diagram Momen Shearwall Arah Y

4.4.4.2 Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 14.5.3, ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

1. $\frac{1}{25} \lambda_c = \frac{1}{25} 8000 = 320 \text{ mm}$
2. 250 mm

Jadi, ketebalan *shear wall* 400 mm sudah memenuhi persyaratan.

4.4.4.3 Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

Kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi $0.83A_{cv}\sqrt{f'c}$

$$V_n < 0.83A_{cv}\sqrt{f'c}$$

$$\frac{3955}{0,75} \text{ KN} < 0.83(400 \times 8000) \frac{\sqrt{40}}{1000}$$

$$5.273 \text{ KN} < 16.798,02 \text{ KN} \dots \text{Ok}$$

Shearwall	Kontrol Ketebalan		Spakai	Kontrol Terhadap Gaya Geser		Kontrol
	Smin 1	Smin 2		Vn	$0,83 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c}$	
	mm	mm		KN	KN	
SW 1	320	250	400	749,55	16.798,02	OK
SW 2	320	250	400	1.249,24	16.798,02	OK
SW 3	320	250	400	1.624,02	16.798,02	OK

Tabel 4.85 Kontrol Dimensi Dinding Geser

4.4.4.4 Penulangan Geser Shear Wall

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI-03-2847-2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi $0.17 \times A_{vc} \times \sqrt{f'c}$

$$V_n < 0.17 \times 400 \times 8000 \times \frac{\sqrt{40}}{1000}$$

$$1.249,24 \text{ KN} < 3.440,56 \text{ KN} \rightarrow 1 \text{ lapis tulangan}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.
 $400 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

Perhitungan Kuat Geser Beton (Vc)

Menentukan kuat geser beton (Vc) sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.9.6, dimana Vc diambil yang lebih kecil diantara persamaan berikut :

$$\begin{aligned} d &= 0,8 \times l_w \\ &= 0,8 \times 8000 = 6400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{C1} &= 0,27 \lambda \sqrt{f_c'} \times h \times d + \frac{P_u \times d}{4 \times l_w} \quad (1) \\ &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{40} \times 400 \times 6400 + \frac{12282360 \times 6400}{4 \times 8000} \\ &= 6.828.000 \text{ N} \\ &= 6.828 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{C2} &= 0,05 \lambda \sqrt{f_c'} + \left(\frac{l_w \times (0,1 \lambda \sqrt{f_c'} + 0,2 \times \frac{P_u}{l_w \times h})}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right) \quad (2) \\ &= 0,05 \times 1 \times \sqrt{40} + \left(\frac{8000 \times (0,1 \times 1 \times \sqrt{40} + 0,2 \times \frac{12282360}{8000 \times 400})}{\frac{106040,46 \times 10^6}{3955000} - \frac{8000}{2}} \right) \\ &= 1.257.305 \text{ N} \\ &= 1.257,305 \text{ KN} \end{aligned}$$

Maka, diambil Vc = 1.257,305 KN

4.4.4.5 Kontrol Spasi Tulangan Vertikal dan Horizontal

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.1 : Spasi tulangan vertikal dan tulangan horizontal tidak boleh lebih dari 450 mm.

S pakai = 200 mm < 450 mm **ok**

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{Lw}{5} = 1600 \text{ mm}$$

$$s \leq 3h = 1200 \text{ mm}$$

$$s = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm} \quad \mathbf{Ok}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5 : Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{Lw}{3} = \frac{8000}{3} = 2666,67 \text{ mm}$$

$$s \leq 3h = 1200 \text{ mm}$$

$$s = 450 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm} \quad \mathbf{Ok}$$

4.4.4.6 Kontrol Rasio Tulangan Vertikal dan Horizontal

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.4 : Rasio tulangan vertikal (ρ_l) tidak boleh kurang dari 0.0025
- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.2 : Rasio tulangan horizontal (ρ_t) tidak boleh kurang dari 0.0025

Dipakai tulangan vertikal dan horizontal 2D16 ($A_s = 402.12 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan :

$$\rho_n = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2}{400 \times 200} = 0,0050 > 0.0025$$

4.4.4.7 Kontrol Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$Vu < \phi Vn$$

$$Vn = A_{cv} [\alpha_c \sqrt{f'c} + \rho_n f_y]$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{68}{8} = 8,5 > 2 \quad ; \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0.17$$

Kebutuhan Tulangan untuk menahan gaya geser

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\&= \frac{3955}{0,75} - 1257,305 \\&= 4.016,03 \text{ KN}\end{aligned}$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2D16 ($A_s = 402.12 \text{ mm}^2$) dengan $s = 200$ mm pada arah vertikal dan horizontal

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} \\&= \frac{402,12 \times 420 \times 6400}{200} \\&= 5.406,72 \text{ KN}\end{aligned}$$

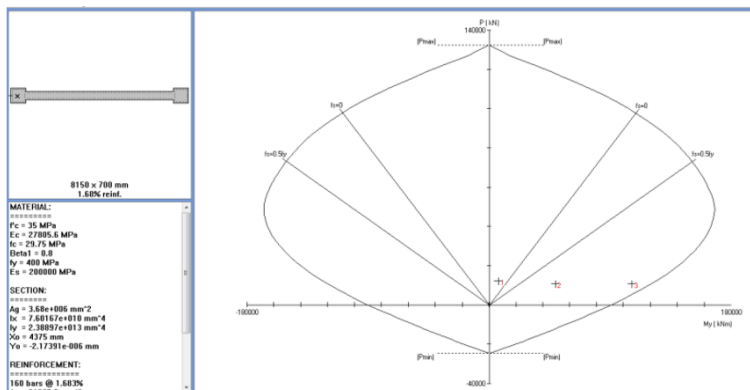
$$\begin{aligned}V_u &= V_c + V_s \\&= 1.257,305 + 5.406,72 \\&= 6.664,03 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_n &= 400 \times 8000 [0.17\sqrt{40} + 0.0050 \times 420] \\&= 10198958,57 \text{ N} \\&= 10.198,96 \text{ KN}\end{aligned}$$

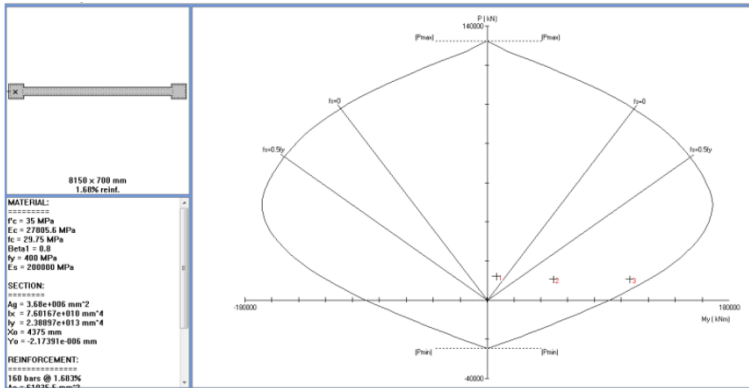
$$\begin{aligned}V_u &< \phi V_n \\6.664,03 \text{ KN} &< 0,75 \times 10.198,96 \text{ KN} \\6.664,03 \text{ KN} &< 7.649,22 \text{ KN} \quad \mathbf{Ok}\end{aligned}$$

4.4.4,8 Pengecekan Tulangan Dengan spColumn

Dinding struktur berfungsi sama seperti kolom yaitu untuk menahan gaya – gaya yang bekerja secara lateral khususnya, maka dari itu dalam perhitungan dinding geser ini menggunakan program bantu spColumn. Hasil dari analisa spColumn adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 75 Output spColumn Arah X

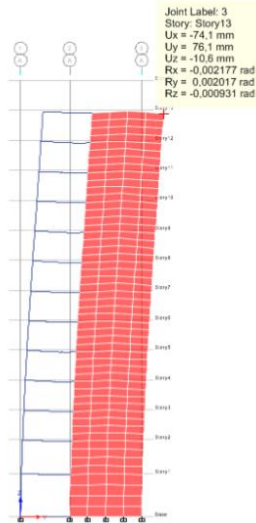


Gambar 4. 76 Output spColumn Arah Y

4.4.4.9 Cek Elemen Pembatas Khusus

Penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (Displacement Method). Elemen pembatas khusus ini diperlukan bila (SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2).

$$c \geq \frac{l_w}{600 (\delta u/hw)}$$



Gambar 4. 77 Nilai Simpangan Terbesar pada Dinding Geser

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Pu kN	Mux kNm	fMnx kNm	fMn/Mu NA depth	Dt depth mm	eps_t	Phi	
1	12282.00	93.00	6108.39	65.682	271	640	0.00407	0.823
2	10827.00	836.00	6019.95	7.201	263	640	0.00430	0.842
3	10712.00	413.00	6052.33	14.655	259	640	0.00440	0.850

Gambar 4.78 Nilai C Pada Shearwall

Dari Gambar 4.78 digunakan nilai $c = 271$ mm. Sementara untuk nilai δu didapat dari Gambar 4.77, yaitu sebesar 76,1 mm

$$\frac{\delta u}{hw} = \frac{76,1}{47200} = 0,002$$

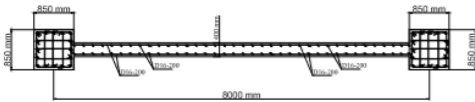
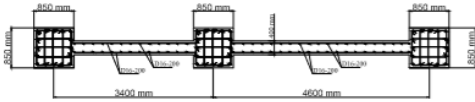
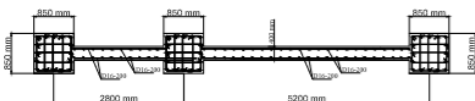
$$\frac{\delta u}{hw} < 0,007, \text{ maka dipakai } \frac{\delta u}{hw} = 0,007$$

$$c \geq \frac{lw}{600 (\delta u/hw)}$$

$$271 \geq \frac{8000}{600 (0,007)} = 1904,76 \text{ mm}$$

$$271 \leq 1904,76 \text{ mm}$$

Dikarenakan $c \leq \frac{lw}{600 (\delta u/hw)}$ maka tidak dibutuhkan pembatas khusus, oleh karena itu tidak dilakukan perhitungan elemen pembatas khusus

NAMA DINDING	SKETSA
SHEARWALL 1	
SHEARWALL 2	
SHEARWALL 3	

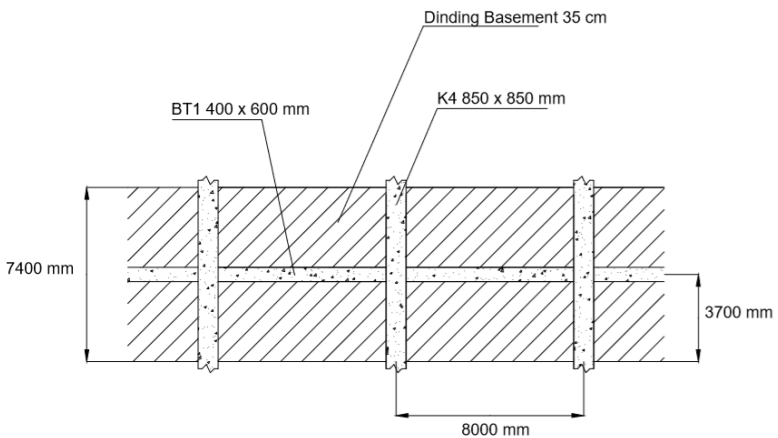
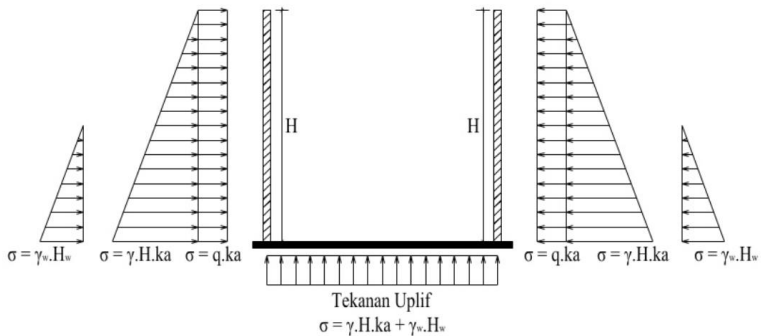
Gambar 4. 79 Rekapitulasi Penulangan Shearwall

4.4.5 Perencanaan Dinding Basement

Perencanaan *basement* menggunakan sistem pelat vertikal yang juga difungsikan sebagai dinding penahan tanah. Tinggi *basement* yang direncanakan memiliki ketinggian 7,4 m.

4.4.5.1 Penulangan Basement

Untuk perhitungan tulangan, dinding basement dimodelkan sebagai dinding dengan tekanan tanah + tekanan air dan tekanan akibat beban mati pelat lantai dengan bantuan software ETABS. Hasil dari analisis berupa momen yang digunakan untuk menentukan penulangan dinding dan pelat basement



Gambar 4. 80
Diagram Tegangan pada Dinding dan Pelat *Basement* serta potongan melintang dinding basement

- **Perhitungan Tekanan Tanah**

Data tanah:

$$H = 7,40 \text{ m (kedalaman total lantai basement)}$$

$$H_{\text{air}} = 3,40 \text{ m}$$

$$\gamma_n = 1,55 \text{ t/m}^2$$

$$\Phi = 11,45^\circ$$

Perhitungan nilai K_a :

$$\begin{aligned} K_a &= \text{tg}^2 (45 - \Phi/2) \\ &= \text{tg}^2 (45 - 11,45/2) \\ &= 0,6687 \end{aligned}$$

Dimana :

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

Φ = sudut geser tanah

Pada $Z = 0 \text{ m}$

$$1. \sigma = \gamma_1 * H_1 * K_a = 1,55 \times 0 \times 0,6687 = 0 \text{ kg/m}^2$$

Pada $Z = 8 \text{ m}$

$$\begin{aligned} 2. \sigma &= (\gamma_1 * H_1 * K_a) + (\gamma^{\text{sat}} * H_2 * K_a) \\ &= 0 + (1,55 \times 10^3 \times 4 \times 0,6687) + (0,55 \times 10^3 \times 3,4 \\ &\quad \times 0,6687) \\ &= 5396,41 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Tekanan Air**

Tegangan yang disebabkan oleh air pori :

$$\sigma_{\text{air}} = \gamma^w * H_{\text{air}} = 1000 * 3,4 = 3400 \text{ kg/m}^2$$

- **Perhitungan Tekanan Tanah akibat Beban Merata**

Menurut Peraturan Pembebanan untuk Bangunan, beban untuk lantai parkir diambil sebesar $q = 400 \text{ kg/m}^2$. Tegangan yang disebabkan oleh beban merata:

$$\begin{aligned}\sigma &= q \times K_a \\ &= 400 \times 0,6687 \\ &= 267,48 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

- **Perhitungan Tekanan Uplift Pelat Basement**

Tekanan Uplift pada Pelat Basement dihitung menggunakan perhitungan:

$$\begin{aligned}\sigma &= (\gamma^{\text{sat}} \cdot H_2 \cdot K_a) + (\gamma^w \cdot H_{\text{air}}) \\ &= (1,55 \times 10^3 \times 4 \times 0,6687) + (0,55 \times 10^3 \times 3,4 \times 0,6687) + (1000 \times 3,4) \\ &= 8796,5 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Penulangan Dinding Basement

Data perencanaan basement adalah sebagai berikut:

Mutu beton (f'_c)	= 40 MPa
Mutu baja (f_y)	= 420 MPa
Tebal dinding (t)	= 350 mm
Diameter tulangan	= 16 mm
Dimensi Dinding	= 3,7 x 8 m (Paling besar)
Kedalaman <i>basement</i>	= 7,4 m
Tebal selimut beton	= 75 mm

Berdasarkan data tanah di lokasi untuk kedalaman 7,4 m mempunyai berat jenis sebesar $1,55 \text{ ton/m}^3$.

Menentukan pelat termasuk pelat 1 arah atau 2 arah

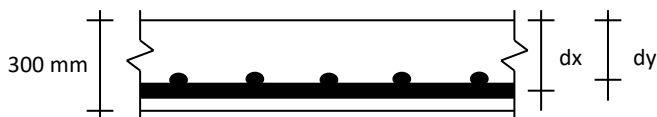
$$\beta = \frac{L_y}{L_x} (\beta \Rightarrow 2 \rightarrow \text{pelat 1 arah}, \beta < 2 \rightarrow \text{pelat 2 arah})$$

Lx dan Ly diambil dari perhitungan preliminary dinding basement:

Lx = 370 cm (Tinggi)

Ly = 800 cm (Lebar)

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{800}{370} = 2,162 > 2 \rightarrow \text{pelat 1 arah}$$



$$dx = 350 - 75 - \frac{16}{2} = 263 \text{ mm}$$

$$dy = 350 - 75 - 16 - \frac{16}{2} = 247 \text{ mm}$$

Untuk mutu beton $f'c = 40$ MPa berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut :

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'c - 28}{7} = 0,764 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,764$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = 0,0025 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 14.3.3)}$$

$$\rho_b = 0,85 \left(\frac{\beta_1 \times Fc}{Fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) = 0,0364$$

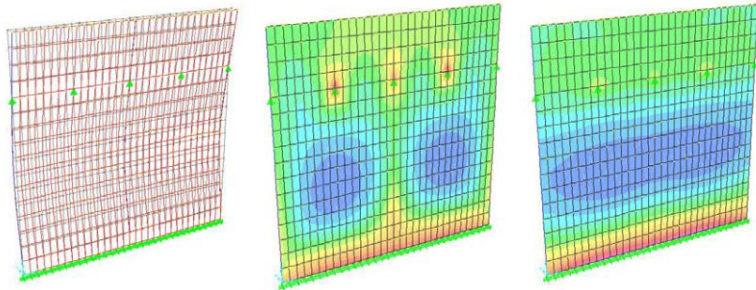
$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0273$$

Penulangan pokok dinding basement pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tariknya berbeda. Pada daerah tumpuan tulangan tarik berada di atas sedangkan pada daerah lapangan tulangan tariknya berada di bawah.

Dengan menggunakan software ETABS dan memasukan beban beban yang terjadi, maka didapatkan momen maksimum dan minimum pada masing masing arah sebagai berikut :

Letak	Momen (KNm)
Momen Arah X (Horizontal) Maksimum	85,835
Momen Arah X (Horizontal) Minimum	-142,595
Momen Arah Y (Vertikal) Maksimum	171,425
Momen Arah Y (Vertikal) Minimum	-67,735

Tabel 4.86 Momen yang terjadi pada dinding basement



Gambar 4.81 Diagram Momen dan Deformasi yang terjadi pada Dinding Basement

* **Perhitungan Tulangan Tumpuan dan Lapangan Arah X (Horizontal)**

- Besaran momen yang digunakan:

$$M_{ulx} (+) = M_{utx} (-) = 142,595 \text{ kNm} = 142595000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d x^2} = \frac{142595000}{0,75 \times 1000 \times 263^2} = 2,99 \text{ N/mm}^2$$

- Rasio tulangan :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 2,99}{420}} \right) = 0,0074$$

$\rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0074$

- Perhitungan kebutuhan tulangan arah X:

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0074 \times 1000 \times 263 = 1864,8 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan per meter

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{tulangan D-16}}} = \frac{1864,8}{201,06} = 9,27 \approx 10$$

- Jarak tulangan

$$S_{max} = 450 \text{ mm (SNI 2847:2013, Pasal 14.3.5)}$$

$$S_{pakai} = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm} < S_{max} \text{ "OK"}$$

$$A_{s_{pasang}} = n \times A_{s_{tulangan}}$$

$$A_{s_{pasang}} = 10 \times 201,06 = 2010,6 \text{ mm}^2 > 1864,8 \text{ mm}^2$$

∴ Digunakan tulangan lentur arah X (Horizontal) = D16 – 100

*** Perhitungan Penulangan Tumpuan dan Lapangan Arah Y (Vertikal)**

- Besaran momen yang digunakan:

$$M_{ulx (+)} = M_{utx (-)} = 171,425 \text{ kgm} = 171425000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{171425000}{0,75 \times 1000 \times 247^2} = 4,1 \text{ N/mm}^2$$

- Rasio tulangan :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12.353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 4,1}{420}} \right) = 0,0092$$

$\rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0092$

- Perhitungan kebutuhan tulangan arah Y:

$$A_{sperlu} = \rho \times b \times d = 0,0092 \times 1000 \times 247 = 2171,2 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan per meter

$$n = \frac{A_{sperlu}}{A_{stulangan \text{ D-19}}} = \frac{2171,28}{283,64} = 7,65 \approx 8$$

- Jarak tulangan

$$S_{max} = 450 \text{ mm (SNI 2847:2013, Pasal 14.3.5)}$$

$$S_{pakai} = \frac{1000}{8} = 125 < S_{max} \text{ "OK"}$$

$$A_{spasang} = n \times A_{stulangan}$$

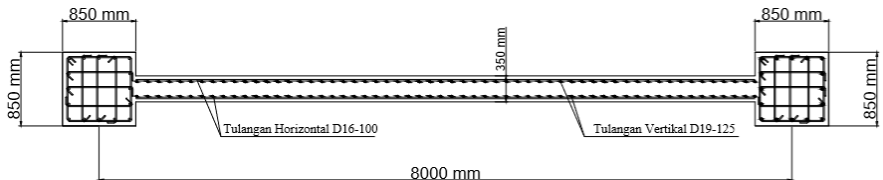
$$A_{spasang} = 8 \times 283,64 = 2269,15 \text{ mm}^2 > 2171,28 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur arah Y (Horizontal) = D19 – 125

4.4.5.2 Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Basement

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.2 yang menyatakan bahwa tebal dinding *basement* eksterior dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

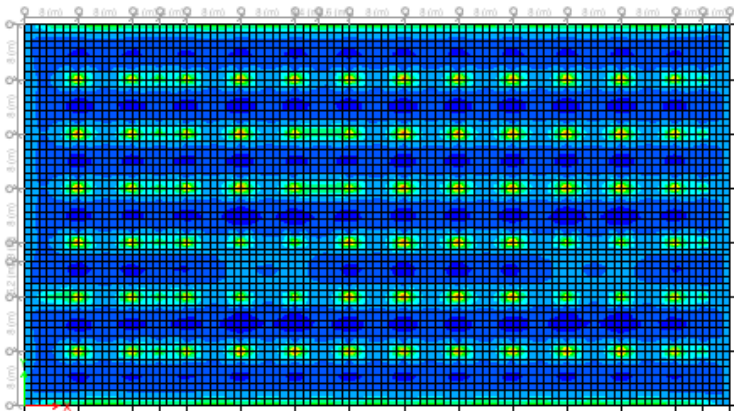
Dinding basement yang dipakai 350 mm.



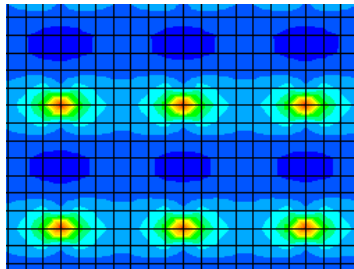
Gambar 4.82 Detail Penulangan Dinding Basement

4.4.5.3 Perencanaan Pelat Basement

Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS menghasilkan momen rata-rata pada pelat. Hasil momen tersebut akan digunakan untuk merencanakan tulangan pelat lantai 1 s/d 19 dan atap. Momen yang digunakan untuk merencanakan tulangan pelat adalah momen rata-rata terbesar dari kombinasi beban lantai. Berikut merupakan contoh gambar hasil momen max yang didapatkan dari program bantu ETABS pada Gambar 4.83 s/d Gambar 4.86.



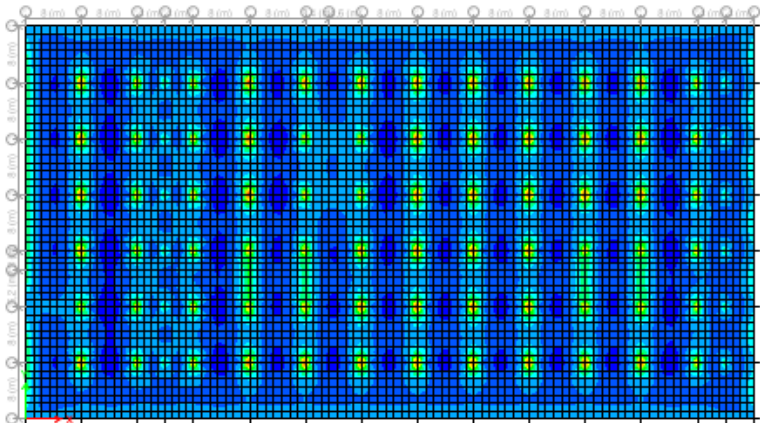
Gambar 4.83 Hasil Output Momen Basement Arah X (KNm)



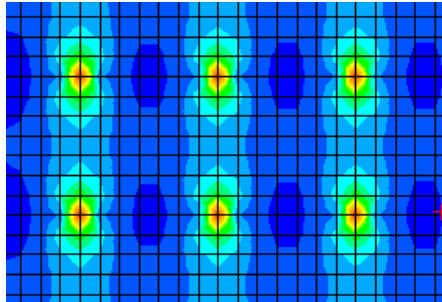
Gambar 4.84 Momen Basement Arah X (KNm)

Pelat			Momen Arah X
			Nmm
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	245.285.000
		Lapangan	- 94.728.000
		Tumpuan Kanan	255.334.000
	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	104.285.000
		Lapangan	- 71.205.000
		Tumpuan Kanan	95.637.000

Tabel 4.87 Hasil Momen Pelat Basement Arah X



Gambar 4. 85. Hasil Output Momen Basement arah Y (KNm)



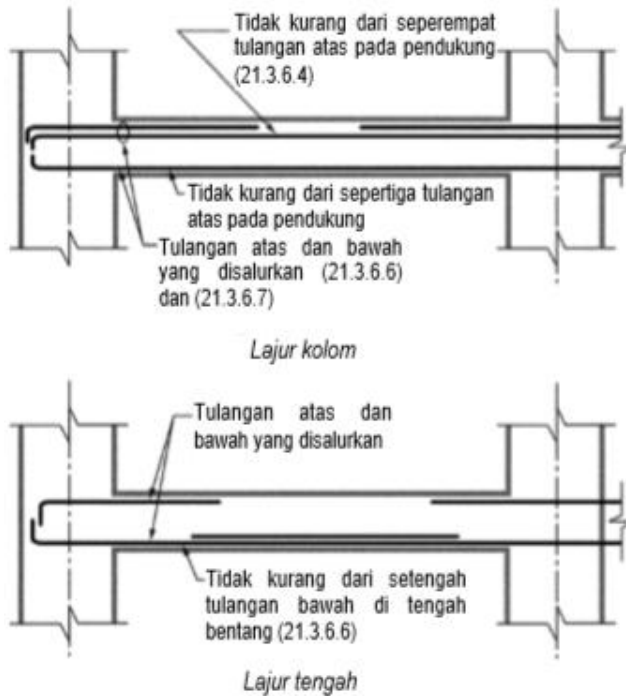
Gambar 4.86 Momen Basement Arah Y (KNm)

Pelat			Momen Arah Y
			Nmm
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	225.435.000
		Lapangan	- 85.774.000
		Tumpuan Kanan	248.650.000
	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	101.047.000
		Lapangan	- 69.759.000
		Tumpuan Kanan	95.721.000

Tabel 4.88 Hasil Momen Pelat Basement Arah Y

4.4.5.3.1 Perencanaan Tulangan Lentur Pelat Basement

Pengaturan tulangan lentur pelat dua arah tanpa balok diatur dalam SNI 03 2847:2013 ps. 21.3.6 pengaturan tersebut menyangkut banyaknya tulangan yang harus dipasang menerus sepanjang kolom. Paling sedikit seperempat dari seluruh jumlah tulangan atas jalur kolom didaerah tumpuan harus dipasang menerus dikeseluruhan panjang bentang . jumlah tulangan bawah yang menerus pada jalur kolom tidak boleh kurang dari sepertiga jumlah tulangan atas lajur kolom didaerah tumpuan.

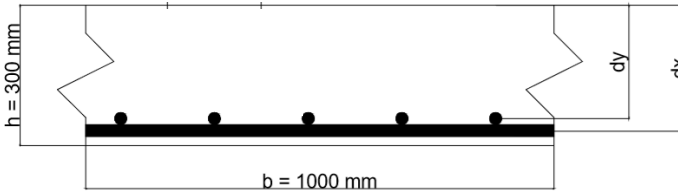


Gambar 4.86 Penempatan Tulangan pada Slab

Data Perencanaan

- Mutu Beton (f_c) = 40 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- h pelat = 300 mm
- d bubbledeck = 180 mm
- h drop panel = 100 mm
- Dimensi kolom
 - Lantai Basement 2 – 1 (i) = 750 x 750 mm
 - Lantai Basement 2 -1 (ii) = 550 x 550 mm
- Cover beton = 50 mm

- Diameter tul. Utama = 25 mm (Tumpuan)
= 19 mm (Lapangan)



Gambar 4.86 Potongan Penampang Pelat Basement

- $dx_{\text{pelat}} = 300 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 \cdot 19 \text{ mm}$
 $= 270,5 \text{ mm}$
- $dy_{\text{pelat}} = 300 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 19 - 1/2 \cdot 19 \text{ mm}$
 $= 251,5 \text{ mm}$
- $dx_{\text{dp}} = 400 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 \cdot 25 \text{ mm}$
 $= 367,5 \text{ mm}$
- $dy_{\text{dp}} = 400 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 25 - 1/2 \cdot 25 \text{ mm}$
 $= 352,5 \text{ mm}$
- $b = 1000 \text{ mm}$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan;

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= 0,85 \times \beta_1 \times \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \times 0,764 \times \left(\frac{40}{420} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 420} \right) \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,0273$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018 \text{ (} F_y = 420 \text{ Mpa) SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

Perencanaan Tulangan Pelat Lantai Jalur Kolom

Pelat			Momen Arah X
			Nmm
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	245.285.000
		Lapangan	- 94.728.000
		Tumpuan Kanan	255.334.000
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	225.435.000
		Lapangan	- 85.774.000
		Tumpuan Kanan	248.650.000

Tabel 4.89 Momen Lajur Kolom Pelat

- Arah X
- **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Atas

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$Mu = 245.285.000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b \times d^2} = \frac{245285000}{0,9 \times 1000 \times 367,5^2} = 2,978 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 2,978}{420}} \right) = 0,0074 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0074 \times 1000 \times 367,5 \\ &= 2731,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} \times 1000 \times 367,5 = 1138,80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 1000 \times 367,5 = 1088,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{S_{\text{perlu}}}$ sebesar 2731,46 mm²

Maka, dipasang tulangan D29-200 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 3303,93 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas Menerus Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &\geq \frac{1}{4} \times A_s \\ &\geq \frac{1}{4} \times 3303,93 = 825,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, tulangan atas minimum dipasang D16-200 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1005,71 \text{ mm}^2$)

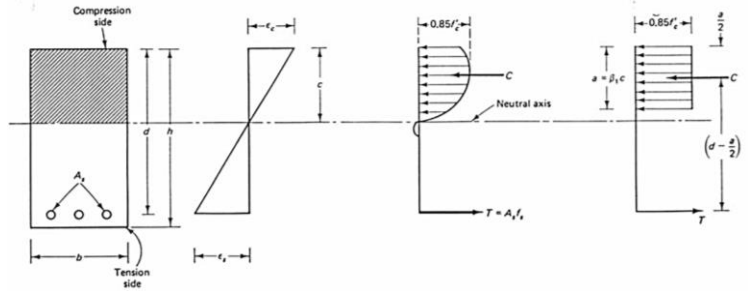
Tulangan Bawah menerus

Persyaratan SNI 2847:2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &\geq \frac{1}{3} \times A_s \\ A_{S_{\min}} &\geq \frac{1}{3} \times 3303,93 = 1101,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, tulangan tekan dipasang tulangan D19- 200 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1418,21 \text{ mm}^2$)

Kontrol Tarik Tulangan



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times c' \times f_c'} = \frac{3303,93 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 40,81 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{40,81}{0,764} = 53,42 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol: } c/d = \frac{53,42}{367,5} = 0,145 < 0,375 \text{ (OK)}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{367,5-53,42}{53,42} \times 0,003 = 0,029 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"

Pelat			Momen Arah X Nmm	Rn Mpa	P perlu	As perlu mm ²	Tul. Minimum Pelat		As perlu mm ²
							As min 1 mm ²	As min 2 mm ²	
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	245.285.000	2,978	0,0074	2731,46	1138,80	1008,33	2731,46
		Lapangan	- 94.728.000	1,150	0,0028	753,78	1138,80	1008,33	1138,80
		Tumpuan Kanan	255.334.000	3,100	0,0078	2849,28	1138,80	1008,33	2849,28
Pelat			Momen Arah Y Nmm	Rn Mpa	P perlu	As perlu mm ²	Tul. Minimum Pelat		As perlu mm ²
							As min 1 mm ²	As min 2 mm ²	
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	225.435.000	2,737	0,0068	2058,01	1138,80	1008,33	2058,01
		Lapangan	- 85.774.000	1,042	0,0025	761,99	1138,80	1008,33	1138,80
		Tumpuan Kanan	248.650.000	3,019	0,0075	2280,77	1138,80	1008,33	2280,77

Tabel 4.90 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom

Pelat			As pakai mm ²	Tulangan Tarik (Tumpuan) Tulangan Tekan (Lapangan)	As min Tulangan Atas mm ²	As pakai Tulangan Atas mm ²	Tulangan Atas menerus
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	3303,93	D29-200	825,98	1005,71	D16-200
		Lapangan	1418,21	D19-200	354,55	502,86	D16-400
		Tumpuan Kanan	3303,93	D29-200	825,98	1005,71	D16-200
Pelat			As pakai mm ²	Tulangan Tarik (Tumpuan) Tulangan Tekan (Lapangan)	As min Tulangan Atas mm ²	As pakai Tulangan Atas mm ²	Tulangan Atas menerus
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	2455,36	D25-200	613,84	950,71	D19-400
		Lapangan	1418,21	D19-200	354,55	502,86	D16-400
		Tumpuan Kanan	2455,36	D25-200	613,84	950,71	D19-400

Tabel 4.91 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom (Lanjutan)

Pelat			As min Tulangan Bawah (Tumpuan) mm ²	As pakai Tulangan Bawah (Tumpuan) mm ²	Tulangan Bawah (Tumpuan)
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	1101,309524	1418,214286	D19-200
		Lapangan	472,7380952	502,86	D16-400
		Tumpuan Kanan	1101,309524	1418,214286	D19-200
Pelat			As min Tulangan Bawah (Tumpuan) mm ²	As pakai Tulangan Bawah (Tumpuan) mm ²	Tulangan Bawah (Tumpuan)
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	818,452381	1005,714286	D16-200
		Lapangan	472,7380952	502,86	D16-400
		Tumpuan Kanan	818,452381	1005,714286	D16-200

Tabel 4.92 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Kolom (Lanjutan)

Pelat			Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($c/d < 0,375$)	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($\epsilon_t > \epsilon_{cu}$)
			a mm	c mm		ϵ_t	ϵ_{cu}	
Arah X	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	40,813	53,420	0,145	0,029	0,005	OK
		Lapangan	17,519	22,931	0,085	0,054	0,005	OK
		Tumpuan Kanan	40,813	53,420	0,145	0,029	0,005	OK
Pelat			a mm	c mm	($c/d < 0,375$)	ϵ_t	ϵ_{cu}	Kontrol ($\epsilon_t > \epsilon_{cu}$)
Arah Y	Lajur Kolom	Tumpuan Kiri	30,331	39,700	0,116	0,038	0,005	OK
		Lapangan	17,519	22,931	0,091	0,050	0,005	OK
		Tumpuan Kanan	30,331	39,700	0,116	0,038	0,005	OK

Tabel 4.93 Kontrol Tarik Penulangan Pelat

Perencanaan Tulangan Pelat Lajur Tengah

Pelat			Momen Arah X
			Nmm
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	104.285.000
		Lapangan	- 71.205.000
		Tumpuan Kanan	95.637.000
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	101.047.000
		Lapangan	- 69.759.000
		Tumpuan Kanan	95.721.000

Tabel 4.94 Momen Lajur Tengah Pelat

- Arah X
- **Tulangan Tumpuan Kiri**

✓ Tulangan Atas

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$Mu = 104.285.000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b \times d^2} = \frac{104285000}{0,9 \times 1000 \times 270,5^2} = 1,266 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,266}{420}} \right) = 0,0031 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0031 \times 1000 \times 270,5 \\ &= 929,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} \times 1000 \times 270,5 = 1018,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 1000 \times 270,5 = 901,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{S_{\text{perlu}}}$ sebesar 1018,33 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-200 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1418,21 \text{ mm}^2$)

Tulangan Atas Minimum

Tulangan atas minimum harus dipasang menerus sepanjang bentang

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &\geq \frac{1}{4} \times A_s \\ &\geq \frac{1}{4} \times 1418,21 = 354,55 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, tulangan atas minimum dipasang D16-400 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 502,86 \text{ mm}^2$)

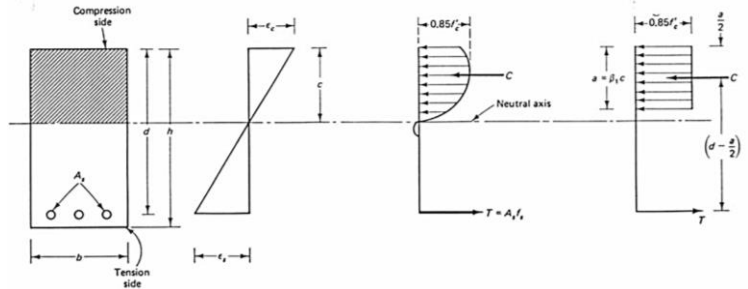
Tulangan Bawah

Persyaratan SNI 2847:2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &\geq \frac{1}{3} \times A_s \\ A_{S_{\min}} &\geq \frac{1}{3} \times 1418,21 = 472,74 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, tulangan tekan dipasang tulangan D16- 200 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1005,71 \text{ mm}^2$)

Kontrol Tarik Tulangan



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1418,21 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 17,52 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{17,52}{0,764} = 22,94 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol: } c/d = \frac{22,94}{270,5} = 0,085 < 0,375 \text{ (OK)}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{270,5-22,94}{22,94} \times 0,003$$

$$= 0,054 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"

➤ Tulangan Lapangan

✓ Tulangan Bawah

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$M_u = 71.205.000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b \times d^2} = \frac{71205000}{0,9 \times 1000 \times 270,5^2} = 0,865 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,865}{420}} \right) = 0,0021$$

$\rho_{\max} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$ (OK)

Sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0021 \times 1000 \times 270,5 \\ &= 486,90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Minimum:

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{40}}{420} \times 1000 \times 270,5 = 1018,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\min}} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 1000 \times 270,5 = 901,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, $A_{S_{\text{perlu}}}$ sebesar 1018,33 mm²

Maka, dipasang tulangan D19-200 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1418,21 \text{ mm}^2$)

Tulangan Bawah Menerus

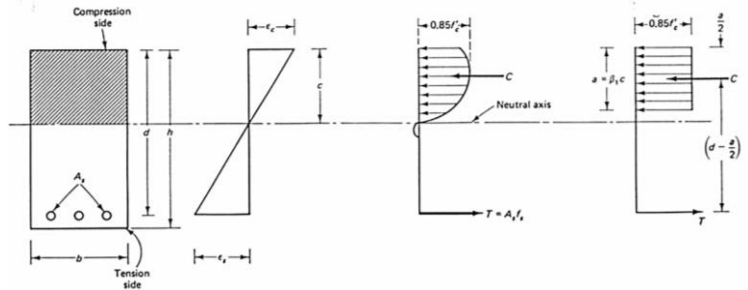
Persyaratan SNI 2847;2013 Ps. 21.3.6 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah menerus pada lajur tengah tidak boleh kurang dari 1/2 luasan bentang Tulangan bawah

$$A_{S_{\min}} \geq \frac{1}{2} \times A_s$$

$$A_{S_{\min}} \geq \frac{1}{2} \times 1418,21 = 709,11 \text{ mm}^2$$

Maka, tulangan tekan dipasang tulangan D16- 200 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 1005,71 \text{ mm}^2$)

Kontrol Tarik Tulangan



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1418,21 \times 420}{0,85 \times 1000 \times 40} = 17,52 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{17,52}{0,764} = 22,94 \text{ mm}$$

$$\text{Kontrol: } c/d = \frac{22,94}{270,5} = 0,085 < 0,375 \text{ (OK)}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{270,5-22,94}{22,94} \times 0,003 = 0,054 > 0,005 \text{ (OK)}$$

∴ Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"

Pelat			Momen Arah X	Rn	P perlu	As perlu	Tul. Minimum Pelat		As perlu
			Nmm	Mpa		mm2	As min 1	As min 2	
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	104.285.000	1,266	0,0031	929,67	1018,33	901,67	1018,33
		Lapangan	- 71.205.000	0,865	0,0021	630,85	1018,33	901,67	1018,33
		Tumpuan Kanan	95.637.000	1,161	0,0028	851,18	1018,33	901,67	1018,33
Pelat			Momen Arah Y	Rn	P perlu	As perlu	Tul. Minimum Pelat		As perlu
			Nmm	Mpa		mm2	As min 1	As min 2	
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	101.047.000	1,227	0,003	900,25	946,80	838,33	946,80
		Lapangan	- 69.759.000	0,847	0,002	617,87	946,80	838,33	946,80
		Tumpuan Kanan	95.721.000	1,162	0,0028	851,94	946,80	838,33	946,80

Tabel 4.95 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lantai Lajur Tengah

Pelat			As pakai mm ²	Tulangan Atas (Tumpuan) Tulangan Bawah (Lapangan)	As min Tulangan Atas mm ²	As pakai Tulangan Atas mm ²	Tulangan Atas menerus
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	1418,21	D19-200	-	-	-
		Lapangan	1418,21	D19-200	-	-	-
		Tumpuan Kanan	1418,21	D19-200	-	-	-
Pelat			As pakai mm ²	Tulangan Atas (Tumpuan) Tulangan Bawah (Lapangan)	As min Tulangan Atas mm ²	As pakai Tulangan Atas mm ²	Tulangan Atas menerus
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	1418,21	D19-200	-	-	-
		Lapangan	1418,21	D19-200	-	-	-
		Tumpuan Kanan	1418,21	D19-200	-	-	-

Tabel 4.96 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lajur Tengah (Lanjutan)

Pelat			As min Tulangan Bawah (Tumpuan) mm ²	As pakai Tulangan Bawah (Tumpuan) mm ²	Tulangan Bawah (Tumpuan)
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	472,7380952	1005,714286	D16-200
		Lapangan	709,1071429	1005,714286	D16-200
		Tumpuan Kanan	472,7380952	1005,714286	D16-200
Pelat			As min Tulangan Bawah (Tumpuan) mm ²	As pakai Tulangan Bawah (Tumpuan) mm ²	Tulangan Bawah (Tumpuan)
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	472,7380952	1005,714286	D16-200
		Lapangan	709,1071429	1005,714286	D16-200
		Tumpuan Kanan	472,7380952	1005,714286	D16-200

Tabel 4.97 Perhitungan Penulangan Lentur Pelat Lajur Tengah (Lanjutan)

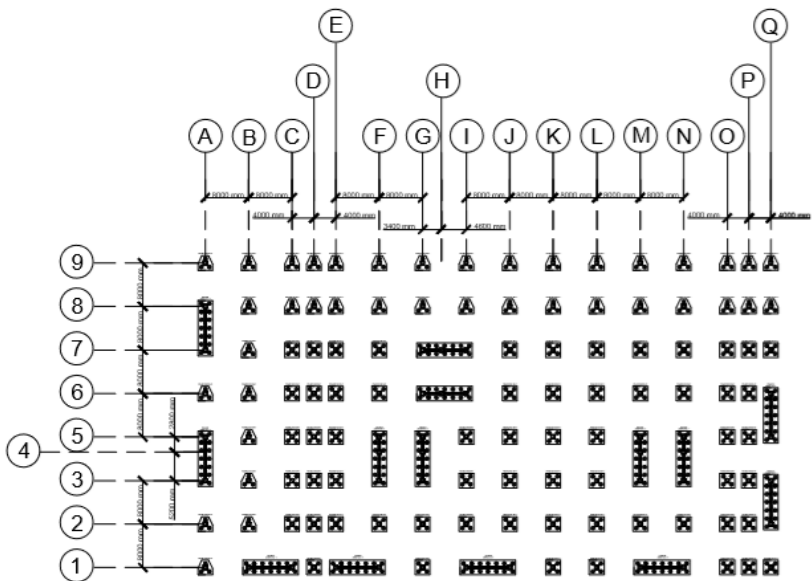
Pelat			Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($c/d < 0,375$)	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($et > \epsilon u$)
			a mm	c mm		ϵt	ϵcu	
Arah X	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	17,519	22,931	0,085	0,054	0,005	OK
		Lapangan	17,519	22,931	0,085	0,054	0,005	OK
		Tumpuan Kanan	17,519	22,931	0,085	0,054	0,005	OK
Pelat			Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($c/d < 0,375$)	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol ($et > \epsilon u$)
			a mm	c mm		ϵt	ϵcu	
Arah Y	Lajur Tengah	Tumpuan Kiri	17,519	22,931	0,091	0,050	0,005	OK
		Lapangan	17,519	22,931	0,091	0,050	0,005	OK
		Tumpuan Kanan	17,519	22,931	0,091	0,050	0,005	OK

Tabel 4.98 Kontrol Tarik Penulangan Pelat

4.5 Perencanaan Pondasi

4.5.1 Umum

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *pencil pile shoe* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan perencanaan poer (pile cap).



Gambar 4.87 Denah Pondasi

4.5.2 Beban Struktur

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin:

- 1D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75L + 0,75(0,7E)
- 0,6D + 0,7E

Dari kombinasi beban di atas dilakukan control dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Output dari joint reaction ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan P_{ijin} 1 tiang. Berikut ini adalah output dari joint reaction pada pondasi.

Tipe Pondasi	Kombinasi	P	Hx	Hy	Mx	My
		Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m
Pondasi Kolom 1	0,6D + 0,7 Ex	497,18	4,89	1,89	7,91	72,09
	0,6D + 0,7 Ey	527,81	2,85	9,33	7,23	242,2
	1D	412,53	2,12	3,23	4,98	32,53
	1D + 1L	338,56	5,25	5,18	9,95	34,65
	1D + 0,75L	411,25	3,85	4,54	8,71	30,32
	1D + 0,75L + 0,52 Ex	663,85	2,47	6,32	7,6	131,04
	1D + 0,75L + 0,52 Ey	692,74	12,96	2,33	9,46	139,61
	1D + 0,7 Ex	643,54	1,92	10,35	99,71	93,31
	1D + 0,7 Ey	448,32	2,83	5,72	10,05	136,44
Pondasi Kolom 2	0,6D + 0,7 Ex	422,25	1,58	4,04	69,68	74,65
	0,6D + 0,7 Ey	330,02	3,91	2,07	8,04	27,72
	1D	270,85	2,28	1,51	5,78	104,83
	1D + 1L	329,00	1,70	7,46	3,98	26,02
	1D + 0,75L	531,08	4,20	2,58	7,96	27,72
	1D + 0,75L + 0,52 Ex	519,56	8,75	3,11	5,23	62,12
	1D + 0,75L + 0,52 Ey	514,83	1,98	3,63	6,08	28,72
	1D + 0,7 Ex	358,66	10,37	5,06	7,57	83,77
	1D + 0,7 Ey	337,80	1,54	1,86	79,77	74,65
Pondasi Shearwall 1	0,6D + 0,7 Ex	1465,43	39,86	47,25	342,15	85,17
	0,6D + 0,7 Ey	1563,85	28,48	32,45	192,15	99,82
	1D	1758,52	47,83	56,70	410,58	102,20
	1D + 1L	2198,15	59,79	70,88	513,23	127,76
	1D + 0,75L	2022,29	55,01	65,21	472,17	117,53
	1D + 0,75L + 0,52 Ex	2224,52	60,51	71,73	519,38	129,29
	1D + 0,75L + 0,52 Ey	2184,08	59,41	70,42	509,94	126,94
	1D + 0,7 Ex	1699,90	46,24	54,81	396,89	98,80
1D + 0,7 Ey	1814,07	33,04	37,64	222,89	115,79	
Pondasi Shearwall 2	0,6D + 0,7 Ex	1538,70	41,85	49,61	359,26	89,43
	0,6D + 0,7 Ey	1642,04	29,90	34,07	201,76	104,81
	1D	1846,44	50,22	59,54	431,11	107,31
	1D + 1L	2308,05	62,78	74,42	538,89	134,14
	1D + 0,75L	2123,41	57,76	68,47	495,78	123,41
	1D + 0,75L + 0,52 Ex	2372,55	66,56	78,90	571,32	142,22
	1D + 0,75L + 0,52 Ey	2293,28	62,38	73,94	535,44	133,28
	1D + 0,7 Ex	1784,89	48,55	57,55	416,74	103,74
	1D + 0,7 Ey	1904,77	34,69	39,52	234,04	121,58
Pondasi Shearwall 3	0,6D + 0,7 Ex	1245,62	33,88	40,16	290,83	72,39
	0,6D + 0,7 Ey	1329,27	24,21	27,58	163,33	84,85
	1D	1494,74	40,66	48,20	348,99	86,87
	1D + 1L	1868,42	50,82	60,24	436,24	108,59
	1D + 0,75L	1718,95	46,76	55,42	401,34	99,90
	1D + 0,75L + 0,52 Ex	1890,84	51,43	60,97	441,48	109,89
	1D + 0,75L + 0,52 Ey	1962,45	53,02	62,85	455,12	113,29
	1D + 0,7 Ex	1517,16	41,27	48,92	354,23	88,18
	1D + 0,7 Ey	1619,05	29,49	33,60	198,93	103,34

Tabel 4.99 Beban Pada Saat Service

4.5.3 Kriteria Design

4.5.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

Tabel 4.100 Spesifikasi Tiang Pancang WIKA

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.30
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60

1. Tiang pancang beton pracetak dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang $f_c' = 52$ Mpa.

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan:

- *Outside Diameter (D)* : 600 mm
- *Thickness* : 100 mm
- *Class* : B
- *Concrete Cross Section* : 1571 cm²
- *Unit Weight* : 393 kg/m
- *Length* : 6-16 m
- *Bending momen crack* : 25 tm
- *Bending momen ultimate* : 45 tm
- *Allowable axial Load* : 238,3 ton

4.5.3.2 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung Apartemen Setiabudi Medan adalah data tanah di lokasi pembangunan Apartemen Setiabudi Medan itu sendiri.

4.5.3.3 Daya Dukung

4.5.3.3.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah
Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$:

- a. $N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$
- b. $N_1 = 0.6 N$

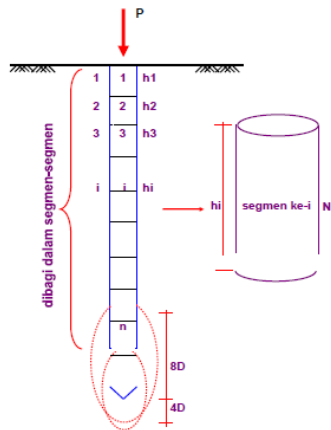
Kemudian pilih harga N_1 yang terkecil

2. Koreksi terhadap Overburden
Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = 4N_1 / (1 + 0.4 P_o) \text{ untuk } P_o < 7.5 \text{ ton}$$

$$N_2 = 4N_1 / (3.25 + 0.1 P_o) \text{ untuk } P_o > 7.5 \text{ ton}$$

Tiang pancang dibagi menjadi n segmen, seperti gambar berikut:



Gambar 4.88 Pembagian segmen tiang pancang

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_u + Q_{si} \\ &= (40 \times N_b \times A_p) + (q_s \times A_{si}) \end{aligned}$$

Dimana:

Q_u = Daya Dukung Batas Pondasi Tiang Pancang

- Nb = Nilai N-SPT rata-rata pada elevasi dasar tiang
= $(N_{4D} + N_{8D})/2$
- Ap = Luas Penampang Dasar Tiang Pancang
- Qsi = Tahanan Limit Gesek Elemen
- qs = Koefisien Gesek
= 0,2N untuk tanah pasir dan 0,5N untuk tanah lempung
- Asi = Keliling Penampang Tiang Pancang

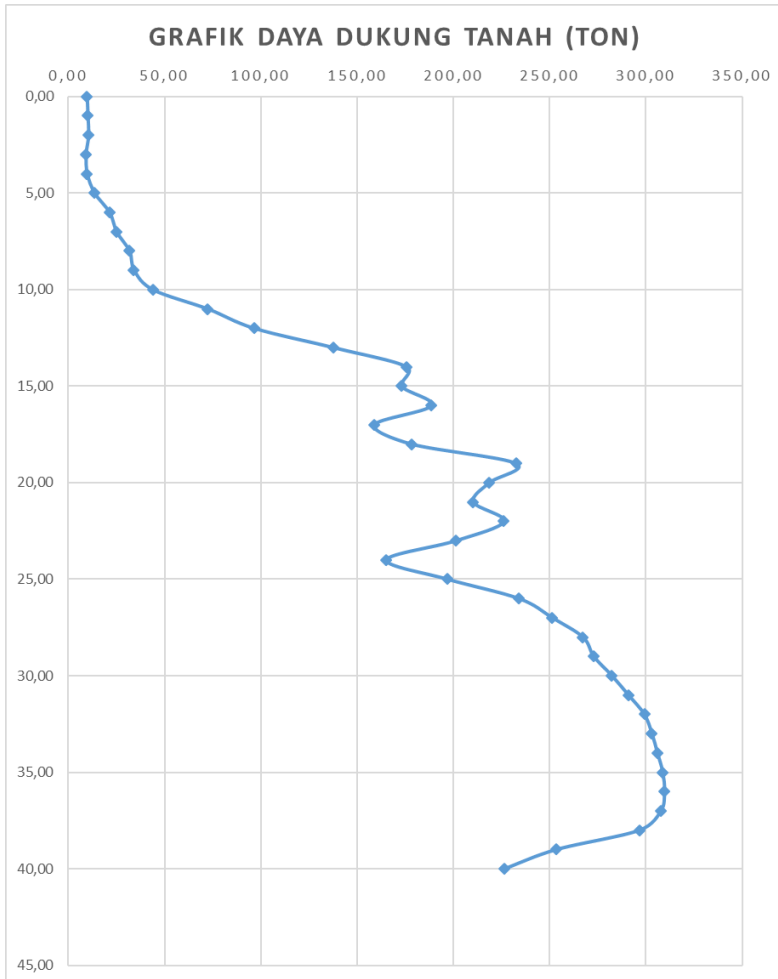
Harga Nb merupakan rata-rata N2 4D dibawah ujung tiang sampai 8D diatas ujung tiang.

Depth	N-SPT	gamma	gamma	Po	N1 (1)	N1 (2)	Ncorr	N 8D ke atas	N 4D ke bawah
		sat	'						
m		kg/m3	kg/m3	Ton					
0,00	0,00	1,72	0,72	0,72	0,00	7,50	0,00	0,00	5,08
1,00	3,00	1,72	0,72	1,44	1,80	9,00	4,57	0,00	4,52
2,00	4,00	1,57	0,57	2,01	2,40	9,50	5,32	0,00	3,67
3,00	4,00	1,57	0,57	2,58	2,40	9,50	4,72	0,00	2,40
4,00	4,00	1,61	0,61	3,19	2,40	9,50	4,22	0,00	2,28
5,00	3,00	1,61	0,61	3,80	1,80	9,00	2,86	0,91	3,88
6,00	2,00	1,67	0,67	4,47	1,20	8,50	1,72	4,72	4,85
7,00	4,00	1,71	0,71	5,18	2,40	9,50	3,13	4,84	4,73
8,00	7,00	1,71	0,71	5,89	4,20	11,00	5,01	4,32	5,78
9,00	7,00	1,71	0,71	6,60	4,20	11,00	4,62	3,13	7,99
10,00	8,00	1,71	0,71	7,31	4,80	11,50	4,89	1,95	13,14
11,00	12,00	1,71	0,71	8,02	7,20	13,50	7,11	2,84	22,58
12,00	16,00	1,71	0,71	8,73	9,60	15,50	9,31	4,63	27,95
13,00	33,00	1,71	0,71	9,44	19,80	24,00	18,88	4,69	27,50
14,00	50,00	1,71	0,71	10,15	30,00	32,50	28,14	4,84	22,77
15,00	50,00	1,71	0,71	10,86	30,00	32,50	27,68	6,66	15,98
16,00	50,00	1,71	0,71	11,57	30,00	32,50	27,23	8,87	18,64
17,00	30,00	1,71	0,71	12,28	18,00	22,50	16,08	16,97	21,70
18,00	30,00	1,71	0,71	12,99	18,00	22,50	15,83	26,29	20,84
19,00	44,00	1,71	0,71	13,70	26,40	29,50	22,86	27,77	23,24
20,00	39,00	1,71	0,71	14,41	23,40	27,00	19,95	27,32	22,14
21,00	44,00	1,71	0,71	15,12	26,40	29,50	22,18	18,31	15,69
22,00	50,00	1,71	0,71	15,83	30,00	32,50	24,83	15,88	13,13
23,00	37,00	1,71	0,71	16,54	22,20	26,00	18,11	21,45	15,98
24,00	25,00	1,71	0,71	17,25	15,00	20,00	12,06	20,53	18,84
25,00	31,00	1,71	0,71	17,96	18,60	23,00	14,74	21,73	21,34
26,00	38,00	1,71	0,71	18,67	22,80	26,50	17,82	24,30	22,70
27,00	44,00	1,71	0,71	19,38	26,40	29,50	20,35	19,45	22,40
28,00	50,00	1,71	0,71	20,09	30,00	32,50	22,82	13,27	22,10
29,00	50,00	1,71	0,71	20,80	30,00	32,50	22,51	14,21	21,82
30,00	50,00	1,71	0,71	21,51	30,00	32,50	22,22	17,21	21,54
31,00	50,00	1,71	0,71	22,22	30,00	32,50	21,93	19,85	21,27
32,00	50,00	1,71	0,71	22,93	30,00	32,50	21,65	22,33	21,00
33,00	50,00	1,71	0,71	23,64	30,00	32,50	21,38	22,57	20,75
34,00	50,00	1,71	0,71	24,35	30,00	32,50	21,11	22,28	20,49
35,00	50,00	1,71	0,71	25,06	30,00	32,50	20,85	21,99	20,25
36,00	50,00	1,71	0,71	25,77	30,00	32,50	20,59	21,71	19,06
37,00	50,00	1,71	0,71	26,48	30,00	32,50	20,35	21,43	16,46
38,00	50,00	1,71	0,71	27,19	30,00	32,50	20,10	21,16	8,95
39,00	44,00	1,71	0,71	27,90	26,40	29,50	17,48	20,90	0,00
40,00	38,00	1,71	0,71	28,61	22,80	26,50	14,92	20,64	0,00

Depth m	N rata2 ujung	Q ujung	qs	Asi	Qsi	Q ult	Q ijin SF=3
		Ton		mm2	Ton	Ton	Ton
0,00	2,54	28,73	0,00	0,00	0,00	28,73	9,58
1,00	2,26	25,56	2,28	1,88	4,30	29,86	9,95
2,00	1,84	20,76	2,66	3,77	10,03	30,79	10,26
3,00	1,20	13,58	2,36	5,65	13,35	26,93	8,98
4,00	1,14	12,90	2,11	7,54	15,89	28,80	9,60
5,00	2,40	27,08	1,43	9,42	13,46	40,54	13,51
6,00	4,78	54,08	0,86	11,30	9,73	63,81	21,27
7,00	4,79	54,09	1,56	13,19	20,61	74,70	24,90
8,00	5,05	57,07	2,50	15,07	37,72	94,80	31,60
9,00	5,56	62,85	2,31	16,96	39,13	101,98	33,99
10,00	7,55	85,29	2,45	18,84	46,09	131,38	43,79
11,00	12,71	143,73	3,55	20,72	73,65	217,37	72,46
12,00	16,29	184,15	4,66	22,61	105,28	289,43	96,48
13,00	16,10	181,94	9,44	24,49	231,25	413,20	137,73
14,00	13,80	156,03	14,07	26,38	371,06	527,09	175,70
15,00	11,32	127,98	13,84	28,26	391,05	519,03	173,01
16,00	13,76	155,50	13,61	30,14	410,40	565,90	188,63
17,00	19,33	218,54	8,04	32,03	257,48	476,02	158,67
18,00	23,56	266,37	7,91	33,91	268,37	534,74	178,25
19,00	25,50	288,28	11,43	35,80	409,10	697,37	232,46
20,00	24,73	279,54	9,98	37,68	375,92	655,46	218,49
21,00	17,00	192,15	11,09	39,56	438,68	630,83	210,28
22,00	14,51	163,97	12,41	41,45	514,56	678,54	226,18
23,00	18,71	211,54	9,05	43,33	392,32	603,86	201,29
24,00	19,68	222,52	6,03	45,22	272,66	495,18	165,06
25,00	21,54	243,44	7,37	47,10	347,23	590,67	196,89
26,00	23,50	265,62	8,91	48,98	436,52	702,14	234,05
27,00	20,92	236,52	10,18	50,87	517,70	754,22	251,41
28,00	17,69	199,93	11,41	52,75	601,85	801,77	267,26
29,00	18,01	203,61	11,26	54,64	615,04	818,65	272,88
30,00	19,37	219,00	11,11	56,52	627,88	846,88	282,29
31,00	20,56	232,39	10,96	58,40	640,39	872,79	290,93
32,00	21,66	244,90	10,82	60,29	652,59	897,48	299,16
33,00	21,66	244,85	10,69	62,17	664,47	909,32	303,11
34,00	21,39	241,75	10,55	64,06	676,05	917,80	305,93
35,00	21,12	238,72	10,42	65,94	687,35	926,07	308,69
36,00	20,38	230,38	10,30	67,82	698,38	928,76	309,59
37,00	18,94	214,15	10,17	69,71	709,14	923,29	307,76
38,00	15,06	170,22	10,05	71,59	719,64	889,85	296,62
39,00	10,45	118,13	8,74	73,48	642,31	760,43	253,48
40,00	10,32	116,68	7,46	75,36	562,33	679,02	226,34

Tabel 4.101 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Beban ijin aksial 1 tiang (sesuai brosur) = 238,3 ton
 Pada Kedalaman 19 m daya dukung tanah = 232,5 ton
 Sehingga kedalaman tiang pancang sebesar = 19 m



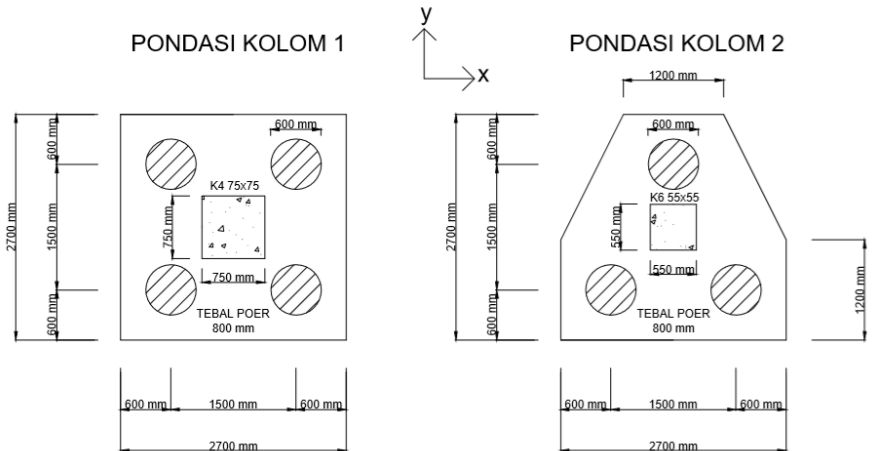
Gambar 4.89 Daya Dukung Tanah vs Kedalaman

4.5.3.3.2 Kontrol Beban Maksimul 1 Tiang Pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

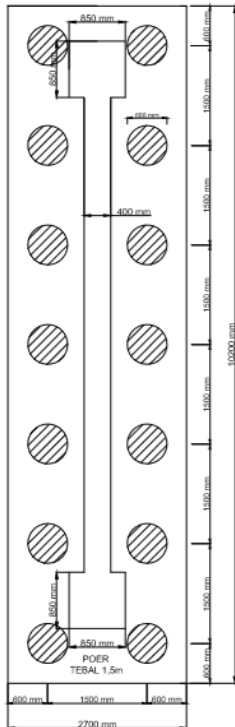
$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2} \leq P_{ijin tanah} \text{ (1 tiang)}$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam group dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan group tiang pancang tipe Kolom 1 dengan kombinasi beban 1D + 1L.

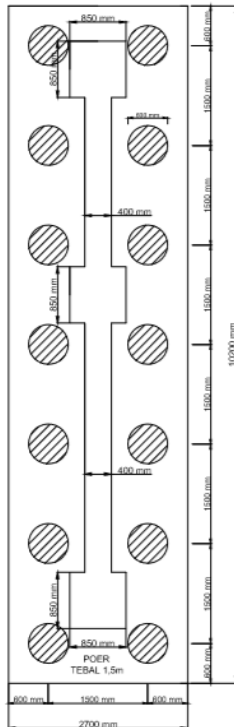


Gambar 4.90 Group Tiang Pondasi Kolom

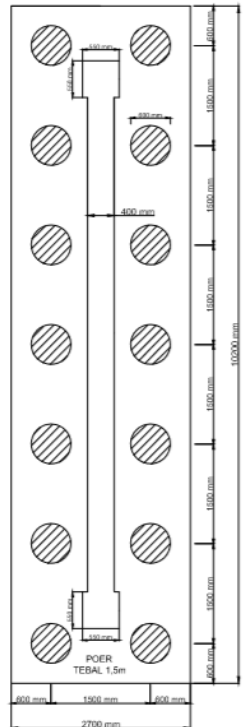
PONDASI SHEARWALL 1



PONDASI SHEARWALL 2



PONDASI SHEARWALL 3



Gambar 4. 91 Group Tiang Pondasi Shearwall

Contoh perhitungan (Pondasi Kolom Tipe 1):

$$P = 692,74 \text{ ton}$$

$$N = 4 \text{ tiang}$$

$$M_x \text{ total} = M_x + (H_y \times t_{\text{poer}}) = 9,46 \times (12,96 \times 1,5) = 28,90 \text{ tm}$$

$$M_y \text{ total} = M_y + (H_x \times t_{\text{poer}}) = 139,61 \times (2,33 \times 1,5) = 143,11 \text{ tm}$$

$$X_{\text{max}} = 0,75 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 0,75 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{692,74}{4} + \frac{28,90 \times 0,75}{2,25} + \frac{143,11 \times 0,75}{2,25} \leq 232,5 \text{ t}$$

230,52 t ≤ 232,5 t (1 tiang) ... OK

Tabel 4.102 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang (Tipe Kolom 1)

Tipe Pondasi	Kombinasi	Mx total	My total	Jumlah Tiang buah	X maks m	$\sum x^2$ m ²	Y maks m	$\sum y^2$ m ²	P maks Ton	Ket
		Ton-m	Ton-m							
Pondasi Kolom 1	0,6D + 0,7 Ex	15,25	74,93	4	0,75	2,25	0,75	2,25	154,35	OK
	0,6D + 0,7 Ey	11,51	256,20	4	0,75	2,25	0,75	2,25	221,19	OK
	ID	8,16	37,38	4	0,75	2,25	0,75	2,25	118,31	OK
	ID + 1L	17,83	42,42	4	0,75	2,25	0,75	2,25	104,72	OK
	ID + 0,75L	14,49	37,13	4	0,75	2,25	0,75	2,25	120,02	OK
	ID + 0,75L + 0,52 Ex	11,31	140,52	4	0,75	2,25	0,75	2,25	216,57	OK
	ID + 0,75L + 0,52 Ey	28,90	143,11	4	0,75	2,25	0,75	2,25	230,52	OK
	ID + 0,7 Ex	102,59	108,84	4	0,75	2,25	0,75	2,25	231,36	OK
Pondasi Kolom 2	ID + 0,7 Ey	14,30	145,02	4	0,75	2,25	0,75	2,25	165,19	OK
	0,6D + 0,7 Ex	72,05	80,72	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	226,58	OK
	0,6D + 0,7 Ey	13,91	30,82	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	136,74	OK
	ID	9,20	107,10	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	165,77	OK
	ID + 1L	6,53	37,22	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	137,38	OK
	ID + 0,75L	14,26	31,60	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	204,43	OK
	ID + 0,75L + 0,52 Ex	18,35	66,78	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	225,86	OK
	ID + 0,75L + 0,52 Ey	9,04	34,17	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	198,41	OK
Pondasi Shearwall 1	ID + 0,7 Ex	23,12	91,35	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	190,73	OK
	ID + 0,7 Ey	82,07	77,44	3	0,75	1,125	0,75	1,6875	200,71	OK
	0,6D + 0,7 Ex	401,94	156,05	14	0,75	7,875	4,5	63,00	148,25	OK
	0,6D + 0,7 Ey	234,87	148,50	14	0,75	7,875	4,5	63,00	142,62	OK
	ID	482,33	187,25	14	0,75	7,875	4,5	63,00	177,89	OK
	ID + 1L	602,91	234,07	14	0,75	7,875	4,5	63,00	222,37	OK
	ID + 0,75L	554,68	215,34	14	0,75	7,875	4,5	63,00	204,58	OK
	ID + 0,75L + 0,52 Ex	610,14	236,88	14	0,75	7,875	4,5	63,00	225,04	OK
Pondasi Shearwall 2	ID + 0,75L + 0,52 Ey	599,05	232,57	14	0,75	7,875	4,5	63,00	220,94	OK
	ID + 0,7 Ex	466,25	181,01	14	0,75	7,875	4,5	63,00	171,96	OK
	ID + 0,7 Ey	272,45	172,25	14	0,75	7,875	4,5	63,00	165,44	OK
	0,6D + 0,7 Ex	422,04	163,85	14	0,75	7,875	4,5	63,00	155,6573	OK
	0,6D + 0,7 Ey	246,61	155,92	14	0,75	7,875	4,5	63,00	149,7535	OK
	ID	506,44	196,62	14	0,75	7,875	4,5	63,00	186,7887	OK
	ID + 1L	633,06	245,77	14	0,75	7,875	4,5	63,00	233,4859	OK
	ID + 0,75L	582,41	226,11	14	0,75	7,875	4,5	63,00	214,807	OK
Pondasi Shearwall 3	ID + 0,75L + 0,52 Ex	671,16	260,56	14	0,75	7,875	4,5	63,00	242,2234	OK
	ID + 0,75L + 0,52 Ey	629,00	244,20	14	0,75	7,875	4,5	63,00	231,9916	OK
	ID + 0,7 Ex	489,56	190,06	14	0,75	7,875	4,5	63,00	180,5624	OK
	ID + 0,7 Ey	286,07	180,87	14	0,75	7,875	4,5	63,00	173,7141	OK
	0,6D + 0,7 Ex	341,65	132,64	14	0,75	7,875	4,5	63,00	126,0083	OK
	0,6D + 0,7 Ey	199,64	126,22	14	0,75	7,875	4,5	63,00	121,229	OK
	ID	409,98	159,17	14	0,75	7,875	4,5	63,00	151,2099	OK
	ID + 1L	512,47	198,96	14	0,75	7,875	4,5	63,00	189,0124	OK
Pondasi Shearwall 3	ID + 0,75L	471,48	183,04	14	0,75	7,875	4,5	63,00	173,8914	OK
	ID + 0,75L + 0,52 Ex	518,62	201,34	14	0,75	7,875	4,5	63,00	191,2805	OK
	ID + 0,75L + 0,52 Ey	534,65	207,57	14	0,75	7,875	4,5	63,00	198,1329	OK
	ID + 0,7 Ex	416,13	161,55	14	0,75	7,875	4,5	63,00	153,478	OK
	ID + 0,7 Ey	243,16	153,74	14	0,75	7,875	4,5	63,00	147,657	OK

4.5.3.3.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang. Perhitungan ditunjukkan pada tabel 4.47.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1.5 meter.

Pengaturan jarak tiang pancang pondasi kolom

- Jarak antar tiang :
 $2.5 D \leq S \leq 3 D$
 $2.5 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$
 $150 \text{ cm} \leq S \leq 180 \text{ cm}$
Digunakan jarak antar tiang = 150 cm
- Jarak tepi tiang pancang :
 $1 D \leq S1 \leq 2 D$
 $1 \times 60 \leq S1 \leq 60$
 $60 \text{ cm} \leq S1 \leq 120 \text{ cm}$
Digunakan jarak tiang ke tepi = 60 cm

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$\eta = \left(1 - \frac{36 \times S}{(75 \times S^2 - 7)} \times \left(\frac{m + n - 2}{m + n - 1} \right) \right) + \frac{0,3}{m + n}$$

Dimana :

S = jarak antar tiang pancang (1,5 m)

m = jumlah baris tiang pancang dalam group (2 baris)

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group (2 kolom)

$$Q_L(\text{group}) = Q_L(1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

Dimana $Q_L(\text{group})$ harus lebih besar dari P yang terjadi.

$$\eta = \left(1 - \frac{36 \times 1,5}{(75 \times 1,5^2 - 7)} \times \left(\frac{2 + 2 - 2}{2 + 2 - 1} \right) \right) + \frac{0,3}{2 + 2} = 0,852$$

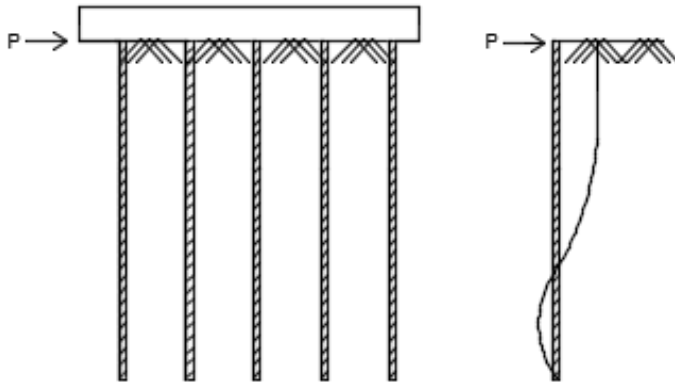
$$Q_L(\text{group}) = 232,5 \times 4 \times 0,852$$

$$= 792,76 \text{ (OK, lebih besar dari beban yang terjadi)}$$

Tabel 4.103 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok

Tipe Pondasi	Kombinasi	P	Spasi		n	η	P ijin	QI Group	Ket
		Ton	m	buah			buah	Ton	
Pondasi Kolom 1	0,6D + 0,7 Ex	497,2	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
	0,6D + 0,7 Ey	527,8	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
	1D	412,5	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
	1D + 1L	338,6	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
	1D + 0,75L	411,3	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
	1D + 0,75L + 0,52 Ex	663,9	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
	1D + 0,75L + 0,52 Ey	692,7	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
	1D + 0,7 Ex	643,5	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
Pondasi Kolom 2	1D + 0,7 Ey	448,3	1,5	2	2	0,852	232,5	792,76	OK
	0,6D + 0,7 Ex	422,2	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
	0,6D + 0,7 Ey	330,0	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
	1D	270,8	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
	1D + 1L	329,0	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
	1D + 0,75L	531,1	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
	1D + 0,75L + 0,52 Ex	519,6	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
	1D + 0,75L + 0,52 Ey	514,8	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
Pondasi Shearwall 1	1D + 0,7 Ex	358,7	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
	1D + 0,7 Ey	337,8	1,5	2	3	0,810	232,5	564,71	OK
	0,6D + 0,7 Ex	1465,43	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	0,6D + 0,7 Ey	1563,85	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D	1758,516	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 1L	2198,145	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 0,75L	2022,293	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 0,75L + 0,52 Ex	2224,523	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
Pondasi Shearwall 2	1D + 0,75L + 0,52 Ey	2184,077	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 0,7 Ex	1699,899	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 0,7 Ey	1814,066	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	0,6D + 0,7 Ex	1538,702	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	0,6D + 0,7 Ey	1642,043	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D	1846,442	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 1L	2308,052	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 0,75L	2123,408	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
Pondasi Shearwall 3	1D + 0,75L + 0,52 Ex	2372,55	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 0,75L + 0,52 Ey	2293,281	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 0,7 Ex	1784,894	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 0,7 Ey	1904,769	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	0,6D + 0,7 Ex	1245,616	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	0,6D + 0,7 Ey	1329,273	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D	1494,739	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK
	1D + 1L	1868,423	1,5	7	2	0,741	232,5	2412,658	OK

Kontrol Kekutan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 4.92 Diagram Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

δ = defleksi yang terjadi

Fd = koefisien defleksi

P = Gaya lateral 1 tiang

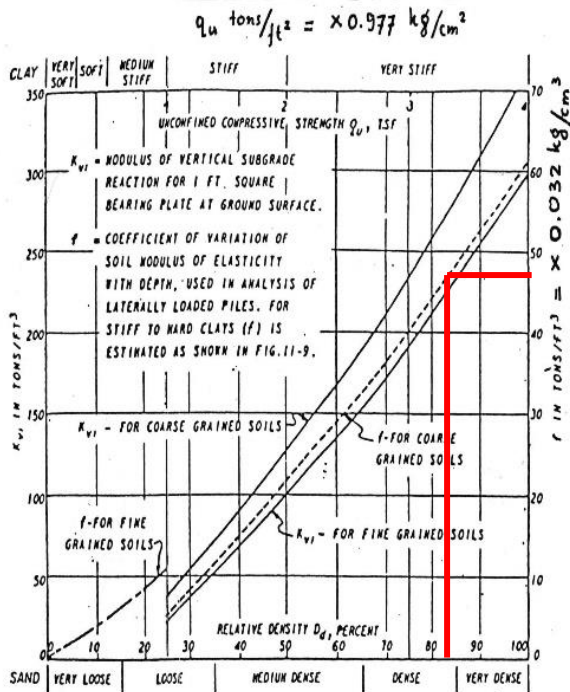
T = *Relative stiffnes Factor*

Tipe Pondasi Kolom

Jumlah tiang = 4

H_{\max} = 12,96 t

H_{\max} 1 tiang = 3,24 t



Gambar 4.93 grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*

- $C_u = 0.56 \text{ kg/cm}^2$ (didapat dari data tanah)
 $e_{max} = 2,06$ (didapat dari data tanah)
 $e_{min} = 1,466$ (didapat dari data tanah)
 $e = 1,58$ (didapat dari data tanah)

$$Dr = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100\% = \frac{2,06 - 1,58}{2,06 - 1,466} \times 100\% = 82 \%$$

Tanah Padat (Data Tanah)

Didapatkan dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing*
 f (soil modulus of elacticity coefficient) = $47 \text{ t/ft}^3 = 1,504 \text{ kg/cm}^3$

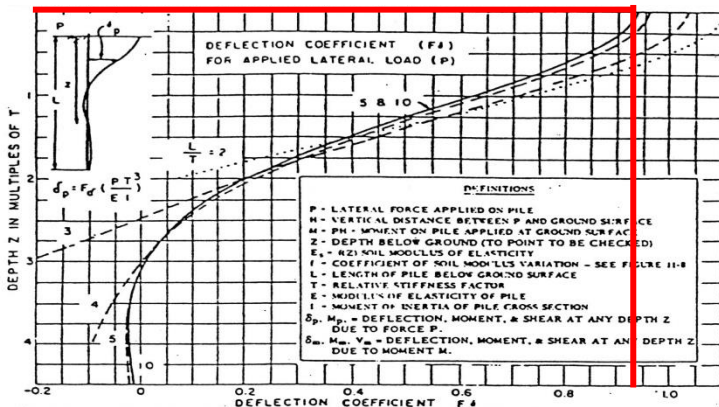
$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700(fc')^{\frac{1}{2}} = 4700(52)^{\frac{1}{2}}$$

$$E = 33892 \text{ Mpa} = 345605,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (60 - 10)^4 = 306919,6 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{345605,4 \times 306919,6}{1.504}\right)^{\frac{1}{5}} = 37,13 \text{ cm}$$



Gambar 4.94 grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile

$L = 19 \text{ m} = 1900 \text{ cm}$ (kedalaman tiang pancang)

$T = 37,13 \text{ cm}$

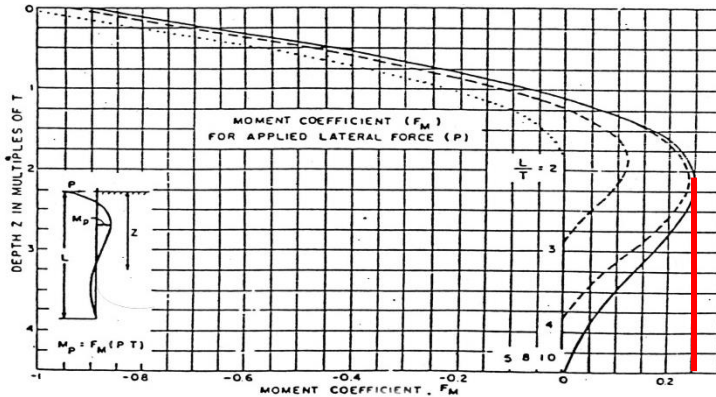
$L/T = 51,2$

Didapatkan dari grafik Influence Value for Laterally Loaded Pile F_d (deflection coefficient) = 0,93

$$\delta = F_d \left(\frac{PT^3}{EI}\right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0.93 \left(\frac{3240 \times 37,13^3}{345605,4 \times 306919,6} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,00039 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm} \dots \text{Ok}$$



Gambar 4.95 grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile*

Kontrol Momen :

$$L/T = 51,2$$

Didapatkan dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile*
 F_m (*moment coefficient*) = 0,25

$$M_{\text{crack}} = 19 \text{ tm (tabel spesifikasi tiang pancang)}$$

$$M = F_m(P T) \leq M_{\text{banding crack}}$$

$$M = 0,25 \times (3,24 \times 0,372) \leq 25 \text{ tm}$$

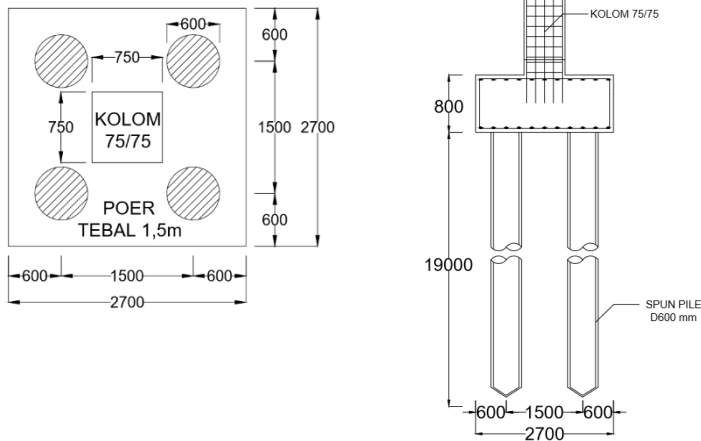
$$M = 0,30 \text{ tm} \leq 25 \text{ tm} \quad \text{Ok}$$

Tabel 4.104 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral

Tipe Pondasi	Kombinasi	H maks	H l tiang	Dr	f	E	I	T	δ	Ket	M	Ket
		Ton	Ton	%	kg/cm3	kg/cm2	cm4	cm	cm		Ton-m	
Pondasi Kolom 1	0.6D + 0.7 Ex	4.89	1,223	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0054846	OK	0.11	OK
	0.6D + 0.7 Ey	9.33	2,333	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0002819	OK	0.22	OK
	ID	3.23	0,808	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000976	OK	0.07	OK
	ID + 1L	5.25	1,313	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0001586	OK	0.12	OK
	ID + 0.75L	4.54	1,135	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0001372	OK	0.11	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ex	6.32	1,580	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0001909	OK	0.15	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ey	12.96	3,240	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0003915	OK	0.30	OK
	ID + 0.7 Ex	10.35	2,588	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0003127	OK	0.24	OK
	ID + 0.7 Ey	5.72	1,430	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0001728	OK	0.13	OK
	0.6D + 0.7 Ex	4.04	1,348	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0001629	OK	0.13	OK
Pondasi Kolom 2	0.6D + 0.7 Ey	3.91	1,304	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0001576	OK	0.12	OK
	ID	2.28	0,760	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000918	OK	0.07	OK
	ID + 1L	7.46	2,488	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0003007	OK	0.23	OK
	ID + 0.75L	4.20	1,400	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0001692	OK	0.13	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ex	8.75	2,917	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0003525	OK	0.27	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ey	3.63	1,211	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0001463	OK	0.11	OK
	ID + 0.7 Ex	10.37	3,456	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0004176	OK	0.32	OK
	ID + 0.7 Ey	1.86	0,621	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000751	OK	0.06	OK
	0.6D + 0.7 Ex	47.25	3,375	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0004078	OK	0.31	OK
	0.6D + 0.7 Ey	32.45	2,318	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0002801	OK	0.22	OK
Pondasi Shearwall 1	ID	56.70	4,050	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0004894	OK	0.38	OK
	ID + 1L	70.88	5,063	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0006118	OK	0.47	OK
	ID + 0.75L	65.21	4,658	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0005628	OK	0.43	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ex	71.73	5,123	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0006191	OK	0.48	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ey	70.42	5,030	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0006079	OK	0.47	OK
	ID + 0.7 Ex	54.81	3,915	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0004731	OK	0.36	OK
	ID + 0.7 Ey	37.64	2,689	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0003249	OK	0.25	OK
	0.6D + 0.7 Ex	49.61	3,544	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0004028	OK	0.33	OK
	0.6D + 0.7 Ey	34.07	2,434	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0002994	OK	0.23	OK
	ID	59.54	4,253	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000514	OK	0.39	OK
Pondasi Shearwall 2	ID + 1L	74.42	5,316	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000642	OK	0.49	OK
	ID + 0.75L	68.47	4,890	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000591	OK	0.45	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ex	78.90	5,636	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000681	OK	0.52	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ey	73.94	5,282	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000638	OK	0.49	OK
	ID + 0.7 Ex	57.55	4,111	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000497	OK	0.38	OK
	ID + 0.7 Ey	39.52	2,823	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000341	OK	0.26	OK
	0.6D + 0.7 Ex	40.16	2,869	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000347	OK	0.27	OK
Pondasi Shearwall 3	0.6D + 0.7 Ey	27.58	1,970	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000238	OK	0.18	OK
	ID	48.20	3,443	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000416	OK	0.32	OK
	ID + 1L	60.24	4,303	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000520	OK	0.40	OK
	ID + 0.75L	55.42	3,959	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000478	OK	0.37	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ex	60.97	4,355	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000526	OK	0.40	OK
	ID + 0.75L + 0.52 Ey	62.85	4,489	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000543	OK	0.42	OK
	ID + 0.7 Ex	48.92	3,494	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000422	OK	0.32	OK
	ID + 0.7 Ey	33.60	2,400	82	1504	345605.36	306919.6	37.13	0.0000290	OK	0.22	OK

4.5.3.4 Perencanaan Poer (pile cap)

Pada perhitungan perencanaan tulangan poer di ambil salah satu contoh tipe poer, yaitu tipe kolom 1. Data perencanaan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.96 Poer Pondasi Kolom 1

Σ tiang pancang group	= 4
Dimensi kolom	= $750 \times 750 \text{ mm}^2$
Dimensi pile cap	= $2,7 \times 2,7 \times 0,8 \text{ m}^3$
Mutu beton (f'_c)	= 42 MPa
Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
Diameter tulangan (D)	= 29 mm
Selimut beton	= 75 mm
Tinggi efektif (dx)	= $800 - 75 - \frac{1}{2} \times 29 = 710,5 \text{ mm}$
Tinggi efektif (dy)	= $800 - 75 - 29 - \frac{1}{2} \times 29 = 681,5 \text{ mm}$

$$P_u \text{ kolom} = 692,74 \text{ ton}$$

$$P_u \text{ pile} = 1,5 \times P_{ijin} = 1,5 \times 232,5 = 348,69 \text{ ton}$$

Diambil SF pile cap 1,5 karena diasumsikan pile cap tidak boleh gagal terlebih dahulu dibandingkan tiang pancang.

Tipe Pondasi	Tebal	Tul. Lentur	Cover	dx	dy	Dimensi (mm)	
	mm	mm	mm	mm	mm	Panjang	Lebar
Pondasi Kolom 1	800	29	75	710,5	681,5	750	750
Pondasi Kolom 2	800	29	75	710,5	681,5	550	550
Pondasi Shearwall 1	800	29	75	710,5	681,5	8000	750
Pondasi Shearwall 2	800	29	75	710,5	681,5	8000	750
Pondasi Shearwall 3	800	29	75	710,5	681,5	8000	550

Tabel 4.105 Data Perencanaan Pile Cap

4.5.3.4.1 Kontrol Geser Pons Pada Pile Cap

Dalam merencanakan pile cap harus dipenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 11.2.

➤ *Punching Shear*

Bagian geser adalah pada $d/2$ dari muka kolom, seperti pada gambar dibawah.

$$a1 = 750 + 710,5 = 1460,5 \text{ mm} = 1,46 \text{ m}$$

$$b1 = 750 + 681,5 = 1431,5 \text{ mm} = 1,431 \text{ m}$$

$$U = 2 (a1+b1) = 5784 \text{ mm}$$

Tipe Pondasi	fc'	fy	Pu kolom	Pu Pile	ax	ay	U
	Mpa	Mpa	Ton	Ton	mm	mm	mm
Pondasi Kolom 1	40	420	692,74	348,69	1460,5	1431,5	5784
Pondasi Kolom 2	40	420	692,74	348,69	1260,5	1231,5	4984
Pondasi Shearwall 1	40	420	692,74	348,69	8710,5	1431,5	20284
Pondasi Shearwall 2	40	420	692,74	348,69	8710,5	1431,5	20284
Pondasi Shearwall 3	40	420	692,74	348,69	8710,5	1231,5	19884

Tabel 4.106 Data Perencanaan Pile Cap

Pada SNI tidak memberikan prosedur eksplisit untuk memperhitungkan *punching load* pada pile cap. Sehingga punching load dapat diasumsikan sama dengan beban kolom dikurang berat dari bagian pile yang terletak didalam $d/2$ ($710,5/2 = 355 \text{ mm}$).

Punching Load bisa diperhitungkan sebagai berikut:

$$W_u \text{ poer} = 1,4 \times 2,4 \times 1,460 \times 1,431 \times 0,8 = 5,62 \text{ t}$$

$$P_{u,punch} = P_{u,kolom} + W_u - P_{pile}$$

$$P_{u,punch} = 692,74 + 5,62 - 348,69 \times 4 = 696,39 \text{ t}$$

Tipe Pondasi	Wu Poer	Pu Punch	β_c	bo
	Ton	Ton		mm
Pondasi Kolom 1	5,62	696,38903	1,00	5784
Pondasi Kolom 2	7,82	694,18523	1,00	4984
Pondasi Shearwall 1	62,84	639,16468	10,67	20284
Pondasi Shearwall 2	62,84	639,16468	10,67	20284
Pondasi Shearwall 3	54,06	647,94486	14,55	19884

Tabel 4.107 Data Perencanaan Pile Cap

➤ Geser pons 2 Arah

Batas geser pons adalah yang terkecil dari

$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha \cdot d}{b_0} + 2\right) \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

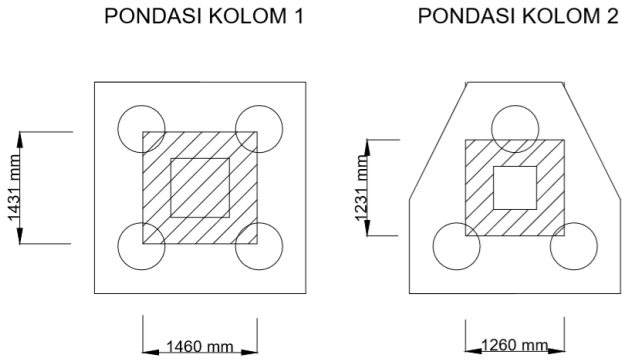
$$\phi V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$\beta_c = \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom} = \frac{750}{750} = 1$$

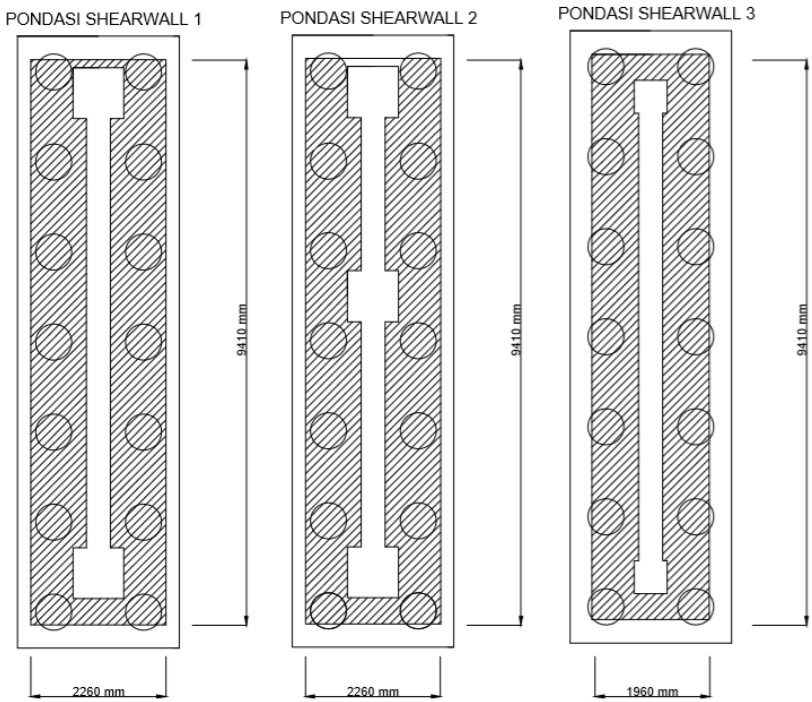
b_o = keliling dari penampang kritis pada poer

$$= 2(b_{kolom} + dx) + 2(h_{kolom} + dy)$$

$$= 2 \times (750 + 710,5) + 2 \times (750 + 681,5) = 5784 \text{ mm}$$



Gambar 4.97 Area Kritis Geser pons dua arah pondasi kolom



Gambar 4.98 Area Kritis Geser pons dua arah pondasi shearwall

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times \frac{\sqrt{40}}{6} \times 5784 \times 710,5 = 9746600 \text{ N}$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 710,5}{5784} + 2\right) \times \sqrt{40} \times 5784 \times 710,5 = 111857000 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{40} \times 5784 \times 710,5 = 6497700 \text{ N}$$

$$V_c = 111857000 \text{ N} = 1118,57 \text{ ton}$$

$$V_c > P_{u \text{ punch}} = 696,39 \text{ ton (OK)}$$

Kontrol tegangan geser yang terjadi :

$$\tau_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} = \frac{1}{3} \times \sqrt{40} = 2,108 \text{ Mpa}$$

$$\tau_u = \frac{P_{u \text{ punch}}}{b_o \times d} = \frac{696,39 \times 10^4}{5784 \times 710,5} = 1,695 \text{ Mpa}$$

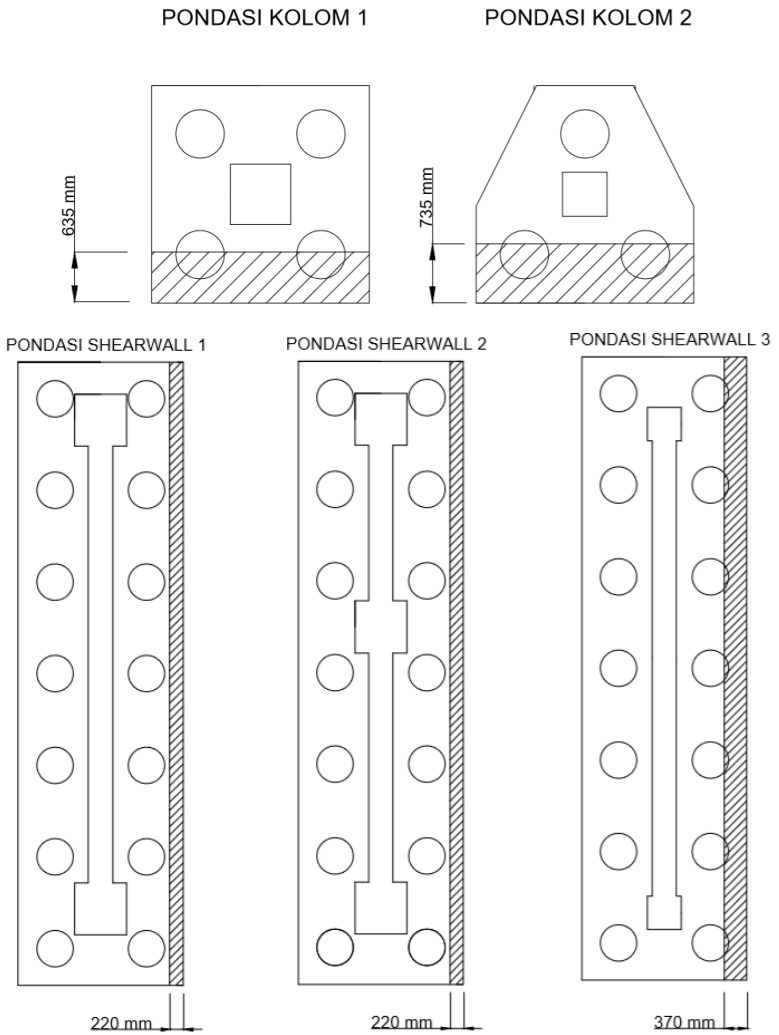
$$\tau_u < \tau_c \dots \text{OK}$$

ketebalan poer mampu menahan gaya geser yang terjadi.

Tipe Pondasi	Kontrol Geser Pons 2 Arah							
	$\phi V_c 1$	$\phi V_c 2$	$\phi V_c 3$	ϕV_c	Ket	τ_u	τ_c	Ket
	Ton	Ton	Ton	Ton	$\phi V_c > P_u$	Mpa	Mpa	$\tau_u < \tau_c$
Pondasi Kolom 1	974,66	1.118,57	649,77	1118,57	OK	1,695	2,108	OK
Pondasi Kolom 2	839,85	1.073,81	559,90	1073,81	OK	1,960	2,108	OK
Pondasi Shearwall 1	1.352,98	1.929,78	2.278,70	1929,78	OK	0,444	2,108	OK
Pondasi Shearwall 2	1.352,98	1.929,78	2.278,70	1929,78	OK	0,444	2,108	OK
Pondasi Shearwall 3	1.270,45	1.907,40	2.233,77	1907,40	OK	0,459	2,108	OK

Tabel 4.108 Kontrol Gaya Geser Pons 2 Arah Pile Cap

➤ **Geser Pons 1 Arah**



Gambar 4. 99 Area Kritis Geser pons satu arah pondasi

$$P_{u\text{ pile}} = 348,69 \text{ t}$$

V_u = P_u pile – berat pile cap

$$V_{u,pile} = 2 \times 348,69 - 1,4 \times 2,4 \times 2,7 \times 0,220 \times 0,8 = 695,778 \text{ t}$$

$$V_c = 0,75\sqrt{f'_c} b_w d$$

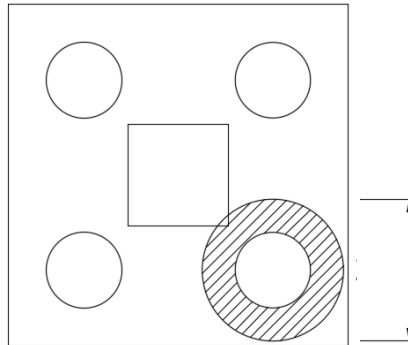
$$V_c = 0,75\sqrt{40} 2700 \times 710,5 = 9099530 \text{ N} = 909,953 \text{ t}$$

$$V_c = 909,953 \text{ t} > V_{u,pile} 695,778 \text{ t} \dots \text{OK}$$

Tipe Pondasi	Kontrol Geser Pons 1 Arah				
	Pu pile	Jumlah Pile	V_u	V_c	Ket
	Ton	buah	Ton	Ton	$V_u < V_c$
Pondasi Kolom 1	348,69	2	695,778	909,953	OK
Pondasi Kolom 2	348,69	2	692,339	909,953	OK
Pondasi Shearwall 1	348,69	7	2.420,761	3437,601	OK
Pondasi Shearwall 2	348,69	7	2.406,573	3437,601	OK
Pondasi Shearwall 3	348,69	7	2.435,776	3437,601	OK

Tabel 4.109 Kontrol Gaya Geser Pons 1 Arah Pile Cap

➤ **Geser Akibat tiang pancang individu**



Gambar 4.100 Area Geser Akibat tiang pancang Individu

$$P_{u,pile} = 325,3 \text{ t}$$

$$D = 600 + 710,5 = 1310,5 \text{ mm}$$

$$U = 3,14 \times 1310,5 = 4313 \text{ mm}$$

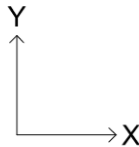
$$\tau_u = \frac{325,3 \times 10^4}{4313 \times 710,5} = 0,42 \text{ Mpa} < \tau_c = 2,108 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

4.5.3.4.2 Penulangan Pile Cap

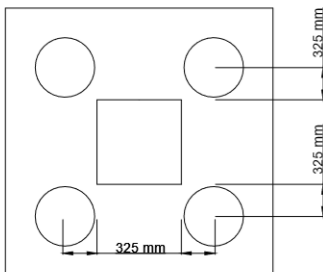
Dalam merencanakan penulangan pile cap, Momen yang terjadi pada *pile cap* didapat dari gaya yg bekerja pada tiang dan kolom.

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

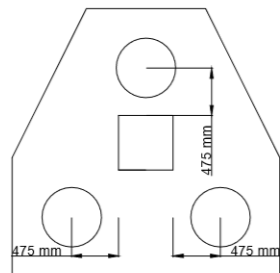
$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,54$$



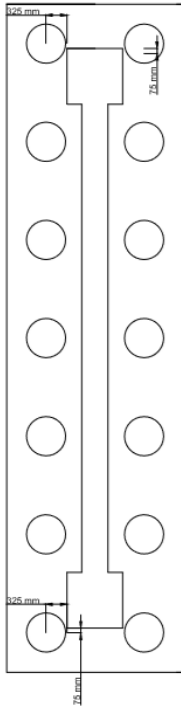
PONDASI KOLOM 1



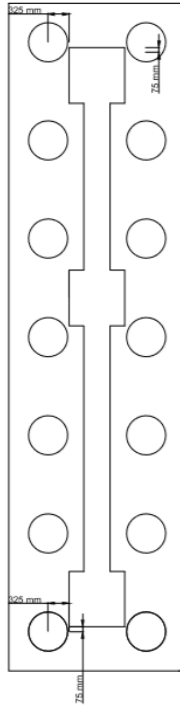
PONDASI KOLOM 2



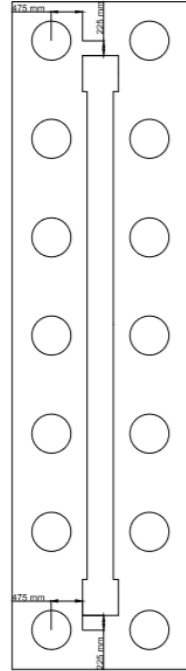
PONDASI SHEARWALL 1



PONDASI SHEARWALL 2



PONDASI SHEARWALL 3



Gambar 4.101 Jarak Tiang Pancang ke Kolom

Penulangan arah x

$$M_u = n \cdot P_u \cdot \text{pile} \cdot X$$

$$M_u = 2 \times 348,69 \times 0,325 = 226,64 \text{ tm}$$

$$M_u = 2266466876 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot x \cdot d^2} = \frac{2266466876}{0,9 \times 1000 \times 710,5^2} = 1,848 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,848}{420}} \right) = 0,0045$$

$$\rho_{pakai} = 0,0045$$

$$A_{Sperlu} = \rho \times b \times d = 0,0045 \times 1000 \times 710,5 = 3215,45 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D29,

$$n = 3215,45 / (\frac{1}{4} \pi 29^2) = 4,86 \text{ buah}$$

$$s = 1000/4,86 = 205,5 \text{ mm}$$

Digunakan s= 200 mm

Penulangan arah Y

Mu = n. Pu, pile. X

$$M_u = 2 \times 348,69 \times 0,325 = 226,64 \text{ tm}$$

$$M_u = 2266466876 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b \times d^2} = \frac{2266466876}{0,9 \times 1000 \times 681,5^2} = 2,008 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 2,008}{420}} \right) = 0,0049 \end{aligned}$$

$$\rho_{pakai} = 0,0049$$

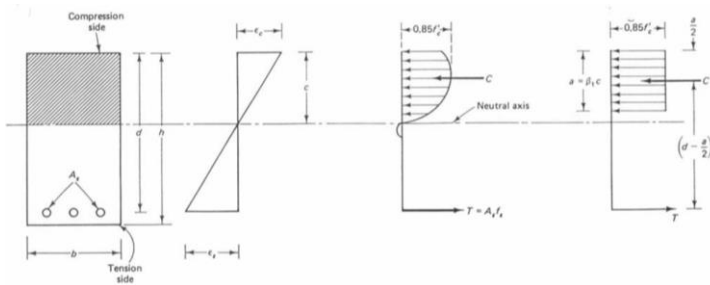
$$A_{Sperlu} = \rho \times b \times d = 0,0049 \times 1000 \times 681,5 = 3360,95 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D29,

$$n = 3360,95 / (\frac{1}{4} \pi 29^2) = 5,08 \text{ buah}$$

$$s = 1000/5,08 = 196,61 \text{ mm}$$

Digunakan s= 150 mm



$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 f'c b} = \frac{3262,53 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1000} = 32,64 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{\beta_1} = \frac{32,64}{0,76} = 42,94 \text{ mm}$$

$$\epsilon t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right)$$

$$= 0,003 \left(\frac{710,5}{42,94} - 1 \right) = 0,095 > 0,005 \dots \text{OK}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Gambar 9.3.2 didapat ϵt lebih besar daripada 0,005 sehingga pelat termasuk dalam kondisi terkontrol tarik dengan nilai ϕ sebesar 0,9.

Tipe Pondasi	Penulangan Arah X								
	Mu Nmm	m	Rn Mpa	Pmin	P	Ppakai	As perlu mm ²	S perlu mm	S pakai mm
Pondasi Kolom 1	2.266.466.876	12,353	1,848	0,0018	0,0045	0,0045	3215,45	205,50	200
Pondasi Kolom 2	3.312.528.511	12,353	2,700	0,0018	0,0067	0,0067	4765,57	138,66	125
Pondasi Shearwall 1	7.932.634.066	12,353	1,712	0,0018	0,0042	0,0042	2972,57	222,29	200
Pondasi Shearwall 2	7.932.634.066	12,353	1,712	0,0018	0,0042	0,0042	2972,57	222,29	200
Pondasi Shearwall 3	11.593.849.789	12,353	2,502	0,0018	0,0062	0,0062	4400,60	150,16	150

Tabel 4.110 Perencanaan Penulangan Pile Cap Arah X

Tipe Pondasi	Penulangan Arah Y								
	Mu Nmm	m	Rn Mpa	Pmin	P	Ppakai	As perlu mm ²	S perlu mm	S pakai mm
Pondasi Kolom 1	2.266.466.876	12,353	2,008	0,0018	0,0049	0,0049	3360,95	196,61	150
Pondasi Kolom 2	4.968.792.767	12,353	4,403	0,0018	0,0113	0,0113	7678,10	86,06	80
Pondasi Shearwall 1	1.569.092.453	12,353	1,390	0,0018	0,0034	0,0034	2304,05	286,79	250
Pondasi Shearwall 2	1.569.092.453	12,353	1,390	0,0018	0,0034	0,0034	2304,05	286,79	250
Pondasi Shearwall 3	1.569.092.453	12,353	1,390	0,0018	0,0034	0,0034	2304,05	286,79	250

Tabel 4.111 Perencanaan Penulangan Pile Cap Arah Y

Tipe Pondasi	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol (c/d<0,375)	Kontrol Tarik Tulangan		Kontrol (εt > εu)
	a	c		εt	ε CU	
	mm	mm				
Pondasi Kolom 1	40,302	52,751	0,037	0,129	0,005	OK
Pondasi Kolom 2	45,170	59,123	0,042	0,114	0,005	OK
Pondasi Shearwall 1	36,510	47,788	0,034	0,143	0,005	OK
Pondasi Shearwall 2	36,510	47,788	0,034	0,143	0,005	OK
Pondasi Shearwall 3	53,692	70,277	0,050	0,095	0,005	OK

Tabel 4.112 Kontrol Tarik Tulangan

4.5.3.4.3 Penulangan Tusuk Konde

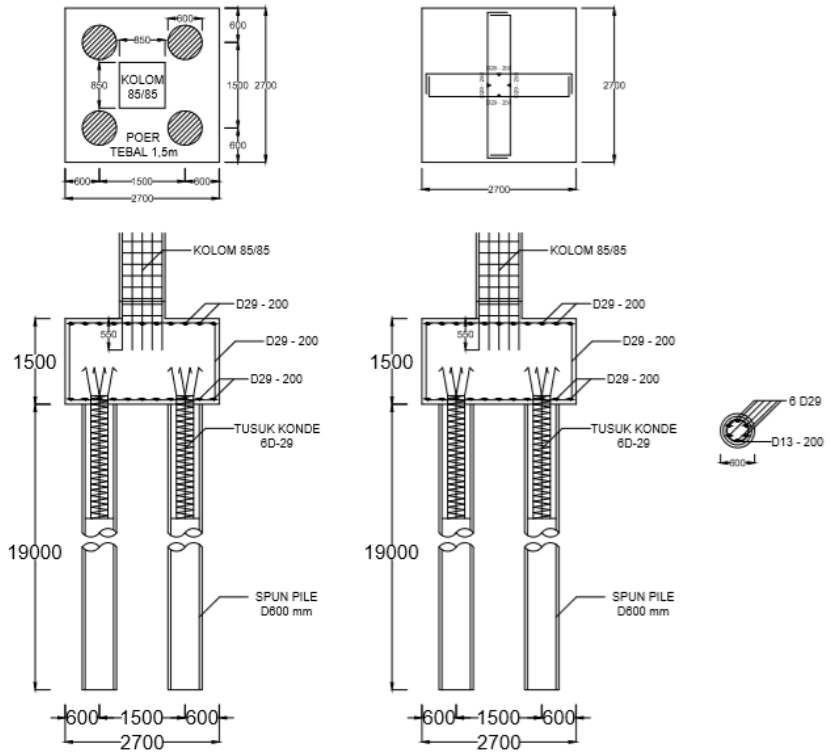
Dalam perhitungan penulangan tusuk konde diambil rasio tulangan minimum menurut SNI 2847:2013 yaitu sebesar 2% dari inner diameter tiang pancang. Spesifikasi tiang pancang yang digunakan adalah diameter 600mm dengan ketebalan 100mm.

Inner diameter = 600 – 100 = 500 mm

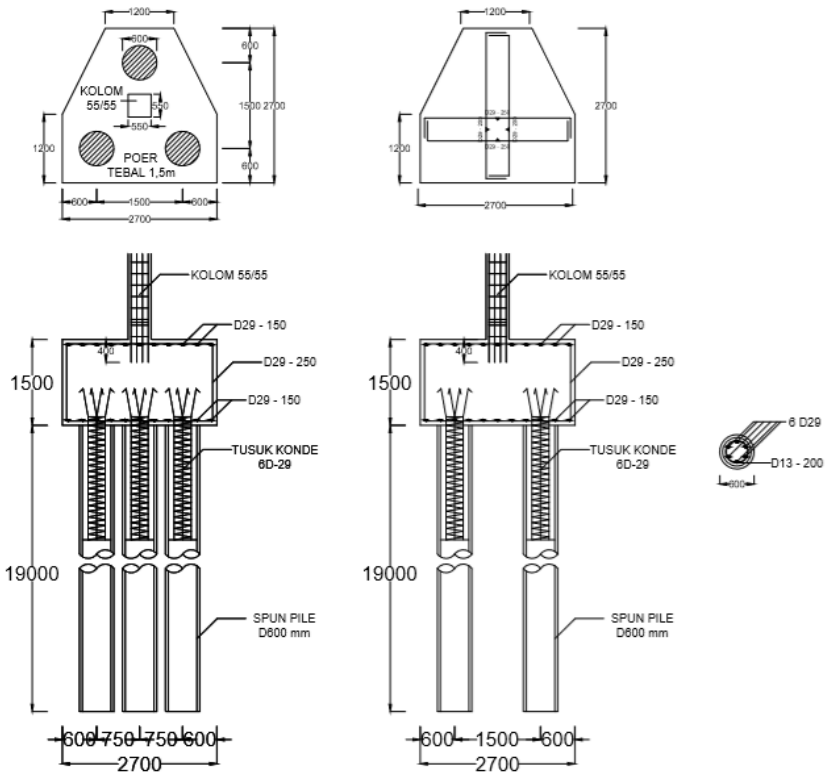
$$A_{S\text{perlu}} = \rho \times \frac{1}{4} \pi d^2 = 0,02 \times \frac{1}{4} \pi 500^2 = 3927 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{3927}{(\frac{1}{4} \pi 29^2)} = 5,9 = 6 \text{ buah}$$

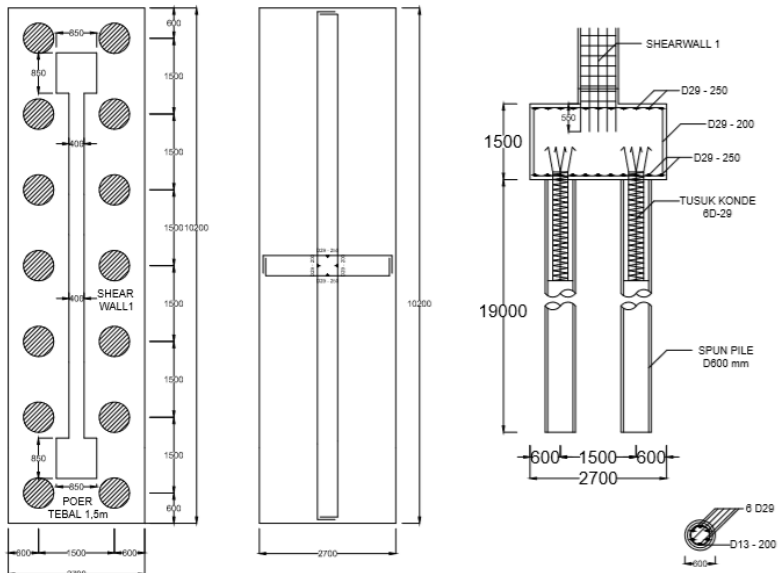
Digunakan tulangan tusuk konde 6 D29



Tabel 4. 102 Penulangan Pondasi Kolom 1



Gambar 4. 103 Penulangan Pondasi Kolom 2



Gambar 4. 104 Penulangan Pondasi Shearwall 1

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Setiabudi Medan menggunakan Metode Flat Slab dikombinasikan dengan BubbleDeck dan Drop Panel” maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut :

1. Berdasarkan SNI 2847:2013 didapatkan perhitungan tebal dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

Tabel 5. 1 Dimensi Struktur Sekunder

Struktur Sekunder				
Elemen		Dimensi		
Balok Lift		Tinggi	600	mm
		Lebar	400	mm
Tangga 1	Pelat Tangga	Tebal	190	mm
	Pelat Bordes	Tebal	190	mm
Tangga 2	Pelat Tangga	Tebal	190	mm
	Pelat Bordes	Tebal	190	mm
Tangga 3	Pelat Tangga	Tebal	190	mm
	Pelat Bordes	Tebal	190	mm
Ramp	Pelat Ramp	Tebal	200	mm

Tabel 5. 2 Dimensi Struktur Primer Bangunan Atas

Struktur Primer				
Elemen		Dimensi		
Balok Tepi 1		Tinggi	600	mm
		Lebar	400	mm
Balok Tepi 2		Tinggi	400	mm
		Lebar	250	mm
Kolom	Kolom 1	Sisi 1	500	mm
		Sisi 2	500	mm
	Kolom 2	Sisi 1	700	mm
		Sisi 2	700	mm
	Kolom 3	Sisi 1	800	mm
		Sisi 2	800	mm
	Kolom 4	Sisi 1	850	mm
		Sisi 2	850	mm
	Kolom 5	Sisi 1	450	mm
		Sisi 2	450	mm
	Kolom 6	Sisi 1	550	mm
		Sisi 2	550	mm
Shearwall	Shearwall 1	Tebal	400	mm
	Shearwall 2	Tebal	400	mm
	Shearwall 3	Tebal	400	mm
Basement-Wall		Tebal	300	mm
Pelat Lantai	PL1	Ukuran	8 x 8	m
		Tebal	300	mm
	PL2	Ukuran	4 x 8	m
		Tebal	300	mm
	PL3	Ukuran	4,6 x 8	m
		Tebal	300	mm
Pelat Basement	PB1	Ukuran	8 x 8	m
		Tebal	300	mm
	PB2	Ukuran	4 x 8	m
		Tebal	300	mm
	PB3	Ukuran	4,6 x 8	m
		Tebal	300	mm

Tabel 5. 3 Dimensi Struktur Primer Bangunan Bawah

Struktur Primer				
Elemen		Dimensi		
Pile Cap	Pile Kolom1	Tebal	0,8	m
		Ukuran	2,7 x 2,7	m
		Jml Pile	4	buah
	Pile Kolom2	Tebal	0,8	m
		Ukuran	2,7 x 2,7	m
		Jml Pile	3	buah
	Pile Shearwall 1	Tebal	0,8	m
		Ukuran	10,2 x 2,7	m
		Jml Pile	14	buah
	Pile Shearwall 2	Tebal	0,8	m
		Ukuran	10,2 x 2,7	m
		Jml Pile	14	buah
	Pile Shearwall 3	Tebal	0,8	m
		Ukuran	10,2 x 2,7	m
		Jml Pile	14	buah
Tiang Pancang		Diameter	600	mm
		Kedalaman	19	m

2. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang (spun pile) produk dari WIKA Beton dengan metode tengangan ijin dan pile cap (poer) berdasarkan metode tengangan ultimate.
3. Gambar teknik hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Gedung Apartemen Setiabudi Medan dibuat dengan program bantu AutoCad.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa secara keseluruhan dari proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

1. Urutan yang benar dalam perencanaan gedung dengan metode *flat slab* adalah menentukan kriteria design dan konsep desain *flat slab*. Hal ini dikarenakan hal terpenting dalam perencanaan metode *flat slab* adalah konsep yang dimiliki, karena untuk perhitungan hampir sama dengan metode konvensional.
2. Dalam melakukan permodelan terhadap bagian pelat yang dikombinasikan BubbleDeck dan Drop Panel sebaiknya menggunakan aplikasi yang dapat memodelkan sesuai dengan realita, dikarenakan gaya gaya dalam yang terjadi akan berbeda dengan yang dikerjakan dalam Tugas Akhir ini yang menggunakan asumsi *layering*.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep BubbleDeck yang digunakan oleh penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini, karena analisa yang digunakan hanya melalui Jurnal yang belum memiliki manual design.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI. ACI 318-M14 BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE. U.S.A: American Concrete Institute.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Bhade, B. G. dan S. M. Barelikar. (2016) ‘An Experimental Study on Two Way Bubble Deck Slab with Spherical Hollow Balls’, *International Journal of Recent Scientific Research*, 7(6), pp. 2–8.
- Chavan, G. R. dan Dr. S. N. Tande. (2016) ‘Analysis and Design of Flat slab’, *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 1(5), pp. 133–138.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG). Jakarta, Indonesia
- Devi, G. D. (2013) ‘Behaviour of Reinforced Concrete Dual Structural System: Strength, Deformation Characteristics, and Failure Mechanism’, *International Journal of Engineering and Technology*, 1(2), pp. 14–19.
- Jirsa, J. O. (2004) ‘Determination of Critical Shear, Moment, and Deformation Interactions for RC Slab-Column Connections’, Department of Civil Engineering, The University of Texas at Austin, Austin, Texas, pp. 1–11.

- More, R. S., dan Sawant, V. S. 2015. "Analysis of Flat slab". Jurnal Aplikasi ISSN 2319-7064, Volume 4, 2/4 hal.
- Patil, S.S. dan Rupali A. Sigi. (2014) 'Flat slab Construction in India', International Journal of Engineering and Innovative Technology, 10(4), pp. 1–4.
- Samiaji, Toni. 2011. Gas CO₂ di Wilayah Indonesia. Bandung: LAPAN
- Simatupang, Z. & Kaloko, E. L. 2016. Persepsi dan Tingkat Pengetahuan Siswa Tentang Keaekaragaman Hayati dan Pemanasan Global. Medan: Universitas Negeri Medan
- Soeharto, Iman. 1999. Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional). Jakarta: Erlangga
- Srivastava A. (2015) 'Filler-Slab as a Continuous T-Beam Slab (Low Cost as Well as Increased Strength)', International Journal for Scientific Research & Development, 2(2), pp. 1–3.
- Tegos J. A. dan A.G. Tsonos. (1996) 'Punching Strength Decay of Slab-Column Connections Under Seismic Loading', Elsevier Science, Paper No.654, pp. 1–5.
- Zardi, M. (2015) 'Perilaku Punching Shear Pada Hubungan Kolom Bulat Dengan Flat slab Akibat Beban Tekan Aksial', Jurnal Teknik Sipil Unaya, 1(1), pp. 1–14.
- Rachmawati R.R. 'Desain Modifikasi Struktur Golden Tulip Essensial Hotel Menggunakan Metode Flat slab', Jurnal Teknik Sipil ITS, pp.1-5

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Wisnu Shandi Kuncoro Aji

Lahir di Bekasi, pada tanggal 1 Maret 1998, merupakan anak ke-2 dari pasangan Sutyono dan Suhaeni. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SDN Mekarsari 06, SMPN 2 Bekasi, dan SMAN 1 Bekasi. Kemudian penulis meneruskan Pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) melalui program sarjana dan terdaftar dengan NRP.

03111440000116. Penulis adalah mahasiswa Program Sarjana S1 dengan bidang studi struktur dengan mengambil judul tugas akhir **“MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK DAN DROP PANEL”**

Narahubung

Email : wisnushandi1234@gmail.com

LAMPIRAN A

Lembar Asistensi

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
 SEMINAR DAN LISAN
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Kamis tanggal 24 Januari 2019 jam 09:00 WIB telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111440000116	Wisnu Shandi Kuncoro Aji	Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Setiabudi Medan Menggunakan Metode Flat Slab Dikombinasikan Dengan BubbleDeck dan Drop Panel

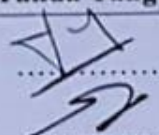
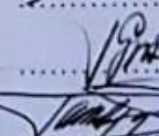
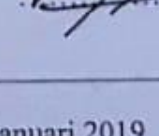
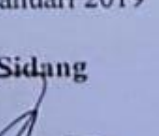
1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- * *Penulangan base ment, di keluar lagi (pembelangan & tumpuan lagi)*
- * *Jalur kolom tak boleh kena bubble deck. jalur harus jelas.*
- * *Desah tak beraturan sebaiknya utt desah beraturan*
- * *Flat slab tak boleh tumpang → asal menentang duktilitas nya tak sempurna → down phase → menjadi menentang*
- * *Steel (plate) yg equivalent plate nya*
- * *Luas weak ness tak gampang*
- * *kolom → sbg pembatas dan shear wall*
- * *gantung tumpuan tak bertitik koma*
- * *Pile cap → utt boleh tinggi / penulangan drop panel dibelakang*

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

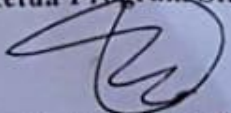
3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
- Lulus Dengan Perbaikan Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA (Pembimbing 1)	
Data Iranata, ST. MT. PhD	
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka	
Prof. Tavio, ST. MT. PhD	

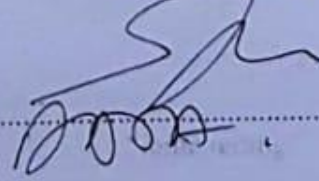
Surabaya, 24 Januari 2019

Mengetahui,
 Ketua Program Studi S1



Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc
 NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang


 (.....)



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. 031-5946094, Fax. 031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triawan, DEA
NAMA MAHASISWA	: Wisnu Shandi Kuncoro Aji
NIDN	: 0311149 0000 116
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Setiabudi Mebin menggunakan Metode Flat Slab dikombinasikan dengan Drop Panel & BubbleDeck
TANGGAL PROPOSAL	: 15 Februari 2018
NO. SP-MMTA	: 023787 / 152, VI. 4. 1 / PP. 02. 00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	30 April 2018	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perencanaan Struktur Sekunder 2. Preliminary Design Struktur Primer 3. Permodelan Struktur bagian Grid dan Slab 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selesai Laporan ditinjau dengan Gambar dan Peraturan 	DL
2	17 Mei 2018	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perencanaan Struktur Primer 2. Perencanaan Tangga dan Lift 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permodelan Struktur 	DL
3	21 Mei 2018	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permodelan Struktur bagian Layer Flat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basis Jurnal terkait Permodelan BubbleDeck 	DL
4	6 Juni 2018	<ol style="list-style-type: none"> 1. Permodelan Struktur beserta Kontrol Desain 2. Rerivangan Struktur Primer 3. Rerivangan Easement Wall 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penjelasan Jurnal 2. Detail Gaya Dalam elemen Struktur 3. Detail momen pelat 	DL



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI 5-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. Triuklan, DEA
NAMA MAHASISWA	: Wisnu Shandi Kuncoro Aji
NRP	: 031 11 44 0000 116
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Setiabudi Medan menggunakan Metode Flat Slab dikombinasikan dengan Drop Bini dan Bulbar Deck
TANGGAL PROPOSAL	: 15 Februari 2018
NO. SP-MMTA	: 023787 / IT2.VI.4.1 / PP. 05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5.	1 Juli 2018	1) Remodelan Struktur dan Kontrol Desain 2) Penujangan Struktur Primer 3) Perencanaan Pondasi	1) Momen Gempa masih perlu diperbaiki 2) Hitungan Gaya Geser dibedakan masing-masing kolom	<i>DL</i>
6.	10 Juli 2018	1) Momen Akibat Gempa 2) Perhitungan Struktur Primer	1) Cita komposisi bagian Pelat 2) Gambar titik yg ditinjau	<i>DL</i>
7.	20 Juli 2018	1) Perhitungan Balok dan Pelat pada struktur primer 2) Gambar kerja	1) Gambar-gambar pada laporan dilengkapi agar informatif	<i>DL</i>
8.	24 Juli 2018	1) Perhitungan Kolom, Shearwall dan Basement	1) Pemahaman mengenai Sp Column diperdalam 2) Pembebanan Basement diperbaiki	<i>DL</i>



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. D. Ir. Triwulan, DEA
NAMA MAHASISWA	: Wisnu Shandi Kuncoro Aji
NRP	: 031 11 44 0000 116
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Sebagai Medan Mempgunakan Metode Flat Slab dikombinasikan dengan Bubble Deck & Drop Panel
TANGGAL PROPOSAL	: 19 Februari 2019
NO. SP-MMTA	: 023707 / ITS.VI.A.1 / PP. 05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
9)	03-01-2019	Analisis dan Perhitungan Balok Tegal, Flat Slab dan Kolom + Gambar	<ul style="list-style-type: none"> → d pelat → Perangan Kolom → Torsi pada Balok → Tulangan Balok 	
10)	14-01-2019	Analisis Basement dan Pondasi + Gambar	<ul style="list-style-type: none"> → Gambar Basement dan Gaya" dipertahai 	
11)	22-01-2019	Perhitungan Basement dan Pondasi + Gambar	<ul style="list-style-type: none"> → Gambar Aler ditampakan → Momen Tumpuan Tiang Borelog → Perhitungan Balok 	

LAMPIRAN B

Data Tanah

LAMPIRAN C

1. Spesifikasi Bahan Material
2. Spesifikasi Lift Hyuandai
3. Spesifikasi Tiang Pancang

Acian Plester dan Beton

Kegunaan

Adukan semen instan untuk pekerjaan acian pada permukaan plesteran

Standar Acuan Produk

- DIN 18550

Dasar Permukaan

- Permukaan plesteran (MU-100 atau MU-301)
- * *Tidak disarankan untuk digunakan sebagai bahan acian pada permukaan lantai*

Keunggulan

- Dapat diaplikasi pada bagian interior & eksterior bangunan
- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Adukan tidak cepat mengering saat diaplikasi
- Dapat mencegah terjadinya retak rambut pada dinding akibat penyusutan.
- Tidak memerlukan plamuur sebagai dasar pengecatan
- Tidak menyerap bahan cat, sehingga menghemat penggunaan bahan cat
- Hasil akhirnya lebih rapi & dapat menghemat biaya pemeliharaan bangunan

Cara Pemakaian

- Alat Kerja : Roskam baja, jidar panjang dari baja atau aluminium
- Persiapan :
 1. Siapkan tempat kerja & permukaan yang hendak diaci.
 2. Bersihkan dasar permukaan yang akan diaci dari serpihan, kotoran & minyak yang dapat mengurangi daya rekat adukan
 3. Jika terlalu kering, basahi dasar permukaan yang akan diaci dengan air
- Pengadukan :
 1. Tuang air kedalam bak adukan sebanyak 14,0 - 14,5 liter untuk tiap kantong MU-250 (40 kg)
 2. Masukkan adukan kering MU-250 kedalam bak adukan
 3. Aduk campuran di atas hingga rata.
- Aplikasi :
 1. Pengacian dilakukan secara manual sebagaimana umumnya yang kemudian diratakan dengan jidar panjang.
 2. Tebal acian yang di anjurkan adalah 2 - 3 mm, tergantung kerataan dasar permukaannya.

Data Teknik

- Warna : Abu-abu putih
- Perekat : Semen Portland
- Bahan pengisi (filler) :
Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.

- Bahan tambah (additive) :
Bahan larut air guna meningkatkan kelecakan (konsistensi), daya rekat, daya menahan air & kekuatan.
- Kepadatan (density) :
 - Kering = 1,2 kg/liter
 - Basah = 1,8 kg/liter
- Tebal aplikasi : 1.5 - 3 mm, tergantung kerataan dasar permukaannya
- Batas waktu masih plastis : 2 jam setelah pengadukan
- Kebutuhan air : 14,0 - 14,5 liter / sak 40 kg
- Compressive strength
 - ASTM C109 : > 5 N/mm²
- Water retention
 - BS 4551 : 1980 : > 95 %
- Drying shrinkage : > 0.1 %

Daya sebar (coverage)

14 - 19 m² / sak 40 kg / 1.5 - 2 mm. Variasi tergantung bentuk dan kerataan permukaan.

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.

Plester

Kegunaan

Adukan semen instan untuk pekerjaan pemasangan bata merah, bata ringan (ALC) & plesteran

Standar Acuan Produk

- DIN 18550
- DIN 18555
- DIN 1053

Dasar Permukaan

Pekerjaan Pasangan Bata (*thick bed*) :

- Permukaan struktur yang rigid & stabil (sloof atau ring balok) baik beton atau baja
- Permukaan bata merah
- Permukaan bata ringan (ALC)

Pekerjaan Plesteran :

- Permukaan pasangan bata merah atau bata ringan (MU-300, MU-301 atau MU-380)
- Permukaan beton (terlebih dulu dengan pengetrikan dasar permukaan atau dengan *bonding agent*)

Keunggulan

- Berfungsi ganda dapat digunakan untuk pekerjaan pasangan bata & pekerjaan plesteran
- Adukan tidak cepat mengering & diserap oleh bahan pasangan bata
- Spesi adukan lebih tipis, sehingga dapat menghemat penggunaan bahan adukan.
- Pasangan bata lebih rapi & selanjutnya pada pekerjaan plesteran dapat menghemat bahan adukan.
- Dapat mencegah keretakan dinding akibat penyusutan.

Cara Pemakaian

Alat Kerja : Roskam besi, jidar baja atau aluminium

Persiapan :

- Pemasangan bata merah & bata ringan :

- Siapkan tempat kerja & dasar permukaan dimana akan dipasang bata.
- Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kerataan pemasangan bata • Bersihkan dasar permukaan tersebut dari kotoran & minyak, kemudian basahi dengan air.
- Bata yang hendak dipasang sebaiknya juga di basahi terlebih dulu dengan air

- Plesteran :

- Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kerataan pemlesteran
- Bersihkan dasar permukaan yang akan diplester dari serpihan, kotoran & minyak yang dapat mengurangi daya rekat adukan
- Jika terlalu kering, basahi dasar permukaan yang akan diplester dengan air

- Pengadukan :

- Masukkan adukan kering MU-301 kedalam bak adukan

- Tuang air sebanyak 6,0 - 6,5 liter untuk tiap kantong MU-301 (40kg)
- Aduk campuran di atas hingga rata.

- Aplikasi :

- Pemasangan bata & bata ringan (ALC) :

- Pemasangan bata dilakukan sebagaimana umumnya.
- Tebal spesi yang di anjurkan adalah 10 mm

- Plesteran :

- Pemlesteran dilakukan sebagaimana umumnya.
- Tebal plesteran yang di anjurkan adalah 10 - 15 mm

Data Teknik

- Warna	: Abu-abu muda
- Perekat	: Semen Portland
- Agregat	: Pasir silika dengan besar butir maksimum 3.0 mm
- Bahan pengisi (filler)	: Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.
- Bahan tambah (additive)	: Bahan larut air guna meningkatkan kelecakan (konsistensi), daya rekat & kekuatan
- Kepadatan (density)	: Kering = 1,7 kg/liter Basah = 1,9 kg/liter
- Tebal aplikasi	: 10 mm untuk pasangan bata & bata ringan 10 - 15 mm untuk plesteran.
- Kebutuhan air	: 6,0 - 6,5 liter / sak 40 kg
- Compressive strength	: ASTM C109 : > 6 N/mm ²
- Water retention	: BS 4551 : 1998 : > 95 %
- Drying shrinkage	: ASTM C531 : > 0.1 %

Daya sebar (coverage)

- Pekerjaan pemasangan bata
Bata merah : 1,0 - 1,25 m² / sak 40 kg / 10 mm
Bata ringan (ALC): 3.2 m² / sak 40 kg / 10 mm

- Pekerjaan plesteran
Bata merah : ± 1,9 m² / sak 40 kg / 10 mm
Bata ringan (ALC) : 2.1 m² / sak 40 kg / 10 mm

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.

PT. CIPTA MORTAR UTAMA

MM2100 Industrial Town, Jl. Sumbawa Block F1-1 Cikarang Barat, Bekasi 17520 - Indonesia

Telp. [6221] 8981120. Fax. [6221] 8981139. Email: info@mortarutama.com

www.mortarutama.com

Perekat Bata Ringan

Kegunaan

Adukan semen instan sebagai perekat untuk pekerjaan pemasangan bata ringan atau beton ringan (ALC)

Standar Acuan Produk

- DIN 18550
- DIN 18555

Dasar Permukaan

- Permukaan struktur yang rigid & stabil (sloof atau ring balk) baik beton atau baja
- Permukaan beton ringan (ALC)

Keunggulan

- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Daya rekat tinggi dengan ketebalan 3 mm (*thin bed*)
- Pasangan bata ringan dapat disusun lebih tinggi sebelum kolom praktis didirikan
- Hemat penggunaan bahan adukan
- Sangat cepat dikerjakan
- Tidak menyusut
- Rapih & sangat kuat hasilnya
- Dapat juga digunakan untuk pekerjaan perbaikan permukaan beton

Cara pemakaian

- Alat Kerja : Roskam bergigi 6 mm
- Persiapan :
 - Siapkan tempat kerja & dasar permukaan dimana akan dipasang bata ringan
 - Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kerataan pemasangan bata ringan
 - Bersihkan dasar permukaan tersebut dari kotoran & minyak, kemudian basahi dengan air.
 - Bata ringan yang hendak dipasang sebaiknya juga di basahi terlebih dulu permukaannya dengan air
- Pengadukan :
 - Masukkan adukan kering MU-380 kedalam bak adukan
 - Tuang air sebanyak 10,0 10,5 liter untuk tiap kantong MU-380 (40 kg)
 - Aduk campuran di atas hingga rata
- Aplikasi :
 - Pemasangan bata ringan dilakukan secara manual dengan roskam bergigi sebagaimana umumnya.
 - Tebal spesi adukan perekat yang di anjurkan adalah 3 mm

Data Teknik

- Warna : Abu-abu muda
- Perekat : Semen Portland
- Agregat : Pasir silika dengan besar butir maksimum 0,6 mm

- Bahan pengisi (filler) : Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.
- Bahan tambahan (additive) : Bahan larut air guna meningkatkan kelecakan (konsistensi), daya rekat & kekuatan
- Kepadatan : Kering = 1,60 kg/liter
Basah = 1,85 kg/liter
- Tebal aplikasi : ± 3 mm
- Kebutuhan air : 10,0 10,5 liter / sak 40 kg
- Compressive strength ASTM C109 : > 12 N/mm²
- Water retention BS 4551 : 1998 : > 95 %
- Adhesion strength (pull-off) BS 4551 : 1998 : > 0.5 N/mm²

Daya sebar (coverage)

- Beton ringan tebal 10 cm
± 12 - 18 m² / sak 40 kg / 2 - 3 mm
- Beton ringan tebal 7,5 cm
± 18 - 25 m² / sak 40 kg / 2 - 3 mm

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan.



Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600
 Tinggi, H (mm) : 200 ; 400
 Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ) : 530 kg/m³
 Berat jenis normal, (ρ) : 600 kg/m³
 Kuat tekan, (σ) : $\geq 4,0$ N/m²
 Konduktifitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm) : 600
 Height, H (mm) : 200 ; 400
 Thick, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, (ρ) : 530 kg/m³
 Field Density, (ρ) : 600 kg/m³
 Compressive Strength, (σ) : ≥ 4.0 N/m²
 Thermal Conductivity, (λ) : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



ROMAN FLOOR & WALL

PACKAGING INFORMATION

Factory	Size	Pcs/Box	Approx. sqm/box	Approx. weight/Box (kg)	Boxes/Pallets	Pallets/Container	Approx. gross weight/Pallets	Approx. box/Container	Approx. gross weight/Container (tonne)	Approx. sqm/Container
Wall tiles										
SRKI	30x60	6	1.08	18.6	72 48	15 1	1364 918	1128	21.4	1218
RCI	25x75	5	0.94	17.5	52 20	20 8	935 375	1200	21.7	1128
SRKI	20x60	8	0.96	16.8	64 32	19 1	1100 563	1248	21.5	1198
RCI	25x50	8	1	16.2	80 60	10 8	1321 997	1280	21.2	1280
SRKI/RCI	20x40	12	0.96	14.0	96 72	15 1	1369 1033	1512	21.6	1452
RCI	25x25	16	1	14.0	84	18	1201	1512	21.6	1512
SRKI	30x30	11	0.99	16.8	81 54	15 1	1386 932	1269	21.7	1256
Floor tiles										
RCI	20x20	25	1	15.3	100	14	1555	1400	21.7	1400
SRKI	30x30	11	0.99	16.0	66	20	1081	1320	21.6	1307
SRKI	33.3x33.3	9	1	17.3	72	17	1271	1224	21.6	1224
RCI	40x40	6	0.96	17.0	80 40	15 1	1385 705	1240	21.5	1190
RCI	50x50	4	1	20.5	72 36	10 8	1501 763	1008	21.1	1008

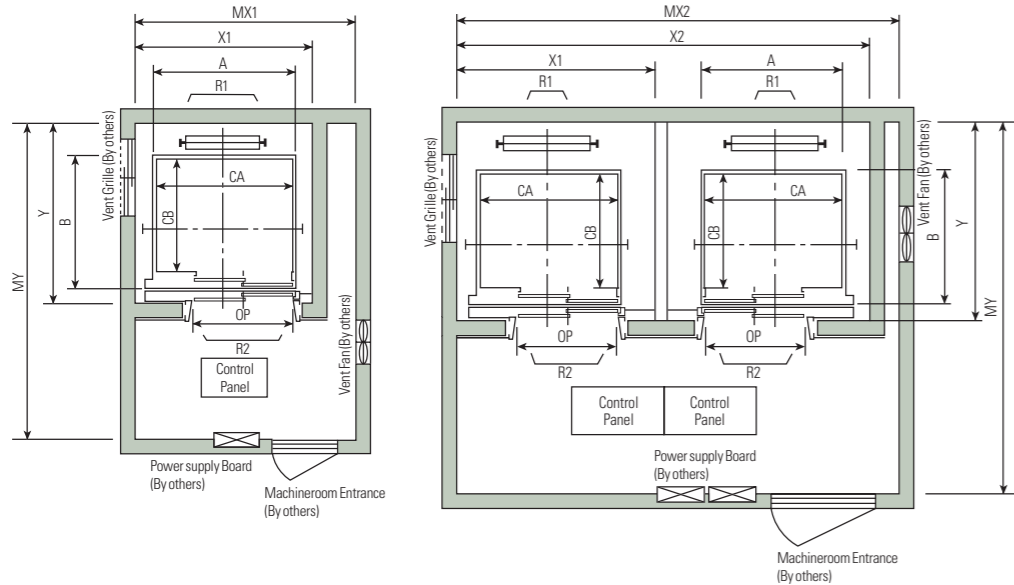
NOTE :

- The governing sizes and weights are subject to the usual variations expected of fired ceramic productions.
- The colours illustrated here are produced near to actual colours.
- Slight variations of shades/colours and surface finishes are inherent due to the nature of ceramic tile production process.
- Packing information may vary depending on specification of each motive and size.

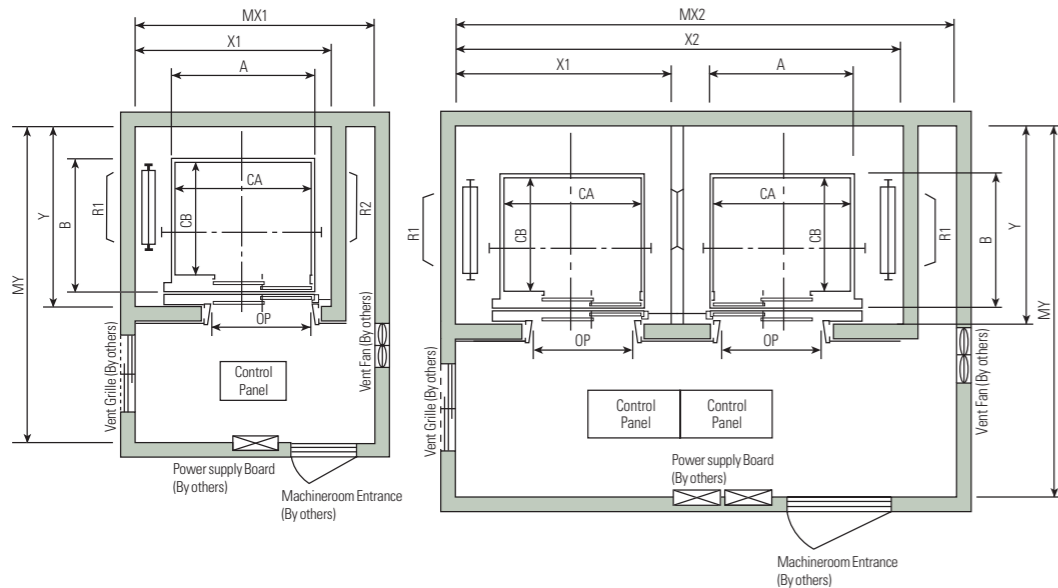
Layout Plan - LUXEN(Gearless Elevators) 1~2.5m/sec | Side open

Plan of Hoistway & Machine Room

Rear Drop



Side Drop



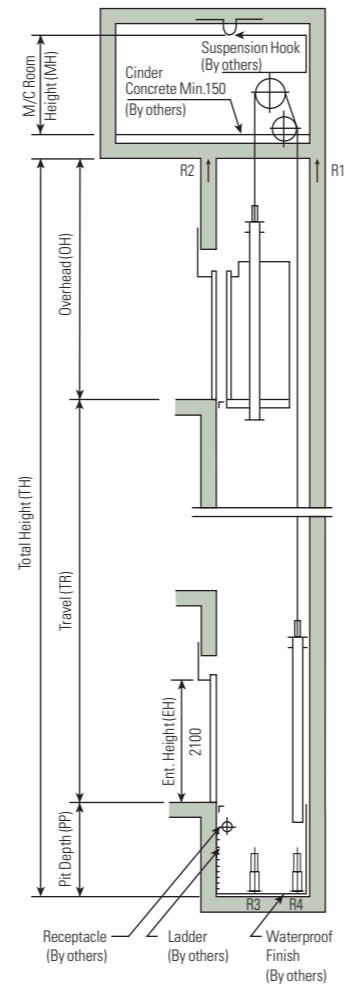
Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (MH)
	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	2400
1.75	4500	1500	4500	1600	
2.0	4700	1900	4700	2000	2600
2.5	5000	2200	5000	2200	

- Notes:
- Above dimensions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
 - In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
 - Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)																
						Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4															
						Persons	kg	CA × CB	A × B	X1	X2	Y	MX1	MX2	MY	R1	R2	R3	R4													
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500															
																		8	550	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900	
	9	600																800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100	
																		900	Rear	1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400	
	1.5	700																750	800	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400
																			900	900	Side	1100 x 2000	1160 x 2192	1850	3700	2500	2000	4000	4300	5100	3750	8100
900			Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600																	
1.75	1000	1150	1100	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600	6600	5100	11000	8700																
			1000	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700															
				1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500															
				1200	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2450	5000	2750	2450	5000	4500	8500	6800	13600	10400															
2.0	900	1000	900	Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500																
			900	900	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000															
				1000	Rear	1600 x 1500	1700 x 1707	2250	4600	2300	2550	4600	4400	12800	6950	9400	8000															
2.5	1150	1350	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700																
			1100	1100	Rear	2000 x 1350	2100 x 1557	2650	5400	2150	2950	5400	4200	14350	7650	12200	9500															
				1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800	15100	8100	13600	10400															
				1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400	15100	8100	13600	10400															
2.5	1350	1600	1100	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2500	5100	2750	2800	5100	4800	15100	8100	13600	10400																
			1200	Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500	15100	8100	13600	10400																

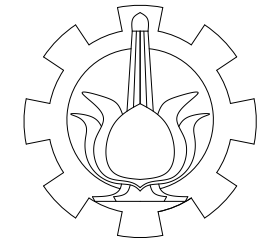
EN81 Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)																
						Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	Depth MY	R1	R2	R3	R4															
						Persons	kg	CA × CB	A × B	X1	X2	Y	MX1	MX2	MY	R1	R2	R3	R4													
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500															
																		7	550	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900	
	8	630																800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100	
																		900	Rear	1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400	
	1.5	700																800	800	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400
																			900	900	Side	1100 x 2000	1160 x 2192	1850	3700	2500	2000	4000	3900	4550	2800	7100
900			Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600																	
1.75	1000	1150	1100	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600	6600	5100	11000	8700																
			1000	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700															
				1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500															
				1200	Side	1400 x 2400	1500 x 2607	2350	5000	2850	2450	5000	4600	8500	6800	13600	10400															
2.0	900	1000	900	Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500																
			900	900	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000															
				1000	Rear	1600 x 1400	1700 x 1607	2250	4600	2200	2550	4600	4300	12800	6950	9400	8000															
2.5	1150	1350	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700																
			1100	1100	Rear	1800 x 1400	1900 x 1607	2450	5000	2200	2750	5000	4300	14350	7650	12200	9500															
				1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800	15100	8100	13600	10400															
				1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400	15100	8100	13600	10400															
2.5	1600	2100	1100	Side	1400 x 2400	1500 x 2607	2400	4900	2750	2700	4900	4800	15100	8100	13600	10400																
			1200	Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500	15100	8100	13600	10400																

LAMPIRAN D

Gambar Arsitektur dan Gambar Struktur



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN GEDUNG
APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT
SLAB DIKOMBINASIKAN DENGAN
DROP PANEL DAN BUBBLEDECK

JUDUL GAMBAR

SITEPLAN
SKALA 1:1000

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

2

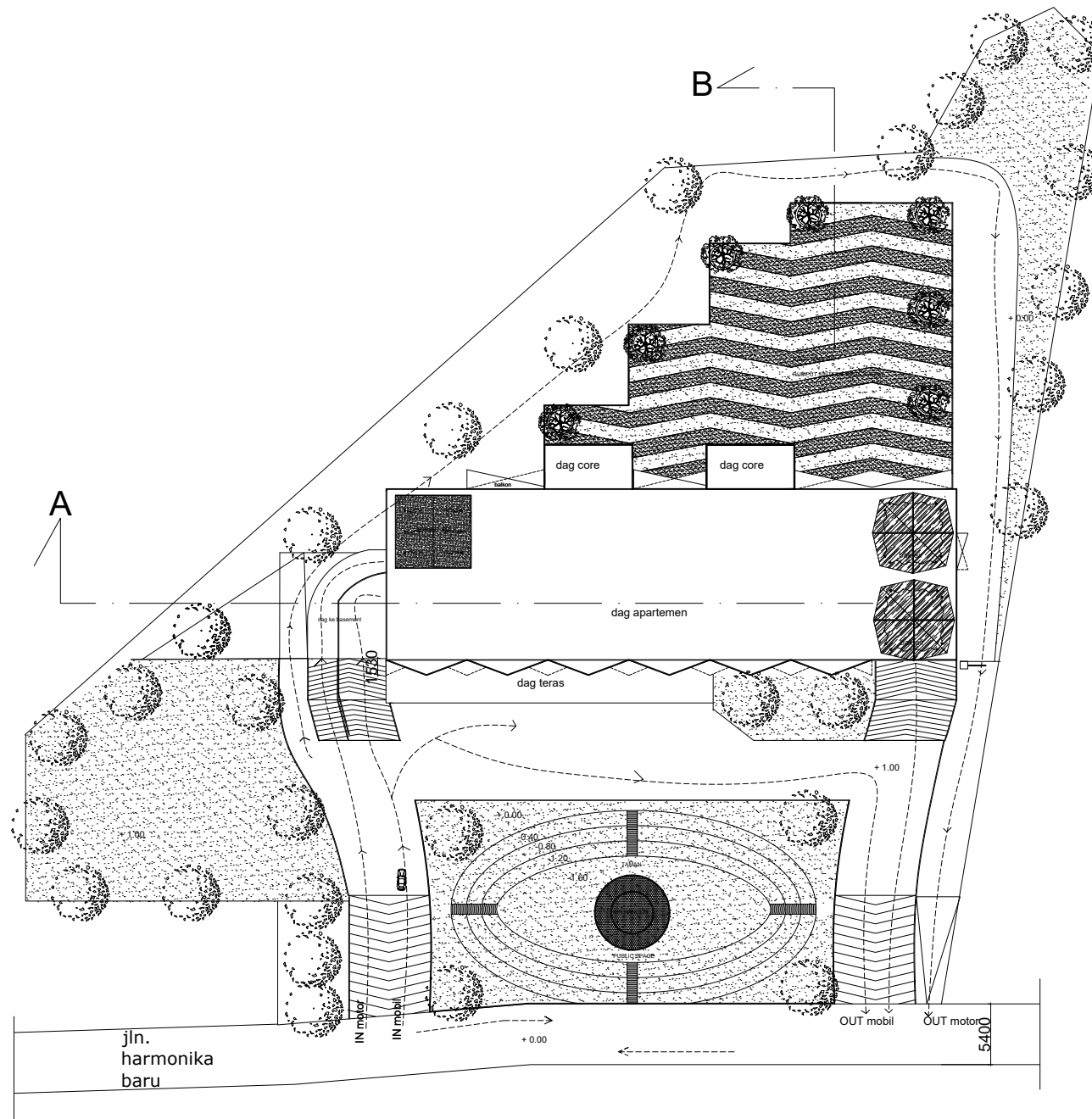
57

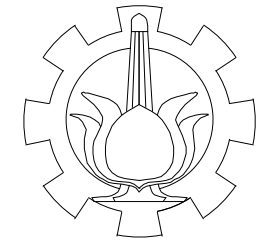
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
03111440000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI BASEMENT 1 -
LANTAI BASEMENT 2
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

3

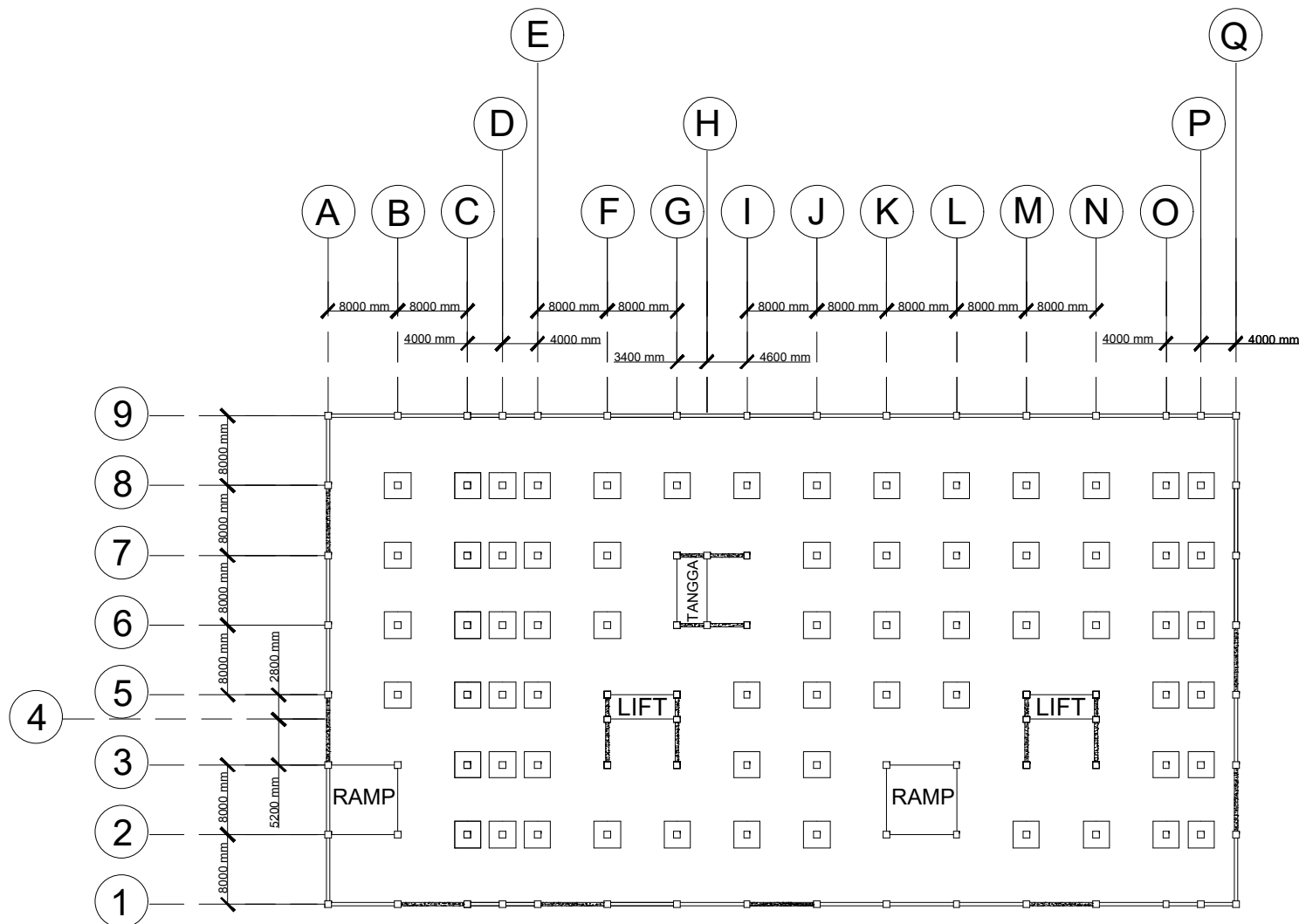
57

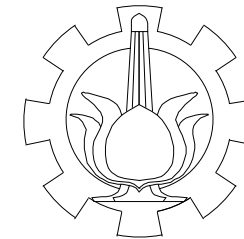
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 1 - LANTAI 3
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

4

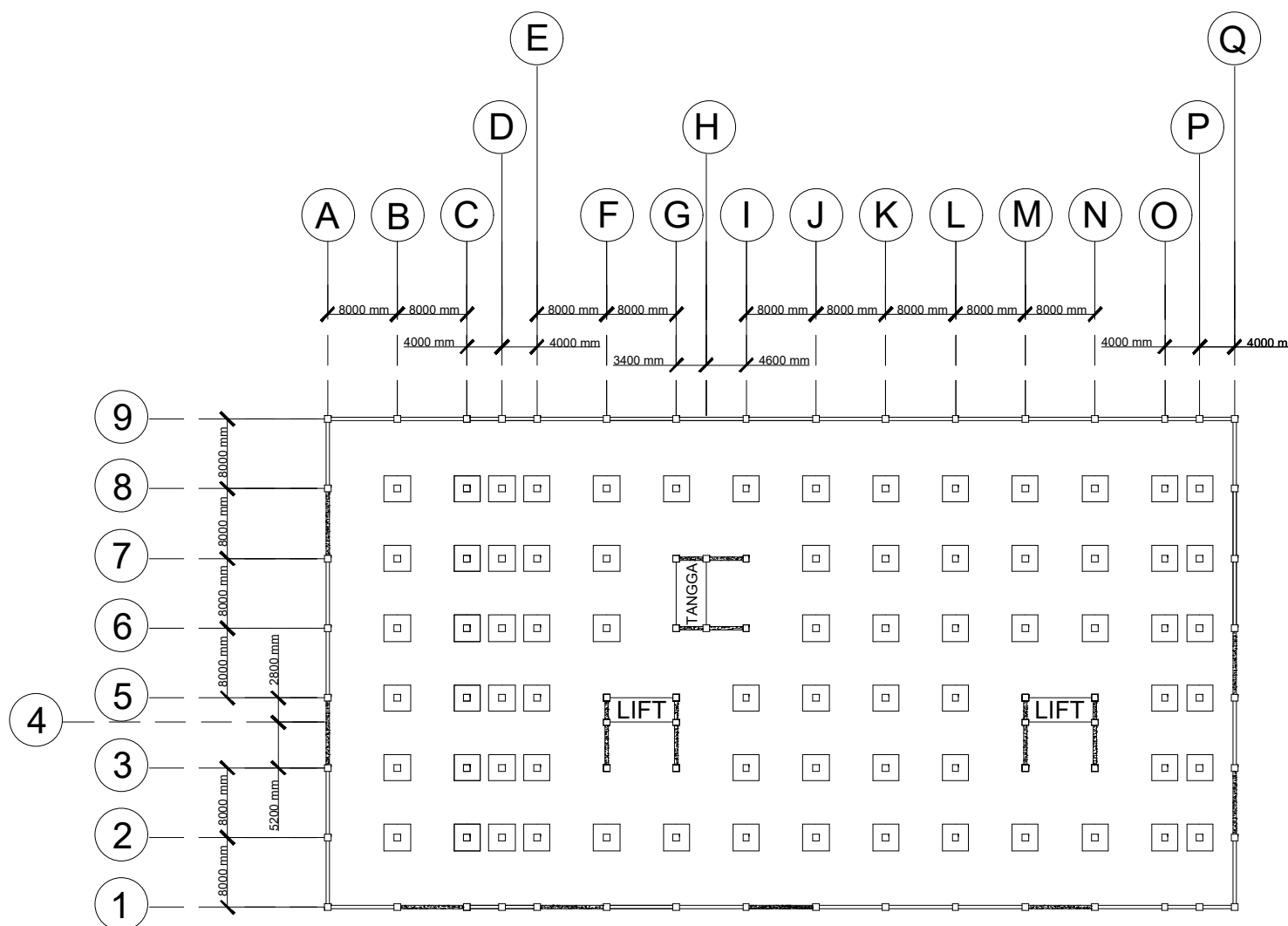
57

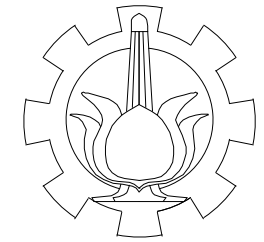
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 4 - LANTAI 14
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

5

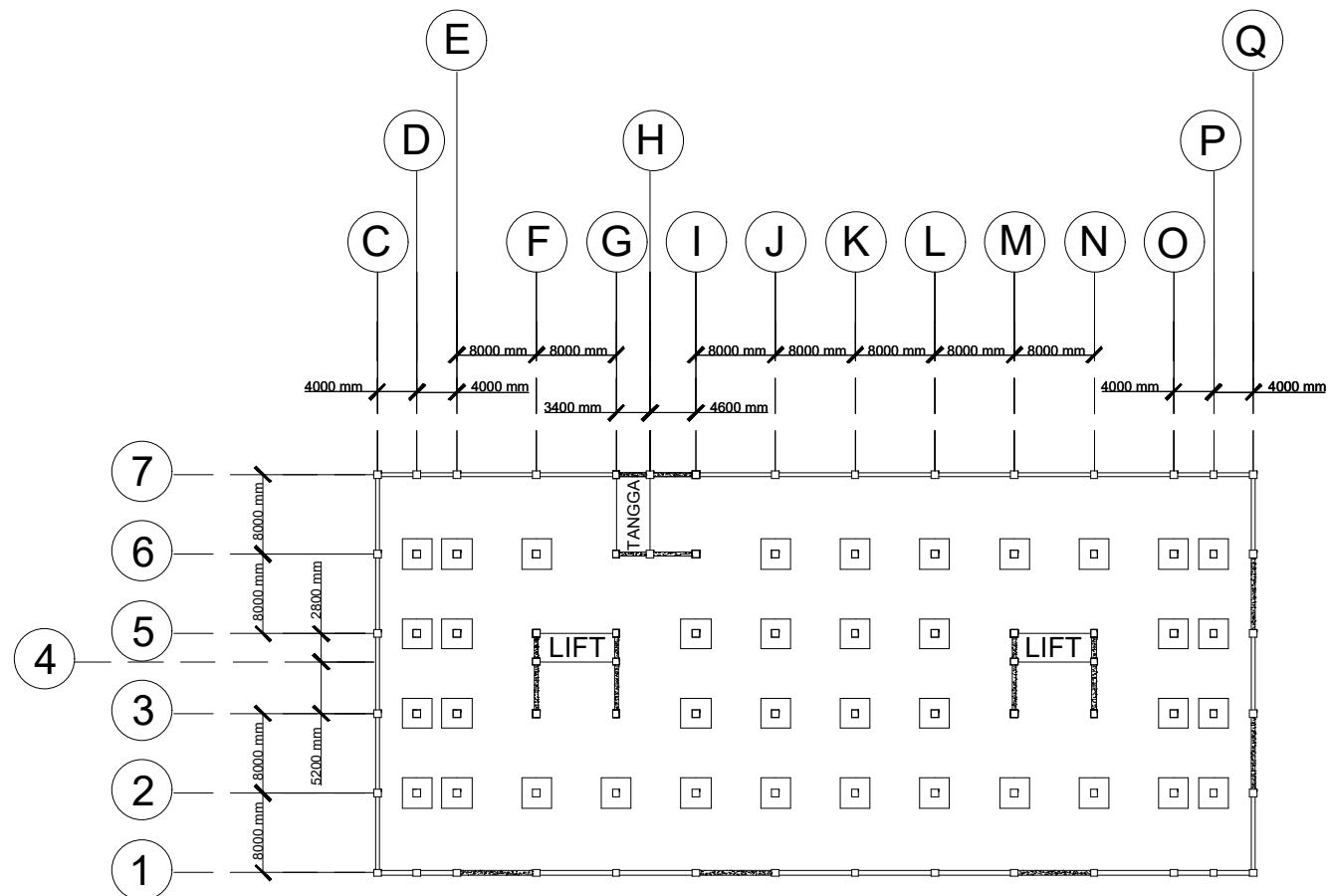
57

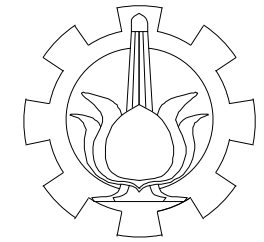
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH PONDASI
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

6

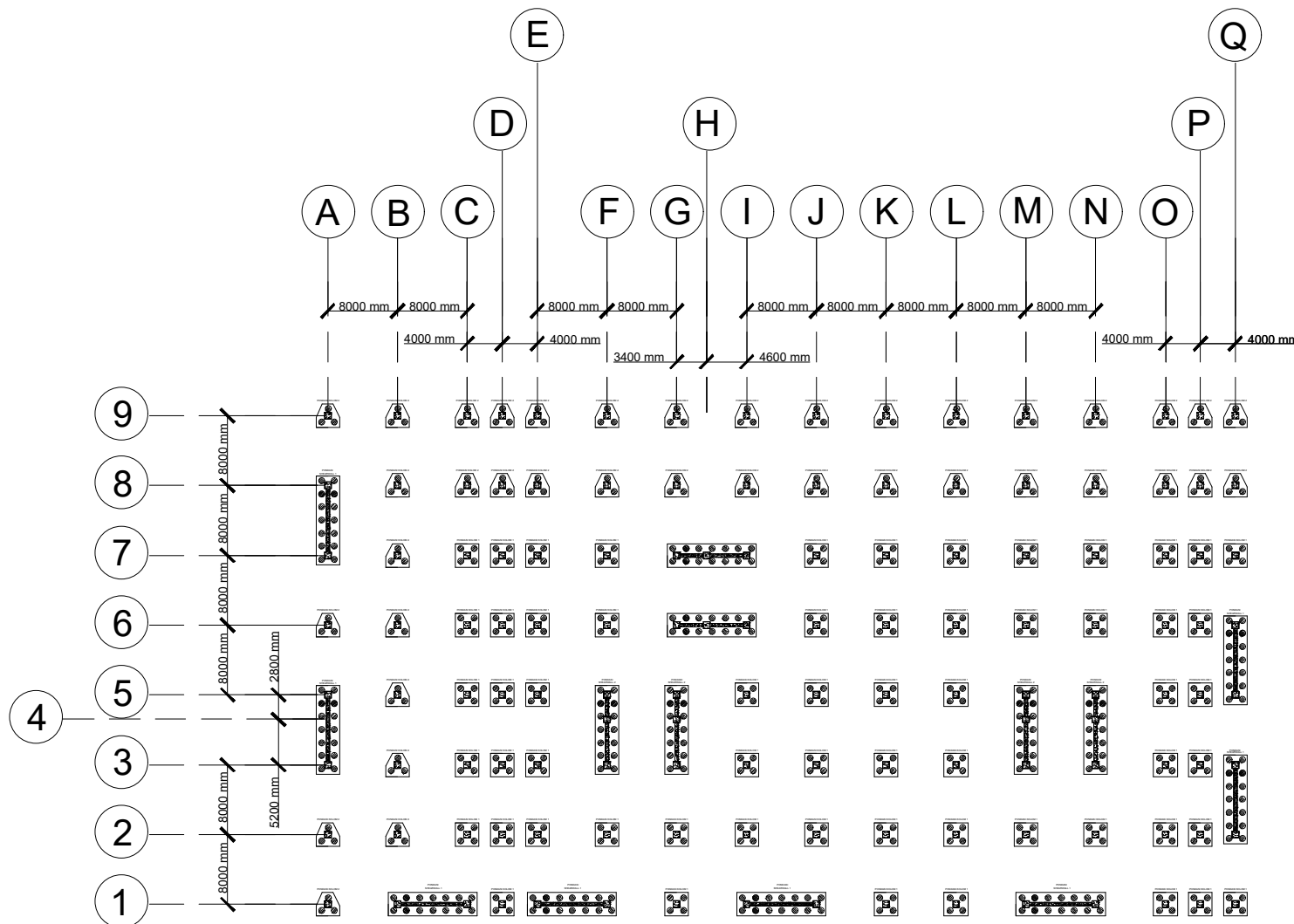
57

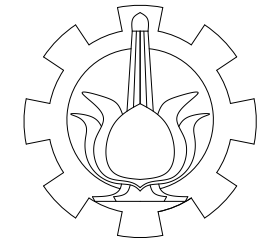
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
 SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
 METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
 DENGAN BUBBLEDECK
 DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI KOLOM 1
 SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

7

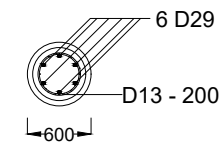
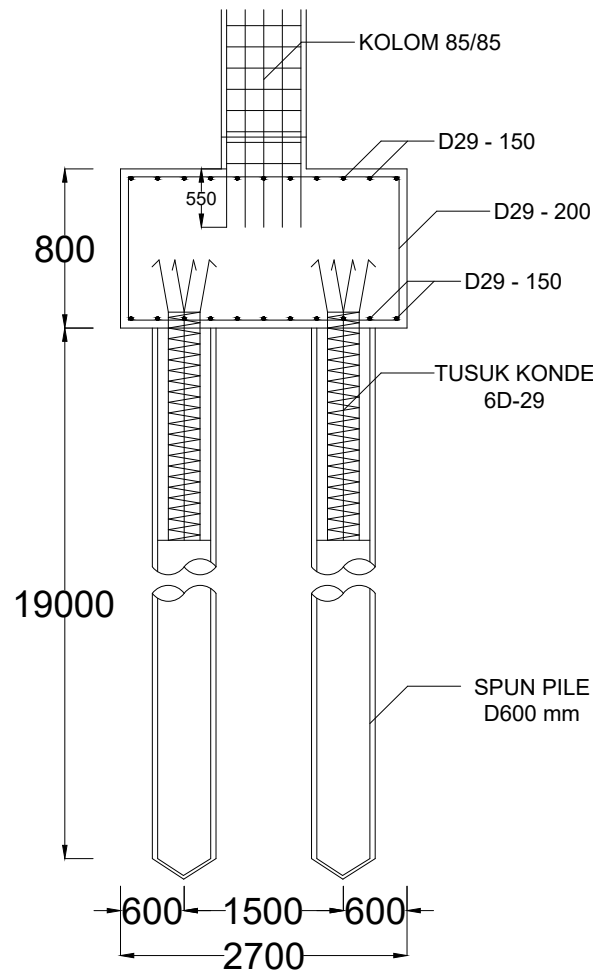
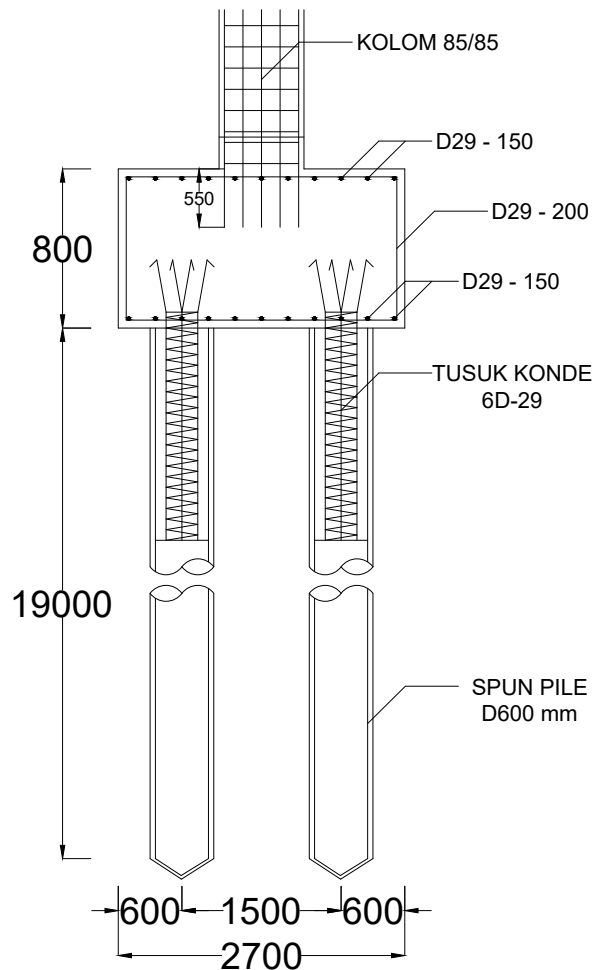
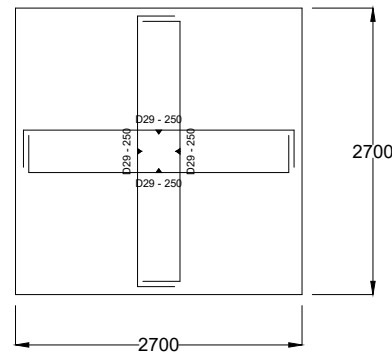
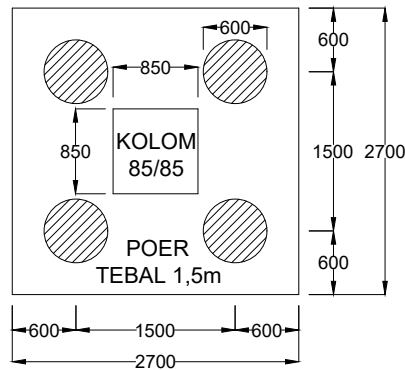
57

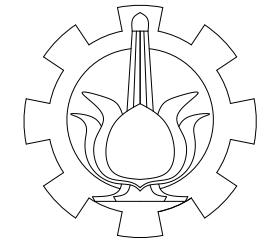
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
 0311144000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI KOLOM 2
SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

8

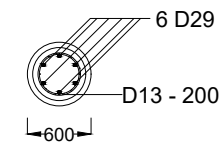
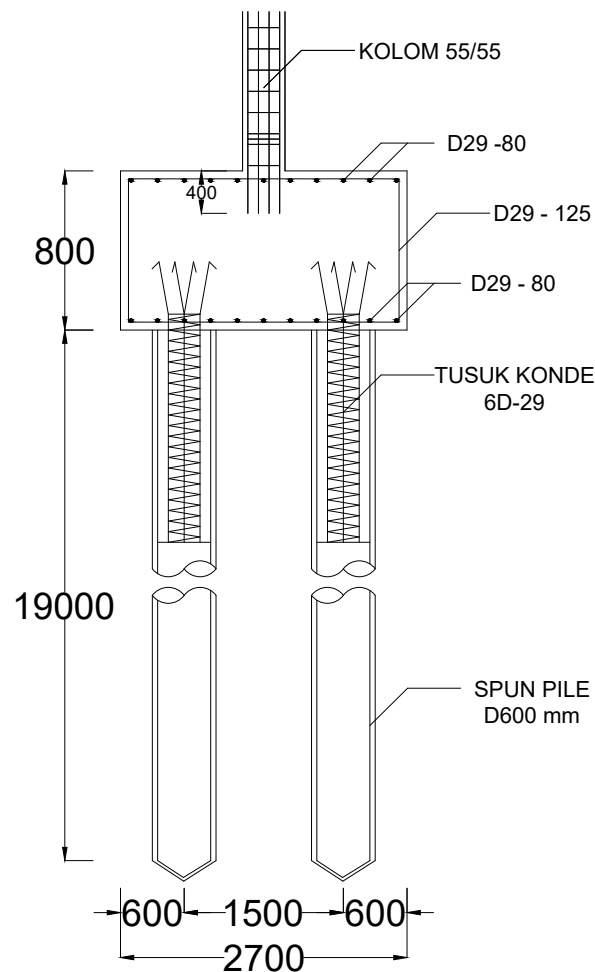
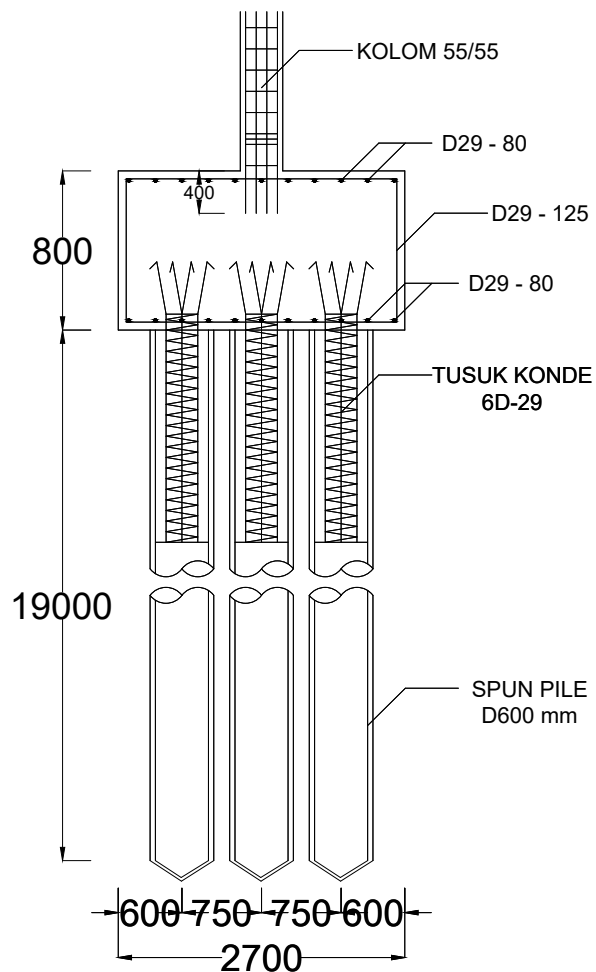
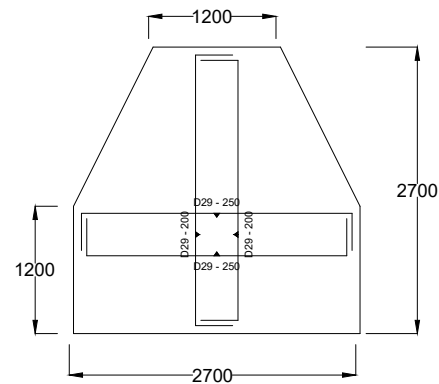
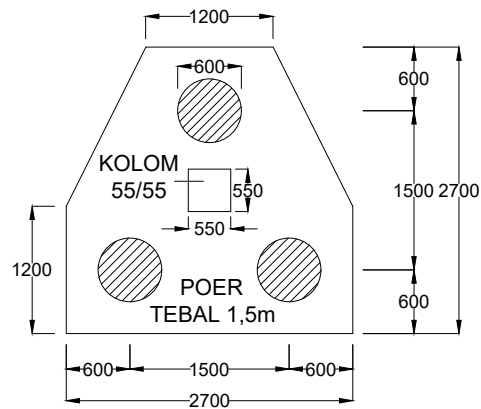
57

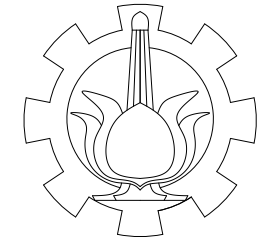
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
 SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
 METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
 DENGAN BUBBLEDECK
 DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI SHEARWALL 1
 SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

9

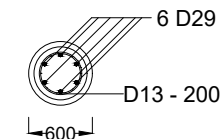
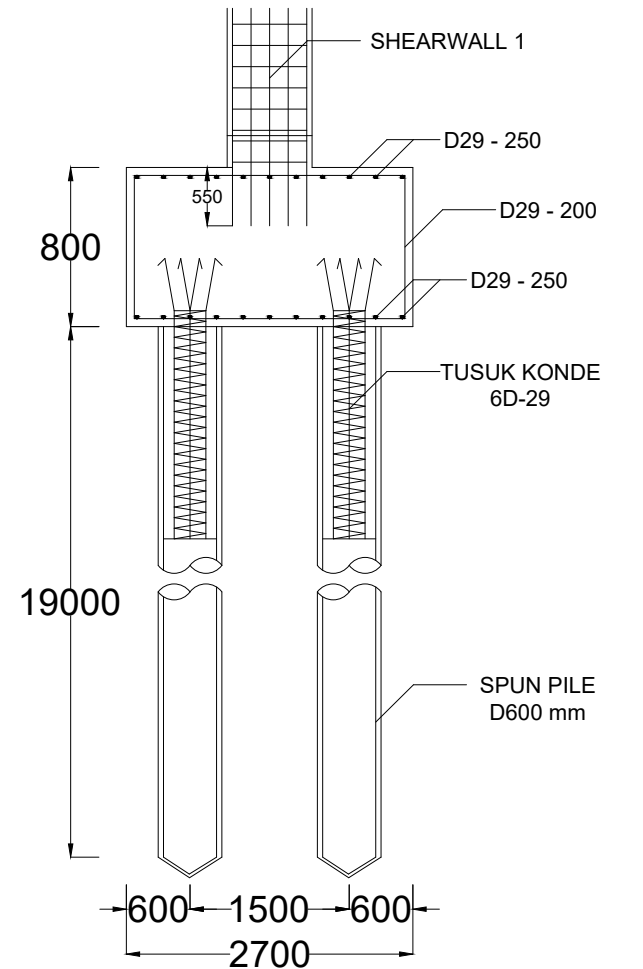
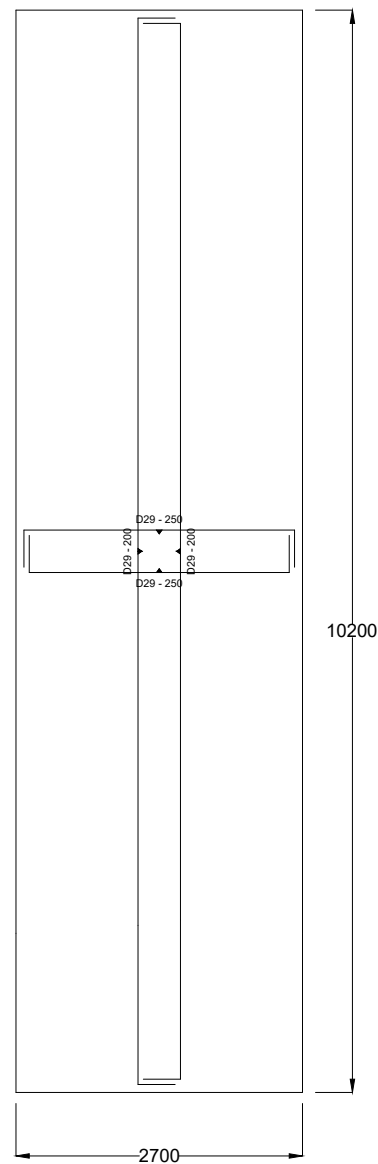
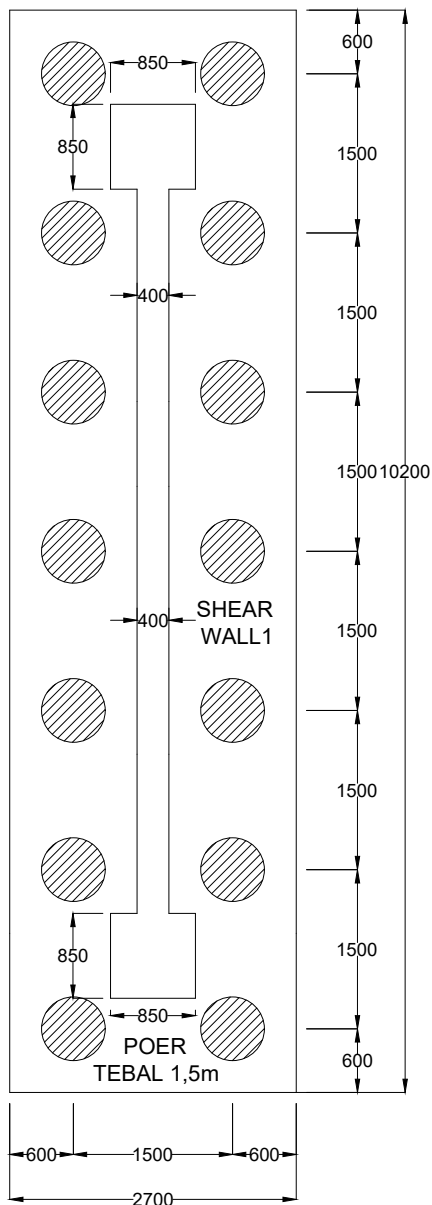
57

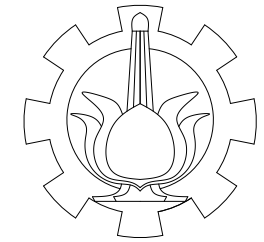
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
 03111440000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI SHEARWALL 1
SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

10

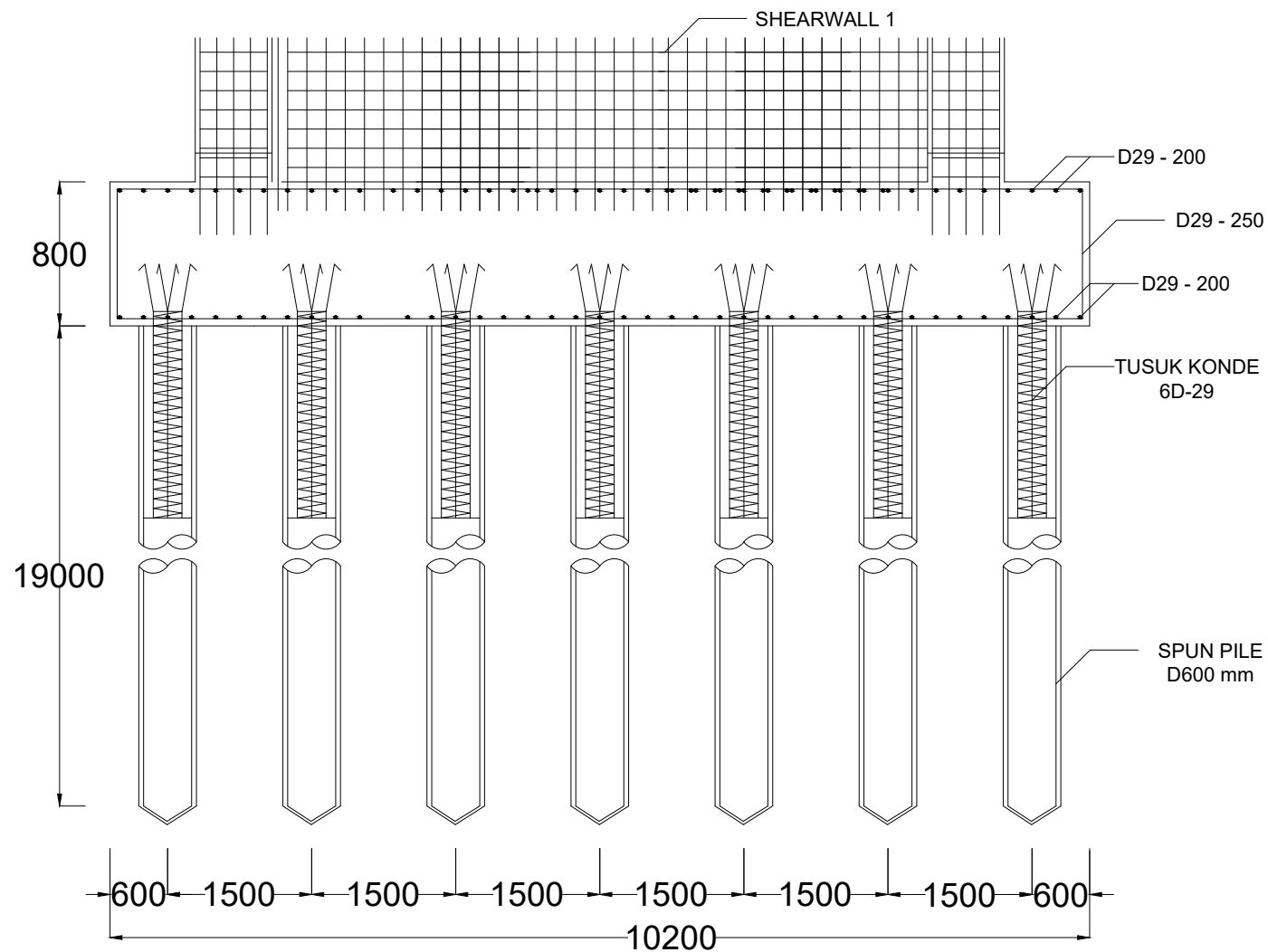
57

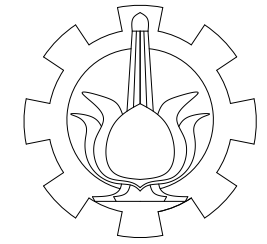
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
 SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
 METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
 DENGAN BUBBLEDECK
 DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI SHEARWALL 2
 SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

11

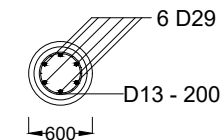
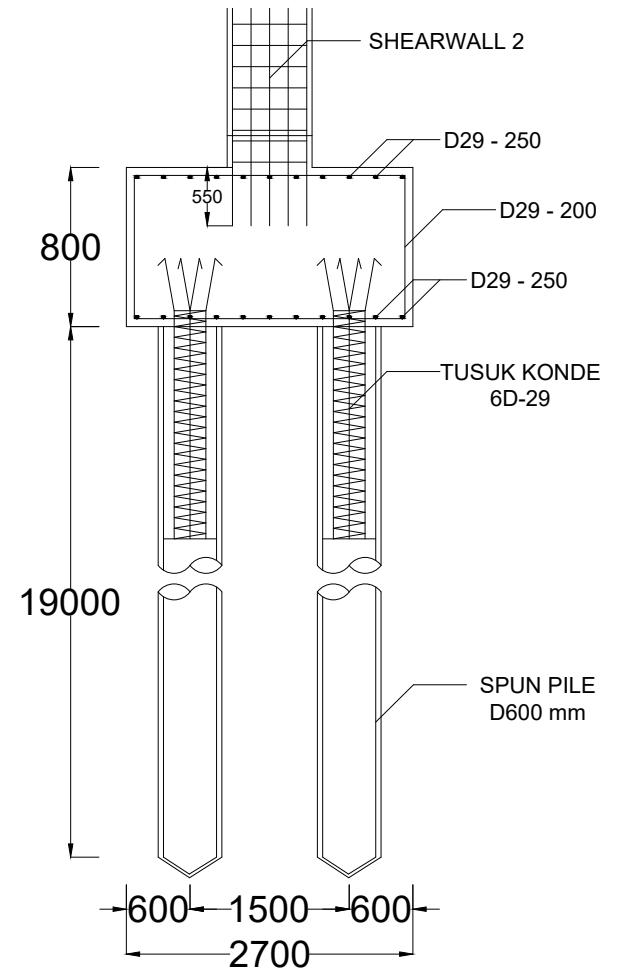
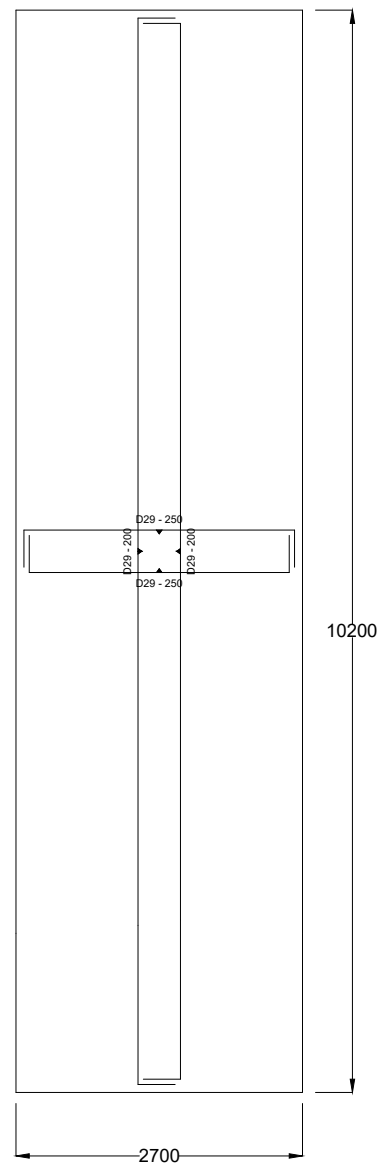
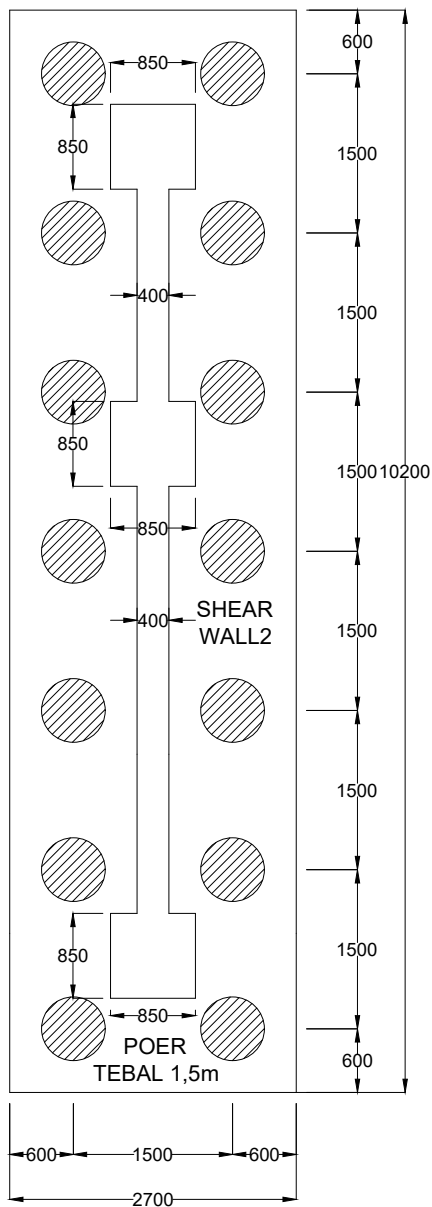
57

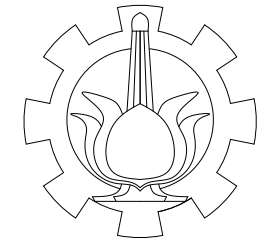
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
 03111440000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI SHEARWALL 2
SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

12

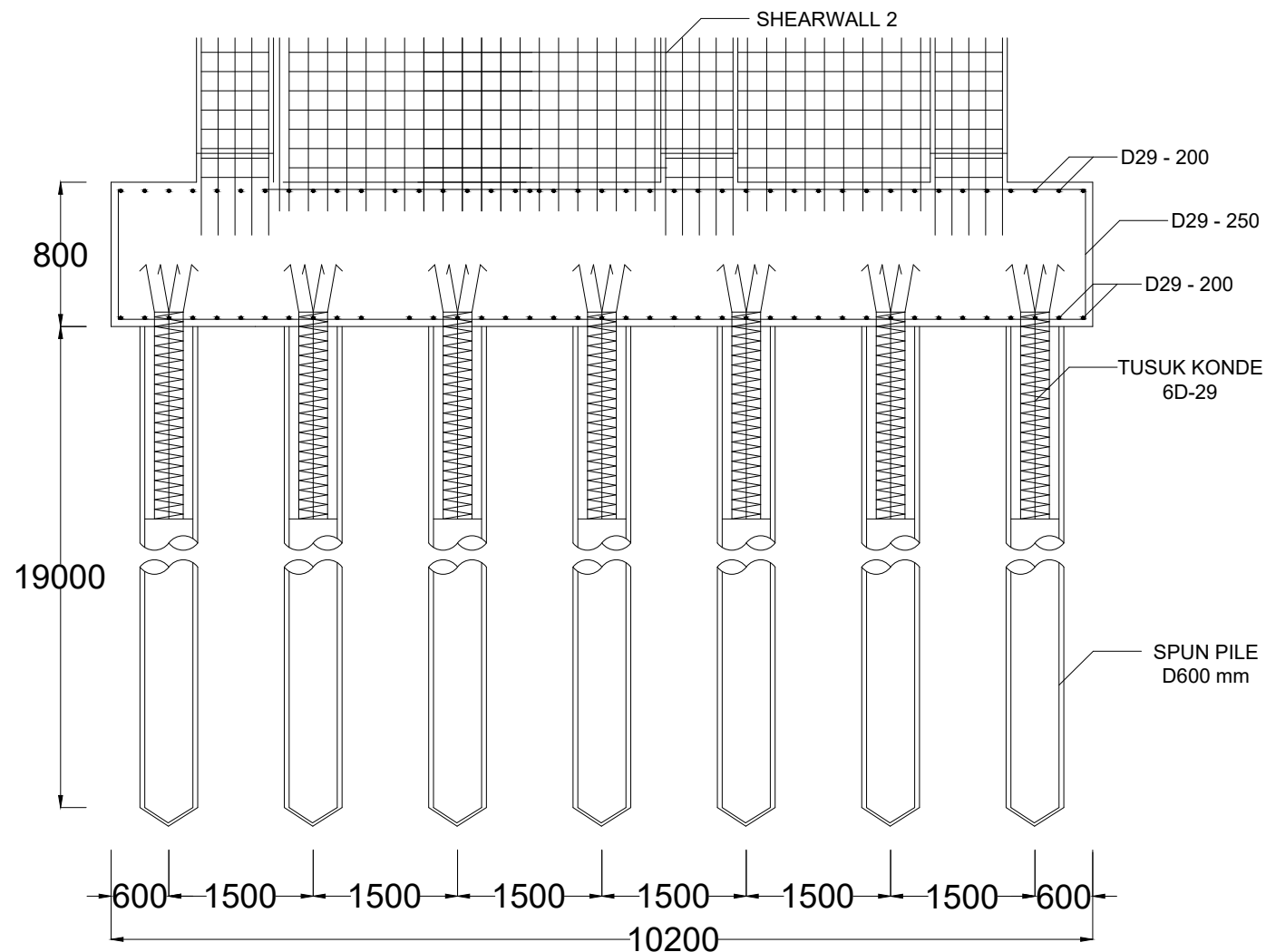
57

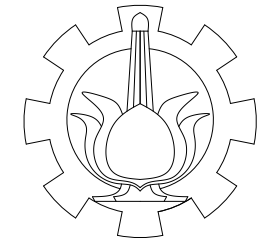
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
 SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
 METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
 DENGAN BUBBLEDECK
 DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI SHEARWALL 3
 SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

13

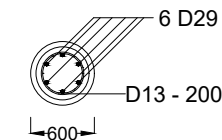
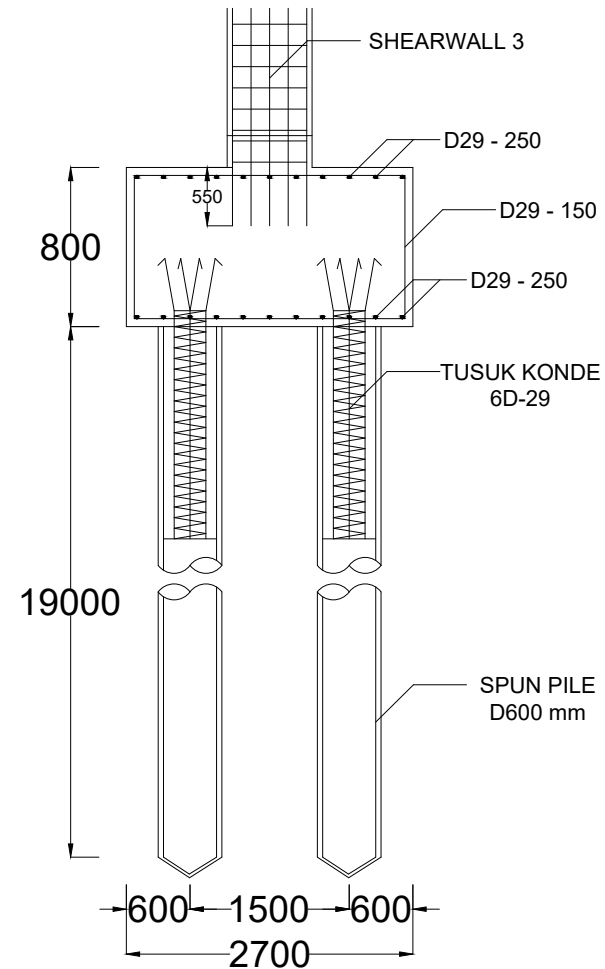
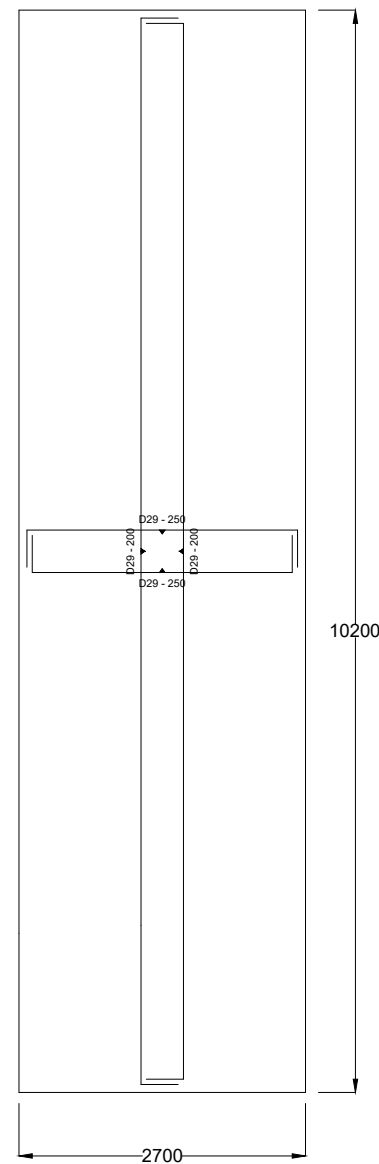
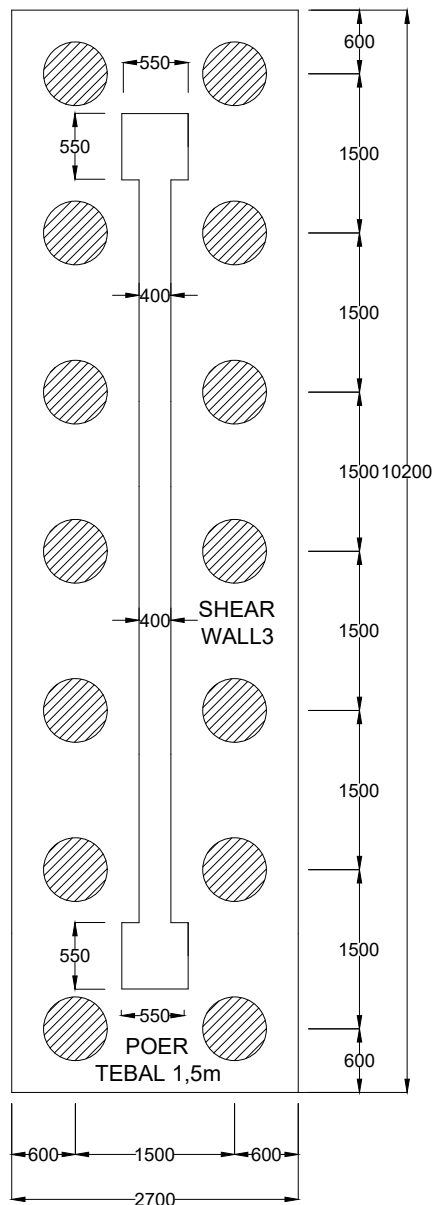
57

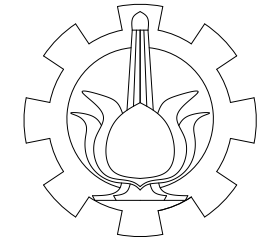
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
 03111440000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
 SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
 METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
 DENGAN BUBBLEDECK
 DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI SHEARWALL 3
 SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

14

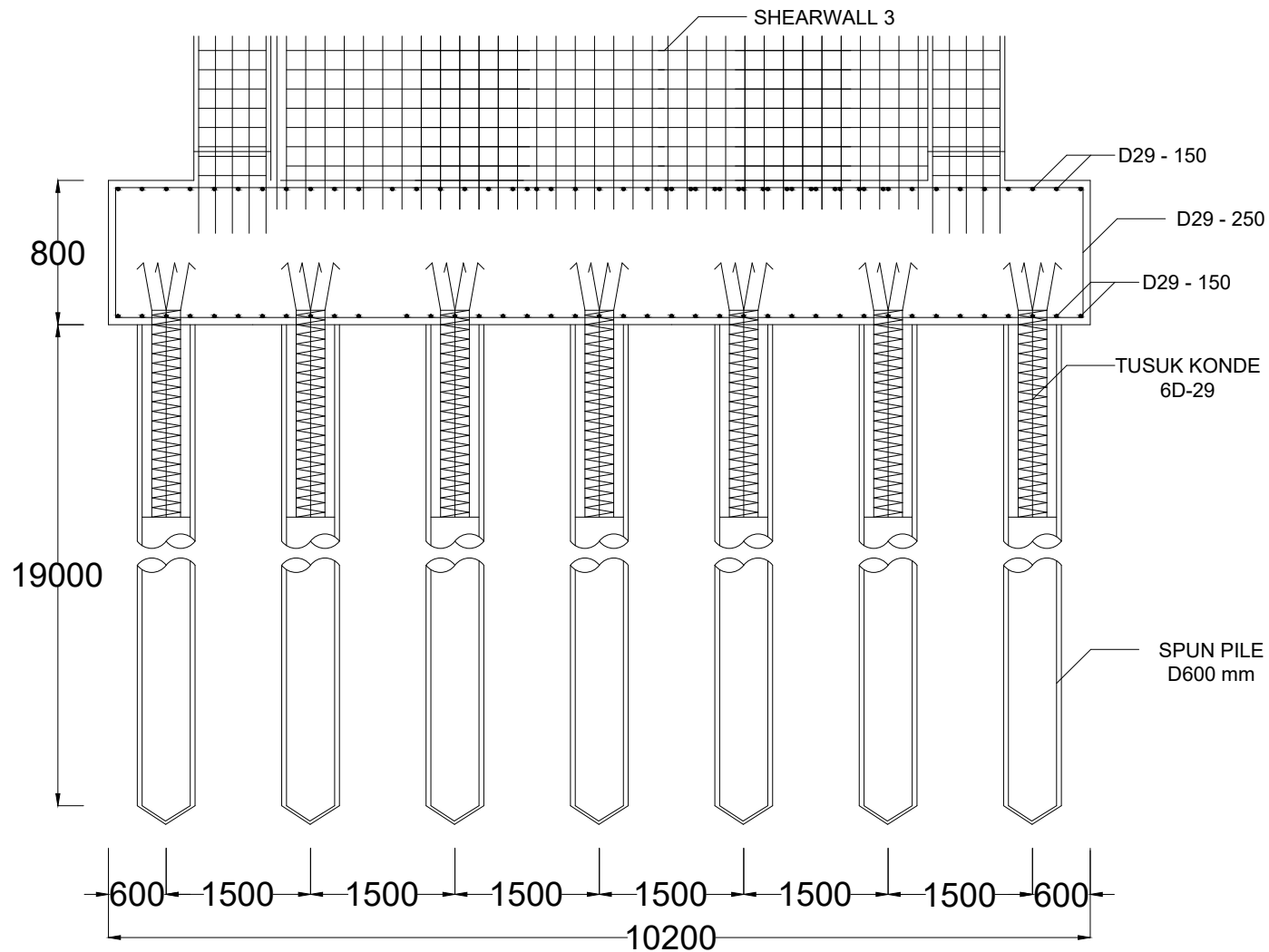
57

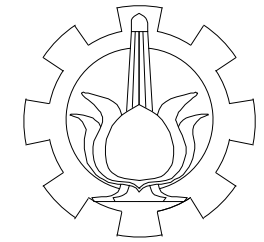
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
 0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM, SHEARWALL, DAN
BASEMENT-WALL LANTAI
BASEMENT 1 - LANTAI BASEMENT 2
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

15

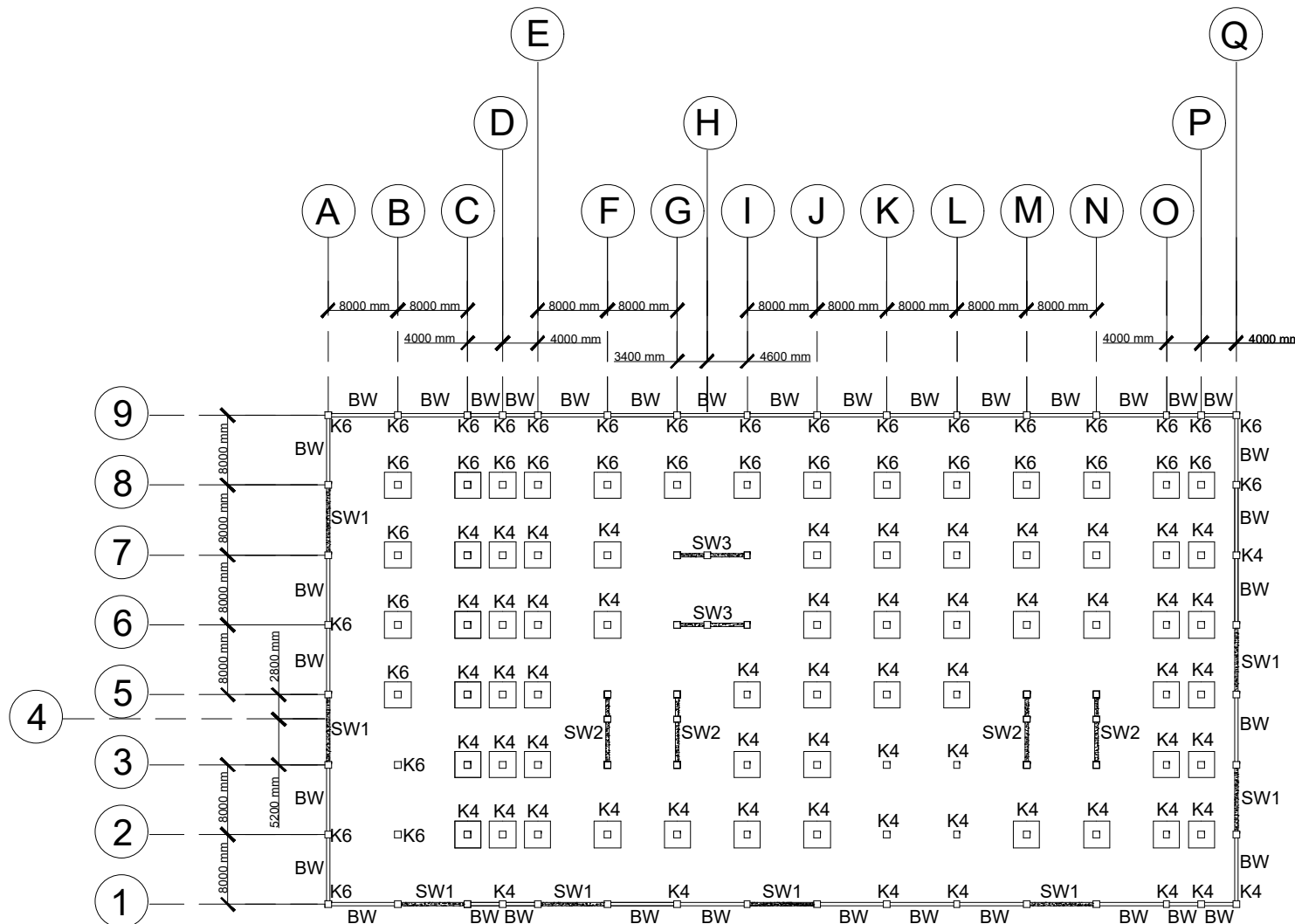
57

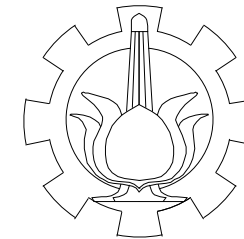
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN SHEARWALL
LANTAI 1 - LANTAI 3
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

16

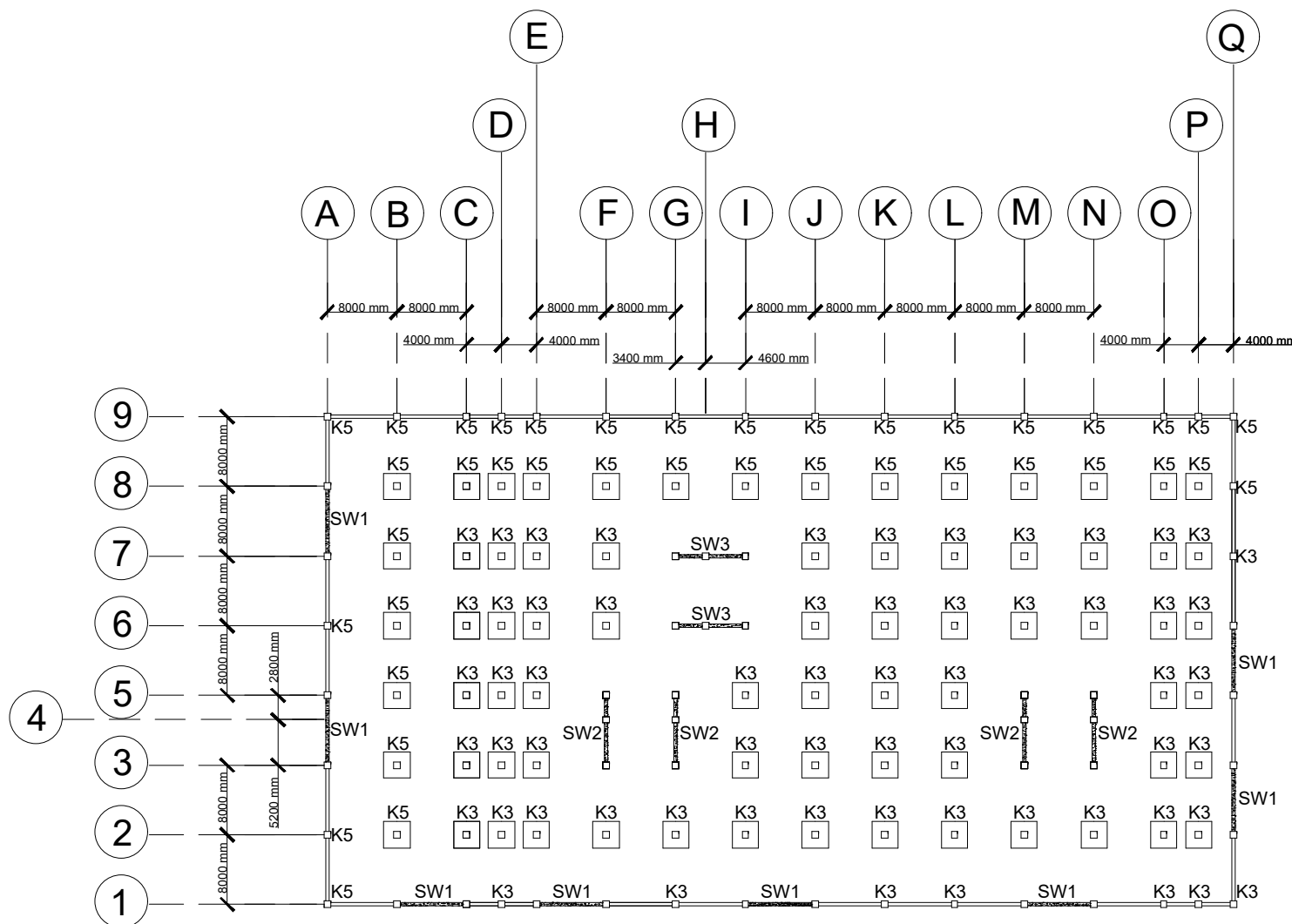
57

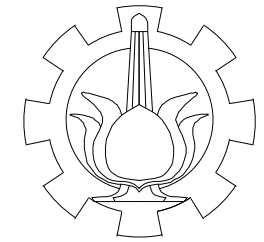
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN SHEARWALL
LANTAI 4 - LANTAI 9
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

17

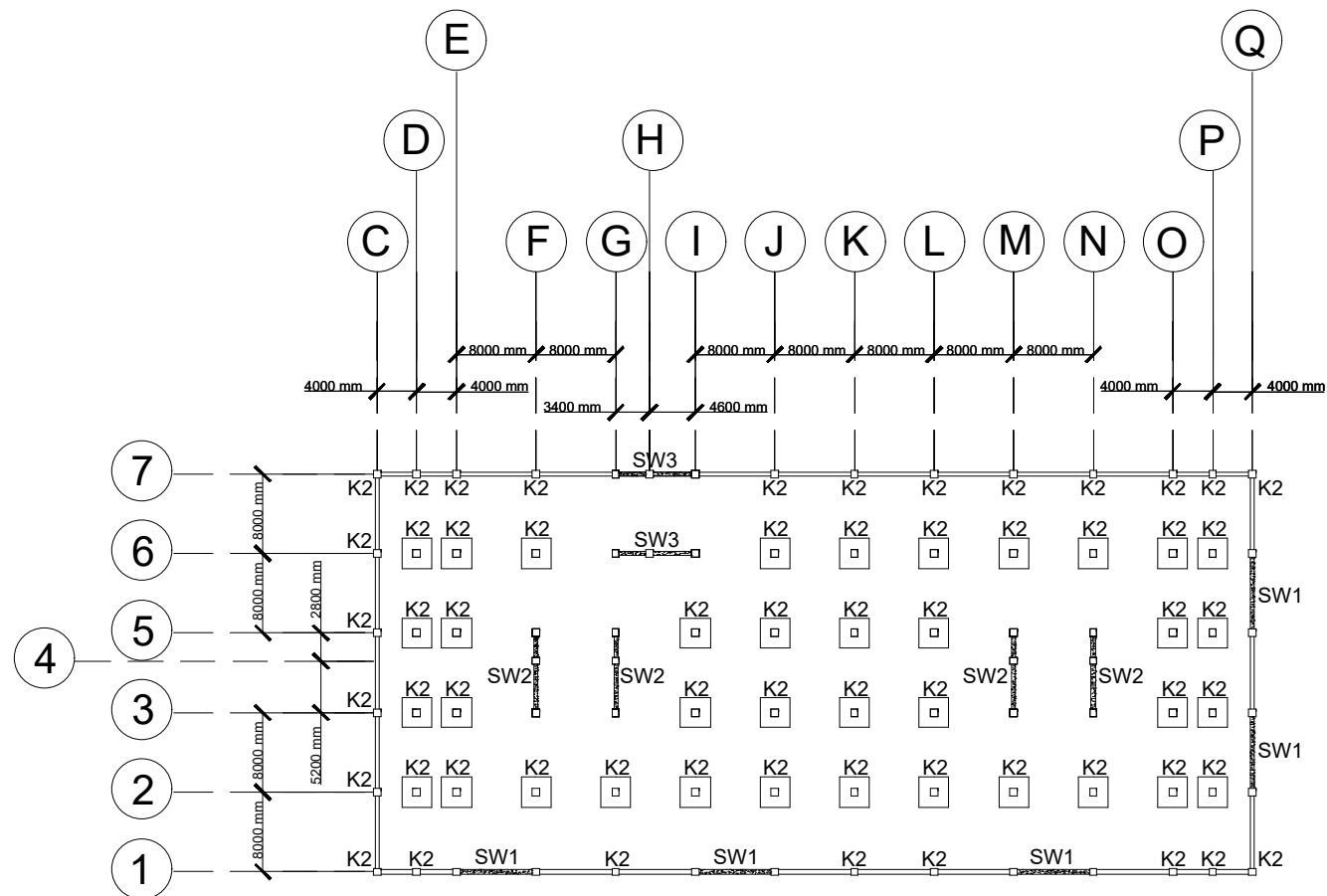
57

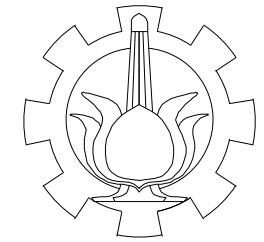
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
03111440000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN SHEARWALL
LANTAI 10 - LANTAI 14
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

18

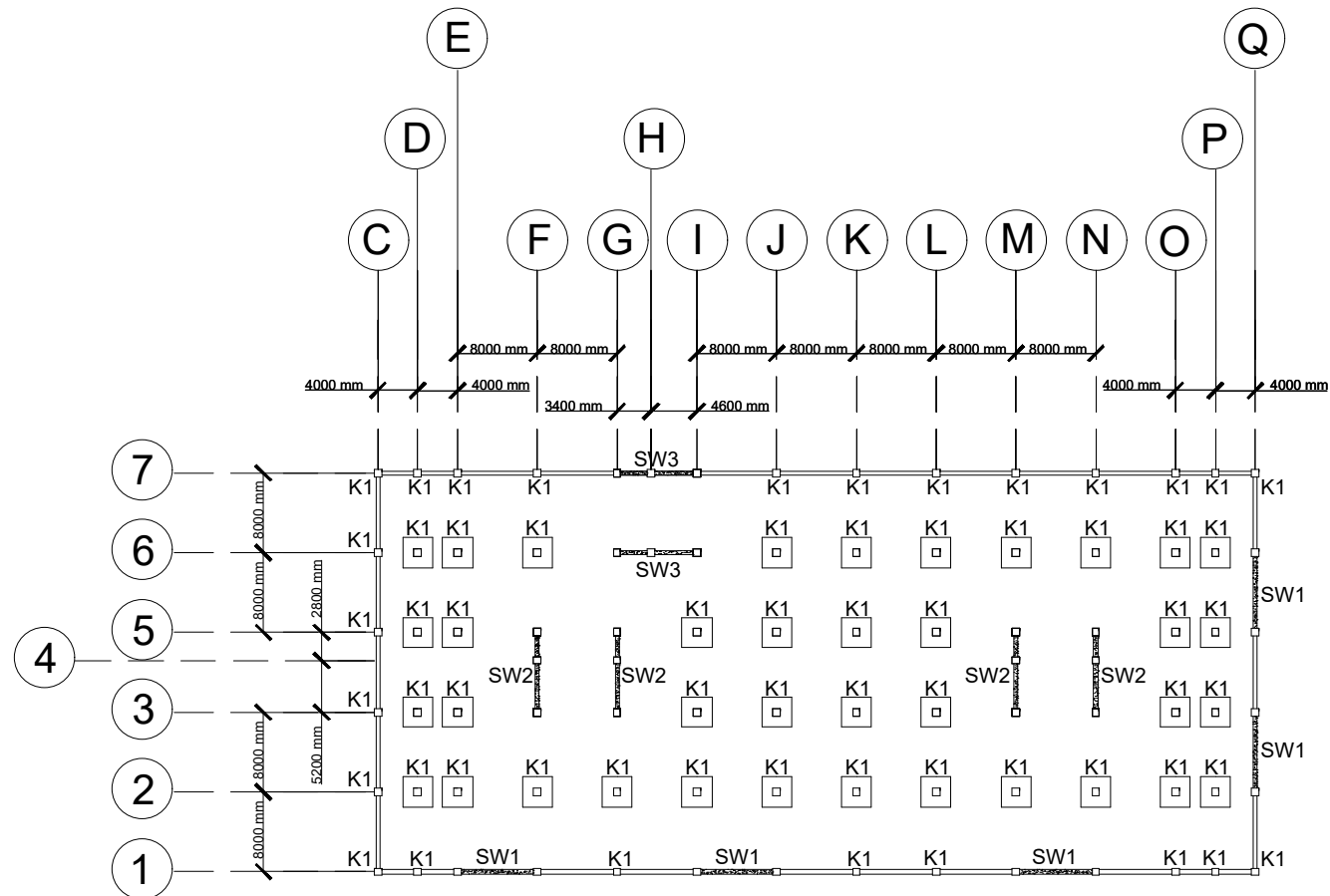
57

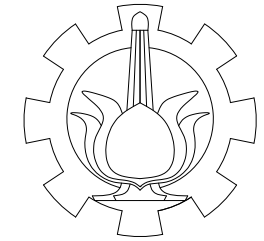
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K1
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

19

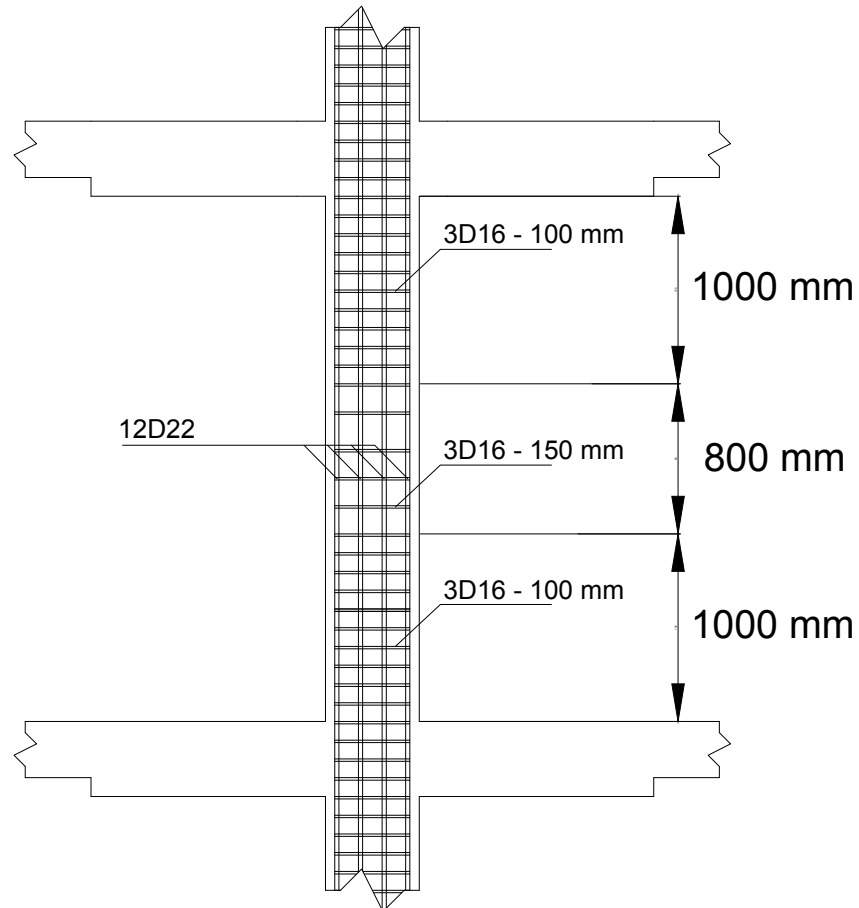
57

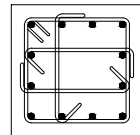
DOSEN PEMBIMBING

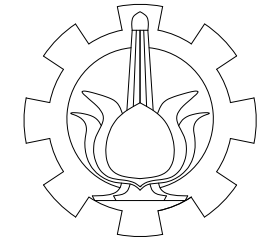
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



NAMA KOLOM	Kolom 1
LOKASI	Lantai 14-20
SKETSA	
PENAMPANG	500 mm x 500 mm
DECKING	50 mm
TULANGAN UTAMA	12D22
SENGKANG TUMPUAN	3D16 - 100
SENGKANG LAPANGAN	3D16 - 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K2
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

20

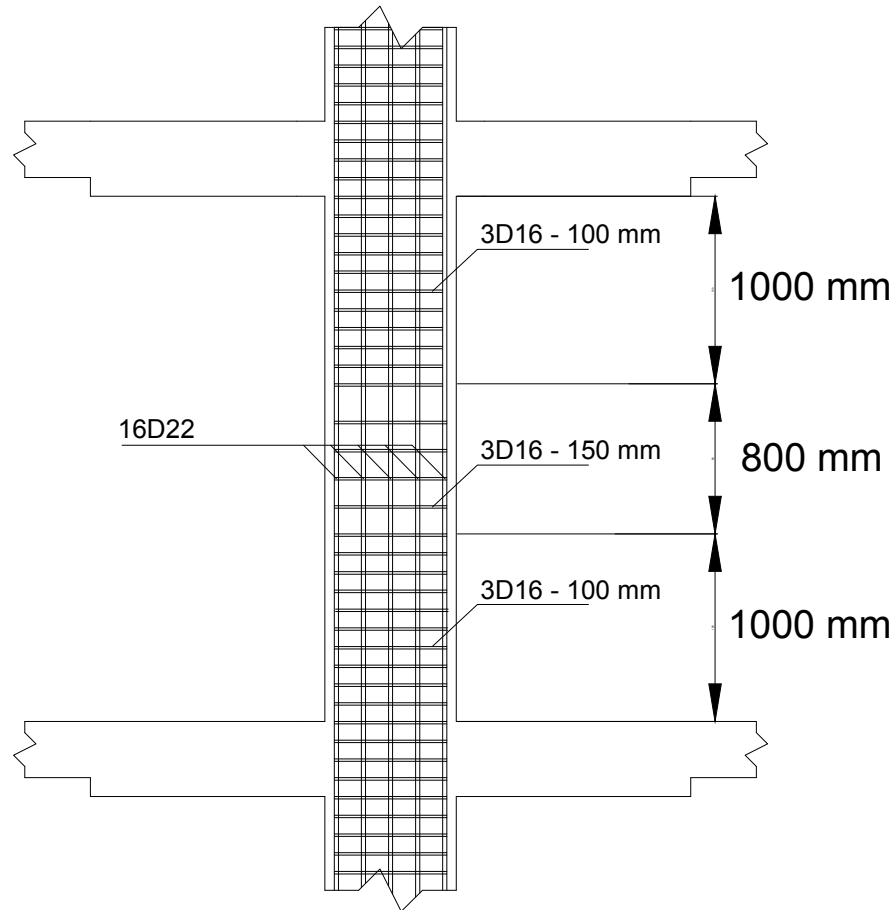
57

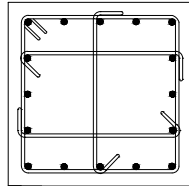
DOSEN PEMBIMBING

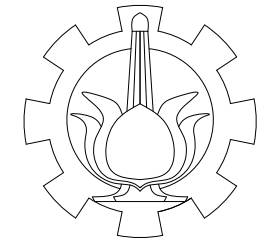
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



NAMA KOLOM	Kolom 2
LOKASI	Lantai 6-13
SKETSA	
PENAMPANG	650 mm x 650 mm
DECKING	50 mm
TULANGAN UTAMA	16D22
SENGKANG TUMPUAN	3D16 - 100
SENGKANG LAPANGAN	3D16 - 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K3
SKALA 1:100

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

21

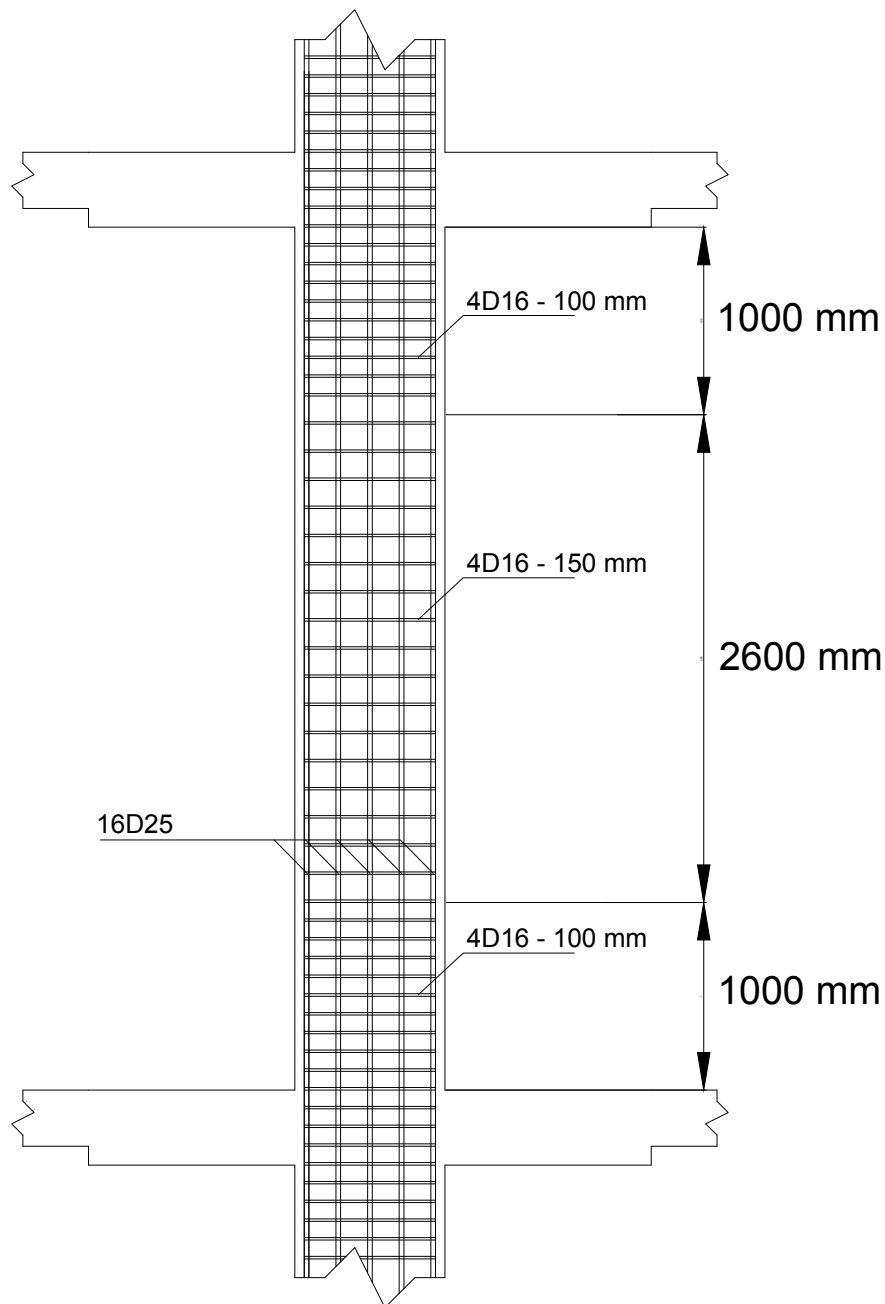
57

DOSEN PEMBIMBING

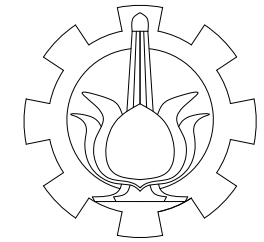
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



NAMA KOLOM	Kolom 3
LOKASI	Lantai 1-5
SKETSA	
PENAMPANG	700 mm x 700 mm
DECKING	50 mm
TULANGAN UTAMA	16D25
SENGKANG TUMPUAN	4D16 - 100
SENGKANG LAPANGAN	4D16 - 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K4
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

22

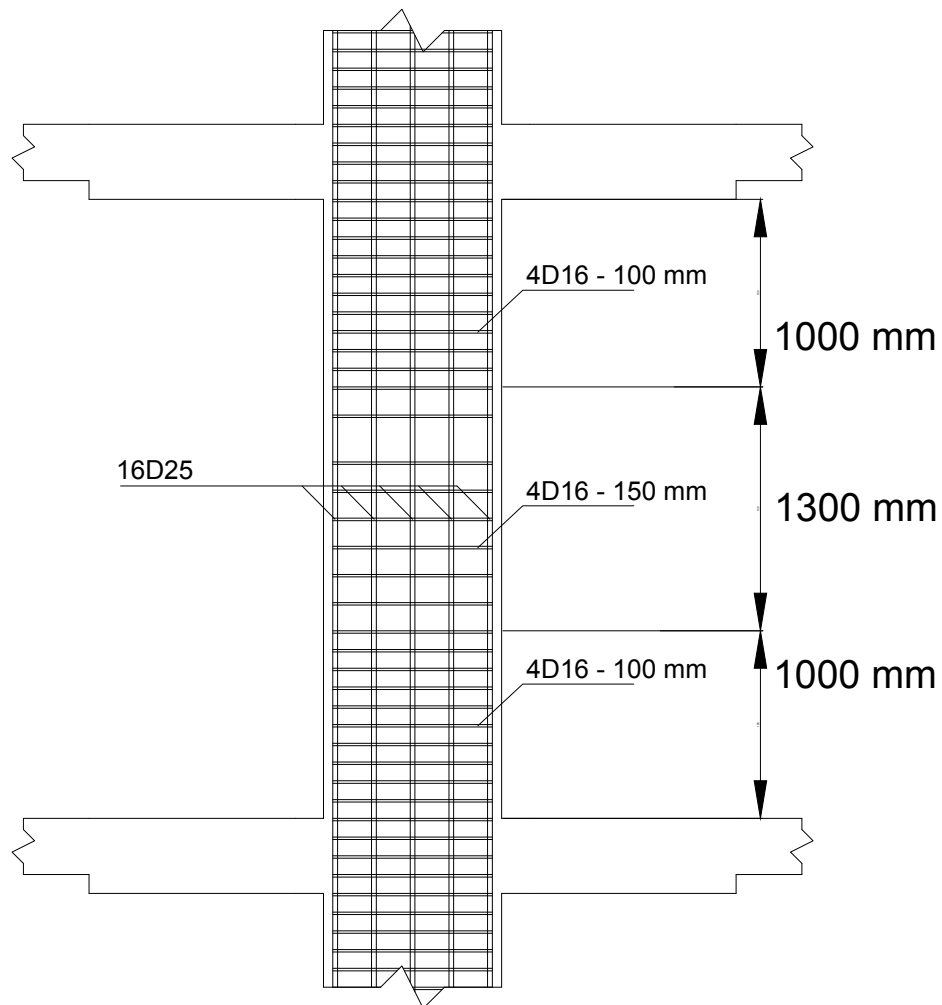
57

DOSEN PEMBIMBING

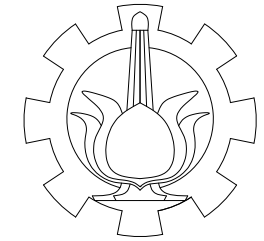
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



NAMA KOLOM	Kolom 4
LOKASI	Basement
SKETSA	
PENAMPANG	750 mm x 750 mm
DECKING	50 mm
TULANGAN UTAMA	16D25
SENGKANG TUMPUAN	4D16 - 100
SENGKANG LAPANGAN	4D16 - 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K5
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

23

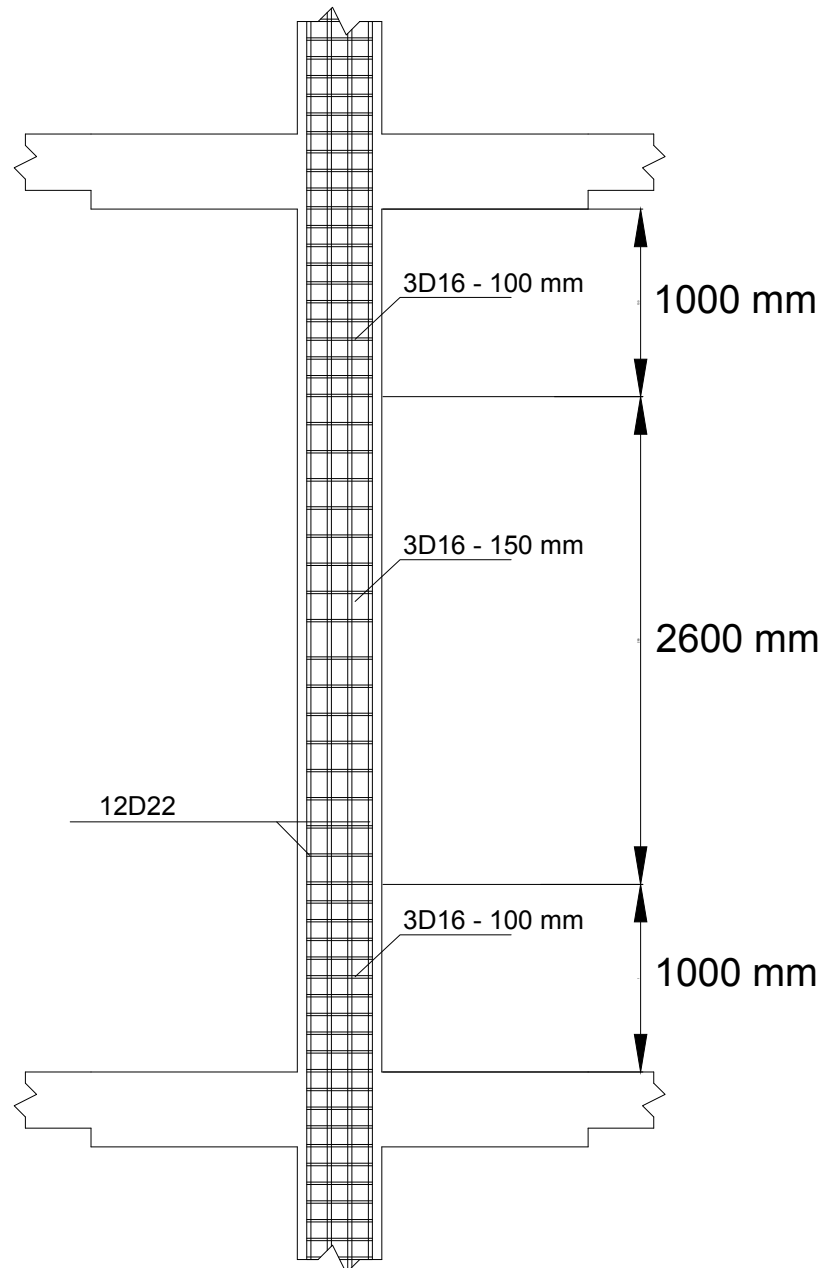
57

DOSEN PEMBIMBING

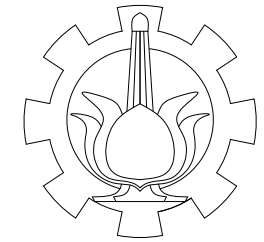
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



NAMA KOLOM	Kolom 5
LOKASI	Lantai 1-5
SKETSA	
PENAMPANG	450 mm x 450 mm
DECKING	50 mm
TULANGAN UTAMA	12D22
SENGKANG TUMPUAN	3D16 - 100
SENGKANG LAPANGAN	3D16 - 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM K6
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

24

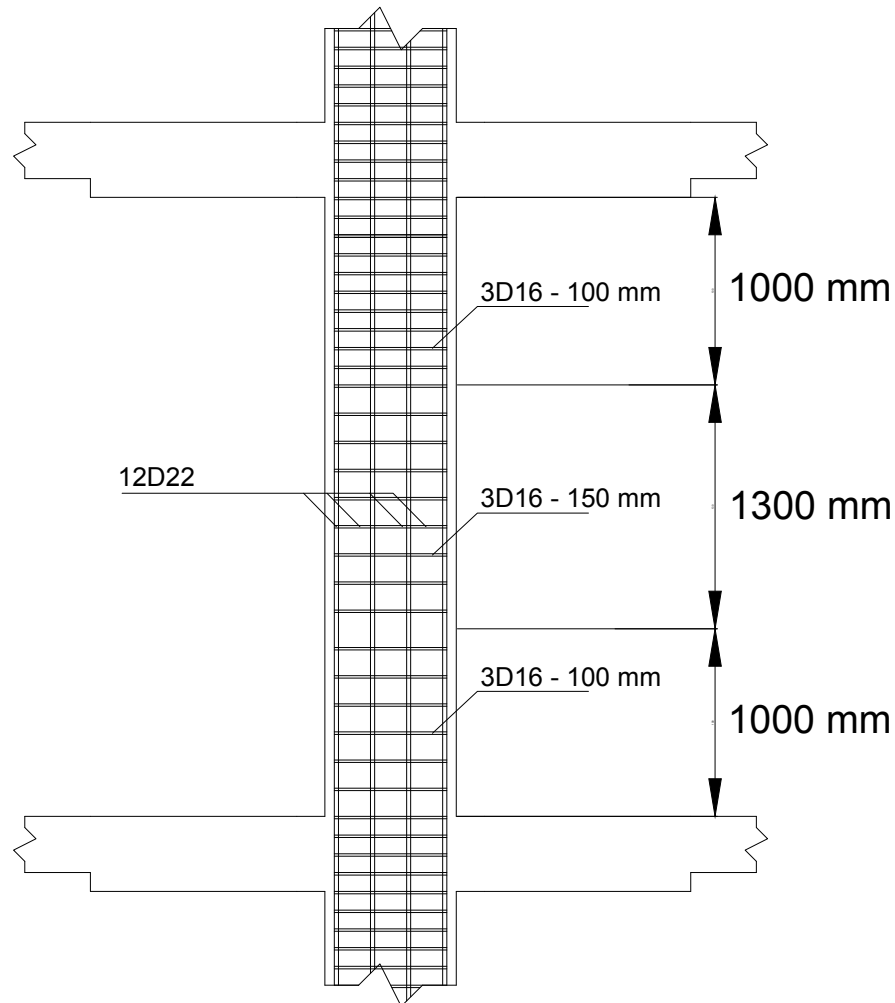
57

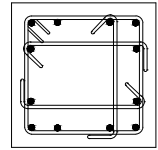
DOSEN PEMBIMBING

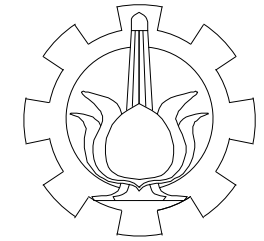
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



NAMA KOLOM	Kolom 6
LOKASI	Basement
SKETSA	
PENAMPANG	550 mm x 550 mm
DECKING	50 mm
TULANGAN UTAMA	12D22
SENGKANG TUMPUAN	3D16 - 100
SENGKANG LAPANGAN	3D16 - 150



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN DINDING
SKALA 1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

25

57

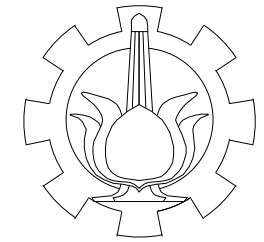
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116

NAMA DINDING	SKETSA
SHEARWALL 1	
SHEARWALL 2	
SHEARWALL 3	
BASEMENT-WALL	



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH TIE BEAM
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

26

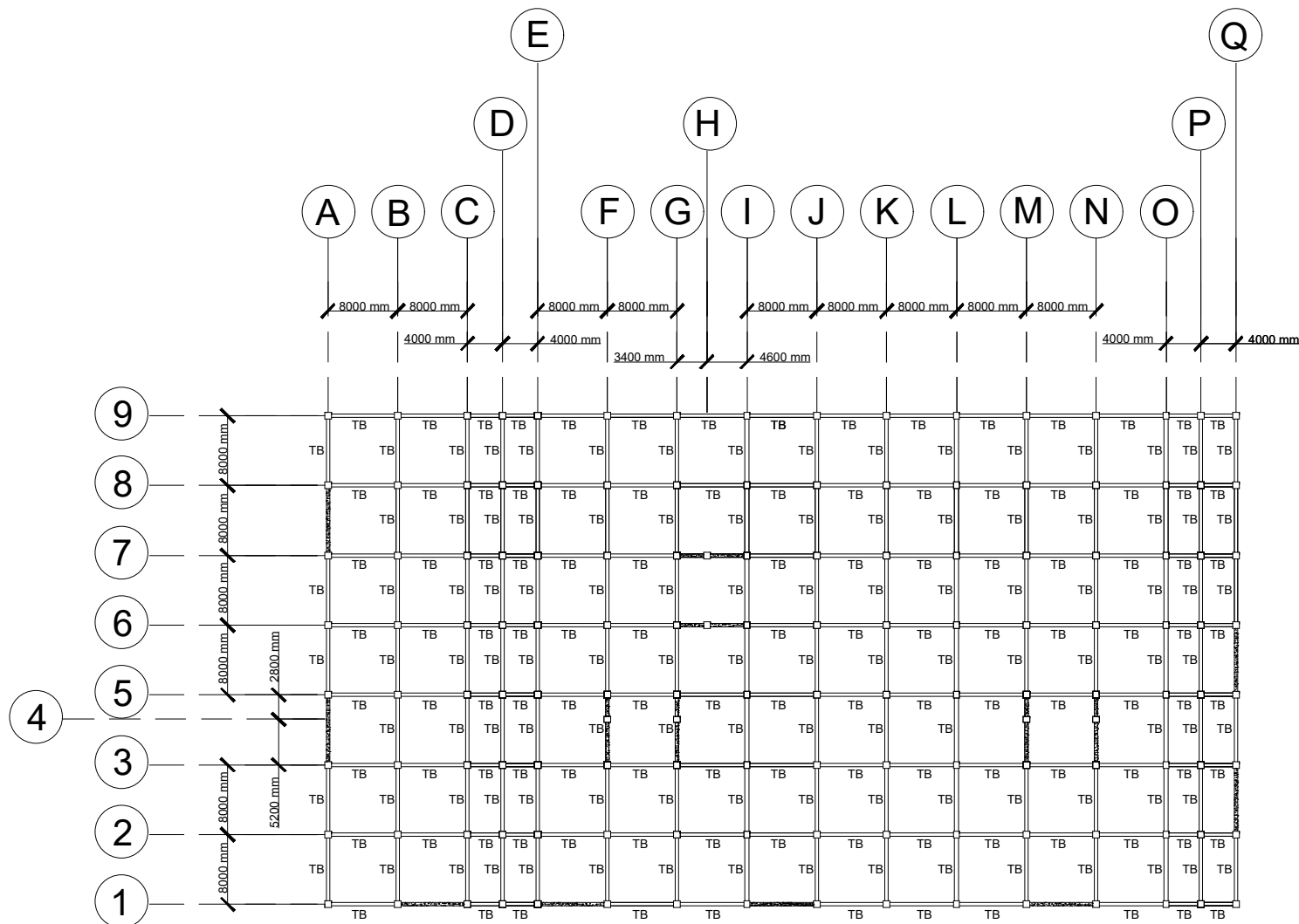
57

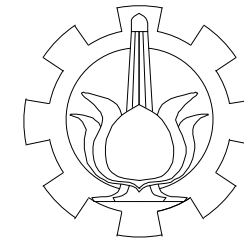
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI BASEMENT 1
- LANTAI BASEMENT 2
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

27

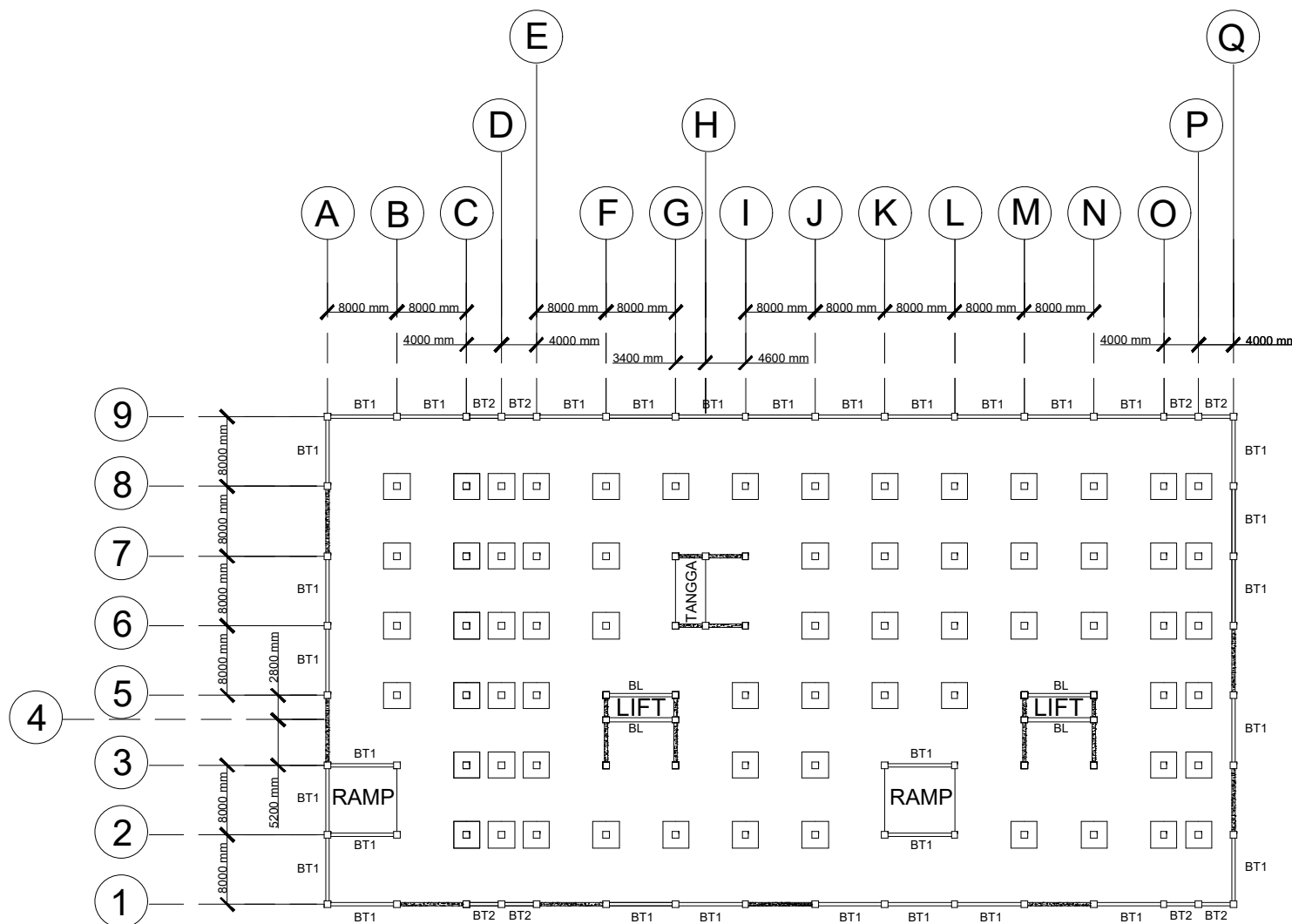
57

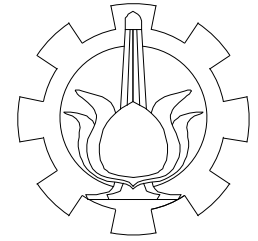
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 1 - LANTAI 3
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

28

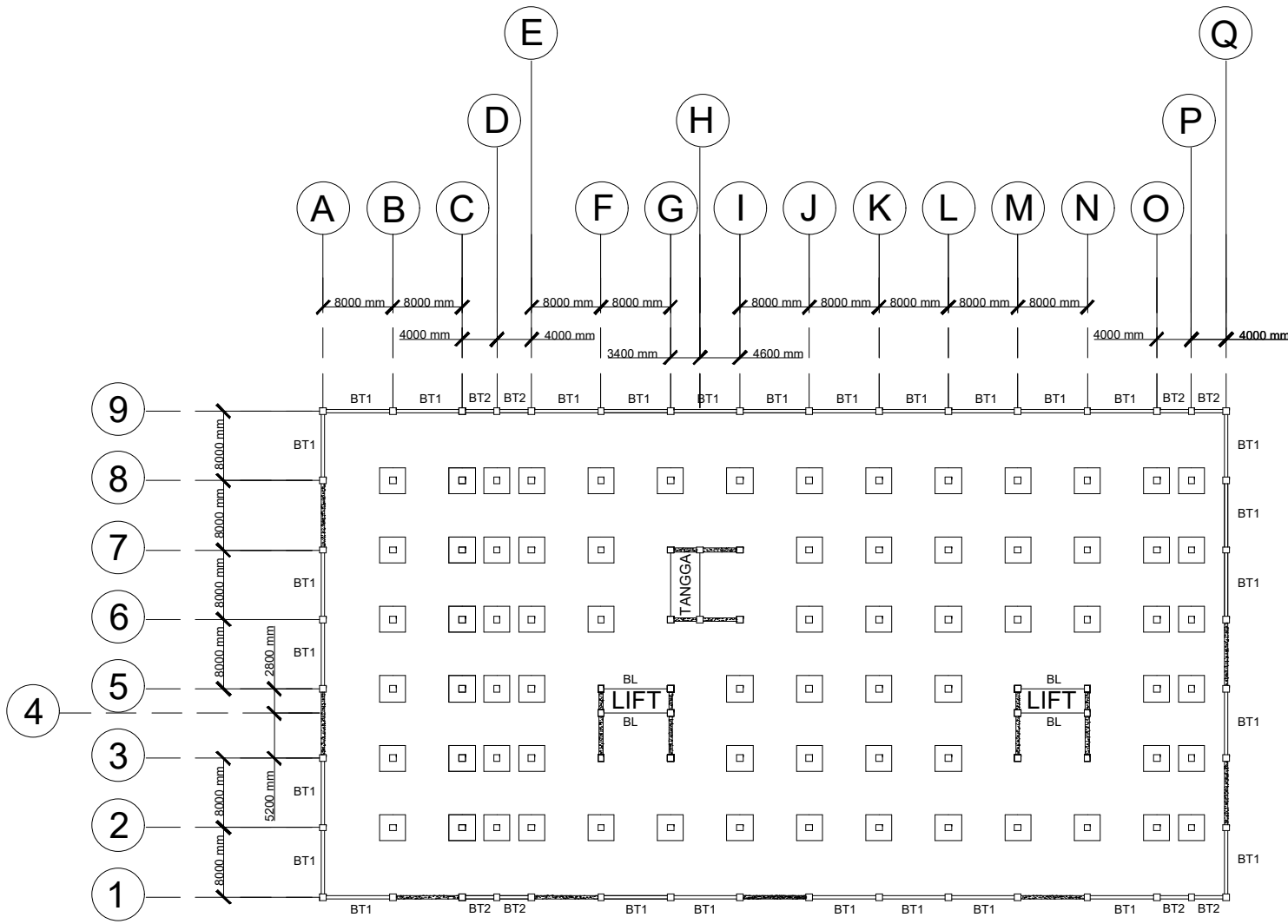
57

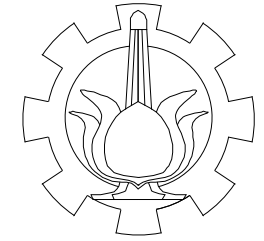
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 4 -
LANTAI 9
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

29

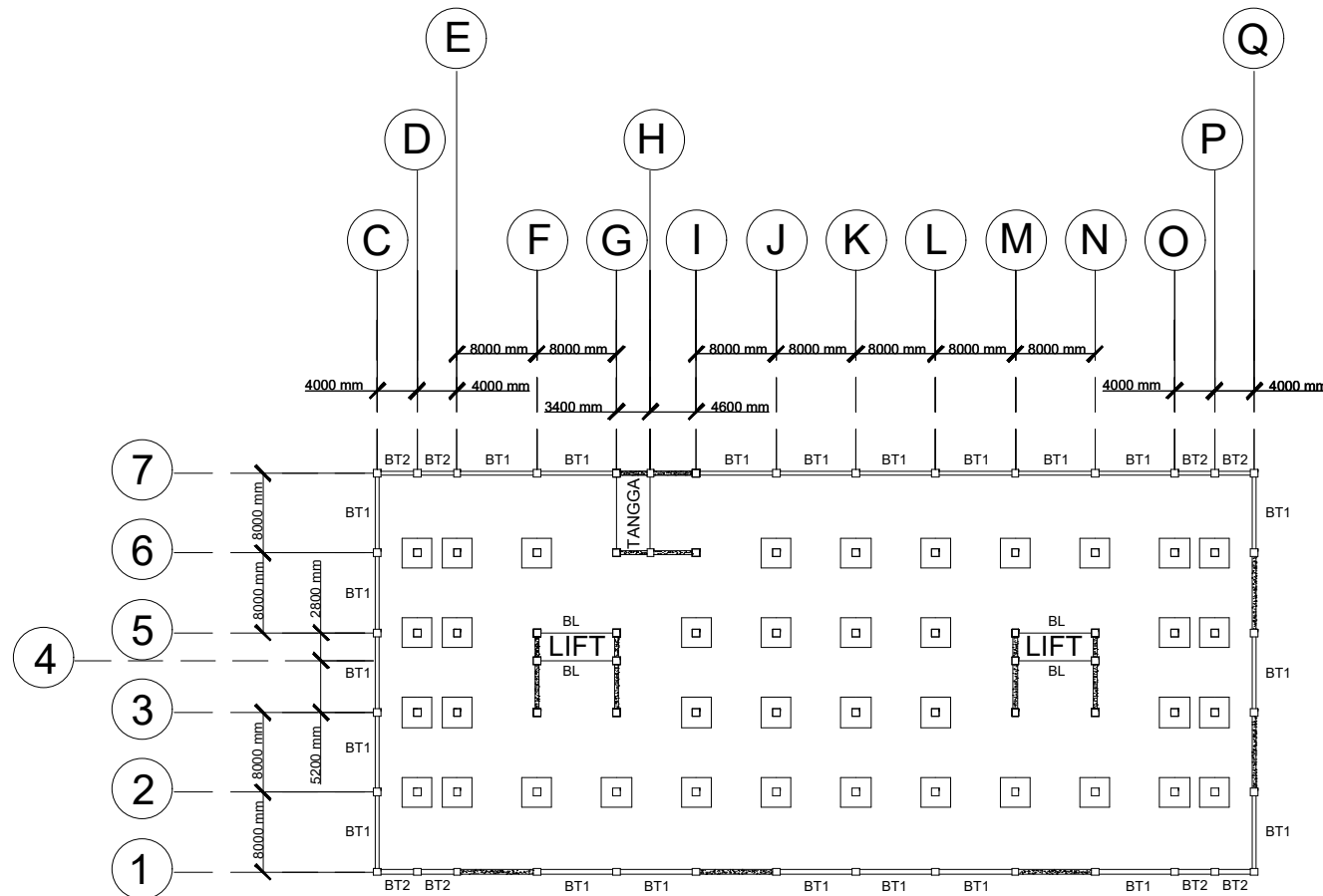
57

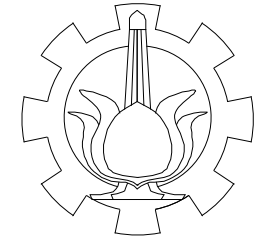
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 10 -
LANTAI 14
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

30

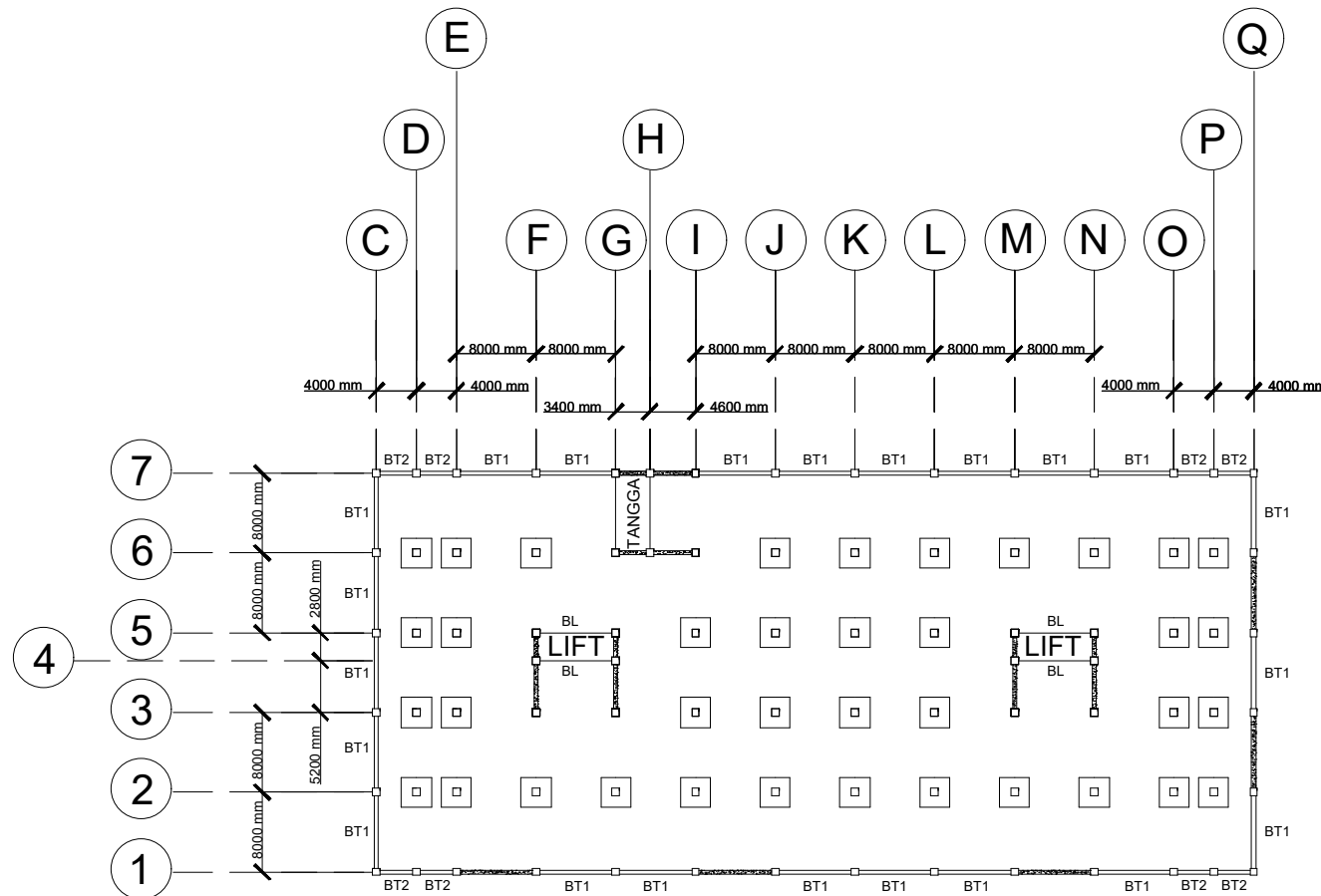
57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

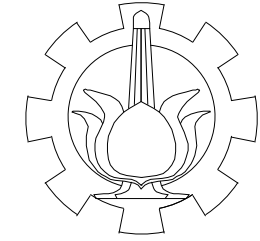
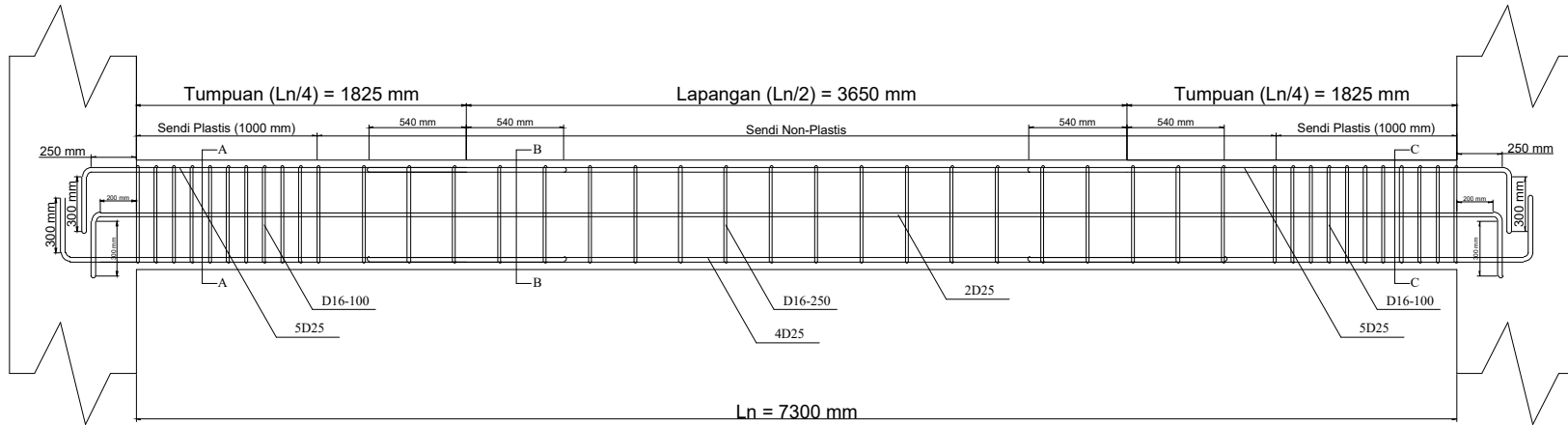
NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



KOLOM
70 x 70

KOLOM
70 x 70



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK BT 1
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

31

57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116

BALOK

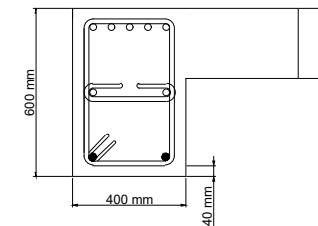
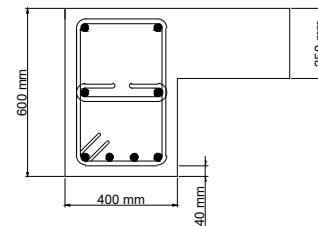
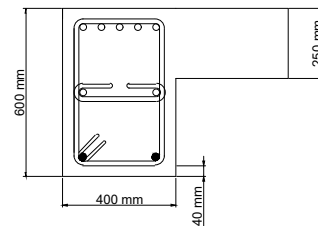
BALOK BT 1

POTONGAN A-A

POTONGAN B-B

POTONGAN C-C

SKETSA



PENAMPANG

400 x 600 mm

400 x 600 mm

400 x 600 mm

TEBAL DECKING

40 mm

40 mm

40 mm

TULANGAN ATAS

5D25

2D25

5D25

TULANGAN TENGAH

2D25

2D25

2D25

TULANGAN BAWAH

2D25

4D25

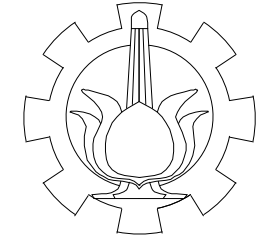
2D25

SENGKANG

D16-100

D16-250

D16-100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK BT 2
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

32

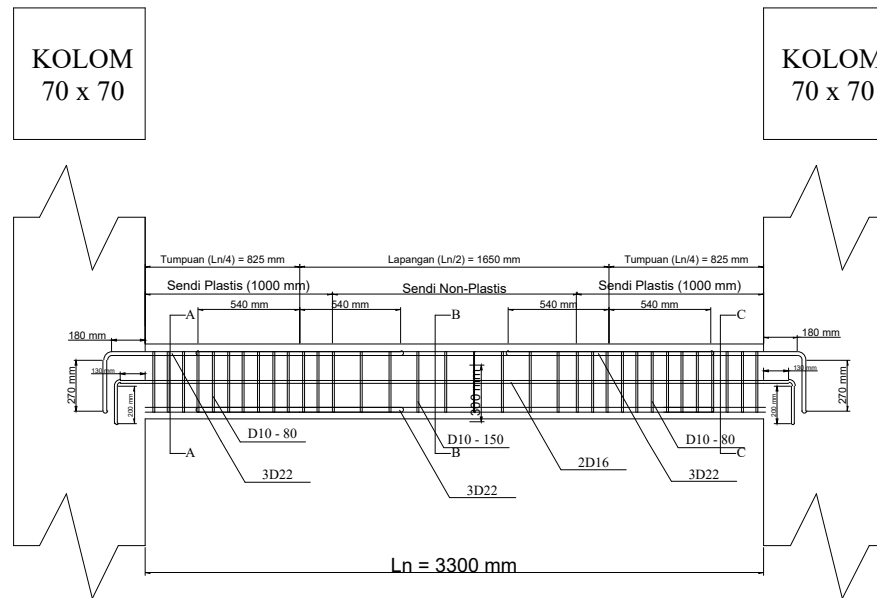
57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



BALOK

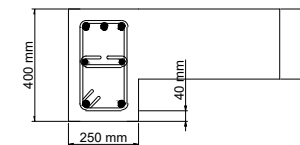
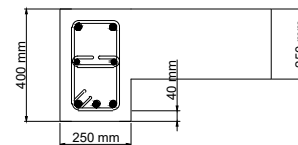
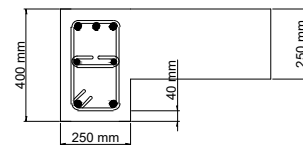
BALOK BT 2

POTONGAN A-A

POTONGAN B-B

POTONGAN C-C

SKETSA



PENAMPANG

250 x 400 mm

250 x 400 mm

250 x 400 mm

TEBAL DECKING

40 mm

40 mm

40 mm

TULANGAN ATAS

3D22

-

3D22

TULANGAN TENGAH

2D16

2D16

2D16

TULANGAN BAWAH

-

3D22

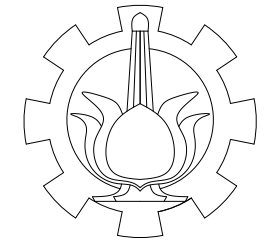
-

SENGKANG

D10 - 80

D10 - 150

D10 - 80



JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT
SKALA: 1 : 40 (GAMBAR ATAS)
SKALA: 1 : 20 (GAMBAR BAWAH)

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

33

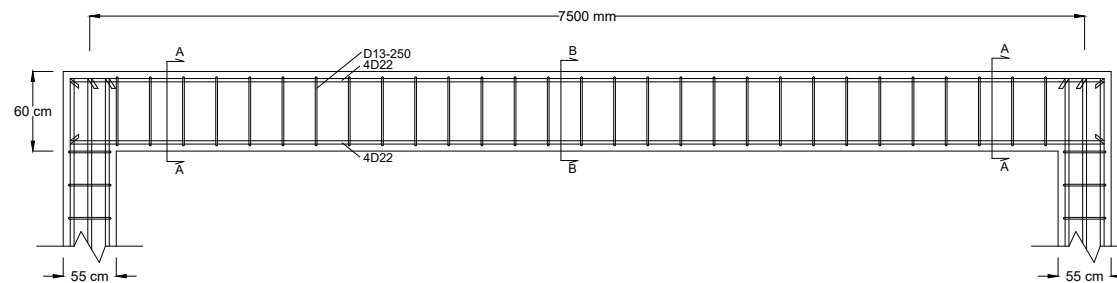
57

DOSEN PEMBIMBING

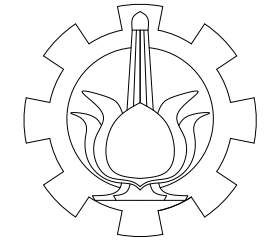
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



BALOK	TIE BEAM		
	POTONGAN A	POTONGAN B	
SKETSA			
PENAMPANG	400 mm x 600 mm	400 mm x 600 mm	
DECKING	50 mm	50 mm	
TUL. ATAS	4 D22	4 D22	
TUL. TENGAH	-	-	
TUL. BAWAH	4 D22	4 D22	
SENGKANG	D13 - 250	D13 - 250	



JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK TIE
BEAM
SKALA: 1 : 40 (GAMBAR ATAS)
SKALA: 1 : 20 (GAMBAR BAWAH)

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

34

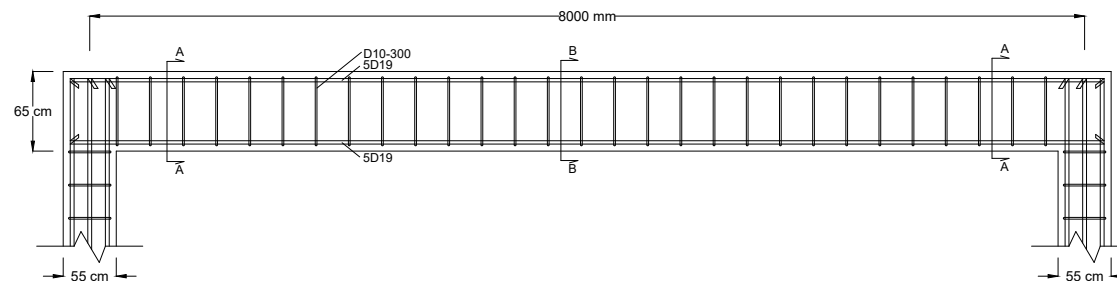
57

DOSEN PEMBIMBING

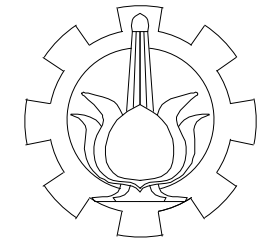
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



BALOK	TIE BEAM				
	POTONGAN A	POTONGAN B			
SKETSA					
PENAMPANG	450 mm x 650 mm	450 mm x 650 mm			
DECKING	50 mm	50 mm			
TUL. ATAS	5 D19	5 D19			
TUL. TENGAH	-	-			
TUL. BAWAH	5 D19	5 D19			
SENGKANG	D10 - 300	D10 - 300			



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA DAN RAMP
LANTAI BASEMENT 1 - LANTAI
BASEMENT 2
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

35

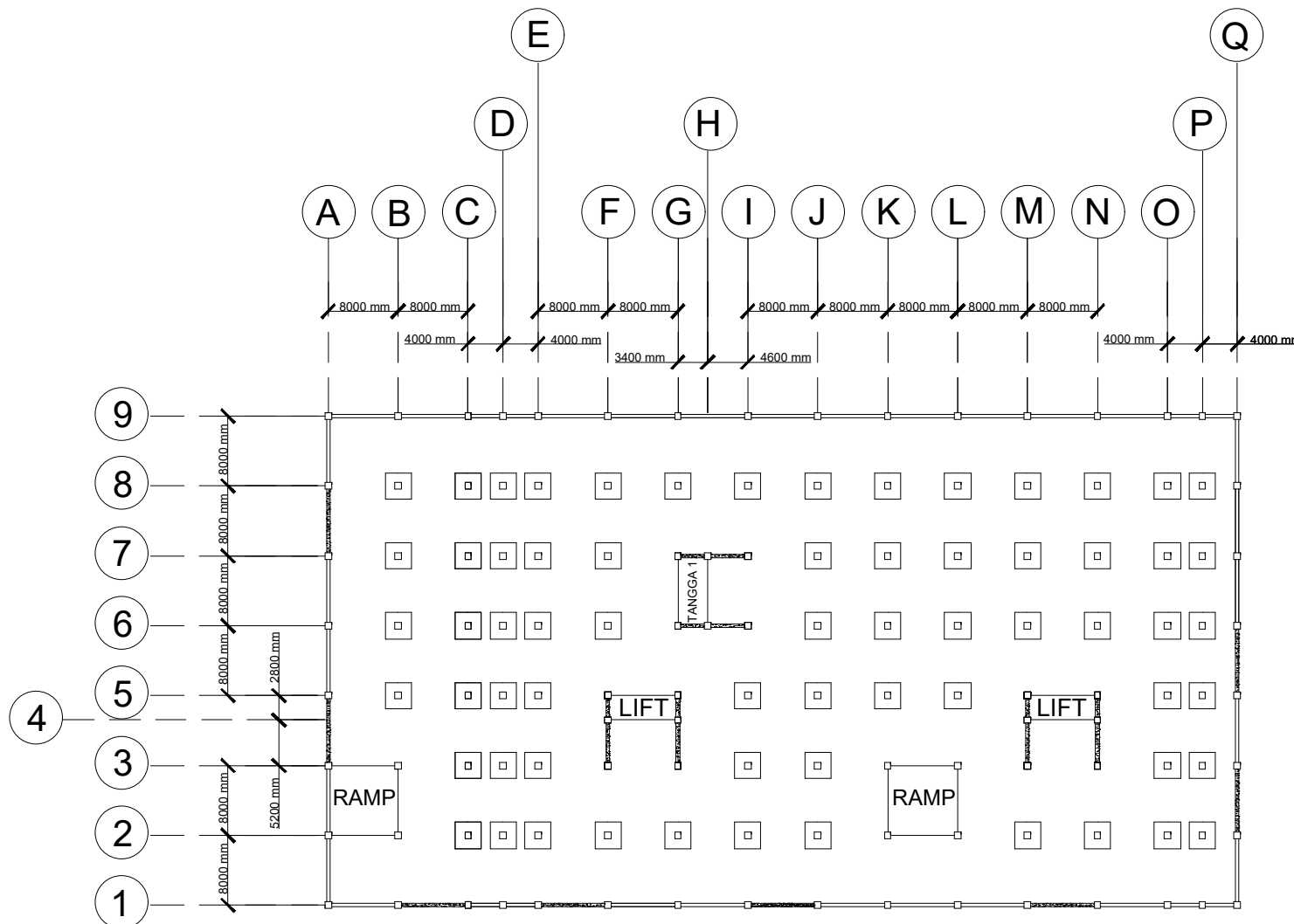
57

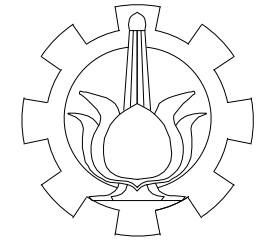
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA DAN RAMP
LANTAI 1 - LANTAI 3
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

36

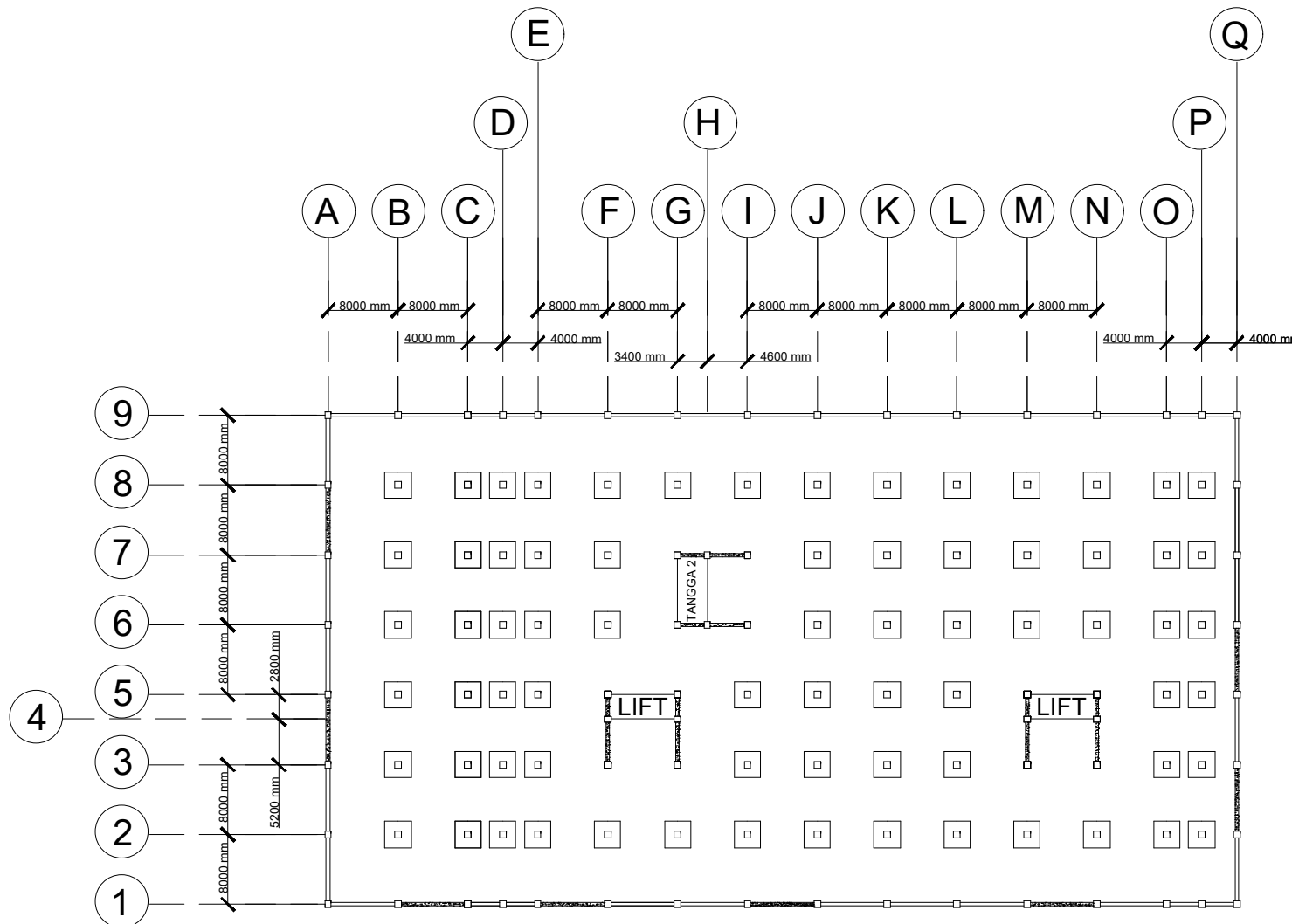
57

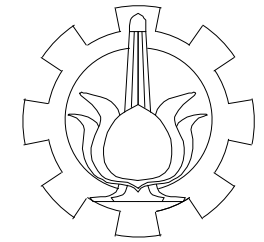
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA DAN RAMP
LANTAI 4 - LANTAI 9
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

37

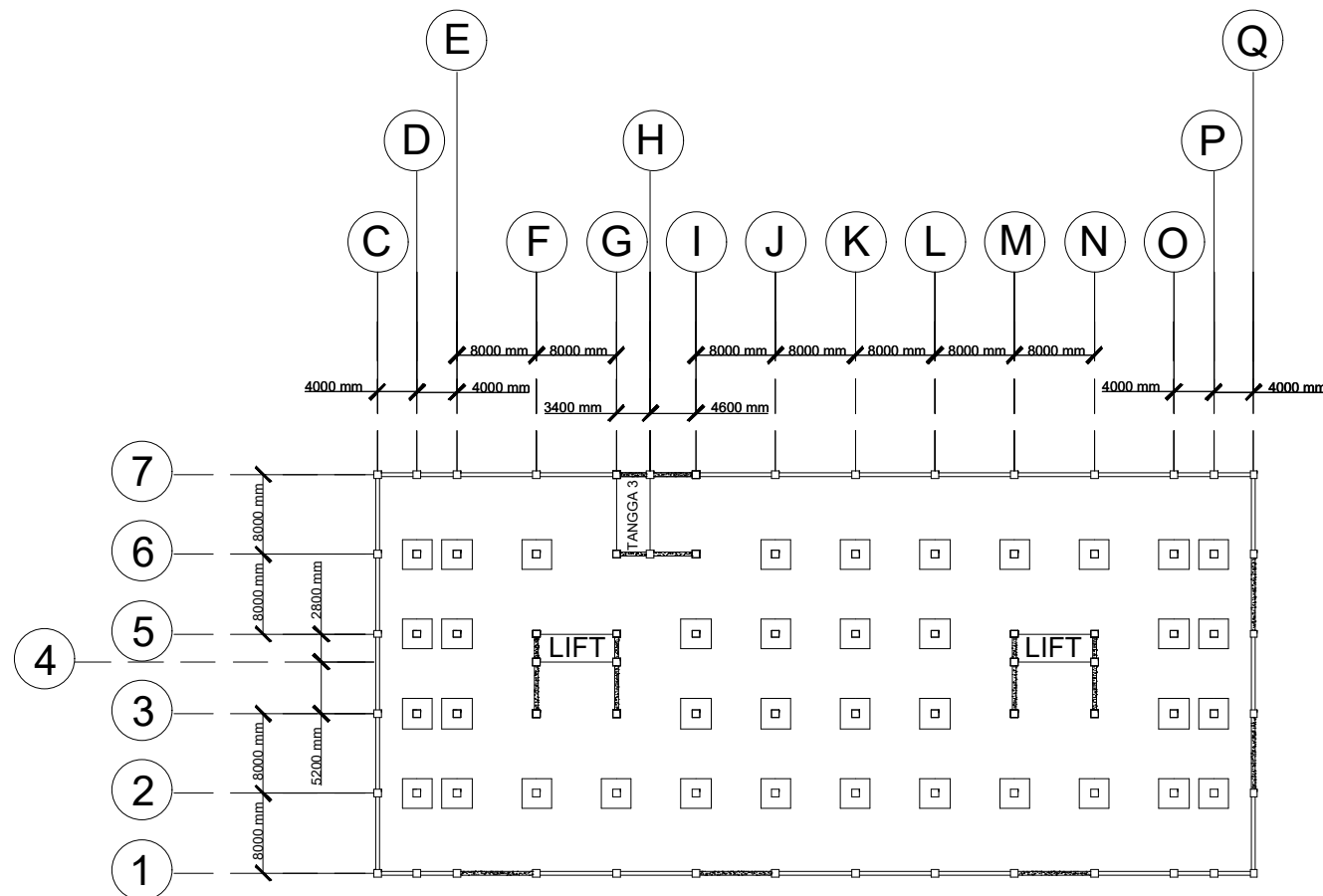
57

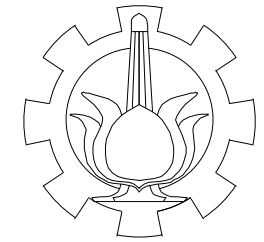
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH TANGGA DAN RAMP
LANTAI 10 - LANTAI 14
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

38

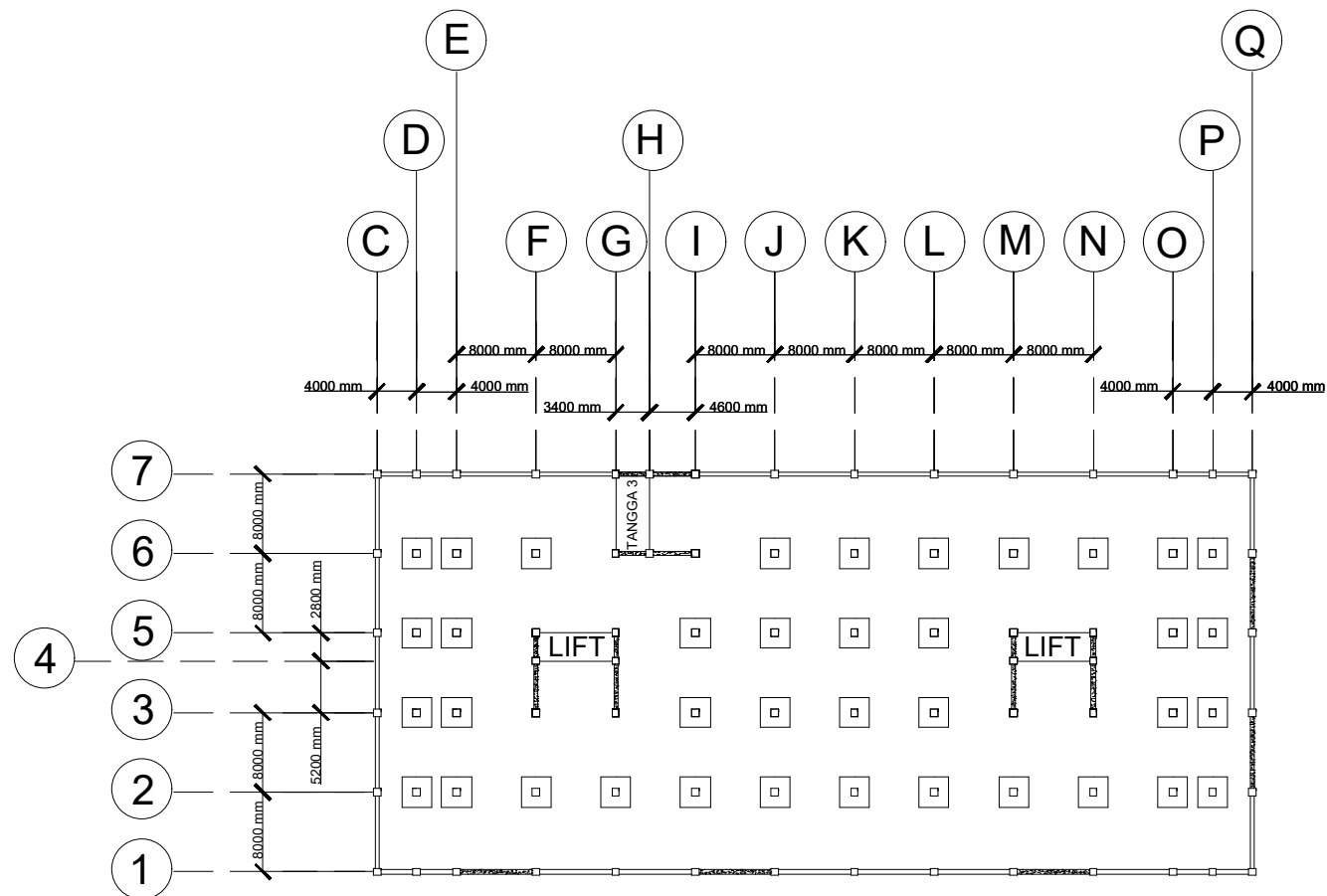
57

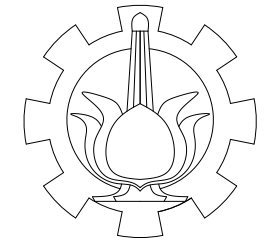
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN TANGGA TIPE 1,2,3
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

39

57

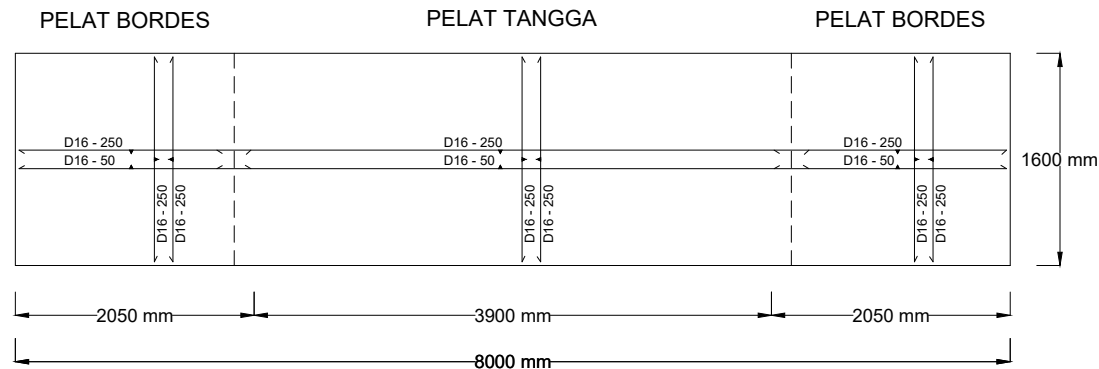
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

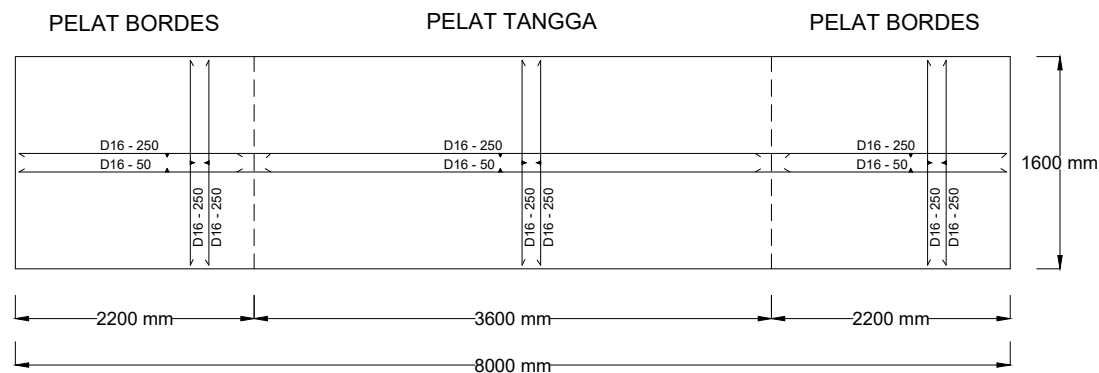
NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116

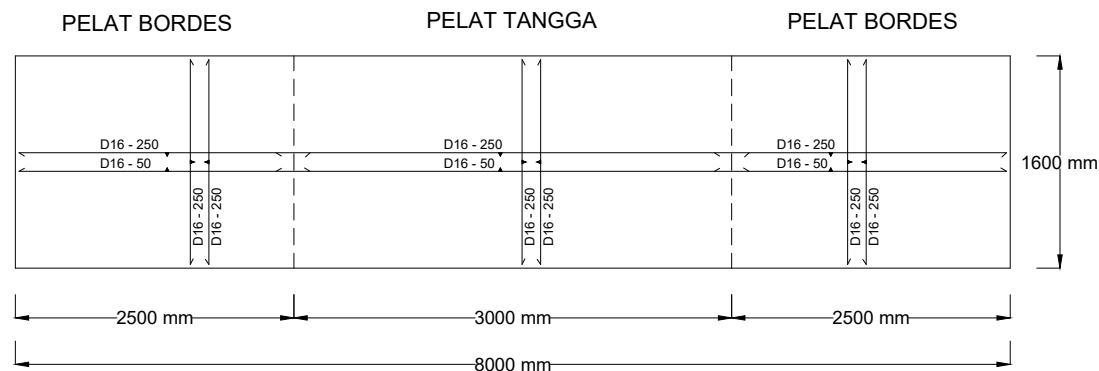
TANGGA TIPE 1
TINGGI LANTAI: 3,7m

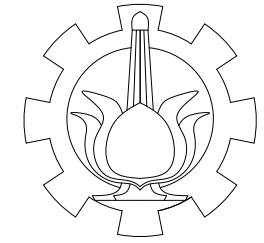


TANGGA TIPE 2
TINGGI LANTAI: 4m



TANGGA TIPE 3
TINGGI LANTAI: 3,2m





JURUSAN TEKNIK SIPIL
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
 SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
 METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
 DENGAN BUBBLEDECK
 DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA
 TIPE 1 & 2
 SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

40

57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
 0311144000116

LANTAI 2
 + 4.00

4000 mm

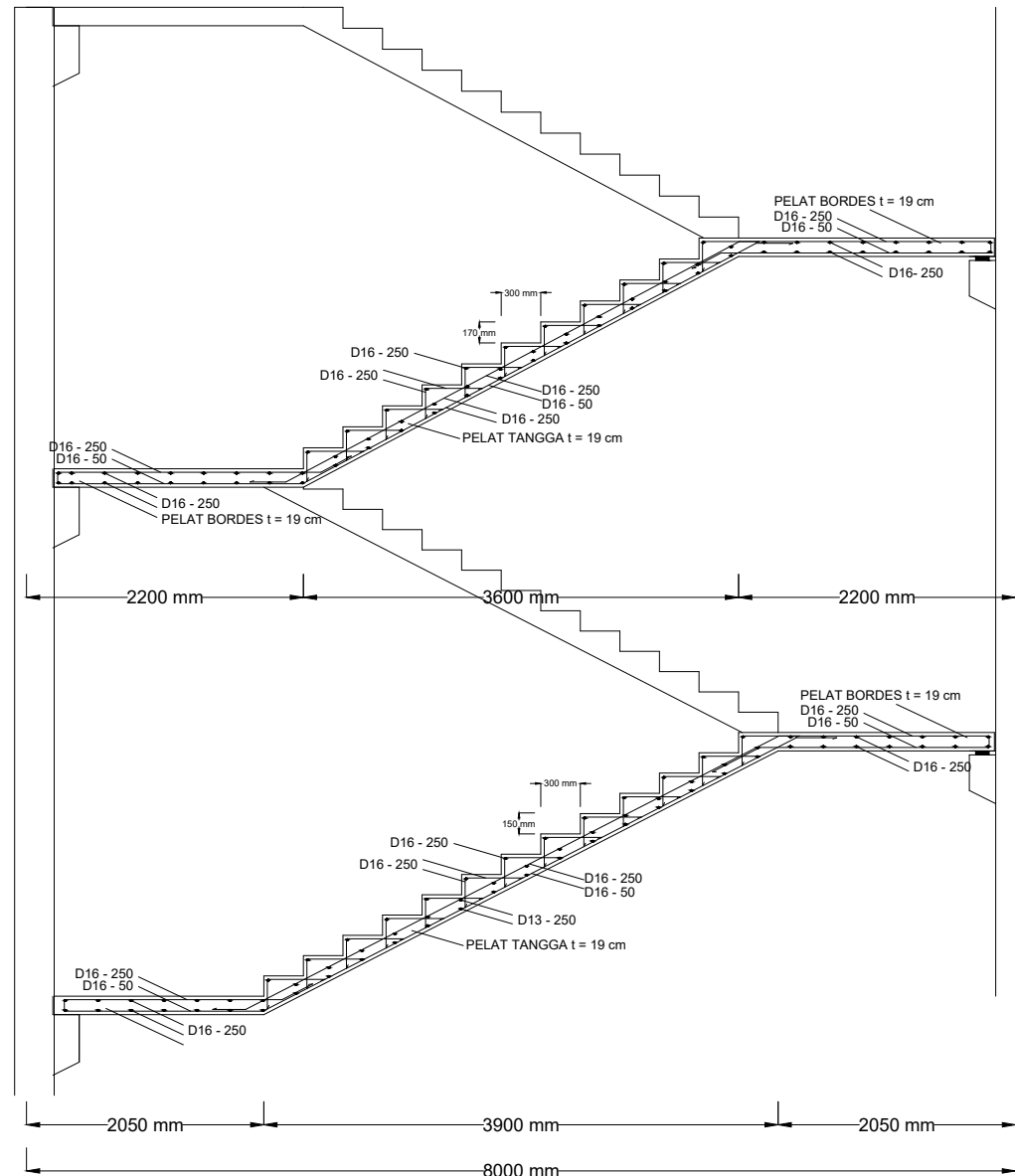
TANGGA TIPE 2

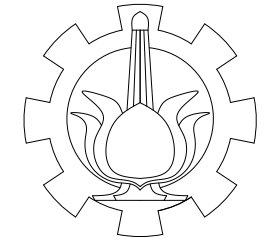
LANTAI 1
 + 0.00

3700 mm

TANGGA TIPE 1

LANTAI BASEMENT 1
 - 3,70





JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA
TIPE 3
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

41

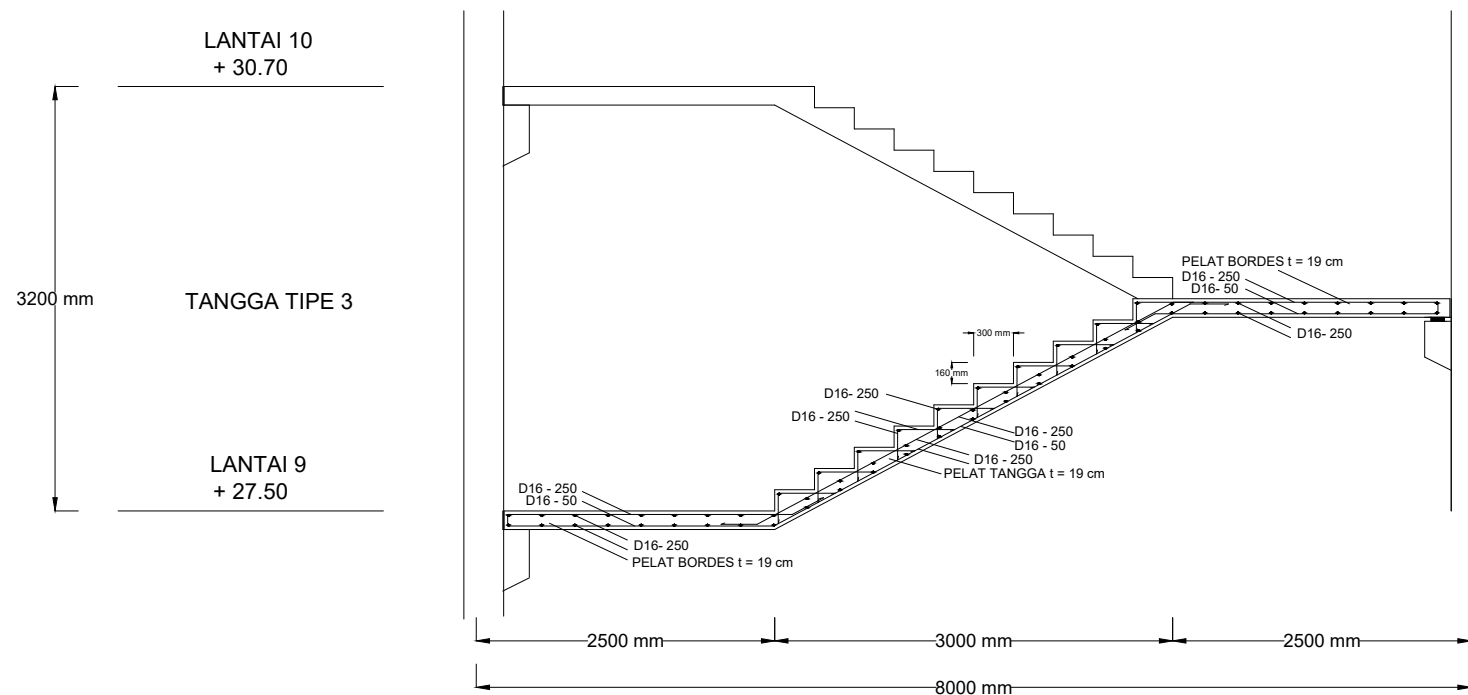
57

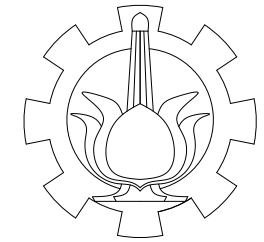
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH PENULANGAN RAMP
SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

42

57

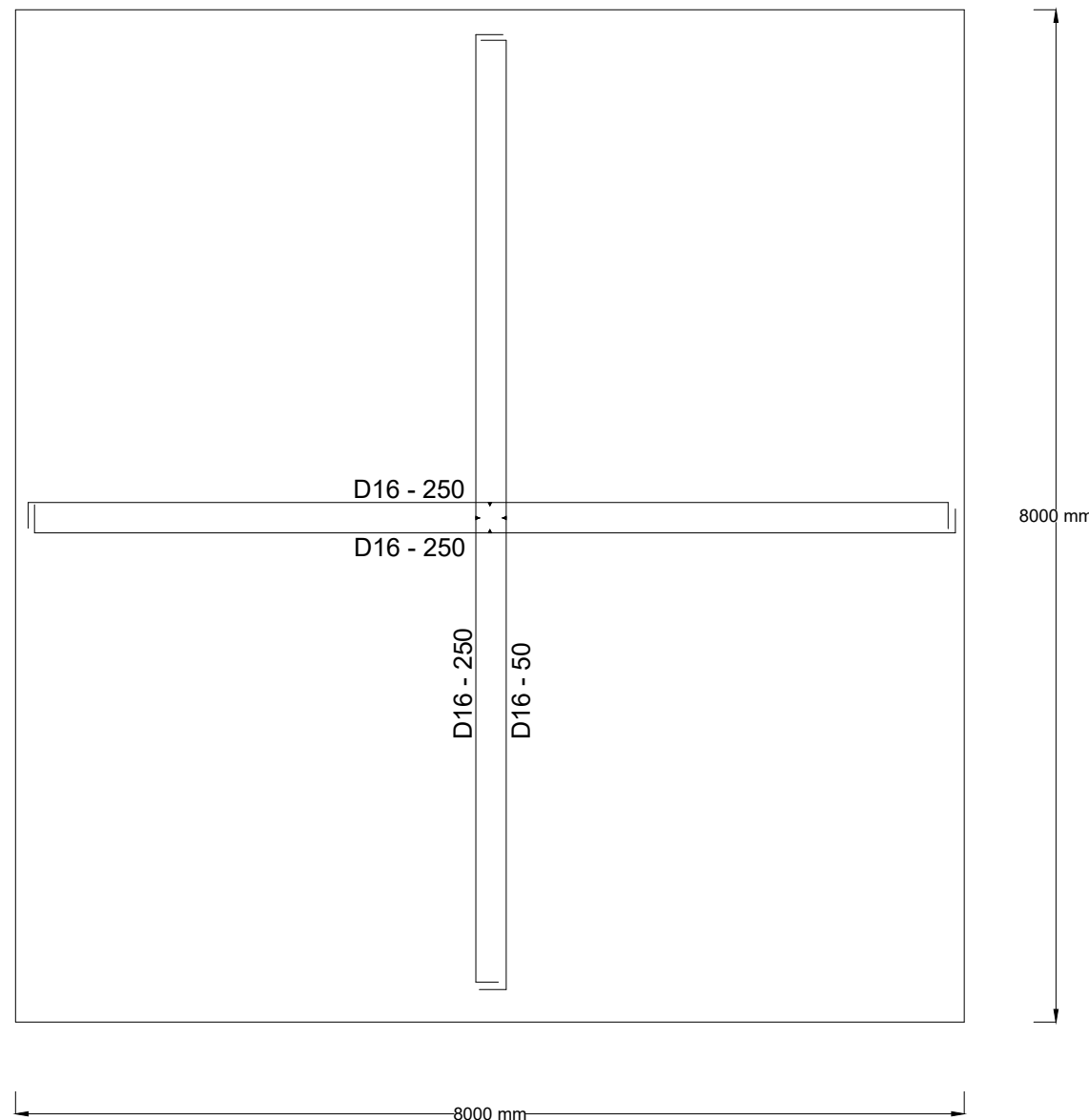
DOSEN PEMBIMBING

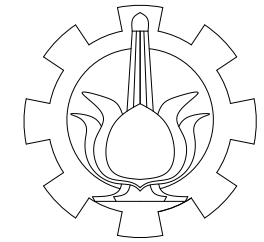
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116

RAMP
TINGGI LANTAI: 3,7m





JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN
SETIABUDI MEDAN MENGGUNAKAN
METODE FLAT SLAB DIKOMBINASIKAN
DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN RAMP
SKALA: 1 : 50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

43

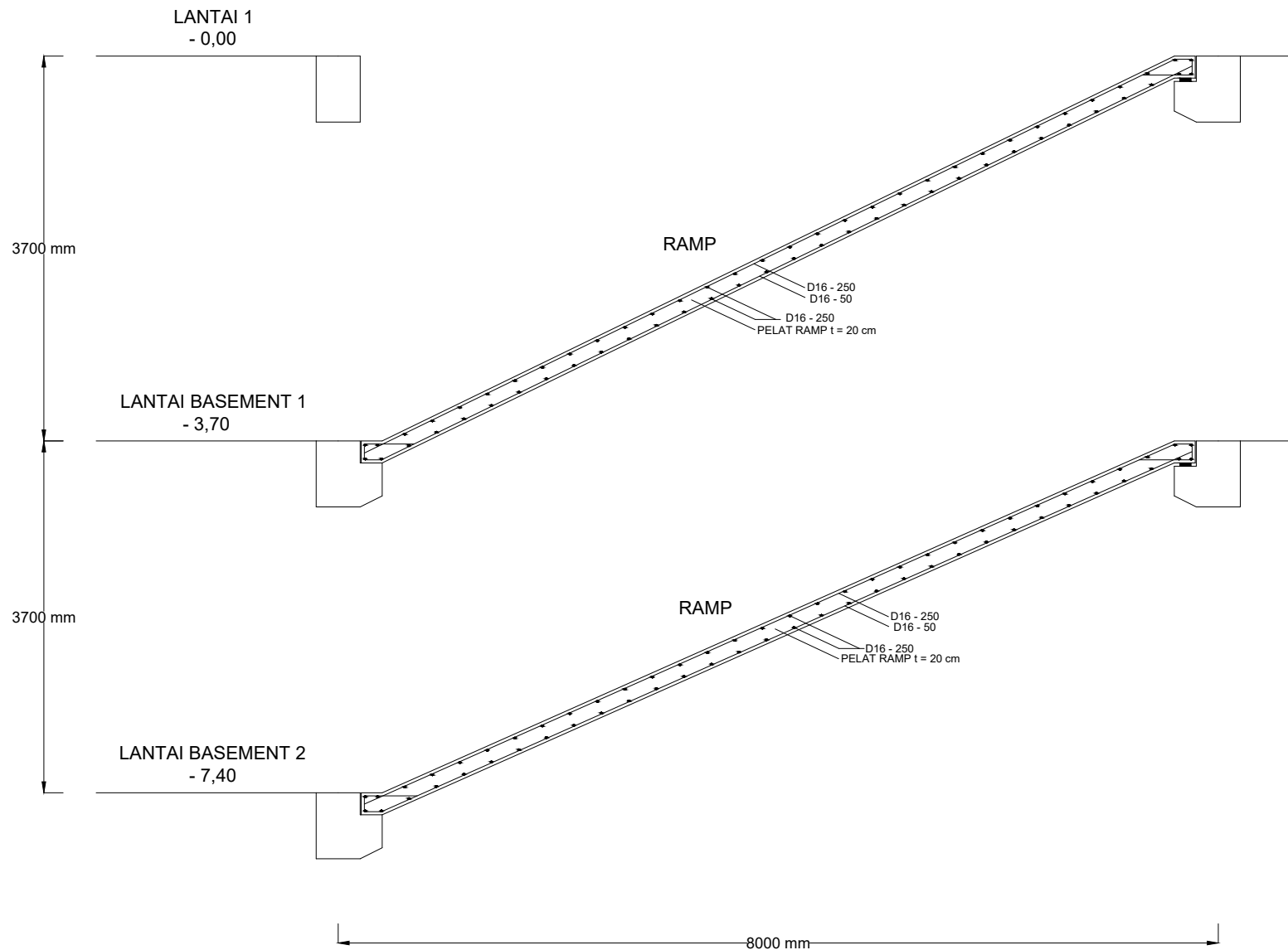
57

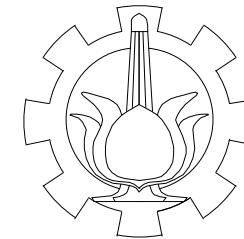
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI BASEMENT 1
- LANTAI BASEMENT 2
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

44

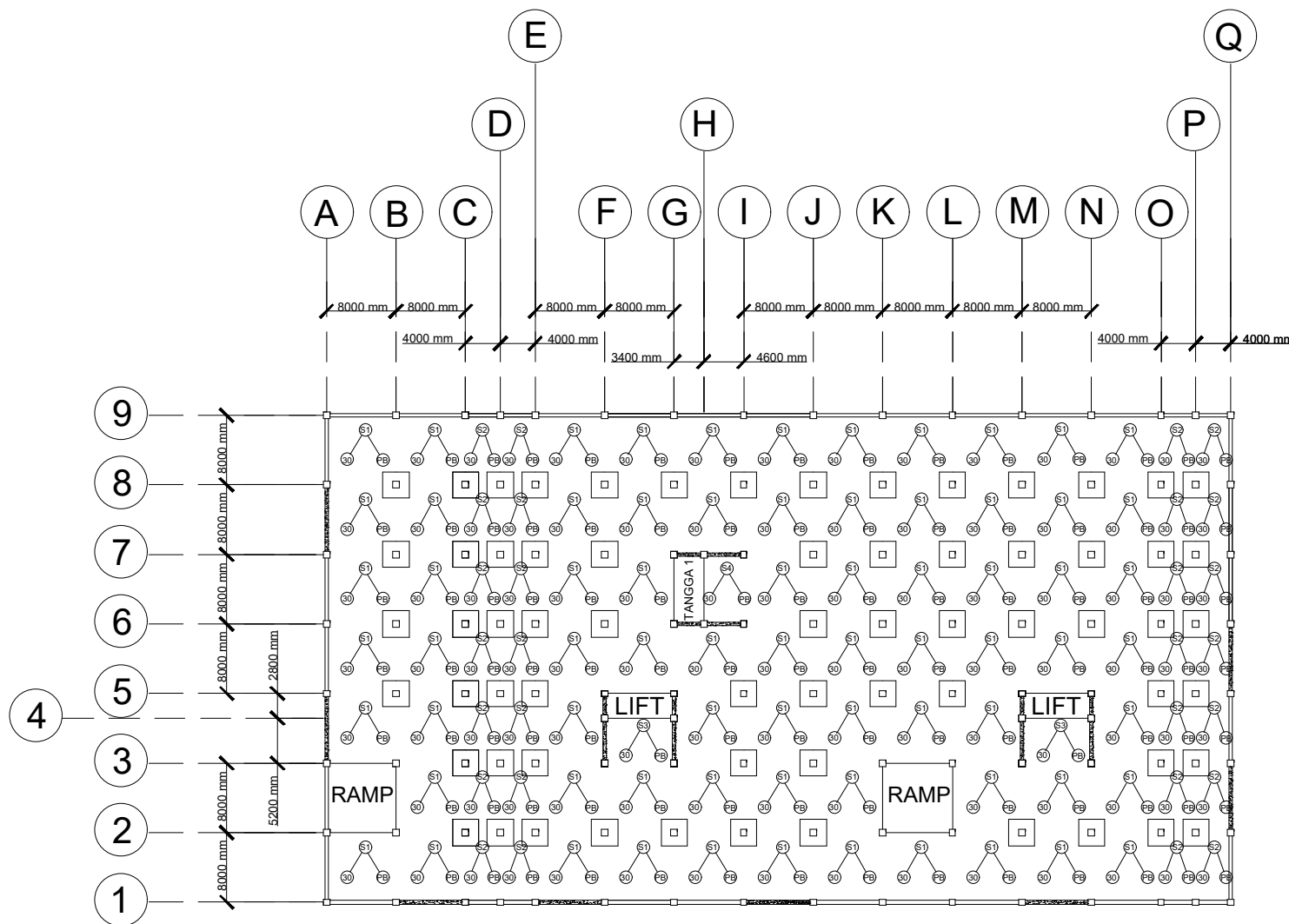
57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

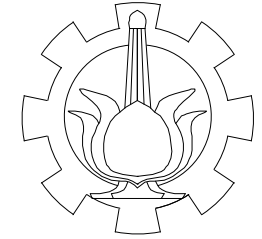
NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



DIMENSI PELAT (mm)

S1	8000 x 8000
S2	8000 x 4000
S3	5200 x 8000
S4	8000 x 4600



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 1 - LANTAI 3
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

45

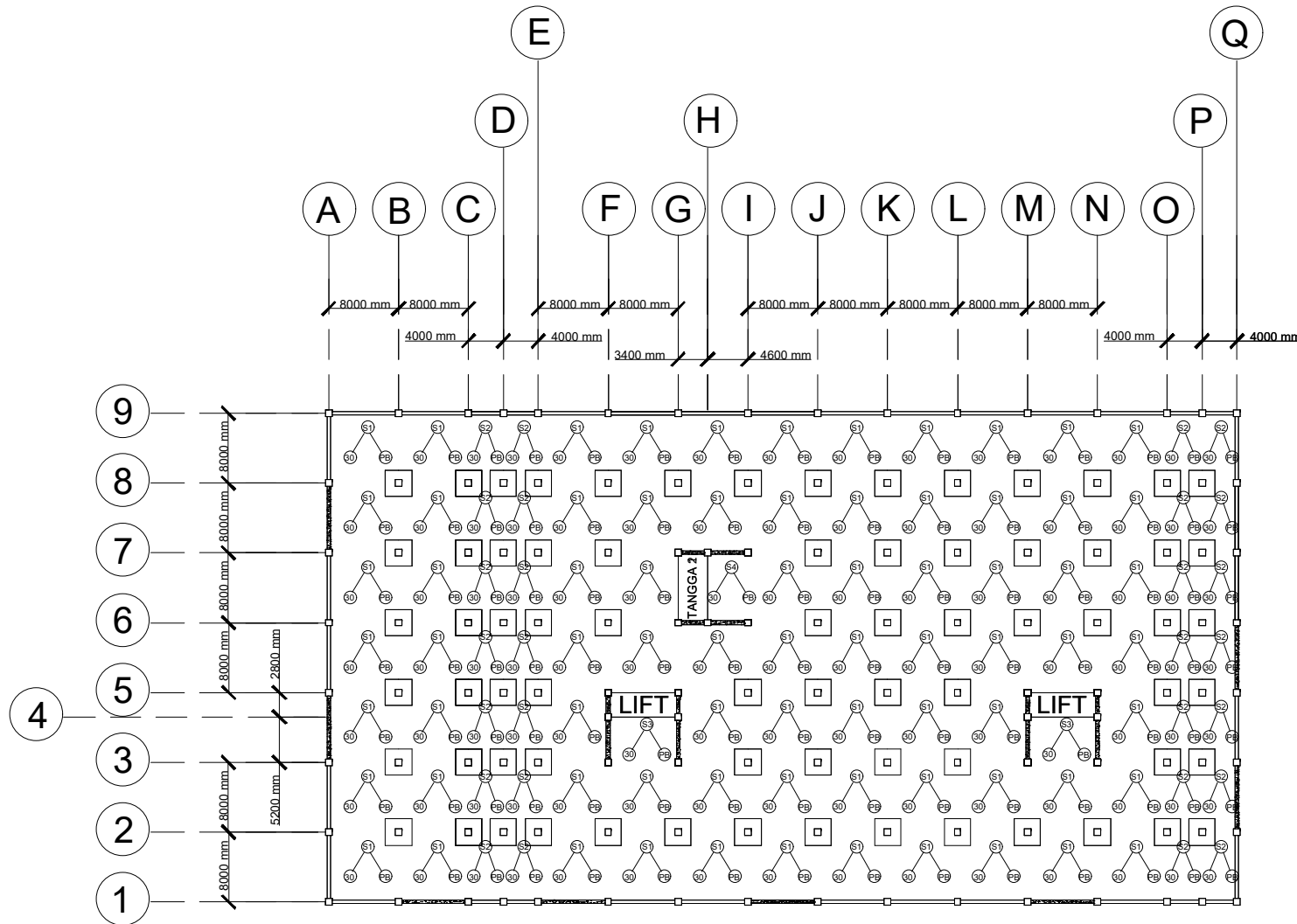
57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

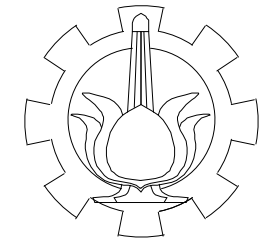
NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
03111440000116



DIMENSI PELAT (mm)

S1	8000 x 8000
S2	8000 x 4000
S3	5200 x 8000
S4	8000 x 4600



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 4 - LANTAI 9
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

46

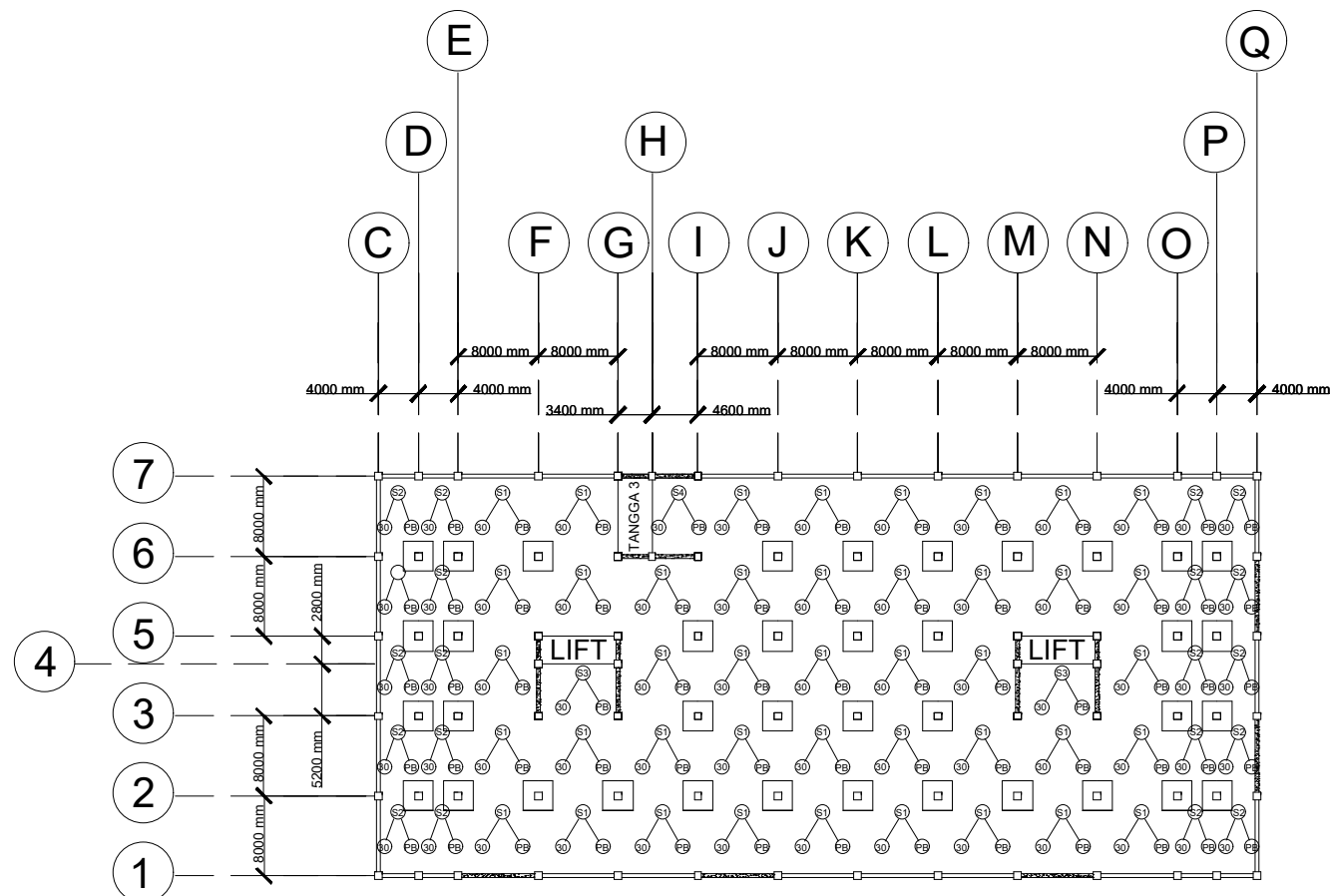
57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

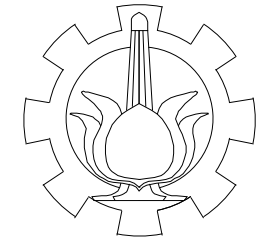
NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



DIMENSI PELAT (mm)

S1	8000 x 8000
S2	8000 x 4000
S3	5200 x 8000
S4	8000 x 4600



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 10 - LANTAI 14
SKALA 1:500

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

47

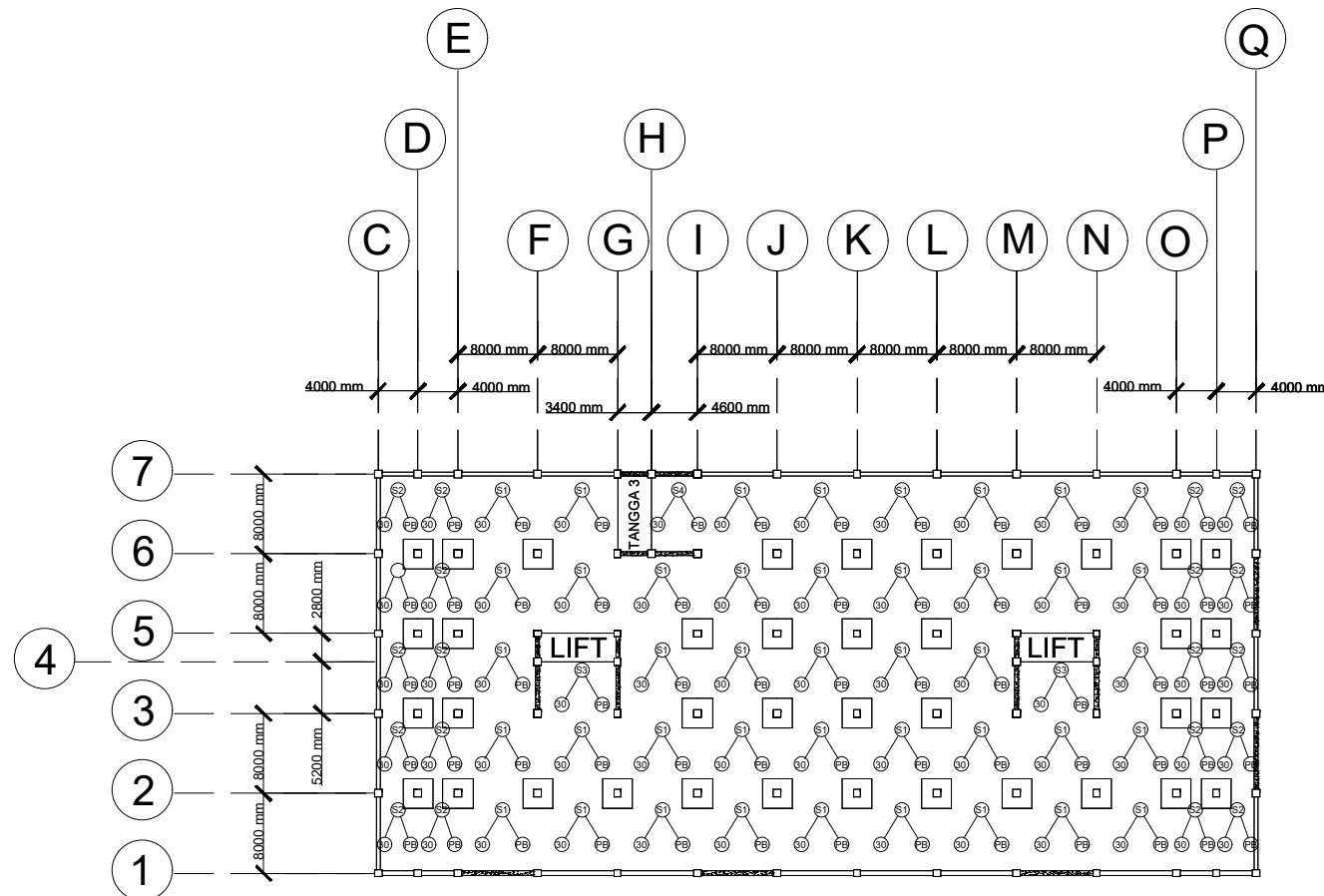
57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

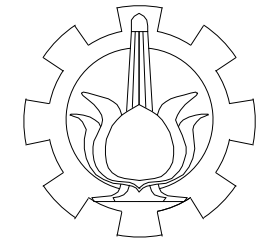
NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116



DIMENSI PELAT (mm)

S1	8000 x 8000
S2	8000 x 4000
S3	5200 x 8000
S4	8000 x 4600



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DİKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
LANTAI
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

48

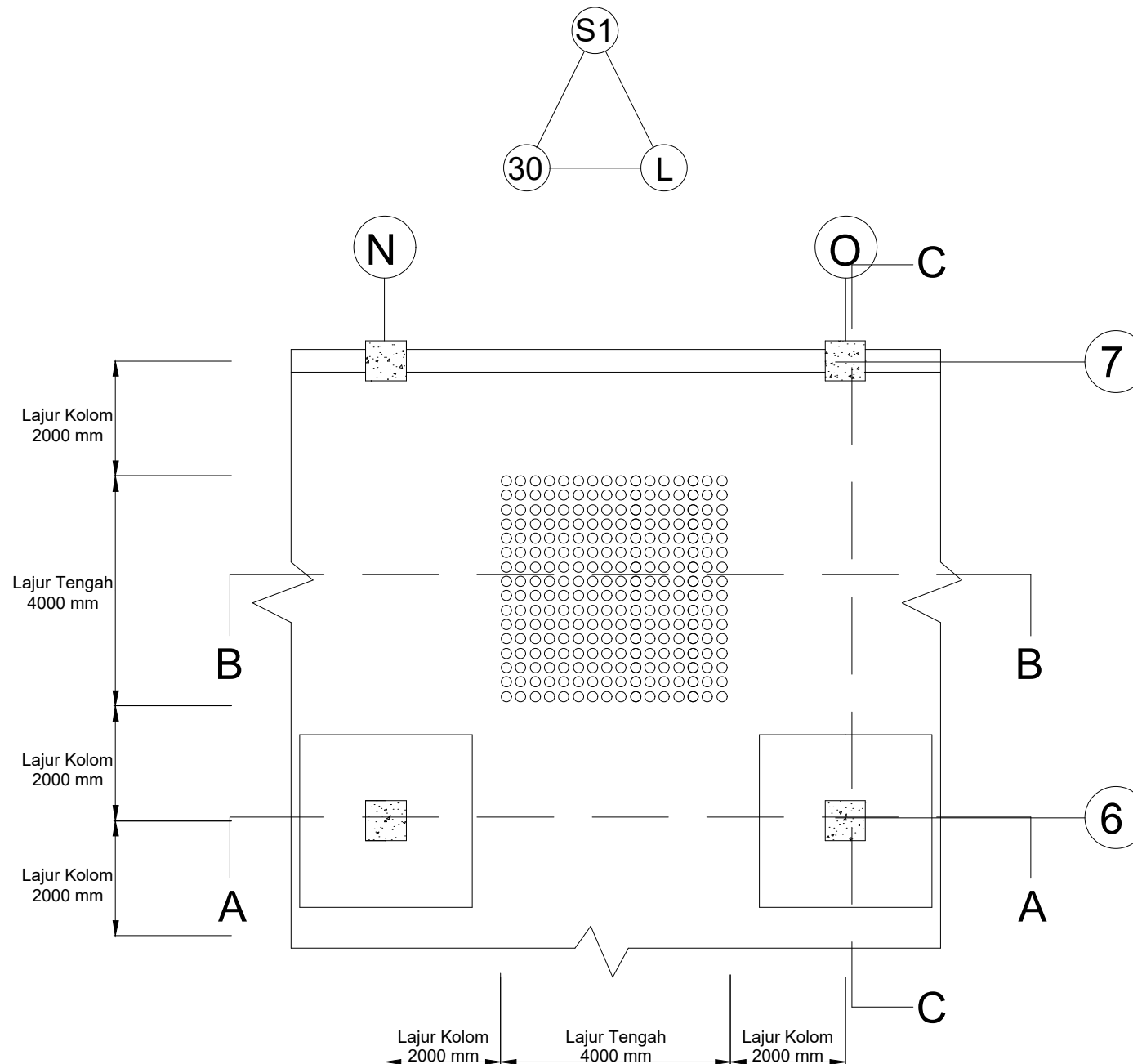
57

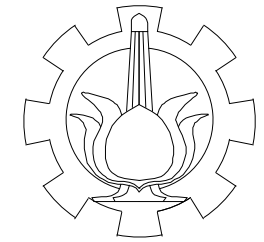
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DİKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A PELAT LANTAI
SKALA 1:100

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

49

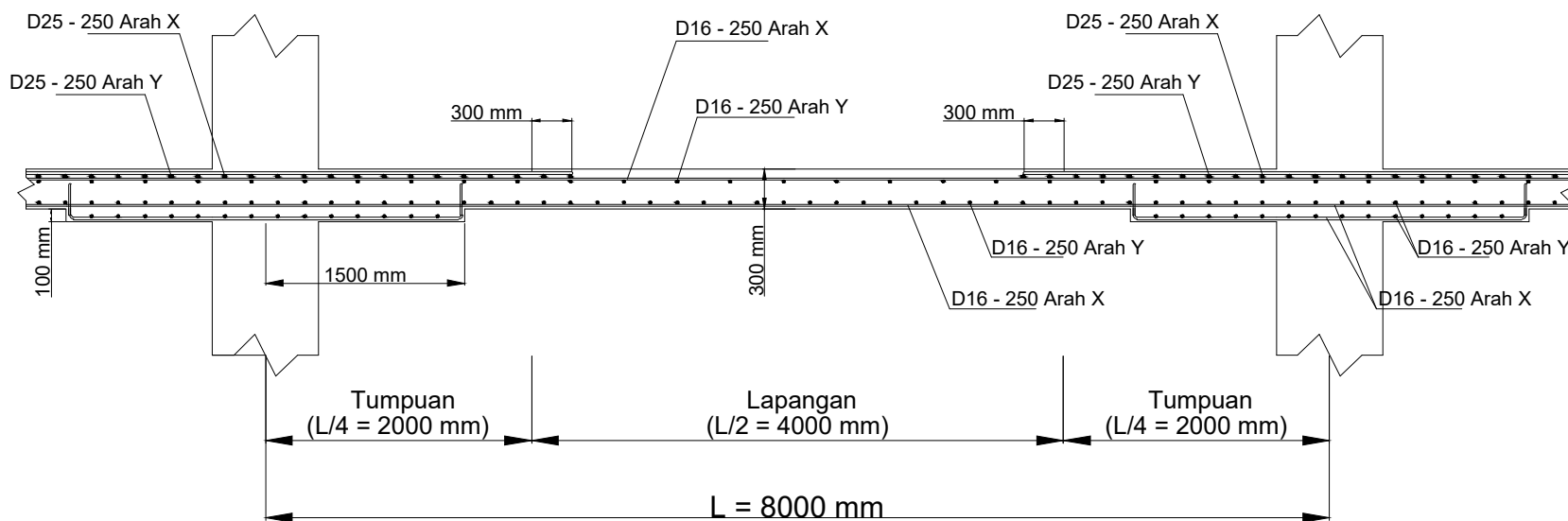
57

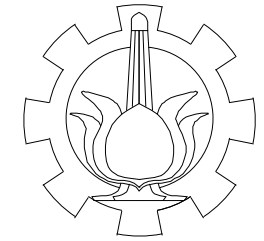
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
03111440000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B PELAT LANTAI
SKALA 1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

50

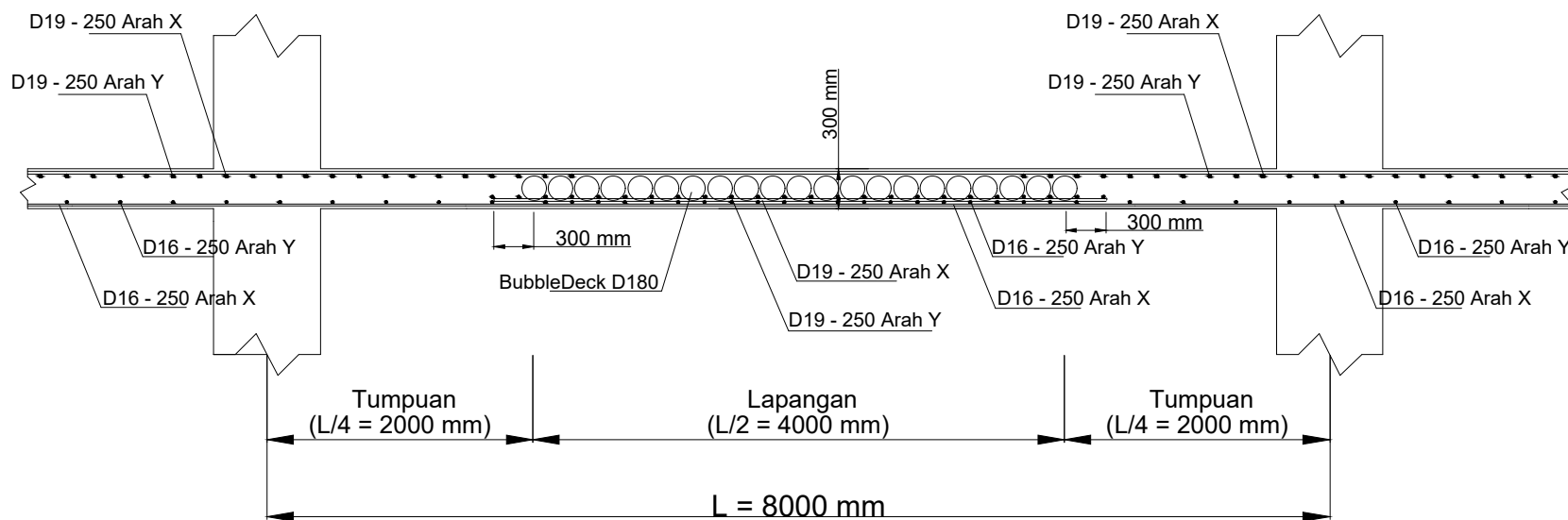
57

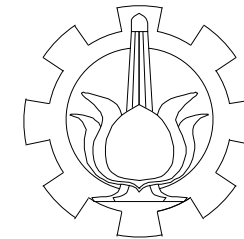
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

POTONGAN C-C PELAT LANTAI
SKALA 1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

51

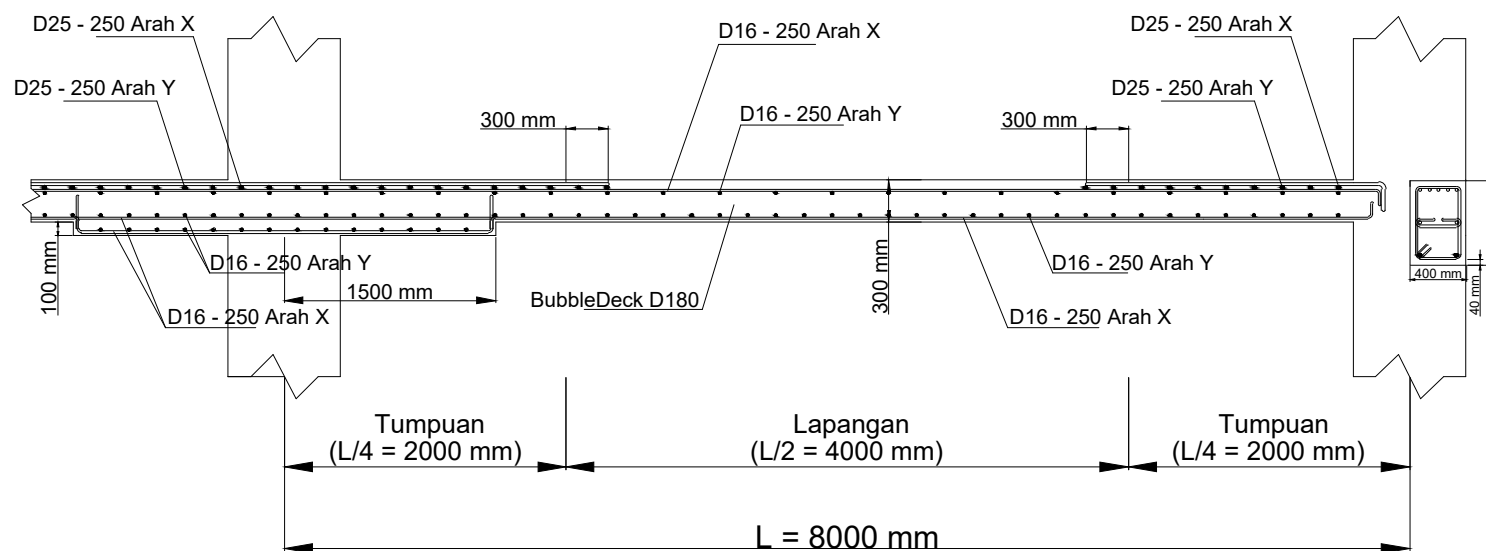
57

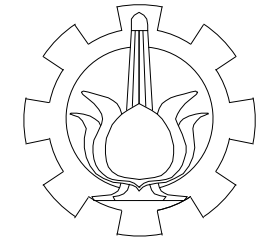
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
03111440000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
BASEMENT
SKALA 1:50

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

52

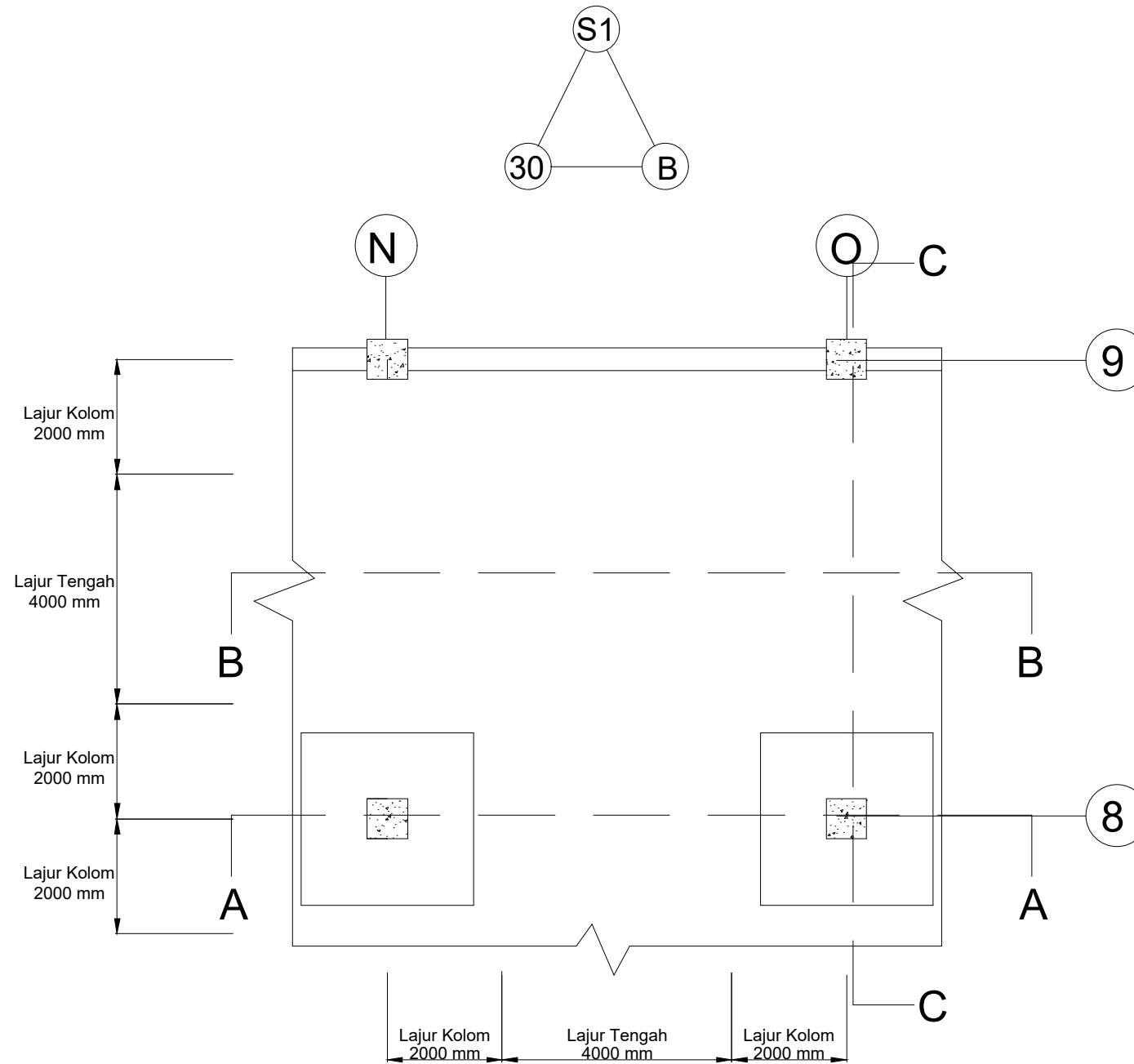
57

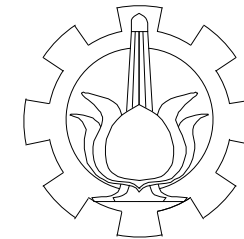
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DİKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A PELAT BASEMENT
SKALA 1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

53

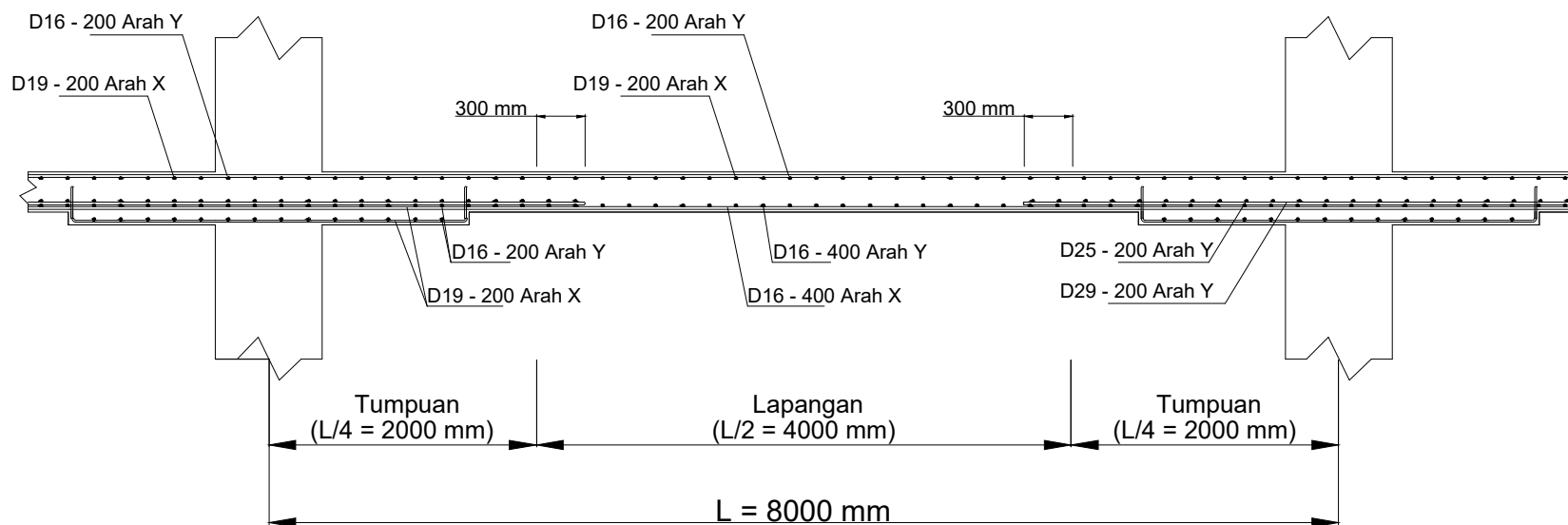
57

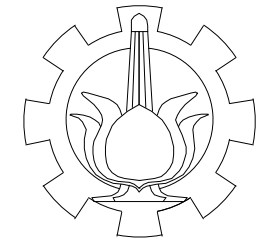
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
03111440000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DIKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B PELAT BASEMENT
SKALA 1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

54

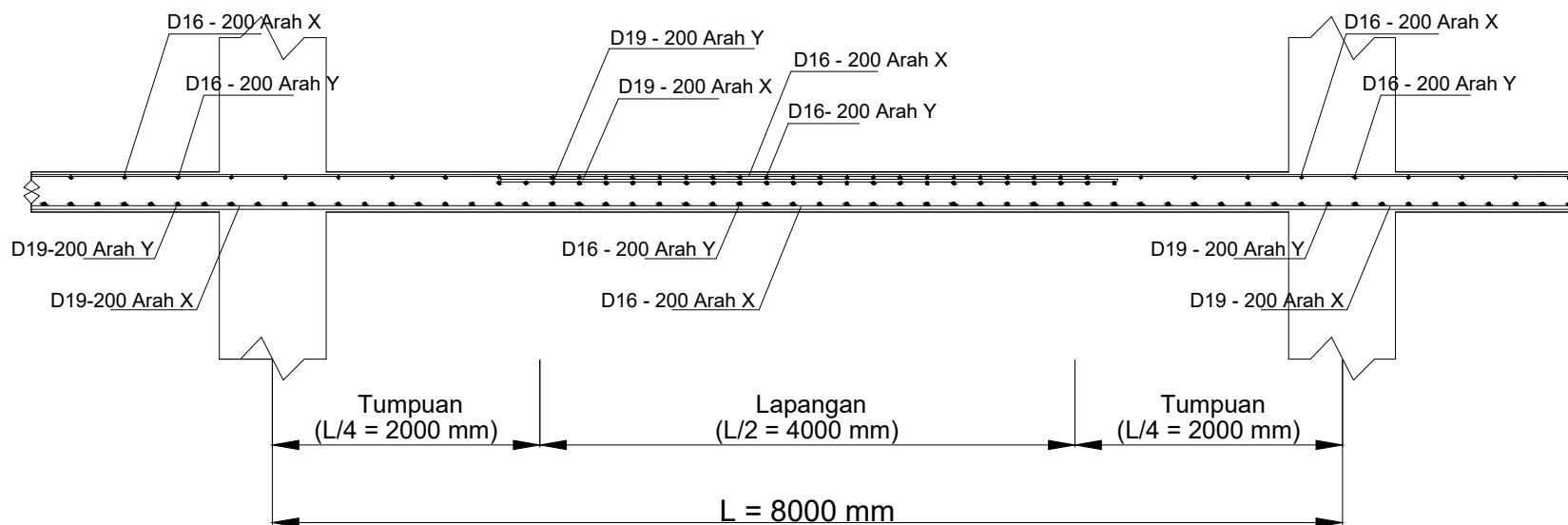
57

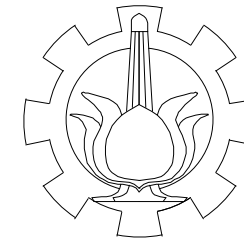
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG APARTEMEN SETIABUDI MEDAN
MENGUNAKAN METODE FLAT SLAB
DİKOMBINASIKAN DENGAN BUBBLEDECK
DAN DROP PANEL

JUDUL GAMBAR

POTONGAN C-C PELAT BASEMENT
SKALA 1:200

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

55

57

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA.

NAMA DAN NRP

WISNU SHANDI KUNCORO AJI
0311144000116

