



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN ONE GALAXY DENGAN *DUAL
SYSTEM* MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK
DAN *HOLLOW CORE SLAB***

ALBERTUS DENNY PRASETYA
NRP. 3114 100 003

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavio, ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN ONE GALAXY DENGAN *DUAL
SYSTEM* MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK
DAN *HOLLOW CORE SLAB***

ALBERTUS DENNY PRASETYA
NRP. 3114 100 003

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavio, ST. MT. PhD

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT – RC14-1501

**MODIFICATION DESIGN OF ONE GALAXY OFFICE
BUILDING WITH DUAL SYSTEM USING PRECAST
ELEMENT AND HOLLOW CORE SLAB**

ALBERTUS DENNY PRASETYA
NRP. 3114 100 003

Academic Supervisor I
Prof. Tavio, ST. MT. PhD

Academic Supervisor II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment, and Geotechnology Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN ONE GALAXY DENGAN DUAL
SYSTEM MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK
DAN HOLLOW CORE SLAB**

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 :

ALBERTUS DENNY PRASETYA

NRP. 3114 100 003

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Tavio, ST. MT. PhD
2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka



**SURABAYA
JANUARI, 2018**

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN ONE GALAXY DENGAN DUAL
SYSTEM MENGGUNAKAN ELEMEN PRACETAK
DAN *HOLLOW CORE SLAB***

Nama Mahasiswa : Albertus Denny Prasetya
NRP : 3114100003
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

ABSTRAK

Dalam menunjang pertumbuhan ekonomi suatu kota, keberadaan perusahaan barang dan jasa menjadi satu hal yang penting. Akan tetapi dengan lahan di kota besar seperti Surabaya yang semakin terbatas berdampak pada sulitnya perusahaan barang dan jasa memiliki kantor perusahaan yang memadai di tengah banyaknya permintaan akan ruang kantor. Oleh karena itu, maka diperlukan ruang kantor vertikal dengan struktur utama yang juga bisa memenuhi permintaan ini dengan cepat, namun tetap kuat dan mudah dilaksanakan. Maka dari itu, pengembang PT. Sinar Galaxy membangun perkantoran One Galaxy yang terintegrasi dengan Galaxy Mall 3 sebagai salah satu solusi untuk memenuhi tingginya tingkat permintaan ruang kantor di Surabaya.

Gedung perkantoran One Galaxy merupakan gedung perkantoran yang berada di atas pusat perbelanjaan Galaxy Mall 3 yang terdiri dari 19 lantai yang direncanakan dengan struktur beton bertulang biasa yang dalam pengerjaannya akan memakan waktu lama dan pengecoran di tempat yang juga belum terjamin kualitasnya karena pengaruh lingkungan dan sumber daya manusia. Maka dari itu, dalam tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan ulang dengan mengubah

elemen struktur bangunan menjadi elemen pracetak pada balok serta pelat Hollow Core Slab. Kemudian elemen struktur pracetak akan disambung dengan sambungan basah (wet joint) untuk memastikan bangunan tahan terhadap gempa. Dalam penyelesaiannya akan dilakukan analisa struktur utama yang terdiri dari balok, kolom, pelat, dan dinding geser yang akan dimodelkan dengan program bantu. Tujuan dari tugas akhir ini adalah menghasilkan perencanaan struktur bangunan beton yang tahan gempa menggunakan elemen pracetak dengan sambungan basah (wet joint) sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013, SNI 1727:2013, dan SNI 1726:2012.

Kata Kunci : Beton Pracetak, Hollow Core Slab, Sambungan Basah, Perkantoran

MODIFICATION DESIGN OF ONE GALAXY OFFICE BUILDING WITH DUAL SYSTEM USING PRECAST ELEMENT AND HOLLOW CORE SLAB

Name : Albertus Denny Prasetya
NRP : 3114100003
Department : Civil Engineering FTSLK-ITS
Supervisor : Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

ABSTRACT

In supporting the economic growth of the city, the existence of goods and services company becomes an important thing. However, when the land becomes limited in big cities such as Surabaya will impact to the difficulty of good and services companies to have an adequate office in the midst of the demand for office building. Therefore, it is necessary to have a vertical office building that can meet the demand quickly, but remain robust and easy implemented. Therefore, PT Sinar Galaxy as developer build One Galaxy office tower as part of Galaxy Mall 3 mixed-used develeopment to bring a solution to meet the high level of office space demand in Surabaya.

One Galaxy office building is an office building which located above the Galaxy Mall shopping center that consists of 19 stories. As planned, One Galaxy office building with regular reinforced concrete structure which in the build process will take a long time and cast in-site that also not guaranted quality because of the effect of human and weather. Therefore, in this final project this building will be re-planning by changing the method of building structure into precast elements one the beam and slab using Hollow Core

Slab. Then the precast elements will be joined by wet joint to ensure the building is strong enough to resist earthquakes. To analyze this building, the main structure such as beam, column, slab, and shearwall will be modeled with software. The objective of this final project is produce an earthquake resistant concrete structure design using precast element with wet joint accordance to SNI 2847:2013, SNI 1727:2013, and SNI 1726:2012

Keywords : Precast Concrete, Hollow Core Slab, Wet Joint, Office Building

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul “Desain Modifikasi Struktur Gedung Perkantoran One Galaxy dengan *Dual System* menggunakan Elemen Pracetak dan *Hollow Core Slab*”. Dalam Laporan Tugas Akhir ini secara garis besar membahas tentang perencanaan elemen beton pracetak yaitu pelat *Hollow Core Slab*, balok pracetak, serta elemen struktur lainnya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dari penulis yang sudah memberikan dukungan dalam bentuk moril maupun materi.
2. Bapak Prof. TAVIO, ST., MT., Ph.D. dan Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Ibu Yudhi Lastiasih, ST., MT. selaku dosen wali.
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.
5. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2014 serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan laporan ini, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan demi kelengkapan laporan ini.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Beton Pracetak.....	5
2.2 Perbandingan Beton Pracetak dengan Konvensional	5
2.3 Elemen Struktur Beton Pracetak	8
2.3.1 Pelat	8
2.3.2. Balok	9
2.4 Sambungan pada Beton Pracetak	11
2.4.1 Sambungan dengan Menggunakan Las	11
2.4.2 Sambungan dengan Menggunakan Baut	12
2.4.3 Sambungan dengan Menggunakan Cor di Tempat (<i>Wet Joint</i>).....	12
BAB 3 METODOLOGI	15
3.1 Diagram Alir Perencanaan	15
3.2 Data Perencanaan dan Studi Literatur	16
3.2.1 Data Umum Bangunan	16
3.2.2 Data Material	16
3.2.3 Studi Literatur.....	16
3.3 Preliminary Design.....	17
3.3.1 Pelat	17
3.3.2 Balok	17
3.3.3 Kolom.....	18
3.3.5 Perencanaan Tangga.....	18
3.4 Permodelan dan Pembebanan dengan Analisa Struktur (ETABS 2015).....	19

3.4.1	Penggunaan Analisa Struktur	19
3.4.2	Perhitungan Gaya Dalam.....	19
3.4.3	Kontrol Permodelan Struktur	19
3.5	Pembebanan Struktur	22
3.5.1	Jenis Beban.....	22
3.5.2	Kombinasi Pembebanan	25
3.6	Perencanaan Struktur Utama	25
3.6.1	Penulangan Balok.....	25
3.6.2	Penulangan Kolom	28
3.6.3	Perencanaan dan Kontrol <i>Hollow Core Slab</i>	29
3.6.4	Perencanaan & Penulangan Dinding Geser.....	32
3.7	Perencanaan Sambungan.....	33
3.7.1	Sambungan Balok-Kolom	34
3.7.2	Sambungan Balok Utama-Balok Anak	35
3.7.3	Sambungan Balok-Pelat	36
3.8	Perencanaan Basement	38
3.9	Perencanaan Pondasi	39
3.9.1	Daya Dukung Tiang Vertikal	39
3.9.2	Perhitungan Jumlah Tiang.....	40
3.10	Metode Pelaksanaan Gedung Pracetak.....	41
3.11	Gambar Teknis Hasil Perhitungan.....	45
BAB 4 PRELIMINARY DESIGN		47
4.1.	Preliminary Design.....	47
4.1.1.	Perencanaan Dimensi Balok Pracetak	47
4.1.2.	Perencanaan Dimensi Balok Cor <i>In-Situ</i>	48
4.1.3.	Perencanaan Dimensi Pelat <i>Hollow Core Slab</i>	49
4.1.4.	Perencanaan Dimensi Pelat Cor <i>In-Situ</i>	50
4.1.5.	Perencanaan Dimensi Kolom	52
4.1.6.	Perencanaan Dimensi Dinding Geser.....	56
BAB 5 PERMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR		57
5.1.	Umum.....	57
5.2	Permodelan Struktur.....	57
5.3	Pembebanan Gravitasi.....	58
5.4.	Pembebanan Gempa Dinamis	59

5.4.1. Faktor Keutamaan Gempa.....	59
5.4.2. Kelas Situs.....	59
5.4.3. Parameter Respon Spektral.....	59
5.5. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental	62
5.6. Kontrol Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>).....	64
5.7. Kontrol Sistem Ganda (<i>Dual System</i>).....	66
5.8 Kontrol Partisipasi Massa.....	66
5.9. Kontrol Simpangan (<i>Drift</i>)	68
BAB 6 PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	71
6.1. Perencanaan Pelat.....	71
6.1.1. Data Perencanaan Pelat <i>Hollow Core Slab</i> ..	71
6.1.2 Data Perencanaan Pelat Cor In-Situ	74
6.2 Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	79
6.2.1 Data Perencanaan Balok Anak	79
6.2.2 Pembebanan pada Balok Anak.....	79
6.2.3 Perhitungan Pembebanan Balok Anak	79
6.2.4 Perhitungan Momen dan Geser	80
6.2.5 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak....	80
6.2.6 Perhitungan Tulangan Geser	86
6.2.7 Pengangkatan Balok Anak	89
6.2.8 Kontrol Lendutan	90
6.3. Perencanaan Tangga.....	90
6.3.1. Data Perencanaan Tangga	90
BAB 7 PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	101
7.1 Umum.....	101
7.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak	101
7.2.1 Perencanaan Balok Induk 1 (BI.1)	102
7.2 Perencanaan Kolom.....	123
7.2.1 Perencanaan Kolom Lantai Basement – 5 (K.1)123
7.2.2 Kontrol Dimensi Kolom	124
7.2.3 Penulangan Longitudinal Kolom.....	124
7.2.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom125
7.2.5 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom	terhadap Beban Aksial Terfaktor.....125

7.2.6 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana	126
7.2.7 Perhitungan Tulangan Geser	127
7.2.8 Kontrol Kebutuhan Torsi.....	128
7.2.9 Kontrol “Strong Column Weak Beam”	128
BAB 8 PERENCANAAN SAMBUNGAN	137
8.1 Umum.....	137
8.2 Konsep Desain Sambungan.....	138
8.3 Perencanaan Sambungan Balok Induk-Kolom.....	138
8.3.1 Perencanaan Konsol Pada Kolom	138
8.3.2 Perhitungan Sambungan Balok – Kolom	142
8.2 Perencanaan Sambungan Balok Anak-Balok Induk...	150
8.3 Perencanaan Sambungan Pelat <i>Hollow Core Slab</i> -Balok	153
BAB 9 PERENCANAAN PONDASI.....	156
9.1 Umum.....	157
9.2 Beban Struktur.....	157
9.3 Kriteria Desain	158
9.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang.....	158
9.3.2 Data Tanah	158
9.3.3 Daya Dukung.....	158
9.3.4 Perencanaan Poer (<i>Pile Cap</i>).....	165
BAB 10 METODE PELAKSANAAN.....	173
10.1 Umum.....	173
10.2 Fabrikasi Beton Pracetak.....	173
10.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane.....	173
10.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak.....	174
BAB 11 PENUTUP.....	178
11.1 Kesimpulan.....	179
11.2 Saran.....	181

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pelat Pracetak Berlubang (<i>Hollow Core Slab</i>)....	8
Gambar 2.2	Pelat Pracetak Tanpa Lubang (<i>Solid Slab</i>).....	9
Gambar 2.3	Pelat Pracetak <i>Double Tees</i> dan <i>Single Tees</i>	9
Gambar 2.4	Balok Berpenampang Persegi (<i>Rectangular Beam</i>)	10
Gambar 2.5	Balok Berpenampang L (<i>L-Shape Beam</i>)	10
Gambar 2.6	Balok Berpenampang T Terbalik (<i>Inverted Tee Beam</i>)	11
Gambar 2.7	Sambungan Menggunakan Las	12
Gambar 2. 8	Sambungan Menggunakan Baut.....	12
Gambar 2.9	Sambungan Menggunakan Cor di Tempat.....	13
Gambar 3.1	Model Pembebanan saat Pengangkatan Balok Pracetak	28
Gambar 3.2	Data Penampang <i>Hollow Core Slab</i> yang Digunakan	29
Gambar 3.3	Detail Penampang <i>Hollow Core Slab</i> yang Digunakan	30
Gambar 3.4	Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat) .	31
Gambar 3.5	Posisi Titik Angkat Pelat (8 buah titik angkat) .	32
Gambar 3.6	Contoh Sambungan Basah Pracetak	34
Gambar 3.7	Perencanaan Konsol Pendek	35
Gambar 3.8	Sambungan Pelat HCS dengan Balok Tengah..	36
Gambar 3.9	Sambungan Pelat HCS dengan Balok Ujung	37
Gambar 3.10	Metode Horizontal	41
Gambar 3.11	Pengangkatan Balok Pracetak.....	43
Gambar 3.12	Pemasangan Balok Utama ke Kolom.....	43
Gambar 3.13	Perencanaan Konsol Pendek	44
Gambar 4.2	Penampang Pelat <i>Hollow Core Slab</i>	50
Gambar 4.1	<i>Properties</i> Penampang <i>Hollow Core Slab</i>	50
Gambar 5.1	Permodelan Struktur pada ETABS	57

Gambar 5.2 Peta untuk menentukan (a) Perioda Pendek 0,2 Detik (Ss) dan (b) Perioda 1 Detik (S1)	60
Gambar 5.3 Grafik Respon Spektrum Desain.....	62
Gambar 6.1 Jarak Pengangkatan Pelat Pracetak	73
Gambar 6.2 Penulangan Pelat Lantai.....	78
Gambar 6.3 Gambar Penulangan Balok Anak.....	88
Gambar 6.4 (1) Profil BSA dan Perkuatan (2) Profil Kait JL	89
Gambar 6.5 <i>JENKA Lifter</i>	89
Gambar 6.6 Desain Tangga	90
Gambar 6.7 Ketebalan Tangga	91
Gambar 6.8 Beban pada Tangga.....	92
Gambar 6.9 Gambar Gaya Dalam (1) Bidang N (2) Bidang D (3) Bidang M.....	94
Gambar 7.1 Denah Pembalokan	99
Gambar 7.2 Pembebanan BI.1 Sebelum Komposit	101
Gambar 7.3 Penentuan Jarak X di Luar Sendi Plastis	117
Gambar 7.5 <i>JENKA Lifter</i>	120
Gambar 7.4 (1) Profil BSA dan Perkuatan (2) Profil Kait JL	120
Gambar 7.6 Denah Kolom	121
Gambar 7.7 <i>Output</i> spColumn K.1 Biaksial	123
Gambar 7.8 <i>Output</i> spColumn setelah Mpr K.1 Biaksial ...	124
Gambar 7.9 <i>Output</i> spColumn Arah Y	133
Gambar 7.10 <i>Output</i> spColumn Arah Y Setelah Mpr.....	133
Gambar 8.1 Penyaluran Gaya pada Sambungan Balok-Kolom	136
Gambar 8.2 Geometrik Konsol Pendek	137
Gambar 8.3 Potongan Balok BI.1	141
Gambar 8.4 Sambungan Balok BI.1 dan Kolom K.1	141
Gambar 8.5 Sambungan Balok BI.1, BI.2 dan Kolom K.1.	143
Gambar 8.6 Potongan Balok BI.1 dan BI.2	143
Gambar 8.7 Potongan Balok BI.3 <i>Single Sided</i>	145

Gambar 8.8 Sambungan Balok BI.3 dan Kolom K.1 <i>Single Sided</i>	145
Gambar 8.9 Potongan Balok BI.3	147
Gambar 8.10 Sambungan Balok BI.3 dan Kolom K.1	147
Gambar 8.11 Geometrik Konsol Pendek Balok Anak	148
Gambar 8.12 Perletakan HCS dan BA di tengah	151
Gambar 8.13 Perletakan HCS dan BI.3 di Tengah	151
Gambar 8.14 Perletakan HCS dan BI.3 di Ujung	152
Gambar 8.15 Potongan Memanjang Penampang HCS	152
Gambar 9.1 Pembagian Segmen Tiang Pancang	155
Gambar 9.2 Diagram Gaya Lateral Tiang.....	158
Gambar 9.3 Penulangan P1.....	166

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Beton Pracetak dan Beton Konvensional.....	5
Tabel 3.1 Tinggi Minimum Balok	17
Tabel 3.2 Koefisien Cu	20
Tabel 3.3 Koefisien Ct dan x	21
Tabel 3.4 Simpangan Ijin Struktur.....	22
Tabel 3.5 Jenis dan Besar Beban Mati.....	22
Tabel 3.7 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis	28
Tabel 4.1 Rekapitulasi <i>Preliminary Design</i> Balok	49
Tabel 4.2 Rekapitulasi <i>Preliminary Design</i> Pelat.....	51
Tabel 4.3 Rekapitulasi <i>Preliminary Design</i> Kolom.....	55
Tabel 4.4 Rekapitulasi <i>Preliminary Design</i> Dinding Geser ..	56
Tabel 5.1 Rekap Pembebanan Gravitasi	58
Tabel 5.2 Pembebanan Gravitasi pada ETABS	59
Tabel 5.3 Parameter Percepatan Spektral Desain Surabaya Situs Tanah SE	60
Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Respon Spektrum Desain.....	61
Tabel 5.5 Koefisien Batas Atas Periode Gedung.....	63
Tabel 5.6 Modal Periode dan Frekuensi	63
Tabel 5.7 Berat Efektif Struktur	65
Tabel 5.8 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y	65
Tabel 5.9 Reaksi Perletakan dan Persentasi Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y	66
Tabel 5.10 Modal Partisipasi Massa	67
Tabel 5.11 Partisipasi Massa Statis dan Dinamis	67
Tabel 5.12 Batas Simpangan Antar Lantai Ijin.....	68
Tabel 5.13 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X.....	68
Tabel 5.14 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y.....	69
Tabel 7.1 Perhitungan Mpr BI.1	114

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia. Sebagai salah satu kota besar di Indonesia, kegiatan bisnis dan perekonomian menjadi kegiatan yang menjadi fokus utama pembangunan berkelanjutan kota Surabaya. Dengan kondisi keamanan dan politik yang relatif kondusif dibandingkan kota besar lain di Indonesia membuat Surabaya menjadi tujuan investasi para investor yang ingin menanamkan modal di negara ini. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, pertumbuhan ekonomi Jawa Timur menunjukkan angka 5,5% serta tingkat investasi mencapai 350 triliun rupiah pada tahun 2016. Data tersebut pasti juga akan mendorong bisnis dan perekonomian di Surabaya yang merupakan ibukota provinsi Jawa Timur.

Untuk memfasilitasi para investor yang akan menanamkan modal di Jawa Timur dan khususnya Surabaya, diperlukan gedung perkantoran sebagai tempat suatu perusahaan bisa mengatur dan mengawasi investasinya namun tetap dengan akses yang terbaik yang bisa ditemui di Surabaya. Hal ini dapat terlihat dari meningkatnya *occupancy rate* sewa ruang perkantoran yang ada di Surabaya terutama di daerah Basuki Rahmat.

Berjalannya kesepakatan Masyarakat Ekonomi Asean, kemudian berkembangnya kota di sekitar Surabaya menjadi kawasan ekonomi pada akhirnya turut mendorong juga permintaan *office building* yang mampu memenuhi kebutuhan masyarakat. *Office building* yang efisien adalah berupa bangunan vertikal mengingat lahan di kota besar semakin sempit dan menyebabkan harga tanah melonjak. Tidak hanya itu, namun *office building* tersebut bisa dioperasionalkan dengan cepat yang berarti proses pembangunan tidak boleh memakan waktu lama.

Bangunan yang dibangun dengan metode pracetak akan menghemat waktu pengerjaan karena banyak pekerjaan bisa dilakukan secara *overlap*, dengan mutu beton yang terjamin serta akan mengurangi anggaran karena waktu pengerjaan proyek menjadi lebih singkat yang berarti upah pekerja dan sewa alat akan berkurang. Produk beton pracetak dewasa ini sudah sering digunakan dalam bangunan gedung maupun jembatan (pracetak-prategang) karena kemudahan pelaksanaan serta keuntungan ekonomi yang bisa diperoleh. (Elly dan Supartono, 2000)

Penggunaan beton pracetak dalam bangunan bertingkat jarang dilakukan dalam perencanaan karena ada kekhawatiran mengenai kekuatan struktur dalam menahan beban lateral terutama di daerah sambungan. Kekhawatiran ini semakin meningkat mengingat Indonesia merupakan negara yang berada di zona rawan gempa.

Secara umum sambungan komponen pracetak dibagi menjadi 2 metode, yaitu metode sambungan kering dan metode sambungan basah. Metode sambungan kering adalah metode penyambungan komponen beton pracetak dimana sambungan tersebut dapat segera berfungsi 4 secara efektif. Yang termasuk dalam metode ini adalah alat sambung berupa las dan baut. Sedangkan metode sambungan basah adalah metode penyambungan komponen beton pracetak dimana sambungan tersebut baru dapat berfungsi secara efektif setelah beberapa waktu tertentu. Yang termasuk dalam metode ini adalah sambungan dengan cor ditempat, *in situ concrete joint*. (Ervianto, 2006).

Didorong oleh berbagai permasalahan dan alasan di atas, maka tugas akhir saya akan melakukan Desain Modifikasi Struktur Gedung Perkantoran One Galaxy dengan *Dual System* menggunakan Elemen Pracetak dan *Hollow Core Slab*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang harus dibahas dan diselesaikan berdasarkan latar belakang di atas antara lain :

1. Bagaimana merencanakan dimensi elemen struktur utama?
2. Bagaimana menentukan beban yang akan terjadi, baik beban gravitasi maupun beban lateral berupa beban gempa dan angin?
3. Bagaimana beban lateral akan didistribusikan ke struktur?
4. Bagaimana merencanakan elemen struktur sekunder?
5. Bagaimana model dan detail sambungan elemen pracetak yang akan digunakan?
6. Bagaimana menunjukkan hasil analisa dan perencanaan dalam bentuk gambar?

1.3 Tujuan

Tugas akhir ini memiliki beberapa tujuan antara lain :

1. Merencanakan dimensi struktur utama yaitu balok-kolom dari beton pracetak agar didapatkan dimensi yang efisien.
2. Menentukan beban gravitasi serta beban lateral berupa beban gempa dan beban angin yang bekerja terhadap struktur.
3. Menentukan bagaimana beban lateral akan terdistribusi ke struktur.
4. Merencanakan dimensi struktur sekunder dengan efisien.
5. Merencanakan jenis dan detail sambungan elemen pracetak.

6. Menggambarkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Elemen struktur utama kolom dicor di tempat, sedangkan balok merupakan beton pracetak (*precast*).
2. Elemen struktur sekunder yaitu pelat merupakan beton pracetak *Hollow Core Slab* dan pelat cor-in situ.
3. Struktur bangunan yang direncanakan hanya sampai lantai 19.
4. Tidak melakukan analisa waktu dan biaya pada pelaksanaan konstruksi.
5. Perencanaan ini tidak termasuk memperhitungkan sistem utilitas bangunan, saluran pembuangan, saluran air bersih, jaringan listrik , serta *finishing*.
6. Tidak merencanakan dinding penahan tanah.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah :

1. Sebagai bahan acuan dalam perencanaan bangunan gedung bertingkat dengan menggunakan metode pracetak (*precast*) yang tahan gempa.
2. Sebagai acuan dalam perencanaan sambungan bangunan gedung bertingkat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton Pracetak

Beton pracetak adalah beton yang dibuat dipabrik atau di *ground floor* proyek yang kemudian diangkat untuk dipasang pada tempatnya (Wibowo, 2006). Pemakaian beton pracetak semakin dominan digunakan pada pekerjaan struktur dalam bidang teknik sipil ditengah semakin besarnya tuntutan akan pelaksanaan pembangunan konstruksi yang cepat dan efisien. Hal ini disebabkan performa sistem pracetak yang terbukti lebih handal dari sistem konvensional dalam memenuhi kebutuhan pembangunan di era globalisasi yang menuntut profesionalitas dan efisiensi (Nurjaman, Faizal, dan Sidjabat, 2010). Namun selain dari kelebihan-kelebihan metode pracetak yang telah disebutkan sebelumnya, metode ini juga mempunyai kekurangan yaitu pada aspek perancangan yang juga harus memperhatikan cara penyambungan antar komponen, sistem transportasi serta metode pelaksanaan pemasangannya. Faktor yang perlu dipertimbangkan adalah dimensi dan berat setiap komponen yang harus sesuai dengan ketersediaan alat angkat dan alat angkut yang membutuhkan biaya tambahan untuk pengadaannya. Karena jika ketiga aspek tersebut diabaikan, maka akan mengakibatkan biaya konstruksi menjadi mahal.

2.2 Perbandingan Beton Pracetak dengan Konvensional

Berikut perbandingan antara beton pracetak dan beton konvensional :

Tabel 2.1 Perbandingan Beton Pracetak dan Beton Konvensional

ITEM	KONVENSIONAL	PRACETAK
Desain	Sederhana	Membutuhkan wawasan yang

		luas terutama yang ada kaitannya dengan fabrikasi sistem, transportasi serta pelaksanaan atau pemasangan komponen, sistem sambungan dan sebagainya.
Bentuk dan Ukuran	Efisien untuk bentuk yang tidak teratur dan bentang-bentang yang tidak mengulang.	Efisien untuk bentuk yang teratur/relatif besar dengan jumlah bentuk-bentuk yang berulang.
Waktu Pelaksanaan	Lebih lama	Lebih cepat, karena dapat dilaksanakan secara paralel sehingga hemat waktu 20-25%.
Teknologi Pelaksanaan	Konvensional	Butuh tenaga yang mempunyai keahlian.
Koordinasi	Kompleks	Lebih

Pelaksanaan		sederhana, karena semua pengecoran elemen struktur pracetak telah dilakukan di pabrik.
Pengawasan / Kontrol Kerja	Bersifat kompleks, serta dilakukan dengan cara terus menerus.	Sifatnya lebih mudah karena telah dilakukan pengawasan oleh kualitas kontrol di pabrik.
Penggunaan Lahan	Butuh area yang relatif luas karena butuh adanya penimbunan material dan ruang gerak.	Tidak memerlukan lahan yang luas untuk penyimpanan material selama proses pengerjaan konstruksi berlangsung, sehingga lebih bersih terhadap lingkungan.
Pengaruh Cuaca	Banyak dipengaruhi oleh keadaan cuaca.	Tidak dipengaruhi cuaca karena dibuat di pabrik.
Ketepatan/Akurasi Dimensi	Sangat tergantung keahlian pelaksana.	Karena dilaksanakan di pabrik, maka ketepatan ukuran lebih

		terjamin.
Kualitas	Sangat tergantung banyak faktor, terutama keahlian pekerja dan pengawasan.	Lebih terjamin kualitasnya karena di kerjakan di pabrik dengan menggunakan sistem pengawasan pabrik.

2.3 Elemen Struktur Beton Pracetak

2.3.1 Pelat

Pelat dianggap sebagai elemen yang sangat kaku untuk mendistribusikan gempa. Pada waktu pengangkutan beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi saat pelat sudah komposit. Untuk pelat pracetak, ada beberapa jenis yang umum saat ini yaitu :

1. Pelat pracetak berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 2 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 15 inchi.



Gambar 2.1 Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

2. Pelat pracetak tanpa lubang (*Solid Slabs*)

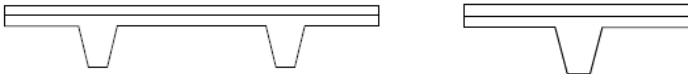


Gambar 2.2 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (*Solid Slab*)

Pelat pracetak dimana tebal pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan ketebalan dan lebar yang bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 5 hingga 35 feet.

3. Pelat pracetak *Double Tees* dan *Single Tee*

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung.



Gambar 2.3 Pelat Pracetak *Double Tees* dan *Single Tees*

2.3.2. Balok

Balok memikul beban pelat dan berat sendiri. Selain itu, balok juga berfungsi untuk memikul beban-beban lain

yang bekerja pada struktur tersebut. Untuk balok pracetak, ada tiga jenis balok yang sering atau umum digunakan :

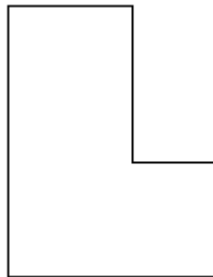
1. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*) :

Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



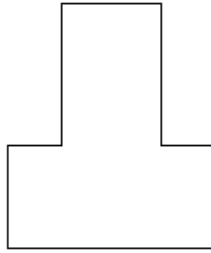
Gambar 2.4 Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*)

2. Balok berpenampang L (*L-Shaped Beam*)



Gambar 2.5 Balok Berpenampang L (*L-Shape Beam*)

3. Balok berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*)

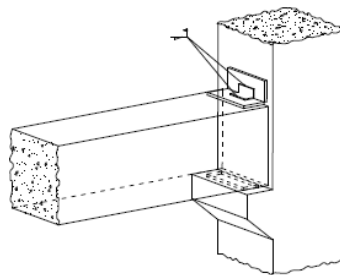


Gambar 2.6 Balok Berpenampang T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)

2.4 Sambungan pada Beton Pracetak

2.4.1 Sambungan dengan Menggunakan Las

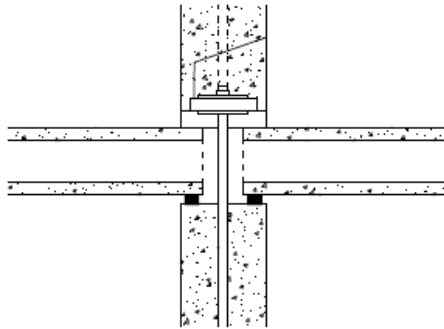
Alat sambung jenis ini menggunakan plat baja (Plat sisip) yang ditanam masuk pada daerah tulangan dan ditempatkan pada ujung-ujung beton yang akan disatukan, kemudian di cor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Fungsi dari plat baja ini adalah untuk meneruskan gaya-gaya sehingga plat baja ini harus benar-benar menyatu dengan material betonnya (Ervianto 2006). Untuk menyatukan antar plat sisip dari beton yang akan disambung digunakan plat baja (Plat sambung) yang dilas ke plat sisip. Setelah dilas, plat disambung tersebut kemudian ditutup dengan menggunakan adukan beton. Hal ini dilakukan untuk melindungi plat penyambung tersebut dari korosi yang membahayakan kekuatan sambungan.



Gambar 2.7 Sambungan Menggunakan Las

2.4.2 Sambungan dengan Menggunakan Baut

Metode penyambungan jenis ini dilakukan dengan memberikan plat baja pada ujung-ujung kedua elemen beton pracetak yang akan disambung. Plat baja tersebut ditanam masuk pada daerah tulangan dan dicor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Plat baja dari kedua komponen tersebut disatukan menggunakan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Untuk menghindari terjadinya korosi pada plat baja, setelah proses penyambungan selesai dilakukan maka plat baja tersebut ditutup dengan adukan semen beton. (Ervianto, 2006)

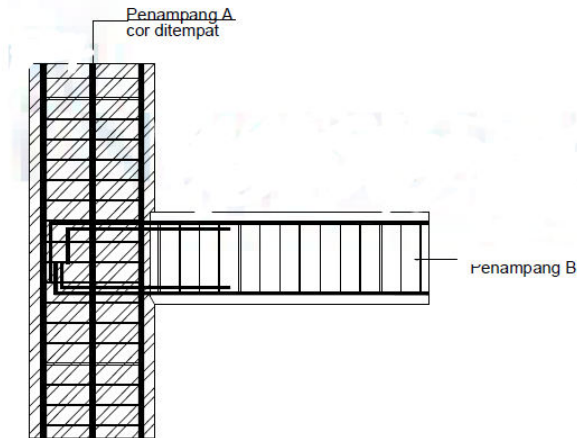


Gambar 2. 8 Sambungan Menggunakan Baut

2.4.3 Sambungan dengan Menggunakan Cor di Tempat (*Wet Joint*)

Metode penyambungan jenis ini menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung antar komponen beton pracetak. Komponen beton pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan komponen satu dengan yang lain. Sambungan jenis ini lebih sering digunakan dalam pelaksanaan beton pracetak karena menghasilkan struktur yang lebih kaku jika dibanding dengan menggunakan sambungan jenis lain. Selain itu sambungan

jenis ini lebih mudah untuk dikerjakan dilapangan. (Ervianto, 2006)



Gambar 2.9 Sambungan Menggunakan Cor di Tempat

2.5. Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser merupakan struktur kaku yang digunakan untuk menahan gaya lateral (gaya gempa). Ada beberapa tipe dinding geser :

1. *Flexural Wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \geq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
2. *Squat Wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \leq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku geser.
3. *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. (Imran dkk 2008)

Shear wall efektif untuk digunakan pada bangunan dengan jumlah lantai lebih dari 10 karena dimensi dan penulangan kolom akan lebih efisien dan ekonomis. Mengubah dimensi shear wall menjadi lebih besar akan membuat shear wall lebih besar menerima gaya horizontal dan penempatan shear wall di lokasi yang tepat akan mengurangi pergerakan struktur saat terjadi gempa bumi. (Chandurkar dan Pajgade, 2013)

Gaya aksial yang terjadi pada kolom saat terjadi gempa bumi juga akan tereduksi sebesar 45% karena penggunaan dinding geser. Hal yang sama juga terjadi di kolom lantai teratas dari bangunan dimana besar momen lentur, gaya geser dan aksial juga tereduksi. Posisi dinding geser harus tepat dan perlu dilakukan percobaan beberapa kali untuk menempatkan dinding geser agar efektif dalam menahan beban lateral. (Sud, Shekhawat, dan Dhiman, 2014)

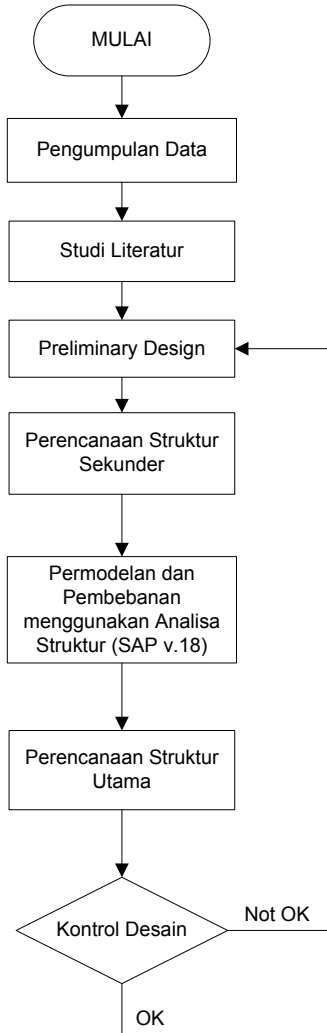
2.6. Hollow Core Slab

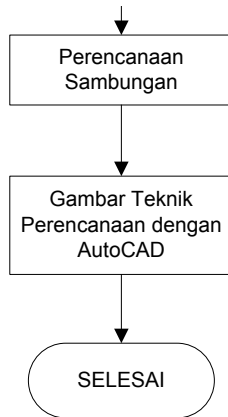
Hollow Core Slab (HCS) adalah salah satu jenis pelat beton pracetak berlubang yang disambung menggunakan tendon kabel pratekan dan memiliki berat yang lebih ringan dari *solid slab* biasa.

Hollow Core Slab yang disusun secara kontinu dapat menambah kapasitas beban yang dapat diterima oleh pelat tersebut dengan defleksi yang lebih kecil, kontinuitas momen juga dapat dicapai dengan menempatkan tulangan memanjang diatas sambungan pelat yang di-*overtopping* oleh beton. (Tan, Zheng, dan Parmashivam, 1996)

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Perencanaan





3.2 Data Perencanaan dan Studi Literatur

3.2.1 Data Umum Bangunan

Nama Gedung	:	One Galaxy Office Building
Tipe Bangunan	:	Perkantoran
Kota	:	Surabaya
Jumlah Lantai	:	19 lantai
Tinggi Bangunan	:	± 84 meter (@4,2 meter)
Struktur Bangunan	:	Balok <i>Precast</i> , Pelat <i>Precast</i> HCS dan Kolom <i>cast in-situ</i>
Sistem Bangunan	:	<i>Dual System</i> (SRPMK dan Dinding Geser)

3.2.2 Data Material

Mutu Beton	:	40 MPa
Mutu Baja Tulangan	:	Polos = 240 MPa Ulir = 400 MPa

3.2.3 Studi Literatur

Dalam perencanaan bangunan ini, digunakan beberapa peraturan dan buku yang digunakan yaitu :

1. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung
2. SNI 1727:2013 tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain
3. SNI 1726:2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
4. ACI 318M-14, Chapter 18-Earthquake Resistant Structures
5. PPIUG 1983
6. PCI Design Handbook Precast and Prestress Concrete 6th Edition

3.3 Preliminary Design

3.3.1 Pelat

Perencanaan pelat menggunakan pelat pracetak tipe *Hollow Core Slab*, maka tebal pelat menggunakan tebal 200 mm dengan lebar 1200 mm sesuai yang ada di pasaran dan panjang sesuai dengan jarak antar balok yang akan direncanakan yaitu 8500 mm. Mutu beton yang digunakan 45 MPa dengan kekuatan tendon prategang $\varnothing 7$ mm.

3.3.2 Balok

Untuk menentukan ukuran tinggi balok, baik balok anak maupun utama direncanakan dimensi tinggi balok awal berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 pada tabel 9.5 (a) halaman 70. Lebar balok ditentukan 2/3 dari tinggi balok.

Tabel 3.1 Tinggi Minimum Balok

$h_{min} = \frac{L}{16}$	Digunakan apabila $f_y = 420$ Mpa
$h_{min} = \frac{L}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$	Digunakan untuk $f_y \neq 420$ Mpa
$h_{min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003 w_c)$	Digunakan untuk nilai W_c 1440 kg/m^3 sampai 1840 kg/m^3

Dimana :

h_{\min} = Tinggi balok

L = Panjang balok

3.3.3 Kolom

Ukuran kolom ditentukan berdasarkan beban tekan aksial yang dipikul berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 dengan rumus :

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

Dimana,

W = Beban aksial yang diterima kolom

f_c' = Kuat tekan beton karakteristik

A = Luas penampang kolom

3.3.4 Perencanaan Balok Anak

Pelat sebagai elemen yang paling awal menerima beban kemudian akan mendistribusikan beban ke balok anak. Beban yang diterima balok anak akan dihitung sebagai beban ekuivalen trapesium.

Dari beban yang dipikul oleh balok anak tersebut akan digunakan untuk menghitung gaya dalam. Gaya dalam tersebut digunakan untuk perhitungan penulangan lentur dan geser. Penentuan dimensi awal balok anak sama dengan balok utama yaitu mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2 pada tabel 9.5 (a) halaman 70.

3.3.5 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga dimulai dengan menghitung lebar dan tinggi injakan pada tangga, dengan syarat sebagai berikut :

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

Dimana :

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

Sudut kemiringan tangga (α) harus berkisar antara 25° – 40° . Untuk penulangan elemen tangga, dilakukan perhitungan tulangan pelat bordes dan pelat dasar tangga yang direncanakan dengan persyaratan perhitungan tulangan pelat dengan tumpuan sederhana. Perencanaan tebal pelat tangga ditentukan dengan persyaratan perhitungan dimensi awal pelat.

3.4 Permodelan dan Pembebanan dengan Analisa Struktur (ETABS 2015)

3.4.1 Penggunaan Analisa Struktur

Analisa struktur utama menggunakan program bantu analisa struktur ETABS 2015 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur. Namun demikian, tetap diperlukan kontrol dalam permodelan struktur agar mendekati keadaan di lapangan.

3.4.2 Perhitungan Gaya Dalam

Untuk mendapatkan gaya dalam struktur utama, berikut hal yang harus diperhatikan dan data yang dimasukkan:

- Bentuk Gedung
- Posisi dan Dimensi Elemen Struktur
- Pembebanan Struktur
- Kombinasi Pembebanan
- Respon Spektrum Gempa

3.4.3 Kontrol Permodelan Struktur

3.4.3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Nilai partisipasi massa harus $\geq 90\%$ dari massa aktual struktur. Analisis dilakukan untuk menentukan ragam getar alami struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkomposisi paling sedikit 90% dari massa aktual masing-

masing arah horizontal-orthiginal dari respons yang ditinjau oleh model sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.9.1.

3.4.3.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Sesuai dengan 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.

Dalam persyaratan, periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan di atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 14 pada SNI 1726-2012 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”, diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1.

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

Dimana :

T_a = Periode Fundamental Pendekatan

C_t = Koefisien yang ditentukan dari Tabel 15, SNI 1726:2012

h_n = Tinggi bangunan (m)

x = Koefisien yang ditentukan dari Tabel 15, SNI 1726:2012

Tabel 3.2 Koefisien C_u

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, SD1	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6

$\leq 0,15$	1,7
-------------	-----

Tabel 3.3 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

3.4.3.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1 : Gaya Dinamis > 85% Gaya Statis. Bila perioda fundamental struktur (T) yang dihitung melebihi $C_u \cdot T_a$, maka $C_u \cdot T_a$ 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 ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85 (V/Vt).

3.4.3.4 Kontrol Defleksi Bangunan

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.6 : Defleksi tiap lantai > Defleksi ijin. 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, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya.

Jika desain tegangan ijin digunakan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.

Tabel 3.4 Simpangan Ijin 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

3.5 Pembebanan Struktur

3.5.1 Jenis Beban

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727:2013 pasal 3.1)

Tabel 3.5 Jenis dan Besar Beban Mati

Jenis Beban	Besar Beban
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Aspal	2200 kg/m ³
Plafon	7 kg/m ²
Penggantung Plafon	11 kg/m ²

Lantai Ubin	24 kg/m ²
Spesi (/cm)	21 kg/m ²
Dinding Bata Ringan	100 kg/m ²

2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, hujan, gempa, serta banjir. (SNI 1727:2013 pasal 4.1)

Beban hidup untuk perencanaan Tugas Akhir ini adalah :

- Gedung Perkantoran = 2,4 kN/m²
 - Atap yang digunakan untuk taman atap = 2,4 kN/m²
- Berdasarkan SNI 1727:2013 Tabel 4-1 Beban hidup terdistribusi minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum, halaman 25-28.

3. Beban Angin

Beban angin mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh tekanan udara. (SNI 1727:2013 pasal 26)

Parameter beban angin yang harus diperhitungkan antara lain :

- a. Kecepatan angin dasar, V (SNI 1727:2013 pasal 26.5)
- b. Faktor arah angin, K₀ (SNI 1727:2013 pasal 26.6)
- c. Kategori eksposur (SNI 1727:2013 pasal 26.7)
- d. Faktor topografi, K_{zr} (SNI 1727:2013 pasal 26.8)
- e. Faktor efek tiupan angin (SNI 1727:2013 pasal 26.9)
- f. Klasifikasi ketertutupan (SNI 1727:2013 pasal 26.10)
- g. Koefisien tekanan internal (SNI 1727:2013 pasal 26.11)

4. Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung dengan zona gempa wilayah kota Surabaya.

Analisa beban gempa menurut SNI 1726:2012 :

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

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Di mana :

- S_{DS} = percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek
- R = faktor modifikasi respons
- I_e = faktor keutamaan bangunan

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

$$V = C_s \times W$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Di mana :

- C_s = koefisien respons 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

3.5.2 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan pembebanan digunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 sebagai berikut :

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

Dimana :

U = Beban Ultimate

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

E = Beban Gempa

3.6 Perencanaan Struktur Utama

3.6.1 Penulangan Balok

Penulangan balok anak dan balok utama dilakukan untuk menahan momen lentur, geser, dan torsi yang dihitung berdasarkan pada SNI 2847:2013 pasal 10 dan 11.

3.6.1.1 Penulangan Lentur Balok

Tahapan dalam merencanakan tulangan lentur adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u .
2. Menentukan harga β_1 sesuai peraturan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} < 0.025$$

$$\rho_{\max} < 0.75\rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c}$$

5. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{Mn}{\phi b d^2}$$

6. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan

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

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

7. Menentukan luas tulangan (A_s) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{bxd} \quad A_s = \rho b x d$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2}$$

9. Menghitung jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1}$$

3.6.1.2 Penulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dimana :

- ϕ = faktor reduksi kekuatan (geser = 0,75)
 V_n = kuat geser nominal penampang balok
 V_u = gaya geser ultimate pada penampang balok

3.6.1.3 Penulangan Torsi Balok

Penulangan torsi harus diperhitungkan apabila memenuhi syarat berikut :

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right)$$

Perencanaan penampang terhadap torsi :

$$T_u \leq \phi T_n$$

Tulangan sengkang untuk puntir :

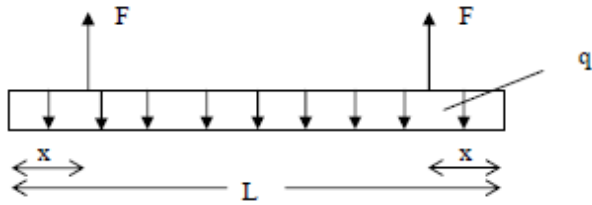
$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta$$

Dimana :

- T_u = Momen torsi terfaktor
 T_n = Kuat momen torsi
 T_c = Kuat torsi nominal beton
 T_s = Kuat torsi nominal tulangan geser (sengkang)
 A_0 = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm^2)

3.6.1.4 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah beban dari berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat pada balok. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 3.1 Model Pembebanan saat Pengangkatan Balok Pracetak

Tabel 3.7 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis

Pengangkatan dari bekisting	1,7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1,2
Transportasi	1,5
Pemasangan	1,2

3.6.2 Penulangan Kolom

Penulangan kolom dilakukan untuk menahan momen lentur, geser, dan torsi yang dihitung berdasarkan pada SNI 2847:2013 pasal 10 dan 11.

3.6.2.1 Penulangan Lentur Kolom

Setelah didapatkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada kolom melalui hasil dari analisa struktur menggunakan SAP v.18, kemudian digunakan *software* analisa kolom dengan PCACol yang akan menghasilkan berupa tulangan lentur yang digunakan dan jaraknya.

3.6.2.2 Penulangan Geser Kolom

Penulangan geser kolom dihitung berdasarkan persyaratan di SNI 2847:2013 pasal 11.5.1. mengenai geser.

3.6.2.3 Persyaratan Strong Column Weak Beam

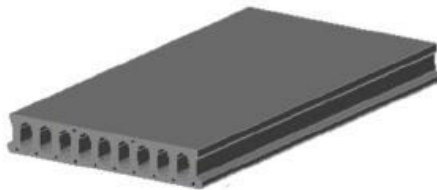
Sesuai filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa

$$\Sigma Mn_c \geq (1,2) \times \Sigma Mn_b$$

Dimana ΣMn_c adalah momen kapasitas kolom dan ΣMn_b merupakan momen kapasitas balok. Untuk Mn_c didapatkan dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau guna mengontrol syarat *strong column weak beam*. Setelah didapatkan jumlah tulangan kolom yang diperlukan, selanjutnya adalah mengontrol kapasitas kolom tersebut agar memenuhi persyaratan *strong column weak beam*.

3.6.3 Perencanaan dan Kontrol *Hollow Core Slab*

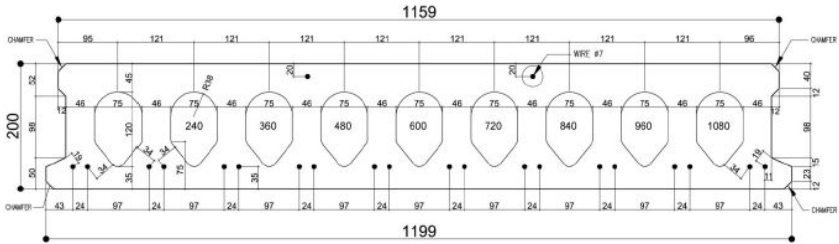
Hollow Core Slab yang digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini menggunakan *Hollow Core Slab* hasil produksi PT. Beton Elemenindo Perkasa yang memiliki daya dukung sebagai berikut :



Type	Area (cm ²)	Self Load (Kg/m ²)	Rongga
HCS 200	1.323,68	260	42,60%

Gambar 3.2 Data Penampang *Hollow Core Slab* yang Digunakan

PENAMPANG TEBAL 200 mm



Gambar 3.3 Detail Penampang *Hollow Core Slab* yang Digunakan

3.6.3.1 Kontrol Kuat Geser *Hollow Core Slab*

Untuk mengetahui kuat geser *Hollow Core Slab* mampu menahan gaya geser yang diterima, sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dimana :

ϕ = faktor reduksi kekuatan (geser = 0,75)

V_n = kuat geser nominal penampang balok

V_u = gaya geser ultimate pada penampang balok

3.6.3.2 Kontrol Kuat Lentur *Hollow Core Slab*

Untuk mengetahui kuat lentur *Hollow Core Slab* mampu menahan gaya lentur yang diterima, maka harus memenuhi :

$$\phi M_n \geq M_u$$

Dimana :

ϕ = faktor reduksi kekuatan (lentur = 0,9)

M_n = kuat lentur nominal penampang balok

M_u = gaya lentur ultimate pada penampang balok

3.6.3.3 Pengangkatan *Hollow Core Slab*

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan

terhadap tulanng angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkatan dalam proses transportasi kondisi yang demikian menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada proses pengangkatan dapat menggunakan bantuan balok angkat yang memiliki kegunaan untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

a. Dua Titik Angkat

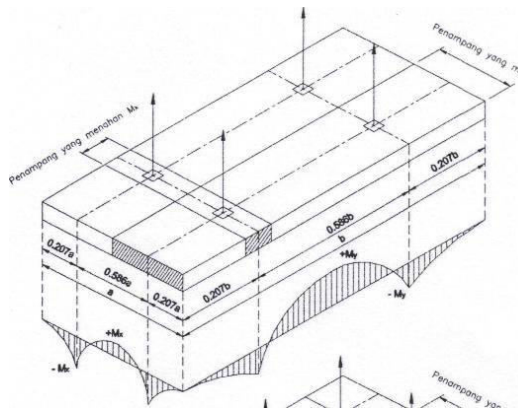
Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0107 w a b^2$$

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/2$

M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 3.4 Posisi Titik Angkat Pelat (4 buah titik angkat)

b. Empat Titik Angkat

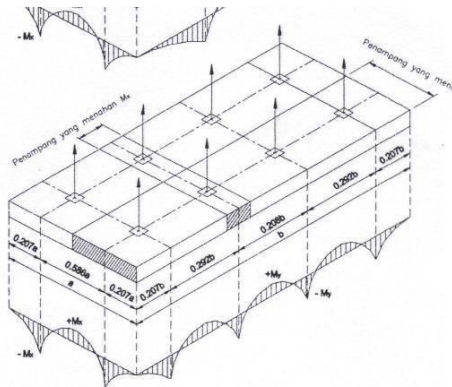
Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2$$

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/4$

M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 3.5 Posisi Titik Angkat Pelat (8 buah titik angkat)

3.6.4 Perencanaan & Penulangan Dinding Geser

1. Kuat Aksial Rencana

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

2. Pemeriksaan Tebal Dinding

Tebal dinding dianggap cukup apabila memenuhi kriteria berikut

:

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

Dimana : $d = 0,8 \cdot I_w$

3. Kuat Geser Beton

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.9.6 :

$$V_c = 0,27 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4l_w}$$

Dimana :

l_w = panjang keseluruhan dinding

N_u = positif untuk gaya tekan dan negatif untuk gaya tarik

$\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}$ = jika nilai nya negatif, maka tidak dapat digunakan

4. Penulangan Geser

Penulangan geser dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 13.9.8.

5. Penulangan Geser Horizontal

Dihitung berdasarkan pada SNI 2847:2013, pasal 11.9.9.

6. Penulangan Geser Vertikal

Dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.9.9.4.

3.7 Perencanaan Sambungan

Sambungan antar komponen pracetak tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi juga harus mampu secara efektif mengintegrasikan komponen-komponen tersebut sehingga struktur secara keseluruhan dapat berperilaku monolit. Menurut ACI 318M-14 pasal 18.9.2.1 sambungan daktail pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut:

$$V_n \geq 2 V_e$$

Dimana,

V_n = Kekuatan Geser Nominal

V_e = Kekuatan Geser Aktual

Sedangkan menurut ACI 318M-14 pasal 18.9.2.2, *strong connection* pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut :

$$\phi S_n \geq 1,4 S_e$$

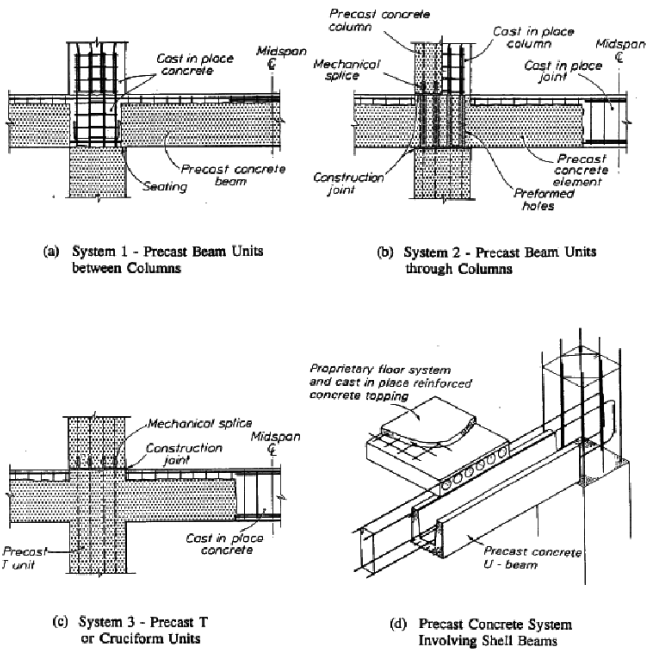
Dimana,

S_n = kekuatan lentur, geser, atau aksial momen sambungan

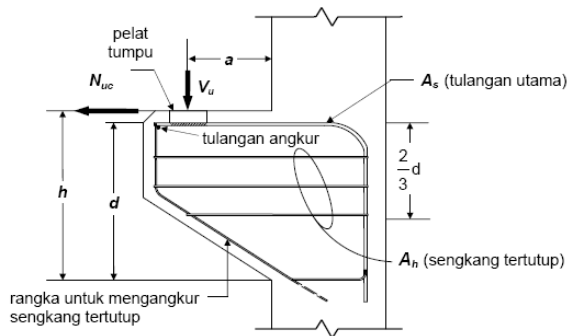
Se = gaya lentur, geser, gaya aksial pada sambungan yang terkait dengan pembentukan kuat rencana dilokasi leleh yang diharapkan.

3.7.1 Sambungan Balok-Kolom

Sambungan balok-kolom yang tahan terhadap gempa dapat menggunakan sambungan basah (*wet joint*) pada balok pracetak dan kolom *cast in-situ* dapat menggantikan hubungan balok-kolom monolit biasa. (Breccoloti, 2016)



Gambar 3.6 Contoh Sambungan Basah Pracetak



Gambar 3.7 Perencanaan Konsol Pendek

Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan.

Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.

3.7.2 Sambungan Balok Utama-Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya 1/180 kali bentang bersih komponen plat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Demikian pula dengan sambungan pada balok induk ke tangga.

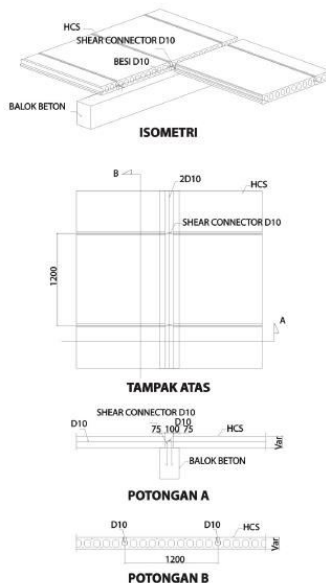
Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:13 pasal 13.7.3. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan.

Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.

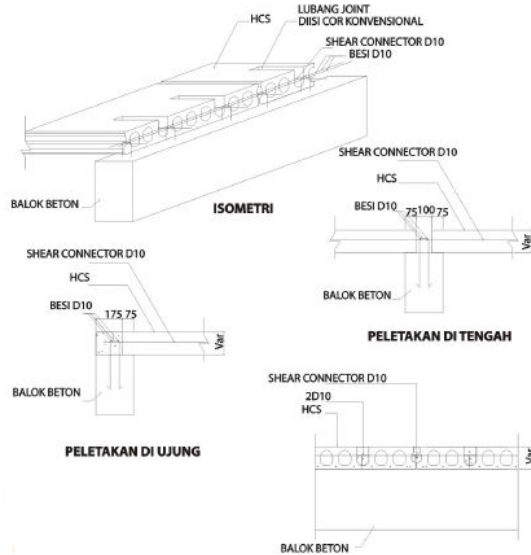
3.7.3 Sambungan Balok-Pelat

Untuk mendapatkan sambungan yang memiliki sifat kaku, monolit, dan terintegrasi, gaya dari pelat harus tersalurkan pada balok dengan baik. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

- *Shear connector*, dengan pemasangan *shear connector* pada HCS dengan bentang lebih dari 3 meter. *Shear connector* berupa tulangan D10 yang dipasang pada lubang joint.
- Dengan memberikan topping beton konvensional.



Gambar 3.8 Sambungan Pelat HCS dengan Balok Tengah



Gambar 3.9 Sambungan Pelat HCS dengan Balok Ujung

Detailing Pracetak dari SNI 2847 : 2013 pasal 16.6.2.2

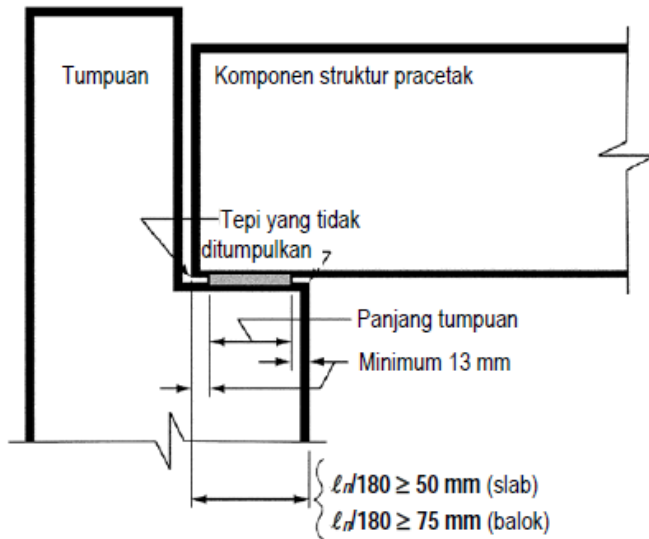
Kecuali bila ditunjukkan dengan pengujian atau analisis bahwa kinerja tidak akan berkurang, (a) dan (b) harus dipenuhi :

(a) Setiap komponen struktur dan sistem penumpunya harus mempunyai dimensi desain yang dipilih sehingga, setelah peninjauan toleransi, jarak dari tepi tumpuan ke ujung komponen struktur pracetak dalam arah bentang paling sedikit $ln/180$, tetapi tidak kurang dari:

Untuk slab masif atau inti berongga (*hollow-core*).....50 mm

Untuk balok atau komponen struktur bertangkai.....75 mm

(b) Lembaran tumpuan pada tepi yang tidak ditumpulkan (*unarmored edges*) harus ditempatkan mundur minimum sebesar 13 mm dari muka tumpuan, atau paling sedikit dimensi keprasan (*chamfer*) pada tepi yang dikepras (*chamfered*).



3.8 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 dilokasi. 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 03-1729-2013 pasal 22.6.6.3.
- **Pelat Lantai *Basement***
Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013.

3.9 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 tinggientu menggunakan pondasi dalam, contohnya ialah pondasi tiang pancang dan pondasi *Bore Pile*.

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

3.9.1 Daya Dukung Tiang Vertikal

Luciano Decourt memberikan formula daya dukung tiang vertical sebagai berikut :

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

$$q_p = N_p + K$$

$$Q_s = q_s A_s$$

$$Q_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s$$

3.9.2 Perhitungan Jumlah Tiang

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

$$n = \frac{\Sigma Pu}{Pijin}$$

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

- **Efisiensi Tiang**

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

Dimana, $\theta = \text{arc tg} \left(\frac{D}{S} \right)$

$$P maks = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{My \times X \max}{\Sigma x^2} + \frac{Mx \times Y \max}{\Sigma y^2}$$

$P ult = \text{Efisiensi tiang} \times Pu \text{ 1 tiang berdiri}$

- **Kontrol Kekuatan Tiang**

$$P ult \geq P perlu$$

$$P perlu = P maks$$

- **Kontrol Geser Ponds Pada Poer**

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

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

- $V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f' c} b_o d$
- $V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f' c} b_o d$)

Dimana :

- β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom
 b_o = keliling pada penampang kritis pada poer = $2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$
 α_s → 30, untuk kolom tepi
 → 40, untuk kolom tengah
 → 20, untuk kolom pojok

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

3.10 Metode Pelaksanaan Gedung Pracetak

Digunakan metode horizontal dalam penyatuan komponen beton pracetak, yaitu proses *erection* yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan).

Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom precast dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk penerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah cor ditempat.

Lantai 4	tahap 13	tahap 14	dan seterusnya	
Lantai 3	tahap 9	tahap 10	tahap 11	tahap 12
Lantai 2	tahap 5	tahap 6	tahap 7	tahap 8
Lantai 1	tahap 1	tahap 2	tahap 3	tahap 4

Gambar 3.10 Metode Horizontal

Pada proses konstruksi gedung pracetak yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :

1. Penggalian Tanah

Penggalian tanah dilakukan menggunakan *backhoe* sampai mencapai kedalaman *basement* yang direncanakan.

2. Pemasangan Pondasi

Pondasi tiang pancang didatangkan menggunakan truk, kemudian diangkat menggunakan *tower crane* dan kemudian dipancang menggunakan *hydraulic hammer* sampai kedalaman yang telah direncanakan. Setelah tiang pancang terpasang, kemudian dibuat poer.

3. Penulangan & Pengecoran *Basement*

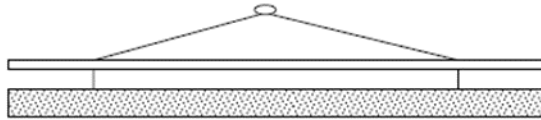
Diatas poer, kemudian disusun tulangan kolom dan tulangan dinding basement serta pemasangan bekisting. Pengecoran *basement* memerlukan truk *mixer* beton dari *supplier ready mix* dan *concrete pump*. Setelah beton mengeras, bekisting dilepas.

4. Penulangan & Pengecoran Kolom

Penulangan kolom diteruskan dari lantai sebelumnya, kemudian diberi bekisting, lalu dilakukan pengecoran dengan metode *cast in-situ* dengan truk *mixer* dan *concrete pump*. Setelah beton mengeras, bekisting dilepas.

5. Pengangkatan Balok

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.

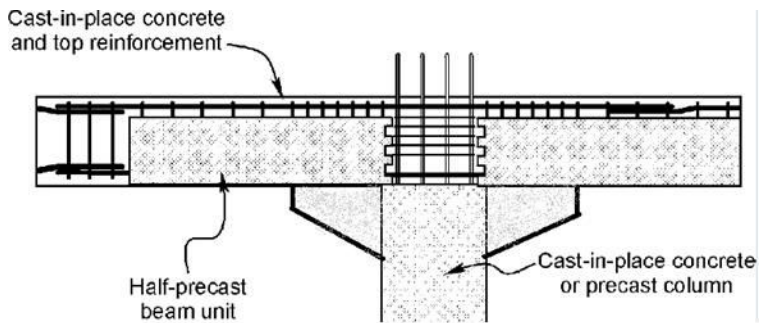


Gambar 3.11 Pengangkatan Balok Pracetak

6. Pemasangan Balok ke Kolom

Penyambungan balok induk dengan kolom menggunakan konsol pendek dan tulangan menerus antara balok induk dengan kolom. Setelah itu bagian atas balok dan bagian kolom diantara balok dicor ditempat.

Pemasangan menggunakan 1 perancah di tengah bentang balok.



Gambar 3.12 Pemasangan Balok Utama ke Kolom

7. Pemasangan Balok Anak

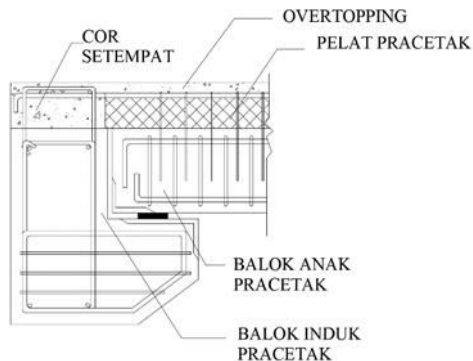
Perletakan balok anak pada balok induk digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan

perencanaan konsol pada kolom. Sedangkan, tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI.

Pemasangan menggunakan 1 perancah di tengah bentang balok.

8. Pengangkatan Pelat *Hollow Core Slab*

Pemasangan pelat / dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat / dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Digunakan *mobile crane* untuk mengangkat dengan 4 titik angkat.



Gambar 3.13 Perencanaan Konsol Pendek

9. Pemasangan & *Overtopping* Pelat *Hollow Core Slab*

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk. Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas balok anak dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk.

3.11 Gambar Teknis Hasil Perhitungan

Gambar teknis hasil perhitungan dan detail sambungan akan digambar pada *software* AutoCAD dan hasilnya akan terlampir pada lampiran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB 4

PRELIMINARY DESIGN

4.1. Preliminary Design

Preliminary design merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. *Preliminary design* yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat, dan kolom.

4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok Pracetak

Dimensi balok yang direncanakan dalam *preliminary design* adalah sebagai berikut :

4.1.1.1. Perencanaan Dimensi Balok Induk Pracetak

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$
$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana : L = panjang balok
 h = tinggi balok
 b = lebar balok

Balok Induk dibagi menjadi :

- a. Balok Induk Memanjang (BI.1) dengan panjang balok (L) = 8 meter

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{800}{16} = 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 50 = 33,3 \approx 35 \text{ cm}$$

Maka, digunakan Balok Induk Memanjang (BI.1) dengan ukuran 35/50 cm

- b. Balok Induk Memanjang (BI.2) dengan panjang balok (L) = 8,5 meter

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{850}{16} = 53,125 \approx 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm}$$

Maka, digunakan Balok Induk Memanjang (BI.2) dengan ukuran 40/60 cm

- c. Balok Induk Melintang (BI.3) dengan panjang balok (L) = 8 meter

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{800}{16} = 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 50 = 33,3 \approx 35 \text{ cm}$$

Maka, digunakan Balok Induk Memanjang (BI.3) dengan ukuran 35/50 cm

4.1.1.2. Perencanaan Dimensi Balok Anak Pracetak

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{21}$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana : L = panjang balok
h = tinggi balok
b = lebar balok

Dimensi Balok Anak Melintang (BA) dengan panjang balok (L) = 8 meter

$$h_{min} = \frac{L}{21} = \frac{800}{21} = 38,09 \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 40 = 26,67 \approx 30 \text{ cm}$$

Maka, digunakan Balok Anak Melintang (BA) dengan ukuran 30/40 cm

4.1.2. Perencanaan Dimensi Balok Cor *In-Situ*

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana : L = panjang balok
h = tinggi balok
b = lebar balok

Dimensi Balok BH.1 dengan panjang balok (L) = 3,225 meter

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{322,5}{16} = 20,15 \approx 25 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 25 = 16,67 \approx 20 \text{ cm}$$

Maka, digunakan Balok BH.1 dengan ukuran 20/25 cm

Tabel 4.1 Rekapitulasi *Preliminary Design* Balok

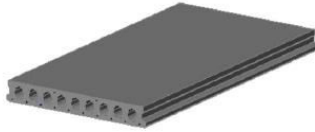
Komponen	Dimensi (cm)
BI.1 pracetak (L = 8 m)	35/50
BI.2 pracetak (L = 8,5 m)	40/60
BI.3 pracetak (L = 8 m)	35/50
BA pracetak (L = 8 m)	30/40
BH.1 cor <i>in-situ</i> (L = 3,3 m)	20/25
BH.2 cor <i>in-situ</i> (L = 3 m)	15/20
BH.3 cor <i>in-situ</i> (L = 3 m)	15/20
BH.4 cor <i>in-situ</i> (L = 1,8 m)	10/15
BH.5 cor <i>in-situ</i> (L = 2,9 m)	15/20
BV.1 cor <i>in-situ</i> (L = 3,4 m)	20/25
BV.2 cor <i>in-situ</i> (L = 8 m)	35/50

4.1.3. Perencanaan Dimensi Pelat *Hollow Core Slab*

Hollow Core Slab yang digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini menggunakan *Hollow Core Slab* hasil produksi PT. Beton Elemenindo Perkasa dengan daya dukung sebagai berikut :

Daya dukung netto (setelah dikurangi berat sendiri) untuk pelat *Hollow Core Slab* dengan pelat tebal 150 mm, diameter PC-Wire 7 mm, dengan jumlah 5 tendon :

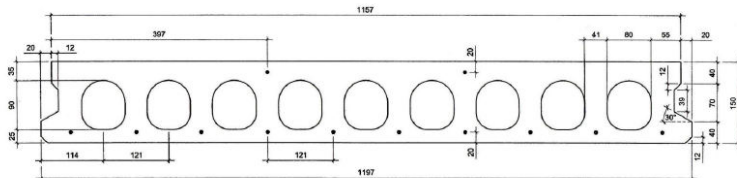
- a. Jarak 4 meter : 1180 kg/m²
- b. Jarak 4,25 meter : 1015 kg/m²



Type	Area (cm ²)	Self Load (Kg/m ²)	Rongga
HCS 150	1.117,18	247	35,80%

Gambar 4.1 *Properties* Penampang *Hollow Core Slab*

PENAMPANG TEBAL 150 mm



Gambar 4.2 Penampang Pelat *Hollow Core Slab*

4.1.4. Perencanaan Dimensi Pelat Cor In-Situ

Untuk menentukan tebal minimum pelat satu arah mengikuti peraturan h_{min} yang terdapat pada Tabel 9.5 (a) SNI 2847:2013. Tebal minimum pelat masif satu arah adalah sebagai berikut :

$$h_{min} = \frac{L}{20}$$

- Pelat 3 dengan panjang (L_y) = 3,1 meter, $f_y = 420$ MPa

$$h_{min} = \frac{310}{20} = 15,5 \text{ cm} \approx 16 \text{ cm}$$

Maka pelat 3 direncanakan dengan tebal 16 cm.

Untuk menentukan tebal minimum pelat dua arah mengikuti peraturan h_{min} yang terdapat pada Tabel 9.5 (b) SNI 2847:2013. Tebal minimum pelat masif dua arah, tanpa penebalan adalah sebagai berikut :

$$h_{min} = \frac{ln}{33}$$

- Pelat 1 dengan panjang (ln) = 3,1 meter, $f_y = 420$ MPa

$$h_{min} = \frac{310}{33} = 9,39 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

Maka pelat 1 direncanakan dengan tebal 12 cm.

Tabel 4.2 Rekapitulasi *Preliminary Design* Pelat

Komponen	Tebal
Pelat <i>Hollow Core Slab</i> (1,2 m x 4,25 m)	15 cm
Pelat <i>Hollow Core Slab</i> (1,2 m x 4 m)	15 cm
Pelat 1 Cor <i>In-Situ</i> (2,2 m x 3,1 m)	12 cm
Pelat 2 Cor <i>In-Situ</i> (0,5 m x 1,5 m)	12 cm
Pelat 3 Cor <i>In-Situ</i> (1,2 m x 3,1 m)	12 cm
Pelat 4 Cor <i>In-Situ</i> (1,2 m x 2,8 m)	12 cm
Pelat 5 Cor <i>In-Situ</i> (0,5 m x 2,8 m)	12 cm
Pelat 6 Cor <i>In-Situ</i> (1,9 m x 2,8 m)	12 cm
Pelat 7 Cor <i>In-Situ</i> (1,75 m x 2,1 m)	12 cm
Pelat 8 Cor <i>In-Situ</i> (1,95 m x 2,1 m)	12 cm
Pelat 9 Cor <i>In-Situ</i> (1,5 m x 2,7 m)	12 cm
Pelat 10 Cor <i>In-Situ</i> (1,5 m x 3,1 m)	12 cm
Pelat 11 Cor <i>In-Situ</i> (1,5 m x 2 m)	12 cm
Pelat 12 Cor <i>In-Situ</i> (2,5 m x 3 m)	12 cm
Pelat 13 Cor <i>In-Situ</i> (2 m x 2,5 m)	12 cm

Pelat 14 Cor <i>In-Situ</i> (0,78 m x 1,1 m)	12 cm
Pelat 15 Cor <i>In-Situ</i> (1,1 m x 2,5 m)	12 cm
Pelat 16 Cor <i>In-Situ</i> (0,8 m x 8 m)	16 cm

4.1.5. 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 pelat = 15 cm = 150 mm
- Tinggi tiap lantai 1-19 = 4,2 m
- Dimensi Balok Induk Memanjang (BI.1) = 35/50 cm
- Dimensi Balok Induk Memanjang (BI.2) = 40/60 cm
- Dimensi Balok Induk Melintang (BI.3) = 35/50 cm
- Dimensi Balok Anak Melintang (BA) = 30/40 cm

Pembebanan berdasarkan SNI 2847:2013 dan PPIUG 1983 sebagai berikut :

a. Beban Lantai 19-15

i. Beban Mati

Beban mati terdiri dari pelat *Hollow Core Slab*, balok induk (BI.1, BI.2, dan BI.3), balok anak memanjang (BA.1), dinding bata ringan, *plumbing* + *duckting*, plafon, penggantung plafon, spesi (2 cm), keramik, dan aspal pada atap.

TOTAL BEBAN MATI = 239.978 kg

ii. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hidup taman atap dan beban hidup perkantoran yang besarnya 2,4 kN/m².

TOTAL BEBAN HIDUP = 126.456 kg

$$\text{Beban Berfaktor} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 1,2 * 239.978 + 1,6 * 126.456 = 490.303,2 \text{ kg}$$

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 ($\phi=0.65$). Mutu Beton 40 Mpa = $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

Rencana Awal Luas Penampang Kolom :

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{490303,2}{0,65 \times 392} = 1924,27 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{1924,27} = 43,87 \approx 50 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom lantai 19-15 sebesar $50 \times 50 \text{ cm}$.

b. Beban Lantai 14-10

i. Beban Mati

Beban mati terdiri dari pelat *Hollow Core Slab*, balok induk (BI.1, BI.2, dan BI.3), balok anak memanjang (BA.1), dinding bata ringan, *plumbing + duckting*, plafon, penggantung plafon, spesi (2 cm), dan keramik.

TOTAL BEBAN MATI = 272.747 kg

ii. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hidup perkantoran yang besarnya $2,4 \text{ kN/m}^2$.

TOTAL BEBAN HIDUP = 158.070 kg

$$\text{Beban Berfaktor} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 1,2 * 272.747 + 1,6 * 158.070 = 580.209 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Lantai 19-16} = 490.303,2 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi TOTAL BEBAN} = 580.209 + 490.303,2 = 1.070.512 \text{ kg}$$

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 ($\phi=0.65$). Mutu Beton 40 Mpa = $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

Rencana Awal Luas Penampang Kolom :

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{1.070.512}{0,65 \times 392} = 4201,38 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{4201,38} = 64,82 \approx 70 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom lantai 14-10 sebesar 70 x 70 cm.

c. Beban Lantai 9-5

i. Beban Mati

Beban mati terdiri dari pelat *Hollow Core Slab*, balok induk (BI.1, BI.2, dan BI.3), balok anak memanjang (BA.1), dinding bata ringan, *plumbing* + *duckting*, plafon, penggantung plafon, spesi (2 cm), dan keramik.

TOTAL BEBAN MATI = 272.747 kg

ii. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hidup perkantoran yang besarnya 2,4 kN/m².

TOTAL BEBAN HIDUP = 158.070 kg

Beban Berfaktor = 1,2 DL + 1,6 LL = 1,2 * 272.747 + 1,6 * 158.070 = 580.209 kg

Beban Lantai 19-11 = 1.070.512 kg

Jadi TOTAL BEBAN = 580.209 + 1.070.512 = 1.650.721 kg

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 ($\phi=0.65$).

Mutu Beton 40 Mpa = 40 x 9,8 = 392 kg/cm²

Rencana Awal Luas Penampang Kolom :

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{1.650.721}{0,65 \times 392} = 6478,5 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{6478,5} = 80,489 \approx 90 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom lantai 9-5 sebesar 90 x 90 cm.

d. Beban Lantai 4-*Basement*

i. Beban Mati

Beban mati terdiri dari pelat *Hollow Core Slab*, balok induk (BI.1, BI.2, dan BI.3), balok anak memanjang (BA.1), dinding bata ringan, *plumbing* + *duckting*, plafon, penggantung plafon, spesi (2 cm), dan keramik.

TOTAL BEBAN MATI = 272.747 kg

ii. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hidup perkantoran yang besarnya $2,4 \text{ kN/m}^2$.

TOTAL BEBAN HIDUP = 158.070 kg

Beban Berfaktor = $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 1,2 * 272.747 + 1,6 * 158.070 = 580.209 \text{ kg}$

Beban Lantai 19-6 = 1.650.721 kg

Jadi TOTAL BEBAN = $580.209 + 1.650.721 = 2.230.930 \text{ kg}$

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 ($\phi=0.65$). Mutu Beton 40 Mpa = $40 \times 9,8 = 392 \text{ kg/cm}^2$

Rencana Awal Luas Penampang Kolom :

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c} = \frac{2.230.930}{0,65 \times 392} = 8755,613 \text{ cm}^2$$

$$b = h = \sqrt{8755,613} = 93,571 \approx 100 \text{ cm}$$

Digunakan dimensi kolom lantai 4-Basement sebesar 100 x 100 cm.

Tabel 4.3 Rekapitulasi *Preliminary Design* Kolom

Komponen	Dimensi (cm)
K.5-Basement	100/100
K. 10-6	90/90
K. 15-11	70/70
K.19-16	50/50

4.1.6. Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Bedasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $l/25$ tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm. Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut :

a. Shearwall 1 (SW.1)

- Panjang bentang dinding terpanjang = 7440 mm
- Tinggi dinding lantai 1-19 = 4200 mm

$$T \geq \frac{L}{25} = \frac{3450}{25} = 138 \text{ mm} = 13,8 \text{ cm}$$

$$T \geq \frac{L}{25} = \frac{4200}{25} = 168 \text{ mm} = 16,8 \text{ cm}$$

Dari 2 syarat tersebut, maka direncanakan dinding geser SW.1 mempunyai ketebalan 20 cm.

b. Shearwall 2 (SW.2)

- Panjang bentang dinding terpanjang = 5350 mm
- Tinggi dinding lantai 1-19 = 4200 mm

$$T \geq \frac{L}{25} = \frac{5475}{25} = 219 \text{ mm} = 21,9 \text{ cm}$$

$$T \geq \frac{L}{25} = \frac{4200}{25} = 168 \text{ mm} = 16,8 \text{ cm}$$

Dari 2 syarat tersebut, maka direncanakan dinding geser SW.2 mempunyai ketebalan 22 cm.

Tabel 4.4 Rekapitulasi *Preliminary Design* Dinding Geser

Komponen	Tebal
SW. 1	20 cm
SW. 2	22 cm

BAB 5

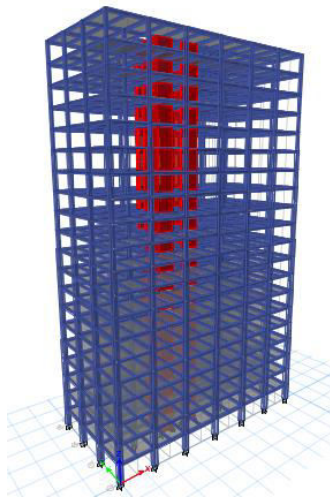
PERMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR

5.1. 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.

5.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu pemodelan struktur. Struktur pemodelan gedung memiliki total 19 lantai dengan tinggi total gedung $\pm 84\text{m}$. Pemodelan gedung berlokasi di Surabaya dengan dengan kelas situs SE.



Gambar 5.1 Permodelan Struktur pada ETABS

5.3 Pembebanan Gravitasi

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

- a. Beban Mati (PPIUG 1983)
 - Berat sendiri beton bertulang : 24 KN/m³
 - Spesi : 0,21 KN/m³
 - Keramik : 0,24 KN/m³
 - Dinding bata ringan : 1 KN/m²
 - Plafond : 0,11 KN/m³
 - Penggantung : 0,07 KN/m³
 - Plumbing + Ducting* : 0,25 KN/m²
 - Pelat *Hollow Core Slab* : 2,6 KN/m²

- b. Beban Hidup (SNI 1727 : 2013)
 - Lantai Kantor : 2,4 KN/m²

Dari analisa yang telah dilakukan, berikut adalah rekap pembebanan gravitasi pada gedung Perkantoran One Galaxy

Tabel 5.1 Rekap Pembebanan Gravitasi

Rekap Pembebanan		
LANTAI	BEBAN MATI	BEBAN HIDUP
G-19	21.100.537	5.593.504
TOTAL	26.694.041	

Didapatkan total beban mati dan beban hidup (1D +1L) 26.694.041 kg atau sebesar 266.940,41 KN. Pembebanan yang diinputkan pada ETABS harus mendekati dengan hasil perhitungan manual dengan batas toleransi 5%. Berikut adalah pembebanan gravitasi yang didapatkan dari ETABS.

Tabel 5.2 Pembebanan Gravitasi pada ETABS

Load Case / Combo	FZ	FY	FZ
	KN	KN	KN
1D + 1L	0	0	272889,204

Jadi total beban gravitasi pada ETABS (1D+1L) sebesar 272.889,204 kN. Sehingga didapatkan selisih perhitungan beban secara manual dan ETABS sebesar 2,18%.

5.4. Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

5.4.1. Faktor Keutamaan Gempa

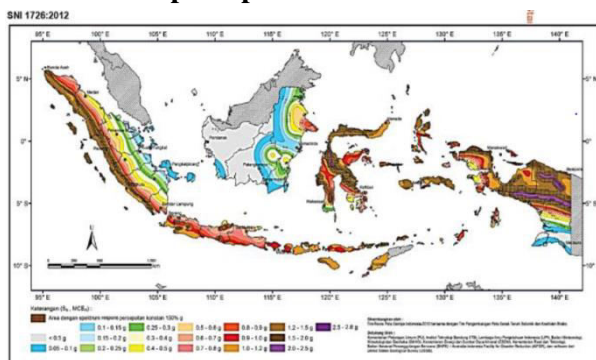
Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung perkantoran termasuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa (I) 1,0

5.4.2. Kelas Situs

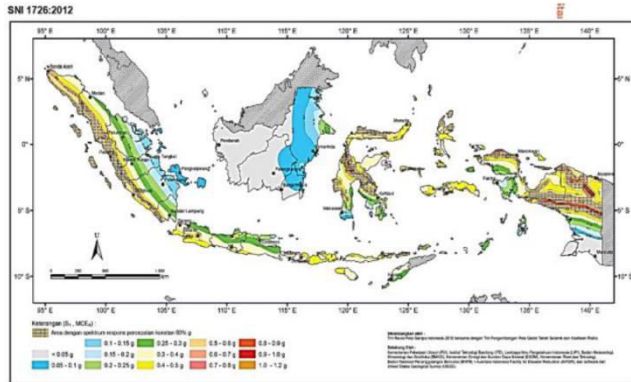
Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapatkan dari hasil pengumpulan data tanah. Pada proyek pembangunan gedung perkantoran One Galaxy didapatkan nilai $N = 7,18 < 15$, sehingga dapat disimpulkan tanah termasuk dalam kelas situs SE.

5.4.3. Parameter Respon Spektral

(a)



(b)



Gambar 5.2 Peta untuk menentukan (a) Periode Pendek 0,2 Detik (S_s) dan (b) Periode 1 Detik (S_1)

S_s , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik, kelas situs SE. Dari **Gambar 5.2a** untuk daerah Surabaya didapatkan nilai $S_s = 0,663g$

S_1 , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik, kelas situs SE. Dari **Gambar 5.2b** untuk daerah Surabaya didapatkan nilai $S_1 = 0,247 g$

Hasil perhitungan parameter percepatan spektral desain (S_{DS} , dan S_{DI}), desain respon spektral (T_o dan T_s) <http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/> dituliskan pada tabel dibawah ini :

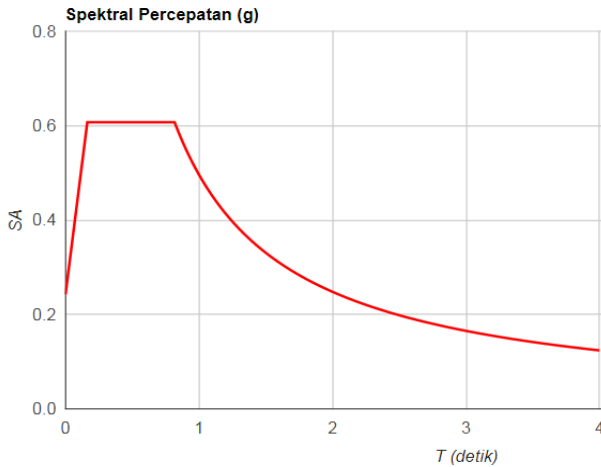
Tabel 5.3 Parameter Percepatan Spektral Desain Surabaya Situs Tanah SE

Parameter	Nilai
PGA (g)	0,325
SS (g)	0,663
S1 (g)	0,247

CRS	0,991
CR1	0,929
FPGA	1,124
FA	1,374
FV	3,012
PSA (g)	0,366
SMS (g)	0,911
SM1 (g)	0,744
SDS (g)	0,607
SD1 (g)	0,496
T0 (detik)	0,163
TS (detik)	0,817

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Respon Spektrum Desain

T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)
0	0,243	1,817	0,273	3,017	0,164
0,163	0,607	1,917	0,259	3,117	0,159
0,817	0,607	2,017	0,246	3,217	0,154
0,917	0,541	2,117	0,234	3,317	0,150
1,017	0,488	2,217	0,224	3,417	0,145
1,117	0,444	2,317	0,214	3,517	0,141
1,217	0,408	2,417	0,205	3,617	0,137
1,317	0,377	2,517	0,197	3,717	0,133
1,417	0,35	2,617	0,190	3,817	0,130
1,517	0,327	2,717	0,183	3,917	0,127
1,617	0,307	2,817	0,176	4	0,124
1,717	0,289	2,917	0,170		



Gambar 5.3 Grafik Respon Spektrum Desain

5.5. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

$$T = C_u \times T_a$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 15, tipe struktur sistem rangka pemikul momen menggunakan nilai parameter periode pendekatan C_t adalah 0,0466, nilai x digunakan 0,9 dan ketinggian gedung 84 m.

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

$$T_a = 0,0466 \times 84^{0,9}$$

$$T_a = 2,513 \text{ dt}$$

Dimana :

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

Tabel 5.5 Koefisien Batas Atas Perioda 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 :

$$T = C_u \times T_a$$

$$T = 1,4 \times 2,513$$

$$T = 3,518 \text{ dt}$$

Perioda fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u).

$$T < C_u \times T_a$$

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

Tabel 5.6 Modal Periode dan Frekuensi

Case	Mode	Period
		sec
Modal	1	3,501
Modal	2	3,274
Modal	3	3,149
Modal	4	1,362
Modal	5	1,041
Modal	6	0,967
Modal	7	0,771
Modal	8	0,54
Modal	9	0,509

Modal	10	0,482
Modal	11	0,368
Modal	12	0,344

Periode fundamental struktur terbesar yang didapat dari analisis ETABS = 3,051 dt, maka :

$$T_a \text{ manual} < T_a \text{ ETABS} < C_u \times T_a$$

$$2,513 \text{ dt} < 3,501 \text{ dt} < 3,518 \text{ dt} \dots \text{“OK”}$$

5.6. Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

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

$$C_s = \frac{S_{DS}}{I_o}; S_{DS} = 0,607; I_o = 1; R = 7$$

$$C_s = \frac{0,607}{7} = 0,0867$$

Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus yaitu, $R = 7$ (SNI 1726:2012 Tabel 9) dan nilai C_s tidak lebih dari :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_o} \right)}; S_{D1} = 0,496; I_p = 1; T = 3,501 \text{ detik}$$

$$C_s = \frac{0,496}{3,501 \times \frac{7}{1}} = 0,02024$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari :

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

$$C_s = 0,044 \times 0,607 \times 1$$

$$C_s = 0,0267$$

Maka nilai C_s diambil **0,0267**

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

Tabel 5.7 Berat Efektif Struktur

Load Case/Combo	Fz
	KN
1D+0,3L	236.273,5

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

$$C_s = 0,0267$$

$$W = 236.273,5 \text{ KN}$$

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0267 \times 236.273,51 \text{ KN}$$

$$V = 6,313,6 \text{ KN}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85 V/V_t (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1.). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam (V_t) sebagai berikut :

Tabel 5.8 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y

Load Case/Combo	Fx	Fy
	KN	KN
Ex Max	24.938,58	7330,96
Ey Max	8.657,2	19.651,87

$$V = 6.313,6 \text{ KN}$$

$$V_{xt} = 24.938,58 \text{ KN}$$

$$V_{yt} = 19.651,87 \text{ KN}$$

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85 V$$

$$24938,58 \text{ KN} > 0,85 \times 6313,6 \text{ KN}$$

$$24938,58 \text{ KN} > 5366,56 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85 V$$

$$19651,87 \text{ KN} > 0,85 \times 6313,6 \text{ KN}$$

$$19651,87 \text{ KN} > 5366,56 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

Ternyata hasil tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar akan digunakan sebagai beban gempa desain.

5.7. Kontrol Sistem Ganda (*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 Dinding Geser (*Shearwall*)

Tabel 5.9 Reaksi Perletakan dan Persentasi Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Arah Y

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	KN	%	KN	%
Shearwall	87434,04	75,75	90764,55	76,77
SRPM	27982,49	24,25	27467,17	23,23
Total	115416,5	100	118231,7	100

Dari persentase diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai 23%-25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda (*dual system*).

5.8 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipas massa

dalam menghasilkan respon total sekurang-kurangnya adalah 90%.

Tabel 5.10 Modal Partisipasi Massa

Case	Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0,0001	0,3451	0
Modal	2	0,1855	0,6289	0
Modal	3	0,7174	0,7181	0
Modal	4	0,7174	0,7588	0
Modal	5	0,7595	0,8213	0
Modal	6	0,8527	0,8511	0
Modal	7	0,8527	0,8639	0
Modal	8	0,8697	0,8869	0
Modal	9	0,8698	0,8921	0
Modal	10	0,9031	0,9073	0
Modal	11	0,9031	0,9107	0
Modal	12	0,9129	0,9241	0

Tabel 5.11 Partisipasi Massa Statis dan Dinamis

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	99,96	91,29
Modal	Acceleration	UY	99,97	92,41

Dari 2 tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai lebih dari 90% untuk arah X dan arah Y, maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 telah terpenuhi.

5.9. Kontrol Simpangan (*Drift*)

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

Nilai dari simpangan antar lantai ini dihitung dengan aplikasi program bantu struktur yang selanjutnya batasan simpangan dinyatakan tabel batas simpangan pada SNI 1726:2012, sebagai berikut :

Tabel 5.12 Batas Simpangan Antar Lantai Ijin

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	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Untuk sistem struktur rangka pemikul momen khusus termasuk kedalam semua struktur lainnya, drift dibatasi sebesar :

$$\begin{aligned}\Delta &= 0,020 \times h_{sx} \\ &= 0,020 \times 4200 = 84 \text{ mm (Lantai Dasar-19)}\end{aligned}$$

Tabel 5.13 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X

Tingkat	hi	Drift	Syarat	Ket
19	4,2	0,004662	0,084	OK
18	4,2	0,005082	0,084	OK
17	4,2	0,005447	0,084	OK
16	4,2	0,005848	0,084	OK
15	4,2	0,006357	0,084	OK
14	4,2	0,006379	0,084	OK
13	4,2	0,006791	0,084	OK
12	4,2	0,007087	0,084	OK

11	4,2	0,007657	0,084	OK
10	4,2	0,007594	0,084	OK
9	4,2	0,007727	0,084	OK
8	4,2	0,007737	0,084	OK
7	4,2	0,007654	0,084	OK
6	4,2	0,007487	0,084	OK
5	4,2	0,007077	0,084	OK
4	4,2	0,00653	0,084	OK
3	4,2	0,005633	0,084	OK
2	4,2	0,004258	0,084	OK
1	4,2	0,001917	0,084	OK

Tabel 5.14 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y

Tingkat	hi	Drift	Syarat	Ket
19	4,2	0,004651	0,084	OK
18	4,2	0,00586	0,084	OK
17	4,2	0,007224	0,084	OK
16	4,2	0,008595	0,084	OK
15	4,2	0,010229	0,084	OK
14	4,2	0,009774	0,084	OK
13	4,2	0,010899	0,084	OK
12	4,2	0,011869	0,084	OK
11	4,2	0,012779	0,084	OK
10	4,2	0,013752	0,084	OK
9	4,2	0,013604	0,084	OK
8	4,2	0,014138	0,084	OK
7	4,2	0,014582	0,084	OK
6	4,2	0,014878	0,084	OK
5	4,2	0,014933	0,084	OK
4	4,2	0,014422	0,084	OK
3	4,2	0,013713	0,084	OK
2	4,2	0,012243	0,084	OK
1	4,2	0,009435	0,084	OK

Simpangan yang terjadi didapat dari hasil program bantu ETABS. Berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X dan sumbu Y maka sudah memenuhi persyaratan.

BAB 6

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

6.1. Perencanaan Pelat

Pelat yang digunakan dalam perencanaan perkantoran One Galaxy terdiri dari 2 macam pelat, yakni pelat pracetak *Hollow Core Slab* dan pelat masif cor in-situ. Pelat masif cor in-situ digunakan pada daerah dengan ukuran pelat yang berbeda-beda sedangkan untuk daerah pelat 4 m x 8 m dan 4,25 m x 8 meter akan menggunakan pelat *Hollow Core Slab*. Peraturan yang digunakan untuk besar beban yang bekerja pada struktur pelat menggunakan SNI 2847:2013 dan PCI Handbook.

6.1.1. Data Perencanaan Pelat *Hollow Core Slab*

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan *Hollow Core Slab* menurut *preliminary design* :

- Tebal Pelat = 15 cm
- Mutu Beton = K-450
- Jumlah Tendon = 16 tendon ($\varnothing 5\text{mm}$)

6.1.1.1 Kontrol Kapasitas *Hollow Core Slab*

Pelat direncanakan menerima beban mati sesuai peraturan PPIUG 1983, beban hidup sesuai peraturan SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebanan sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.

Beban Mati (DL) :

- Pelat HCS = 247 kg/m²
 - Plafon = 11 kg/m²
 - Penggantung Plafon = 7 kg/m²
 - Plumbing + Ducting = 25 kg/m²
 - Spesi = 21 kg/m²
 - Keramik = 24 kg/m²
- DL = 335 kg/m²

Beban Hidup (LL) :

- Beban Hidup Perkantoran = 240 kg/m²
(SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 1,2 (335) + 1,6 (240) = 786 \text{ kg/m}^2$$

Pelat bisa digunakan jika kapasitas pelat *Hollow Core Slab* yang tersedia lebih besar dari Q_u :

- Pelat *Hollow Core Slab* (L = 4 meter)
Kapasitas HCS > Q_u
 $1180 \text{ kg/m}^2 > 786 \text{ kg/m}^2$ “OK”
- Pelat *Hollow Core Slab* (L = 4,25 meter)
Kapasitas HCS > Q_u
 $1015 \text{ kg/m}^2 > 786 \text{ kg/m}^2$ “OK”

6.1.1.2 Kontrol Lentutan *Hollow Core Slab*

Kontrol lentutan dihitung dengan memperkirakan Gaya Prategang yang digunakan pada *Hollow Core Slab*. Kemudian dilakukan perhitungan chamber dan lentutan sesuai dengan gaya prategang yang diberikan serta beban mati maupun hidup yang bekerja pada pelat HCS.

Data yang diketahui adalah sebagai berikut :

- Kapasitas penampang HCS 4 meter = 1416 kg/m
- Teg. Ijin Tarik = 1,58 MPa
- Teg. Ijin Tekan = 24 MPa
- Momen Inersia Penampang = 28872893,84 mm⁴

Dilakukan perhitungan terhadap serat atas dan serat bawah dengan batas tegangan ijin tarik dan tekan kemudian didapatkan $F_o = 397,3 \text{ KN}$

Untuk menghitung chamber dari pelat HCS maka diperlukan data-data berikut :

- Berat Sendiri = 294,6 kg/m
- Berat Tendon = 1147,2 kg/m
- Berat Total = -850,8 kg/m

- q total = -0,8508 kg/mm
- E = 2972,54 kg/mm²
- I = 28872893,84 mm⁴

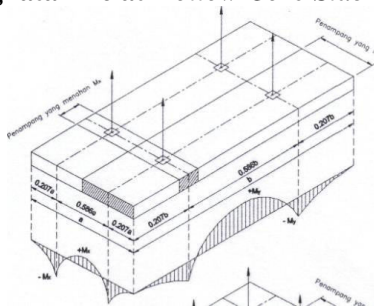
$$\text{Chamber} = \frac{8 \times f_o \times e}{l^2} = -33,04 \text{ mm}$$

Lendutan Akibat Beban Lain

- Beban Superdead = 213,6 kg/m = 8,30 mm
- Beban Hidup = 288 kg/m = 11,19 mm
- TOTAL = 19,48 mm

Lendutan Akhir = -13,56 mm

6.1.1.3 Pengangkatan Pelat *Hollow Core Slab*



Gambar 6.1 Jarak Pengangkatan Pelat Pracetak
(*PCI Design Handbook, Precast, and Prestress Concrete, 4th Edition, 1992*)

Menurut *PCI*, jarak titik angkat pelat adalah $0,207b$ yang dihitung sebagai berikut :

- $0,207 \times 4 \text{ m} = 0,828 \text{ m}$
- $0,207 \times 4,25 \text{ m} = 0,88 \text{ m}$

Dengan panjang HCS 4 meter maka perhitungan pengangkatan seperti berikut ini ;

$$S_x = 2021,33 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 W &= 484,96 \text{ kg/m}^2 \\
 f_{kub} &= 450 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_c &= 0,83 \times f_{kub} = 0,83 \times 450 = 373,5 \\
 f_t \text{ ijin} &= 0,5 \times \sqrt{f'c} = 9,66 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 M_x &= 29,9 \text{ kgm} \\
 M_y &= 99,63 \text{ kgm} \\
 f_t &= M_y/S_x = 0,0492 \text{ kg/cm}^2 < f_t \text{ ijin} \dots \text{“OK”}
 \end{aligned}$$

Penentuan Diamater Kabel yang Digunakan

Digunakan diamter kabel 3/8 in = 9,525 mm

P ijin kabel = 3,6 kip = 16 KN (@1 kabel)

Pi = 1633 kg

Berat total HCS = 2327,8 kg

P 1 kabel = W/4 = 2327,8/4 = 581,9 kg > Pi ... “OK”

6.1.2 Data Perencanaan Pelat Cor In-Situ

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan

Pelat 3 menurut *preliminary design* :

- Tebal Pelat = 12 cm
- Mutu Beton ($f'c$) = 40 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Diameter Tulangan Rencana = 10 mm

6.1.2.1 Pembebanan Pelat Lantai

Pelat direncanakan menerima beban mati sesuai peraturan PPIUG 1983, beban hidup sesuai peraturan SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebanan sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.

Beban Mati (DL) :

- Pelat : $0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
- Plafon = 11 kg/m^2

- Penggantung Plafon = 7 kg/m²
- Plumbing + Ducting = 25 kg/m²
- Spesi = 21 kg/m²
- Keramik = 24 kg/m²
- DL = 376 kg/m²

Beban Hidup (LL) :

- Beban Hidup Perkantoran = 240 kg/m²
(SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

$$Q_u = 1,2 DL + 1,6 LL = 1,2 (376) + 1,6 (240) = 835,2 \text{ kg/m}^2$$

6.1.2.2 Perhitungan Tulangan Pelat

Adapun data-data perancangan untuk penulangan pelat lantai :

- Dimensi pelat 1,2 x 3,1 m²
- Tebal pelat 120 mm
- Tebal selimut beton 30 mm
- Diameter tulangan rencana 10 mm , $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \times (f'c - 28)/7$
(karena $f'c$ diatas 28 MPa, SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \times \frac{40 - 28}{7} = 0,764$$

- $d_x = h - d - 0,5 \times \text{Ørencana}$
 $d_x = 120 - 30 - 0,5 \times 10 = 85 \text{ mm}$
- $d_y = h - d - \text{Ørencana} - 0,5 \times \text{Ørencana}$
 $d_y = 120 - 30 - 10 - 0,5 \times 10 = 75 \text{ mm}$
- L_x dan L_y dari preliminary pelat menentukan :

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{3,1}{1,2} = 2,583 > 2 \rightarrow \text{pelat 1 arah}$$

Perhitungan Tulangan Pelat

$$\text{Momen} = \frac{1}{8} \times Qu \times L^2 = \frac{1}{8} \times 835,2 \times 3,1^2 = 1133,02 \text{ kgm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{1133,02 \times 10000}{0,9 \times 1000 \times 85^2} = 1,7424$$

Rasio tulangan :

$$\rho_{min} = 0,0018$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \times \frac{600}{600 + 420} = 0,0364$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0364 = 0,0273$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,7424}{420}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,00426$$

Karena $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,00426$

Perhitungan kebutuhan tulangan arah X :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 85 = 362,167 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan per meter :

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{stulangan}} = \frac{362,167}{78,54} = 4,613 \approx 5 \text{ tulangan}$$

- Jarak tulangan :

$$s_{max} = 450 \text{ mm (SNI 2847:2013 Pasal 14.5.3)}$$

$$s_{pakai} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm} < s_{max} \dots \text{“OK”}$$

$$A_{s_{pasang}} = n \times A_{s_{tulangan}}$$

$$A_{s_{pasang}} = 5 \times 78,54 = 392,7 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} = 362,167 \text{ mm}^2$$

Kontrol tarik tulangan (Design of Reinforced Concrete 9th Edition, pasal 3.6)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times d} = \frac{392,7 \times 420}{0,85 \times 1200 \times 85} = 19,02 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{19,02}{0,764} = 24,895 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0,003 = \frac{85 - 24,895}{24,895} \times 0,003 = 0,0072 > 0,005$$

Faktor Reduksi (ϕ) = 0,9 ...”OK”

Digunakan tulangan lentur arah X D10-200mm

Perhitungan kebutuhan tulangan arah Y :

Karena menggunakan konstruksi pelat satu arah dalam perhitungan penulangan arah Y digunakan rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) sebesar 0,0018. Perhitungan kebutuhan tulangan arah Y :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 85 = 153 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan per meter :

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{tulangan}}} = \frac{153}{78,54} = 1,948 \approx 2 \text{ tulangan}$$

- Jarak tulangan :

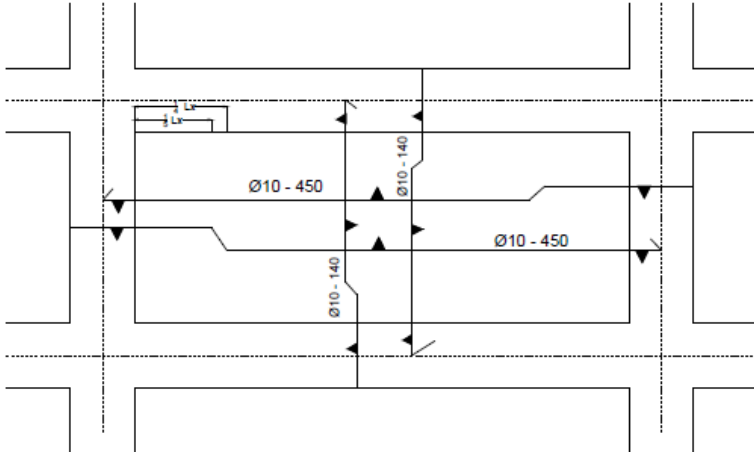
$$s_{\max} = 450 \text{ mm (SNI 2847:2013 Pasal 14.5.3)}$$

$$s_{\text{pakai}} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm} > s_{\max} \dots \text{“NOT OK”}$$

Jadi, digunakan jarak antar tulangan $s_{\max} = 450 \text{ mm}$.

Digunakan tulangan lentur arah Y D10-450mm

PELAT 3 & PELAT 10



Gambar 6.2 Penulangan Pelat Lantai

Perhitungan Gaya Uplift Air untuk Pelat Basement

Data yang diperlukan adalah :

- Elevasi Basement = -4,2 m ($\pm 0,00$ m adalah permukaan tanah asli)
- Elevasi Muka Air Tanah = -1,5 m
- Berat Jenis Air = 1 t/m^3

Dari data tersebut, dapat dihitung gaya uplift yang bekerja dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 q_{\text{air}} &= h_{\text{air}} \times \text{berat jenis air} \text{ (kg/m}^3\text{)} \\
 &= (-1,5 - (-4,2)) \times 1000 \\
 &= 2700 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa q_{air} yang bekerja sebesar 2700 kg/m^2 . Nilai q_{air} tersebut akan menjadi beban uplift pada pelat basement itu sendiri. Dengan

menambahkan beban uplift tersebut, didapatkan jumlah penulangan pelat basement seperti pada tabel.

6.2 Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada dibalok induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

6.2.1 Data Perencanaan Balok Anak

Dalam perhitungan bab ini, akan dilakukan perhitungan sebelum komposit dan perhitungan sesudah komposit. Berdasarkan kondisi tersebut maka tersapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit.

- Dimensi balok anak : 35×55 cm
- Mutu beton (f_c') : 40 MPa
- Mutu baja (f_y) : 420 MPa
- Tulangan lentur : D25
- Tulangan sengkang : D13

6.2.2 Pembebanan pada Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak merupakan berat sendiri dari balok anak tersebut dan semua berat merata yang terjadi pada pelat termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata yang berada di atas pelat. Distribusi beban pada balok dapat dianggap sebagai beban persegi pada lajur yang panjang.

6.2.3 Perhitungan Pembebanan Balok Anak

- **Kondisi sebelum Komposit**
 - $L_x = 4250 \text{ mm} = 4,25 \text{ m}$
 - $L_y = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$
 - Beban Mati (Q_{DL})
 - $q_{\text{sendiri balok anak}} = 0,3 \times 0,25 \times 2400 = 180 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sendiri pelat}} &= 247 \text{ kg/m} \\
 Q_{\text{sebelum komposit}} &= 2 \times \left(\frac{1}{2} \times q \times L_x \right) \\
 &= 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 247 \times 4,25 \right) \\
 &= 524,875 \text{ kg/m} \\
 - \text{ Beban Hidup belum bekerja, } Q_{LL} &= 0 \text{ kg/m} \\
 - \text{ Kombinasi Beban} \\
 Q_u \text{ sebelum komposit} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 524,875 + 1,6 \times 0 \\
 &= 629,85 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- **Kondisi sesudah Komposit**

Kondisi sesudah komposit menggunakan output dari program bantu ETABS.

6.2.4 Perhitungan Momen dan Geser

Perhitungan momen dan gaya lintang sesuai dengan ikhtisar momen dan gaya lintang dari SNI 2847:2013 pasal 8.3.3.

- **Kondisi sebelum Komposit**

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tumpuan}} &= 0 \text{ kgm} \\
 M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 629,85 \times 8^2 = 5038,8 \text{ kgm} \\
 V &= \frac{1}{2} \times q \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 629,85 \times 8 = 2519,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- **Kondisi sesudah Komposit**

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tumpuan}} &= 0 \text{ kgm} \\
 M_{\text{lapangan}} &= 11216 \text{ kgm} \\
 V &= 4788 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6.2.5 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

- **Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit**

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi balok anak} &= 35/40 \\
 \text{Tebal selimut beton} &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter tulangan utama} &= 25 \text{ mm} \\ \text{Diameter tulangan sengkang} &= 13 \text{ mm} \\ \text{Mutu beton (f'c)} &= 40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$d = h - d' - \emptyset - 1/2db$$

$$d = 400 - 50 - 13 - 1/2 (25) = 299,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = 0,0018 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)}$$

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

- Tulangan Tumpuan

Digunakan $\rho_{min} = 0,0018$, karena dianggap tidak terjadi momen pada tumpuan.

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0018 \times 350 \times 299,5 = 188,7 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s \emptyset 25} = \frac{188,7}{490,625} = 0,385 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\ &= 2 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 981,25 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

\therefore Maka digunakan tulangan lentur 2D-25

- Tulangan Lapangan

$$Mu_{lapangan} = 11893,2 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times dx^2} = \frac{11893,2 \times 10000}{0,9 \times 350 \times 299,5^2} = 4,21$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 4,21}{420}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,011 > \rho_{min} = 0,0018$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,011 \times 350 \times 299,5 = 1125,12 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As \text{ } \emptyset 25} = \frac{1125,12}{490,625} = 2,29 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\ &= 3 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 1471,875 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan :

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1471,875}{350 \times 299,5} = 0,014$$

Kontrol tarik tulangan (*Design of Reinforced Concrete 9th Edition*, pasal 3.6)

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times b \times d} = \frac{1471,875 \times 420}{0,85 \times 350 \times 299,5} = 51,95 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{51,95}{0,764} = 67,97 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{299,5-67,97}{67,97} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0102 > 0,005$$

Faktor Reduksi (\emptyset) = 0,9 ...”OK”

$$Mu = \emptyset \times As \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mu = 0,9 \times 1471,875 \times 420 \times \left(299,5 - \frac{51,95}{2} \right)$$

$$Mu = 152181171 \text{ Nmm} > M_{lapangan} \dots \text{“OK”}$$

\therefore Maka digunakan tulangan lentur 3D-25

- Perhitungan Tulangan Lentur Saat *Overtopping*

$$\text{Dimensi balok anak} = 35/40$$

$$\text{Tebal selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan sengkang} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton (f'c)} = 40 \text{ MPa}$$

$$d = h - d' - \emptyset - 1/2db$$

$$d = 400 - 50 - 13 - 1/2 (25) = 299,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{min} = 0,0018 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)}$$

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

- Tulangan Tumpuan

Digunakan $\rho_{min} = 0,0018$, karena dianggap tidak terjadi momen pada tumpuan.

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0018 \times 350 \times 299,5 = 188,7 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s \text{ } \emptyset 25}} = \frac{188,7}{490,625} = 0,385 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\ &= 2 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 981,25 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 2D-25

- Tulangan Lapangan

$$Mu_{lapangan} = 14463,6 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times dx^2} = \frac{14463,6 \times 10000}{0,9 \times 350 \times 299,5^2} = 4,36$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 4,36}{420}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,011 > \rho_{min} = 0,0018$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,011 \times 350 \times 299,5 = 1125,12 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s \text{ } \emptyset 25}} = \frac{1125,12}{490,625} = 2,29 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\ &= 3 \times 490,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 1471,875 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu ... "OK"}$$

Kontrol kekuatan :

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{1471,875}{350 \times 299,5} = 0,014$$

Kontrol tarik tulangan (*Design of Reinforced Concrete 9th Edition*, pasal 3.6)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times d} = \frac{1471,875 \times 420}{0,85 \times 350 \times 299,5} = 51,95 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{51,95}{0,764} = 67,97 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{299,5-67,97}{67,97} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0102 > 0,005$$

Faktor Reduksi (ϕ) = 0,9 ... "OK"

$$M_u = \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_u = 0,9 \times 1471,875 \times 420 \times \left(299,5 - \frac{51,95}{2} \right)$$

$$M_u = 152181171 \text{ Nmm} > M_{\text{lapangan}} \text{ ... "OK"}$$

\therefore Maka digunakan tulangan lentur 3D-25

- Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

Dimensi balok anak = 35/55

Tebal selimut beton = 50 mm

Diameter tulangan utama = 22 mm

Diameter tulangan sengkang = 10 mm

Mutu beton (f'_c) = 40 MPa

$$d = h - d' - \phi - 1/2db$$

$$d = 550 - 50 - 13 - 1/2 (25) = 449,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = 0,0018 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1)}$$

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

- Tulangan Tumpuan

Digunakan $\rho_{\min} = 0,0018$, karena dianggap tidak terjadi momen pada tumpuan.

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0018 \times 350 \times 449,5 = 678,17 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s \text{ } \emptyset 25}} = \frac{678,17}{490,625} = 1,38 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\ &= 2 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 981,25 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ } \text{perlu}} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 2D-25

- Tulangan Lapangan

$$Mu_{\text{lapangan}} = 11216 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times dx^2} = \frac{11216 \times 10000}{0,9 \times 350 \times 449,5^2} = 1,76$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,76}{420}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0043 > \rho_{min} = 0,0018 \text{ dipakai } \rho_{perlu}$$

sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0043 \times 350 \times 449,5 = 678,17 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s \text{ } \emptyset 25}} = \frac{678,17}{490,625} = 1,38 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\ &= 2 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 981,25 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ } \text{perlu}} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan :

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{981,25}{350 \times 449,5} = 0,0062$$

Kontrol tarik tulangan (*Design of Reinforced Concrete 9th Edition*, pasal 3.6)

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times b \times d} = \frac{981,25 \times 420}{0,85 \times 350 \times 449,5} = 34,63 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{34,63}{0,764} = 45,31 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{449,5-45,31}{45,31} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0268 > 0,005$$

Faktor Reduksi (ϕ) = 0,9 ... "OK"

$$Mu = \phi \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mu = 0,9 \times 981,25 \times 420 \times \left(449,5 - \frac{34,63}{2}\right)$$

$$Mu = 160302382 \text{ Nmm} > \text{Mlapangan ... "OK"}$$

\therefore Maka digunakan tulangan lentur 2D-25

6.2.6 Perhitungan Tulangan Geser

- Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$Vu = 5946,6 \text{ kg} = 594,66 \text{ KN}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{fc'} \times bw \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 350 \times 299,5$$

$$= 110495 \text{ N} = 110,495 \text{ KN}$$

$$\phi Vc = 0,9 \times 110,495$$

$$= 82,87 \text{ KN}$$

$$0,5\phi Vc = 0,5 \times 82,87$$

$$= 41,43 \text{ KN}$$

$$Vu - \phi Vc = 511,79 \text{ KN}$$

$$0,67 \times bw \times d = 644,19 \text{ KN}$$

Karena $0,5\phi Vc < Vc < Vu$, maka dibutuhkan tulangan geser. Dipakai tulangan diameter 13 mm.

$$Vs = \frac{Vu - Vc}{\phi} = \frac{511,79}{0,75} = 682,38 \text{ KN}$$

$$Av = 2 \times As$$

$$= 2 \times 132,665 \text{ mm}^2$$

$$= 265,33 \text{ mm}^2$$

Perhitungan jarak sengkang, dimana :

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,33 \times 420 \times 299,5}{682,38 \times 10^3} = 73,37 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih kecil dari :

$$- \frac{d}{4} = \frac{229,5}{4} = 74,875 \text{ mm}$$

$$- 6 \times d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

Dari syarat-syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang 70 mm.

- Perhitungan Tulangan Geser Saat *Overtopping*

$$V_u = 7231,8 \text{ kg} = 723,18 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 350 \times 299,5$$

$$= 119718 \text{ N} = 119,718 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0,9 \times 119,718$$

$$= 89,79 \text{ KN}$$

$$0,5\emptyset V_c = 0,5 \times 89,79$$

$$= 44,9 \text{ KN}$$

$$V_u - \emptyset V_c = 633,39 \text{ KN}$$

$$0,67 \times b_w \times d = 681,27 \text{ KN}$$

Karena $0,5\emptyset V_c < V_c < V_u$, maka dibutuhkan tulangan geser. Dipakai tulangan diameter 13 mm.

$$V_s = \frac{V_u - V_c}{\emptyset} = \frac{633,39}{0,75} = 844,52 \text{ KN}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 132,665 \text{ mm}^2$$

$$= 265,33 \text{ mm}^2$$

Perhitungan jarak sengkang, dimana :

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,33 \times 420 \times 299,5}{844,52 \times 10^3} = 64,22 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih kecil dari :

$$- \frac{d}{4} = \frac{229,5}{4} = 74,875 \text{ mm}$$

$$- 6 \times d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

Dari syarat-syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang 60 mm.

- Perhitungan Tulangan Geser Setelah Komposit

$$V_u = 4788 \text{ kg} = 47,88 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 350 \times 449,5$$

$$= 165835,11 \text{ N} = 165,84 \text{ KN}$$

$$\emptyset V_c = 0,9 \times 165,84$$

$$= 124,37 \text{ KN}$$

$$0,5\emptyset V_c = 0,5 \times 124,37 \text{ KN}$$

$$= 62,19 \text{ KN}$$

$$V_u - \emptyset V_c = 354,42 \text{ KN}$$

$$0,67 \times b_w \times d = 666,65 \text{ KN}$$

Karena $0,5\emptyset V_c < V_c < V_u$, maka dibutuhkan tulangan geser. Dipakai tulangan diameter 13 mm.

$$V_s \text{ min} = \frac{V_u - V_c}{\emptyset} = \frac{354,42}{0,75} = 472,56 \text{ KN}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 78,53 \text{ mm}^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Perhitungan jarak sengkang, dimana :

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 420 \times 449,5}{472,56 \times 10^3} = 105,99 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih kecil dari :

$$- \frac{d}{4} = \frac{449,5}{4} = 112,375 \text{ mm}$$

$$- 6 \times d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

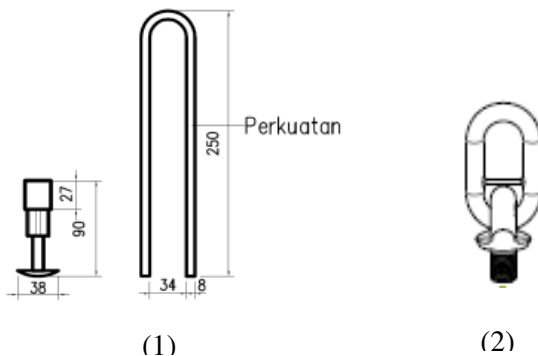
Dari syarat-syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang 100 mm.

6.2.7 Pengangkatan Balok Anak

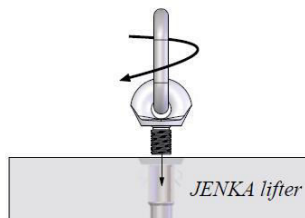
Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.

- **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *JENKA Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *JENKA BSA Short Insert* dengan kait *JL*. Di satu titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 16 KN dengan sudut 0° - 90° .



Gambar 6.3 (1) Profil BSA dan Perkuatan (2) Profil Kait JL



Gambar 6.4 *JENKA Lifter*

6.2.8 Kontrol Lendutan

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, syarat tebal minimum balok dengan 2 tumpuan apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

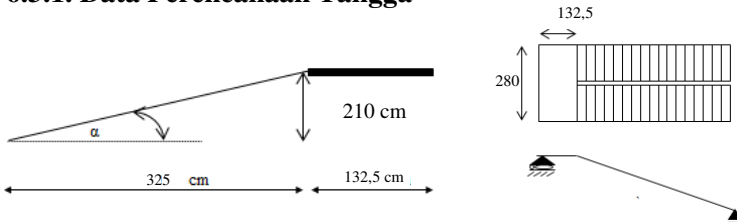
$$h_{min} = \frac{1}{16} \times lb$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari balok lebih besar dari persyaratan h_{min} .

6.3. Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai struktur statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes). Struktur tangga ke atas dan ke bawah tipikal.

6.3.1. Data Perencanaan Tangga



Gambar 6.5 Desain Tangga

- Tinggi Lantai : 420 cm
- Tinggi Tanjakan : 20 cm
- Lebar Injakan : 25 cm
- Lebar Tangga : 120 cm
- Tebal Pelat Tangga : 14 cm
- Tebal Pelat Bordes : 14 cm
- Jumlah Injakan : $\frac{210}{15} = 14$

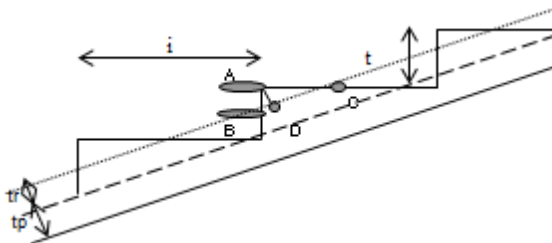
- Jumlah Tanjakan : $14 - 1 = 13$
- Jumlah Tanjakan ke Bordes : 13 buah
- Jumlah Tanjakan Bordes ke Lantai : 13 buah
- Elevasi Bordes : 210 cm
- Lebar Bordes : 132,5cm
- Panjang Bordes : 280 cm
- Panjang Horizontal Pelat Tangga : 325 cm
- Kemiringan Tangga : $\text{arc tan } \alpha = \frac{210}{325} = 32^\circ$
- Tebal plat rata-rata : tebal pelat tangga + tr

Cek Syarat :

1. $60 \leq (2t+i) \leq 65$
 $2t + i = 2(20)+25 = 65$ (OK)
2. $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $\alpha = 32^\circ$ (OK)

$$\begin{aligned} \text{Tebal Pelat Anak Tangga Rata-Rata} &= (i/2) \sin \alpha \\ &= (25/2) \sin 32^\circ \\ &= 6,624 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal Pelat Rata-Rata (tr)} &= tp + tr_{\text{anak tangga}} \\ &= 14 + 6,624 \\ &= 20,624 \text{ cm} = 21 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 6.7 Ketebalan Tangga

➔ Perhitungan Analisa Struktur

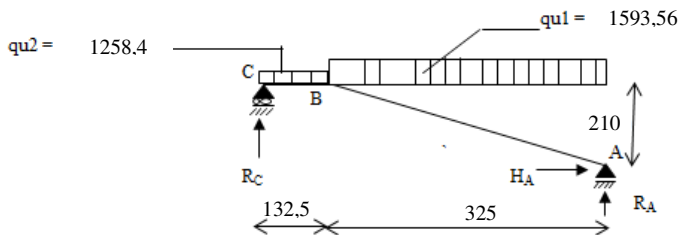
1. Pelat Tangga

- **Beban Mati**
Pelat Tangga = $\frac{0,21 \times 2400 \times 1}{\cos 32^\circ} = 594,3 \text{ kg/m}$
Tegel = 24 kg/m
Spesi = 21 kg/m
Sandaran = 50 kg/m (+)
 $qD = 689,3 \text{ kg/m}$
- **Beban Hidup** $qL = 479 \text{ kg/m}$
- $qU = 1,2 qD + 1,6 qL$
 $= 1,2 (689,3) + 1,6 (479)$
 $= 1.593,56 \text{ kg/m}$

2. Pelat Bordes

- **Beban Mati**
Pelat Tangga = $0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}$
Tegel = 24 kg/m
Spesi = 21 kg/m
Sandaran = 50 kg/m (+)
 $qD = 410 \text{ kg/m}$
- **Beban Hidup** $qL = 479 \text{ kg/m}$
- $qU = 1,2 qD + 1,6 qL$
 $= 1,2 (410) + 1,6 (479)$
 $= 1.258,4 \text{ kg/m}$

→ Perhitungan Gaya Datang



Gambar 6.7 Beban pada Tangga

Reaksi Perletakan

$$qU1 = 1.593,56 \text{ kg/m}$$

$$qU2 = 1.258,4 \text{ kg/m}$$

$$\bullet \sum H = 0 \rightarrow H_A = 0$$

$$\bullet \sum Ma = 0$$

$$R_c (4,575) - qU2 (1,325) (3,9125) - qU1 (3,25) (1,625) = 0$$

$$R_c = \frac{1258,4 \times 1,325 \times 3,9125 + 1593,56 \times 3,25 \times 1,625}{4,575} =$$

$$3.265,5 \text{ kg}$$

$$\bullet \sum V = 0$$

$$R_A - qU2 (1,325) - qU1 (3,25) + R_c = 0$$

$$R_A = 1258,4 \times 1,325 + 1593,56 \times 3,25 - 3265,5 = 3581 \text{ kg}$$

→ Gaya Dalam

1. B-C

$$\text{Bidang N} \rightarrow N_{BC} = 0$$

Bidang D

$$\rightarrow D_C = R_c = 3.265,5 \text{ kg}$$

$$\rightarrow D_B \text{ Kanan} = R_c - qU2 (1,325)$$

$$= 3.265,5 - 1.258,4 (1,325)$$

$$= 1.598,12 \text{ kg}$$

Bidang M

$$\rightarrow M_C = 0$$

$$M_{\text{Max}} \rightarrow D \times l = 0$$

$$\rightarrow M_{\text{Max}} = M_{B\text{Kanan}} =$$

$$R_c (1,325) - 0,5 (qU2)$$

$$(1,325)^2$$

$$= 3.265,5 (1,325) - 0,5$$

$$(1.258,4) (1,325)^2$$

$$= 3.222,15 \text{ kgm}$$

2. A-B

Bidang N

$$\rightarrow N_A = - R_A \sin \alpha + H_A \cos \alpha$$

$$= - 3581 (\sin 32) + 0 (\sin 32)$$

$$= -1.897,64 \text{ kg}$$

$$\rightarrow N_B = N_A + (qU \sin \alpha \cdot L_{ab})$$

$$= -1897,64 + (1593,56 (\sin 32) \cdot 3,25) = 846,85 \text{ kg}$$

Bidang D

$$\rightarrow D_A = R_A \cos \alpha + H_A \sin \alpha$$

$$= 3281 (\cos 32) + 0 (\sin 32)$$

$$= 2.782,45 \text{ kg}$$

$$\rightarrow D_B \text{ Kiri} = D_A - (qU \cos \alpha \cdot L_{ab})$$

$$= 2782,45 - (1593,56 (\cos 32) \cdot 3,25)$$

$$= -1.609,65 \text{ kg}$$

Bidang M

$$\rightarrow M_A = 0$$

$$M_{Max} \rightarrow D_x = 0$$

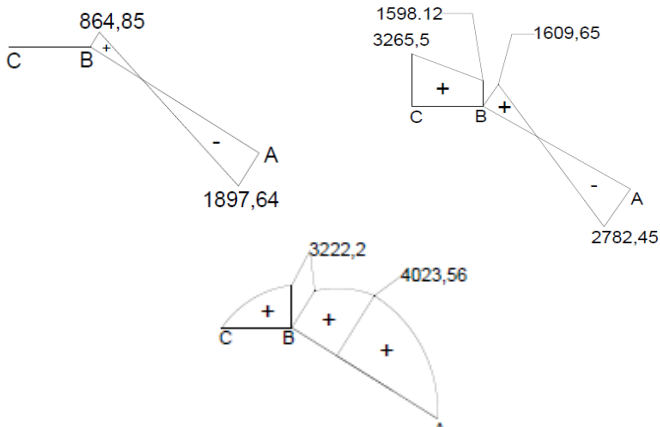
$$RA - q \cdot X1 = 0$$

$$X1 = \frac{RA}{q} = \frac{3581}{1593,56} = 2,247 \text{ m}$$

$$\rightarrow M_{Max} = 3581 \times 2,247 - 0,5 \times 1593,56 \times (2,247)^2$$

$$= 4.023,56 \text{ kgm}$$

$$\rightarrow M_{BKiri} = M_{BKanan} = 3.222,2 \text{ kgm}$$



Gambar 6.8 Gambar Gaya Dalam (1) Bidang N
(2) Bidang D (3) Bidang M

→ Perhitungan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

1. Pelat Tangga

- $f_c = 40 \text{ MPa}$
- $f_y = 420 \text{ MPa}$
- $\beta_1 = 0,764$ (untuk $f_c = 40 \text{ MPa}$)
- $\rho_{\min} = 0,0018$
- $\rho_{\max} = 0,025$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$
- Tebal Pelat Tangga = 140 mm
- Panjang Tangga = 1200 mm
- Direncanakan Tulangan D-16 mm ($A_s = 201,06 \text{ mm}^2$)
- Tebal selimut beton (d') = 20 mm
- $d_x = 140 - 20 - (0,5 \times 16) = 112 \text{ mm}$
- $M_u = 4.023,56 \text{ kgm} = 40.235.600 \text{ Nmm}$
- $V_u = 2,782,45 \text{ kg}$
- $N_u = 1.897,64 \text{ kg}$

Perhitungan Penulangan

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

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{402356}{0,9 \times 100 \times 11,2} = 35,64 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

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

$$\rho = \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 3,564}{420}} \right)$$

$$= 0,00898$$

$$\rho_{\text{perlu}} \geq \rho_{\min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{\text{perlu}} !$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,00898 \times 1000 \times 112 = 1005,76 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan :

$$n = \frac{1005,76}{201,06} = 5,002 \approx 6 \text{ tulangan}$$

Jarak Tulangan :

$$s = 1000/6 = 166,67 \approx 150 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = 6 \times 201,06 = 1206,36 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur D16-150 mm.

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

Komponen struktur dibebani tekan aksial.

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{Nu}{A_g \times 14} \right) \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{18976,4}{1200 \times 210 \times 14} \right) \times \sqrt{40} \times 1325 \times 112$$

$$V_c = 160.414,1 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{27824,5}{0,9} = 30.916,1 \text{ N}$$

$V_c \geq V_n \rightarrow$ **Maka tidak diperlukan Tulangan Geser.**

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

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

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 112 = 201,6 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan :

$$n = \frac{201,6}{201,06} = 1,002 \approx 2 \text{ tulangan}$$

Jarak Tulangan :

$$s = 1000/2 = 500 \text{ mm}$$

Digunakan $s_{\max} = 450 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = 2 \times 201,06 = 402,12 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur D16-450 mm.

2. Pelat Bordes

- $f_c = 40 \text{ MPa}$
- $f_y = 420 \text{ MPa}$
- $\beta_1 = 0,764$ (untuk $f_c = 40 \text{ MPa}$)
- $\rho_{\min} = 0,0018$
- $\rho_{\max} = 0,025$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$
- Tebal Pelat Bordes = 140 mm
- Panjang Bordes = 2800 mm
- Direncanakan Tulangan D-16 mm ($A_s = 201,06 \text{ mm}^2$)
- Tebal selimut beton (d') = 20 mm
- $d_x = 140 - 20 - (0,5 \times 16) = 112 \text{ mm}$
- $M_u = 3.222,15 \text{ kgm} = 32.221.500 \text{ Nmm}$
- $V_u = 3.265,5 \text{ kg}$
- $N_u = 0 \text{ kg}$

Perhitungan Penulangan

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

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{322215}{0,9 \times 100 \times 11,2} = 31,97 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

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

$$\rho = \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 3,197}{420}} \right)$$

$$= 0,00801$$

$\rho_{\text{perlu}} \geq \rho_{\min} \rightarrow$ Pakai ρ_{perlu} !

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,00801 \times 1000 \times 112 = 897,12 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan :

$$n = \frac{897,12}{201,06} = 4,462 \approx 5 \text{ tulangan}$$

Jarak Tulangan :

$$s = 1000/5 = 200 \text{ mm}$$

$$As \text{ pakai} = 5 \times 201,06 = 1005,3 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur D16-200 mm.

- **Penulangan Geser** (SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.2)
Komponen struktur dibebani tekan aksial.

$$Vc = 2 \times \sqrt{\frac{fc}{6}} \times bw \times d$$

$$Vc = 2 \times \sqrt{\frac{40}{6}} \times 1000 \times 112$$

$$Vc = 578.365,51 \text{ N}$$

$$Vn = \frac{Vu}{\phi} = \frac{32655}{0,9} = 36.283,3 \text{ N}$$

$Vc \geq Vn \rightarrow$ **Maka tidak diperlukan Tulangan Geser.**

- **Penulangan Susut** (SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.1)
Tulangan susut menggunakan $\rho_{\min} = 0,0018$
 $As = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 112 = 201,6 \text{ mm}^2$
Jumlah Tulangan :

$$n = \frac{201,6}{201,06} = 1,002 \approx 2 \text{ tulangan}$$

Jarak Tulangan :

$$s = 1000/2 = 500 \text{ mm}$$

Digunakan $s_{\max} = 450 \text{ mm}$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 201,06 = 402,12 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur D16-450 mm.

- **Perencanaan Balok Bordes**
Perencanaan dimensi balok bordes sebagai berikut :

$$h = \frac{1}{10} \times l = \frac{1}{10} \times 280 = 28 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 30 = 20 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi balok bordes 20/30 cm

Pembebanan Balok Bordes

Beban Mati :

$$\text{Beban sendiri pelat} = 0,14 \times 2,8 \times 2400 = 940,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 0,01 \times 2,8 \times 2400 = 67,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 0,02 \times 2,8 \times 2100 = 117,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$Q_d = 1269,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Hidup (Ql)} = 240 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l$$

$$= 1,2 \times 1269,6 + 1,6 \times 240$$

$$= 1907,52 \text{ kg/m}$$

Perhitungan Momen & Geser Ultimate

$$M_u = \frac{1}{10} \times q_u \times l^2 = \frac{1}{10} \times 1907,52 \times 2,8^2$$

$$M_u = 1495,5 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times 1907,52 \times 2,8 = 2670,53 \text{ kg}$$

Penulangan Lentur Balok Bordes

$$\text{Tul. Lentur} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Geser} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

$$d = 300 - 40 - 13 - 16/2 = 239 \text{ mm}$$

Tumpuan dan Lapangan

$$M_u = 1495,5 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d} = \frac{1495,5 \times 10^4}{0,8 \times 200 \times 239^2}$$

$$R_n = 1,636 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{12,53} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,53 \times 1,636}{420}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,004 > \rho \text{ min}$$

$$As \text{ perlu} = \rho \times bw \times d = 0,004 \times 200 \times 239 = 191,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur 2D16 (402,1 mm²)

Penulangan Geser Balok Bordes

$$Vu = 2670,53 \text{ kg} = 26705,3 \text{ N}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{fc'} \times bw \times d$$

$$\phi Vc = \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{fc'} \times bw \times d$$

$$\phi Vc = 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 200 \times 239 = 37789,2 > Vu$$

Maka dibutuhkan tulangan geser minimum dengan perhitungan perencanaan tulangan geser, dengan menggunakan sengkang dua kaki diameter 13 mm tegak lurus komponen dengan jarak maksimum :

Jadi dipasang tulangan geser minimum dengan :

$$S \text{ max} = d/2 \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

$$d/2 = 239/2 = 119,5 \text{ mm}$$

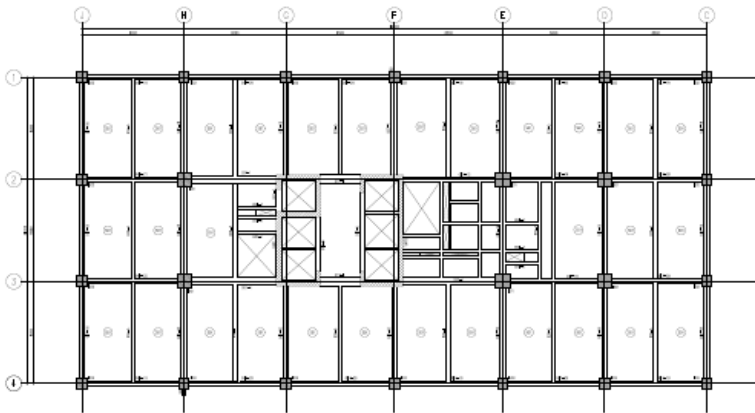
Dipasang sengkang 2D13 – 100 mm

BAB 7

PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

7.1 Umum

Struktur utama atau struktur primer adalah suatu komponen yang kekakuannya mempengaruhi perilaku dari suatu gedung. Struktur utama menahan semua kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa angin dan gempa. Komponen balok induk, kolom, dan dinding struktur geser (*shearwall*) merupakan komponen struktur primer. Berikut adalah perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan struktur primer tersebut.



Gambar 7.1 Denah Pembalokan

7.2 Perencanaan Balok Induk Precetak

Perencanaan balok induk dalam struktur gedung perkantoran One Galaxy ini menggunakan 3 dimensi balok induk yaitu :

- Balok Induk 1 (BI.1) dimensi 35/50 (bentang 8 meter)
- Balok Induk 2 (BI.2) dimensi 40/60 (bentang 8,5 meter)
- Balok Induk 3 (BI.3) dimensi 35/50 (bentang 8 meter)

Penulangan balok induk dihitung dalam 2 kondisi yaitu kondisi sebelum komposit dan setelah komposit. Dari kedua kondisi tersebut diambil perhitungan dengan jumlah kebutuhan terbesar (kritis) yang akan digunakan untuk kebutuhan penulangan balok induk.

7.2.1 Perencanaan Balok Induk 1 (BI.1)

7.2.1.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang dibutuhkan meliputi :

- Mutu beton (f_c') = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 420 MPa
- Dimensi balok = 60/80 cm
- Diameter tulangan longitudinal = 25 mm
- Diameter tulangan geser (senggang) = 13 mm

7.2.1.2 Penulangan Lentur BI.1

- **Penulangan Lentur Sebelum Komposit**

Balok pracetak pada saat sebelum komposit dihitung sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi. Pembebanan pada balok induk sebelum komposit konsepnya sama dengan pembebanan balok induk sesudah komposit yang telah dihitung sebelumnya. Perhitungan untuk pembebanan merata pada balok induk menggunakan konsep *tributary area*.

Beban pada Balok Anak

$$L_x = 4250 \text{ mm} = 4,25 \text{ m}$$

$$L_y = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$$

- **Beban Mati**

$$q_{\text{sendiri pelat}} = 247 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{sendiri balok anak}} = 180 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ek balok anak}}$$

$$= 2 \times 0,5 \times q_{\text{pelat}} \times l_x \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{l_x}{2l_y}\right)$$

$$= 2 \times 0,5 \times 247 \times 4,25 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{4,25}{2 \times 8}\right)$$

$$= 776,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Mati Balok Anak} = 180 + 776,8 = 956,8 \text{ kg/m}$$

- $Q_u = 1,2D$
 $= 1,2 \times 956,8 \text{ kg/m}$
 $= 1148,16 \text{ kg/m}$

Kemudian berat total dari balok anak ini dijadikan sebagai beban terpusat (P_D) pada saat pembebanan balok induk.

- $P_u = 1148,16 \text{ kg/m} \times 8 \text{ m} = 9185,3 \text{ kg}$

Beban Pada Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok induk adalah berat sendiri balok induk dan beban ekuivalen pelat. Kemudian dari beban tersebut ditambahkan P_u dari total pembebanan dari struktur sekunder balok anak dan pelat.

$$L_x = 4250 \text{ mm} = 4,25 \text{ m}$$

$$L_y = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$$

- **Beban Mati**

$$q_{\text{sendiri}} = 0,5 \times 0,65 \times 2400 = 780 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ek pelat}} = 2 \times \frac{1}{4} \times q \times l_x$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 247 \times 4,25$$

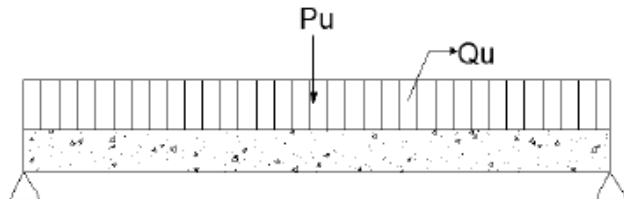
$$= 524,88 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Mati Balok Induk} = 1,2D$$

$$= 1,2 \times (780 + 524,88)$$

$$= 1565,85 \text{ kg/m}$$

Dari data perhitungan di atas didapatkan pembebanan balok induk sebelum komposit sebagai berikut :



Gambar 7.2 Pembebanan BI.1 Sebelum Komposit

Momen yang terjadi sebelum komposit adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \left(\frac{1}{8} \times Qu \times L^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times Pu \times L\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 1148,16 \times 8^2\right) + \left(\frac{1}{2} \times 9185,3 \times 8\right) \\ &= 54771,2 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Jadi, momen (Mu) yang akan dipakai dalam perhitungan tulangan lentur balok induk sebelum komposit adalah 54771,2 kgm.

Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit

Data Perencanaan

Mutu Beton (f_c')	= 40 MPa
Mutu Baja (f_y)	= 420 MPa
Dimensi Balok	= 60/65 cm
Diameter Tul. Utama	= 25 mm
Diameter Tul. Sengkang	= 13 mm

$$d = h - d' - \emptyset - \frac{1}{2} d_b$$

$$d = 650 - 50 - 13 - \frac{1}{2} (25) = 574,5 \text{ mm}$$

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

$$\rho_{min} = \frac{0,5 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00753$$

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

$$\rho_{min} = 0,00753$$

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

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

- **Tulangan Tumpuan**

Karena perletakan sebelum komposit dianggap sendi maka momennya adalah nol, nemun diberi penulangan tumpuan sebesar setengah dari penulangan lapangan.

Digunakan ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,00753 \times 600 \times 574,5$$

$$A_{s_{perlu}} = 2595,32 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s \emptyset 25} = \frac{2595,32}{490,625}$$

$$n_{tulangan} = 5,29 \approx 6 \text{ tulangan}$$

$$A_s \text{ pasang} = \text{jumlah tulangan} \times A_{D29}$$

$$= 6 \times 490,625 \text{ mm}^2$$

$$= 2943,75 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots \text{“OK”}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 6D-25 mm

- **Tulangan Lapangan**

$$M_{lapangan} = 547712000 \text{ Nmm} = 54,77 \text{ kNm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times dx^2} = \frac{547712000}{0,9 \times 600 \times 574,5^2} = 3,07$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 3,07}{420}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0076 > \rho_{min} = 0,00753 \text{ dipakai } \rho_{perlu}$$

sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0076 \times 600 \times 574,5 = 2647,77 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s \emptyset 25} = \frac{2647,77}{490,625} = 5,39 \approx 6 \text{ tulangan}$$

$$A_s \text{ pasang} = \text{jumlah tulangan} \times A_{D25}$$

$$= 6 \times 490,625 \text{ mm}^2$$

$$= 2943,75 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots \text{“OK”}$$

Kontrol Kekuatan :

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{2943,75}{600 \times 574,5} = 0,00854$$

Kontrol tarik tulangan (*Design of Reinforced Concrete 9th Edition*, pasal 3.6)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times d} = \frac{2943,75 \times 420}{0,85 \times 600 \times 574,5} = 60,61 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{60,61}{0,764} = 79,3 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{574,5-79,3}{79,3} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0187 > 0,005$$

Faktor Reduksi (ϕ) = 0,9 ...”OK”

$$M_u = \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_u = 0,9 \times 2943,75 \times 420 \times \left(574,5 - \frac{60,61}{2} \right)$$

$$M_u = 605548065,6 \text{ Nmm} > M_{\text{lapangan}} \dots \text{”OK”}$$

\therefore Maka digunakan tulangan lentur 6D-25 mm

Perhitungan Tulangan Lentur Saat Overtopping

Data Perencanaan

Mutu Beton (f_c') = 40 MPa

Mutu Baja (f_y) = 420 MPa

Dimensi Balok = 60/65 cm

Diameter Tul. Utama = 25 mm

Diameter Tul. Sengkang = 13 mm

$$d = h - d' - \phi - \frac{1}{2} d_b$$

$$d = 650 - 50 - 13 - \frac{1}{2} (25) = 574,5 \text{ mm}$$

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

$$\rho_{\min} = \frac{0,5 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00753$$

Digunakan ρ_{\min} terbesar antara 2 perhitungan

ρ_{\min} di atas,

$$\rho_{\min} = 0,00753$$

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

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

- **Tulangan Tumpuan**

Karena terletak sebelum komposit dianggap sendi maka momennya adalah nol, nemun diberi penulangan tumpuan sebesar setengah dari penulangan lapangan.

Digunakan ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,00753 \times 600 \times 574,5$$

$$A_{s_{perlu}} = 2595,32 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s \text{ } \emptyset 25} = \frac{2595,32}{490,625}$$

$$n_{tulangan} = 5,29 \approx 6 \text{ tulangan}$$

$$A_s \text{ pasang} = \text{jumlah tulangan} \times A_{D29}$$

$$= 6 \times 490,625 \text{ mm}^2$$

$$= 2943,75 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots \text{“OK”}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 6D-25 mm

- **Tulangan Lapangan**

$$M_{lapangan} = 594586250 \text{ Nmm} = 59,46 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times dx^2} = \frac{594586250}{0,9 \times 600 \times 574,5^2} = 3,34$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 3,34}{420}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,0083 > \rho_{min} = 0,00753$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0083 \times 600 \times 574,5 = 2887,38 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s \text{ } \varnothing 25} = \frac{2887,38}{490,625} = 5,89 \approx 6 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D25} \\ &= 6 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 2943,75 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan :

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{2943,75}{600 \times 574,5} = 0,00854$$

Kontrol tarik tulangan (*Design of Reinforced Concrete 9th Edition*, pasal 3.6)

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times d} = \frac{2943,75 \times 420}{0,85 \times 600 \times 574,5} = 60,61 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{60,61}{0,764} = 79,3 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{574,5-79,3}{79,3} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0187 > 0,005$$

Faktor Reduksi (ϕ) = 0,9 ...”OK”

$$M_u = \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_u = 0,9 \times 2943,75 \times 420 \times \left(574,5 - \frac{60,61}{2} \right)$$

$$M_u = 605548065,6 \text{ Nmm} > M_{lapangan} \dots \text{“OK”}$$

\therefore Maka digunakan tulangan lentur 6D-25 mm

• Penulangan Lentur Setelah Komposit

Data Perencanaan

$$\text{Mutu Beton (fc')} = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Baja (fy)} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Dimensi Balok} = 60/80 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Tul. Utama} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Tul. Sengkang} = 13 \text{ mm}$$

$$d = h - d' - \emptyset - \frac{1}{2} d_b$$

$$d = 650 - 50 - 13 - \frac{1}{2} (25) = 724,5 \text{ mm}$$

$$d' = 50 + 13 + (0,5 \times 25) = 75,5 \text{ mm}$$

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

$$\rho_{min} = \frac{0,5 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,5 \times \sqrt{40}}{420} = 0,00753$$

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

$$\rho_{min} = 0,00753$$

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

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

- **Balok T**

Lebar Efektif Balok T-Beam

$$be_1 = \frac{1}{4} \times L_b = \frac{1}{4} \times 800 = 200 \text{ cm}$$

$$be_2 = 8 \times tp = 8 \times 15 = 120 \text{ cm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} \times b = \frac{1}{2} \times 500 = 250 \text{ cm}$$

Kontrol Balok T-Beam

$$be = 1200 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times d} = \frac{1320,37 \times 420}{0,85 \times 500 \times 722,5} = 13,59 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{13,59}{0,764} = 17,78 \text{ mm}$$

$$c = 17,78 \text{ mm} < tf = 150 \text{ mm} \dots \text{“OK”}$$

Momen yang terjadi sesudah komposit (ETABS)

Momen Tumpuan

$$\text{Atas} = - 640,34 \text{ KNm}$$

$$\text{Bawah} = + 480,81 \text{ KNm}$$

Momen Lapangan

$$\text{Atas} = - 32,41 \text{ KNm}$$

$$\text{Bawah} = + 107,87 \text{ KNm}$$

- **Tulangan Tumpuan Atas**

$$M_{tumpuan} = 640,34 \text{ KNm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$dx = 724,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 640,34 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{640,34 \times 10^6}{0,9 \times 600 \times 724,5^2} = 2,259$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 2,259}{420}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,0067 < \rho_{min} = 0,00753$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,00753 \times 600 \times 724,5 = 3272,96 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As \ \phi 25} = \frac{3272,96}{490,625} = 6,67 \approx 7 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D29} \\ &= 7 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 3434,375 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 7D-25 mm

- **Tulangan Tumpuan Bawah**

$$M_{tumpuan} = 480,81 \text{ KNm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D29

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$dx = 724,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 480,81 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{480,81 \times 10^6}{0,9 \times 600 \times 724,5^2} = 19,696$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 19,696}{420}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,0050 < \rho_{min} = 0,00753$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,00753 \times 600 \times 724,5 = 3272,96 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As \text{ } \emptyset 25} = \frac{3272,96}{490,625} = 6,67 \approx 7 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D29} \\ &= 7 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 3434,375 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 7D-25 mm

Kontrol Kekuatan :

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{3434,375}{600 \times 724,5} = 0,0079$$

Kontrol tarik tulangan (*Design of Reinforced Concrete 9th Edition*, pasal 3.6)

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times b \times d} = \frac{3434,375 \times 420}{0,85 \times 600 \times 724,5} = 70,71 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{70,71}{0,764} = 92,51 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{724,5-92,51}{92,51} \times 0,003$$

$$\epsilon_t = 0,0204 > 0,005$$

Faktor Reduksi (ϕ) = 0,9 ...”OK”

$$Mu = \phi \times As \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mu = 0,9 \times 3434,375 \times 420 \times \left(724,5 - \frac{70,71}{2} \right)$$

$$Mu = 894645211 \text{ Nmm} > M_{lapangan} \dots \text{“OK”}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 7D-25 mm

Kontrol Tulangan Rangkap :

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{3434,375}{600 \times 724,5} = 0,0079 > \rho_{perlu}$$

$$\rho' = \frac{As'}{b \times d} = \frac{3434,375}{600 \times 724,5} = 0,0079 > \rho_{perlu}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \times fc' \times \beta 1 \times d'}{fy \times d} \times \frac{600}{600 - fy}$$

$$0 \geq \frac{0,85 \times 40 \times 0,76 \times 75,5}{420 \times 724,5} \times \frac{600}{600 - 420}$$

$$0 \geq \frac{0,85 \times 40 \times 0,76 \times 75,5}{420 \times 724,5} \times \frac{600}{600 - 420}$$

$$0 \geq 0,0215 \text{ (Tulangan tekan belum leleh)}$$

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times \beta 1 \times fc'}{(\rho - \rho') \times fy} \times \frac{d'}{d} \right| \leq fy$$

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times 0,76 \times 40}{0 \times 420} \times \frac{75,5}{724,5} \right| \leq 420$$

$$f's = 600 \geq 420 \text{ MPa (tulangan tekan dalam kondisi tarik)}$$

Maka diambil $f's = 420 \text{ MPa}$ (dalam kondisi tarik)

$$a = \frac{As \times fy \times A's \times f's}{0,85 \times b \times f'c} = \frac{3434,375 \times 420}{0,85 \times 600 \times 40} = 70,71$$

$$Mn = (As \times fy - A's \times f's) \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's \times f's \times (d - d')$$

$$Mn = (3434,375 \times 420) \times \left(774,5 - \frac{70,71}{2} \right) + 3434,375 \times 420 \times (774,5 - 75,5)$$

$$Mn = 936141938 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mu} = \phi Mn = 0,9 \times 936141938 = 842527744 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mu} > \text{Mtumpuan} = 640340000 \text{ Nmm} \dots \text{“OK”}$$

- **Tulangan Lentur Lapangan**

Sebelum kita lakukan analisa desain perencanaan untuk tulangan lapangan perlu dilakukan cek apakah

balok pada daerah lapangan tergolong balok T atau bukan dengan perumusan sebagai berikut :

Tulangan lapangan bawah

$$be1 = \frac{1}{4} \times Lb = \frac{1}{4} \times 800 = 200 \text{ cm}$$

$$be2 = bw + 16t = 50 + (16 \times 15) = 290 \text{ cm}$$

$$be3 = \frac{1}{2} \times (Lb - bw) = \frac{1}{2} \times (800 - 50) = 375 \text{ cm}$$

$$b = be1 = 200 \text{ cm}$$

$$dx = 724,5 \text{ mm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 107,87 \text{ KNm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$dx = 724,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 107,87 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{107,87 \times 10^6}{0,9 \times 600 \times 724,5^2} = 0,381$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,381}{420}} \right)$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0009 < \rho_{\text{min}} = 0,00753$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,00753 \times 600 \times 724,5 = 3272,96 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As \ \phi 25} = \frac{3272,96}{490,625} = 6,67 \approx 7 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D29} \\ &= 7 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 3434,375 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 7D-25 mm

- **Tulangan Lapangan Atas**

$$M_{\text{lapangan}} = 32,41 \text{ KNm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D25

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$dx = 724,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 32,41 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{32,41 \times 10^6}{0,9 \times 600 \times 724,5^2} = 0,114$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 0,114}{420}} \right)$$

$\rho_{perlu} = 0,00027 < \rho_{min} = 0,00753$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,00753 \times 600 \times 724,5 = 3272,96 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As \phi 25} = \frac{3272,96}{490,625} = 6,67 \approx 7 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D29} \\ &= 7 \times 490,625 \text{ mm}^2 \\ &= 3434,375 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} \dots \text{“OK”} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan lentur 7D-25 mm

Kontrol Tulangan Rangkap :

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{3434,375}{600 \times 724,5} = 0,0079 > \rho_{perlu}$$

$$\rho' = \frac{As'}{b \times d} = \frac{3434,375}{600 \times 724,5} = 0,0079 > \rho_{perlu}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \times fc' \times \beta 1 \times d'}{fy \times d} \times \frac{600}{600 - fy}$$

$$0 \geq \frac{0,85 \times 40 \times 0,76 \times 75,5}{420 \times 724,5} \times \frac{600 - 420}{600}$$

$$0 \geq \frac{0,85 \times 40 \times 0,76 \times 75,5}{420 \times 724,5} \times \frac{600}{600 - 420}$$

$0 \geq 0,0215$ (Tulangan tekan belum leleh)

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c'}{(\rho - \rho') \times f_y} \times \frac{d'}{d} \right| \leq f_y$$

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times 0,76 \times 40}{0 \times 420} \times \frac{75,5}{724,5} \right| \leq 420$$

$f's = 600 \geq 420$ MPa (tulangan tekan dalam kondisi tarik)

Maka diambil $f's = 420$ MPa (dalam kondisi tarik)

$$a = \frac{A_s \times f_y \times A's \times f's}{0,85 \times b \times f'c} = \frac{3434,375 \times 420}{0,85 \times 600 \times 40} = 70,71$$

$$Mn = (A_s \times f_y - A's \times f's) \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's \times f's \times (d - d')$$

$$Mn = (3434,375 \times 420) \times \left(774,5 - \frac{70,71}{2} \right) + 3434,375 \times 420 \times (774,5 - 75,5)$$

$$Mn = 936141938 \text{ Nmm}$$

$$\mu = \phi Mn = 0,9 \times 936141938 = 842527744 \text{ Nmm}$$

$$\mu > \mu_{tumpuan} = 640340000 \text{ Nmm} \dots \text{“OK”}$$

Cek Balok T Palsu

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 3434,375 \times 420 \\ &= 1386388,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \times f'c \times b_e \times h_f \\ &= 0,85 \times 40 \times 120 \times 150 \\ &= 612000 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $C > T$, maka balok dianggap sebagai balok T palsu, berperilaku sebagai balok persegi dengan lebar b_e .

$$a = 81,55 \text{ mm}$$

$$\rho_{aktual} = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{3434,375}{600 \times 774,5} = 0,00855$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{70,71}{0,764} = 92,51 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{724,5-92,51}{92,51} \times 0,003$$

$$\varepsilon_t = 0,0173 > 0,005$$

Faktor Reduksi (ϕ) = 0,9 ...”OK”

$$M_u = \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_u = 0,9 \times 3434,375 \times 420 \times \left(774,5 - \frac{70,71}{2}\right)$$

$$M_u = 850620717,3 \text{ Nmm} > M_{lapangan} \dots \text{”OK”}$$

\therefore Maka digunakan tulangan lentur 7D-25 mm

7.2.1.3 Penulangan Geser & Torsi BI.1

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 :

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

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

Tabel 7.1 Perhitungan M_{pr} BI.1

LOKASI			n	As perlu (mm ²)	a (mm)	Mpr (KNm)
Tumpuan	Kiri	Atas	7	3434,375	88,38	1226,63
		Bawah	7	3434,375	88,38	1226,63
	Kanan	Atas	7	3434,375	88,38	1226,63

		Bawah	7	3434,375	88,38	1226,63
--	--	--------------	---	----------	-------	---------

$$M_{pr1} = 1226,63 \text{ KNm}$$

$$M_{pr2} = 1226,63 \text{ KNm}$$

$$l_n = 7,225 \text{ m}$$

$$W_{u1} = 187,91 \text{ KN/m}$$

$$W_{u2} = 114,03 \text{ KN/m}$$

$$V_{u1} = 151,64 \text{ KN}$$

$$V_{u2} = 453,58 \text{ KN}$$

7.3 Pemasangan Sengkang Daerah Sendi Plastis

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

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

$$\frac{1226,63 + 1226,63}{7,225} > 0,5 \times 453,58$$

$$339,55 \text{ KN} > 226,79 \text{ KN} \dots \text{“OK”}$$

- Gaya Aksial Tekan $< 0,2 \times A_g \times f_c'$

$$9,89 \text{ KN} < 3840 \text{ KN} \dots \text{“OK”}$$

Karena gaya aksial terlalu kecil maka memenuhi :

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{\sqrt{40}}{6} \times 600 \times 724,5 = 458214,03 \text{ N} = 458,21 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{453,58}{0,9} - 458,21 = 45,76 \text{ KN}$$

Rencanakan tulangan geser 2D13 mm ($A_v = 265,33 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,33 \times 420 \times 724,5}{45760} = 1764,19 \text{ mm}$$

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

$$- d/4 = 724,5/4 = 181,125 \text{ mm}$$

$$- 6 d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

Dari syarat diatas maka diambil jarak sengkang terkecil yaitu 150 mm. Sehingga nilai kuat geser diperoleh sebagai berikut :

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{265,33 \times 420 \times 724,5}{150} = 269124,22 \text{ N} = 269,12 \text{ KN}$$

$$\phi V_s = 0,9 \times 269,12 = 242,21 \text{ KN}$$

$$\phi (V_c + V_s) = 0,9 \times (458,21 + 269,12) = 654,6 \text{ KN}$$

Sengkang yang dipasang 2D13 mm sejarak 150 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

- s_{\max} sepanjang sendi plastis di ujung balok

$$2h = 2 \times 800 = 1600 \text{ mm}$$

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

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

$$V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times bw \times d \times \sqrt{f'c} = \frac{2}{3} \times 600 \times 724,5 \times \sqrt{40}$$

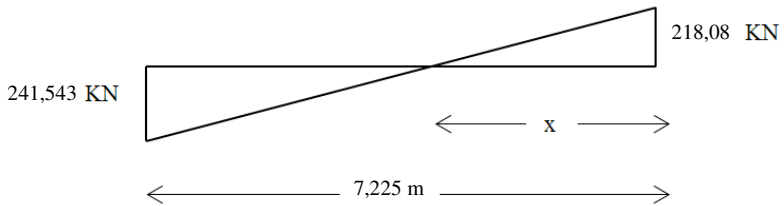
$$V_{s_{\max}} = 1832856,13 \text{ N} = 1832,86 \text{ KN}$$

$$V_{s_{\max}} > \phi V_s = 1832,86 \text{ KN} > 242,21 \text{ KN} \dots \text{“OK”}$$

Sehingga sengkang 2D13-150 mm dapat digunakan.

7.4 Pemasangan Sengkang di Luar Daerah Sendi Plastis

Pemasangan tulangan sengkang di luar daerah sendi plastis dimulai dari 1000 mm dari ujung balok dimana gaya geser yang digunakan merupakan gaya geser dari hasil analisa struktur dengan besar beban gempa dan memperhitungkan pula kuat geser yang disumbangkan oleh beton.



Gambar 7.3 Penentuan Jarak X di Luar Sendi Plastis

Persamaan segitiga untuk mencari jarak x

$$\frac{x}{8 - x} = \frac{218,08}{241,543}$$

$$241,543 x = 1744,64 - 218,08 x$$

$$x = 3,796 \text{ m}$$

V_u pada jarak = 1000 m dari tumpuan

$$\frac{3,796}{3,796 - 1} = \frac{218,08}{x}$$

$$3,796 x = 609,75$$

$$x = 167 \text{ KN}$$

$V_u = 167 \text{ KN}$ pada jarak 1000 m

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{167}{0,9} = 185,6 \text{ KN}$$

Jika dipakai begel 2 kaki dengan D13 ($A_v = 265,33 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,33 \times 420 \times 722,5}{1856000} = 435 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 bahwa syarat jarak antar sengkang di luar sendi plastis tidak boleh melebihi :

$$\frac{1}{2} \times d = \frac{1}{2} \times 724,5 = 362,25 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Jadi dipasang begel 2D13 – 350 mm sebanyak :

$$L_n = 7225 \text{ m}$$

$$\frac{L_n - 4 \times h}{s} + 1 = \frac{7225 - 4 \times 800}{350} + 1$$

$$= 12,5 \approx 13 \text{ buah}$$

Penulangan Torsi

$$\begin{aligned} \text{Dimensi Balok Induk BI.1} &= 60/80 \text{ cm} \\ T_u &= 151,1 \text{ KNm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} T_u &< \phi \frac{\sqrt{f'c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ 151,1 \text{ KNm} &< 0,75 \times \frac{\sqrt{40}}{12} \left(\frac{(600 \times 800)^2}{(600 + 800) \times 2} \right) \\ 151,1 \text{ KNm} &> 32,53 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Dengan demikian dibutuhkan tulangan torsi.

$$\begin{aligned} A_{oh} &= x1 \times y1 \\ x1 &= 600 - 2 \times 50 = 500 \text{ mm} \\ y1 &= 800 - 2 \times 50 = 700 \text{ mm} \\ A_{oh} &= x1 \times y1 = 350000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 350000 = 284000 \text{ mm}^2 \\ d &= 724,5 \text{ mm} \\ p_h &= 2 \times (x1 + y1) = 2 \times (500 + 700) = 2400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek kapasitas penampang :

$$\begin{aligned} \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \times p_h}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} &< \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66\sqrt{f'c} \right) \\ \sqrt{\left(\frac{132,78 \times 10^3}{600 \times 724,5} \right)^2 + \left(\frac{151,8 \times 10^6 \times 2000}{1,7 \times 350000^2} \right)^2} & \\ &< 0,75 \left(\frac{328086,3}{600 \times 724,5} + 0,66\sqrt{40} \right) \end{aligned}$$

$$1,95 < 3,85 \dots \text{“OK”}$$

Kapasitas penampang cukup untuk menahan Torsi.

Perhitungan Tulangan Senggang untuk Torsi

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{151,8}{0,75} = 202,8 \text{ KNm}$$

Diasumsikan $\theta = 45^\circ$ sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 (a)

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_{yt} \cot \theta} = \frac{202,8 \times 10^6}{2 \times 284000 \times 420 \times 1} = 0,85$$

$$\frac{A_v}{s} = 0,552 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Total kebutuhan sengkang :

$$\frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2 \times 0,85 + 0,552 = 2,25 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$s = \frac{2 \times 132,665}{2,25} = 117,91 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \frac{p_h}{8} = \frac{2400}{8} = 300 \text{ mm}$$

∴Maka digunakan sengkang D13-110 mm

Perhitungan Tulangan Longitudinal untuk Torsi :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times p_h \times \frac{f_{yt}}{f_y} \times \cot^2 \theta$$

$$A_l = 1,25 \times 2400 \times \frac{420}{420} \times 1 = 2037,5 \text{ mm}^2$$

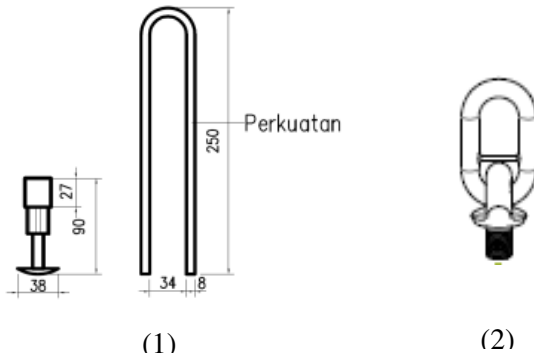
Tulangan longitudinal tambahan untuk masing-masing sisi atas, tengah, dan bawah adalah $679,16 \text{ mm}^2$ yang artinya berjumlah 1,38 tulangan ≈ 2 tulangan untuk tulangan atas, 2 tulangan tengah, dan 2 tulangan bawah diameter 25 mm.

7.2.1.4 Pengangkatan Balok Induk BI.1

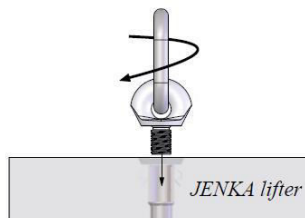
Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.

- **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *JENKA Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah JENKA BSA Short Insert dengan kait JL. Di satu titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 16 KN dengan sudut 0° - 90° .



Gambar 7.4 (1) Profil BSA dan Perkuatan (2) Profil Kait JL



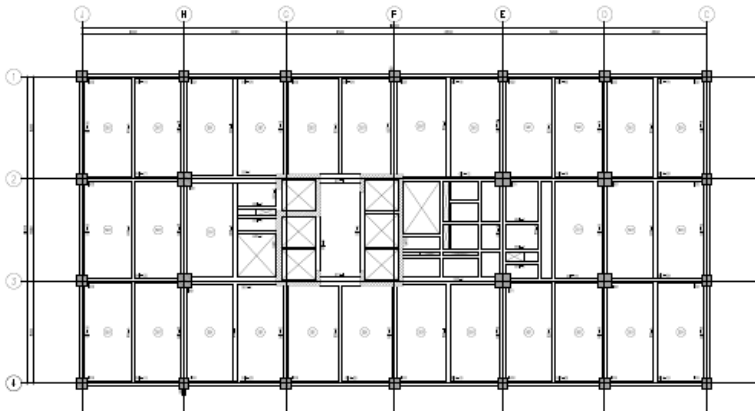
Gambar 7.5 JENKA Lifter

7.2 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom dibedakan menjadi 4 tipe kolom dengan data sebagai berikut :

Data Umum Perencanaan Kolom :

Dimensi Kolom Lt. Basement- 5	: 120/120 cm
Lt. 6-10	: 95/95 cm
Lt. 11-15	: 85/85 cm
Lt. 16-19	: 70/70 cm
Tebal decking (d')	: 50 mm
Mutu tulangan (f_y)	: 420 MPa
Mutu beton ($f'c$)	: 40 MPa



Gambar 7.6 Denah Kolom

7.2.1 Perencanaan Kolom Lantai Basement – 5 (K.1)

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diekspor beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 120/120 yaitu :

$$\begin{aligned} P_{u_{\max}} &: 21194,71 \text{ KN} \\ V_{u_{\max}} &: 859,33 \text{ KN} \\ T_{u_{\max}} &: 544,42 \text{ KNm} \end{aligned}$$

7.2.2 Kontrol Dimensi 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.

$$1200 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \dots \text{“OK”}$$

Rasio dimensi lebih besar dari 0,4

$$\text{Rasio } b/h = 1200/1200 = 1 > 0,4 \dots \text{“OK”}$$

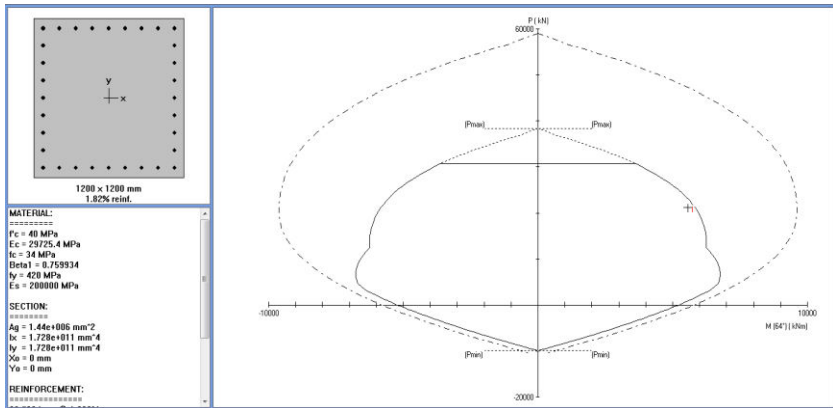
Dari hasil running program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 21194,71 KN.

$$21194,71 \text{ KN} \geq 1200 \times 1200 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000}$$

$$21194,71 \text{ KN} \geq 5760 \text{ KN} \dots \text{”OK”}$$

7.2.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu spColumn, didapatkan diagram interaksi antara gaya aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut :



Gambar 7.7 Output spColumn K.1 Biaksial

Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom menghasilkan :

$$\phi M_{nx} = 2551 \text{ KNm} > M_{ux} = 2440,8 \text{ KNm} \dots \text{“OK”}$$

$$\phi M_{ny} = 5240,3 \text{ KNm} > M_{uy} = 5012,47 \text{ KNm} \text{ “OK”}$$

7.2.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6, luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,06 A_g$.

$$A_s = 26208 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 1440000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program spColumn diperoleh tulangan longitudinal : 32D32 dengan rasio tulangan = 1,82% ... “OK”

7.2.5 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 :

$$\phi P_n = 0,8 \phi (0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 21194,71 \text{ KN} \\
 \emptyset &= 0,65 \\
 A_g &= 1440000 \text{ mm}^2 \\
 A_{st} &= 26208 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

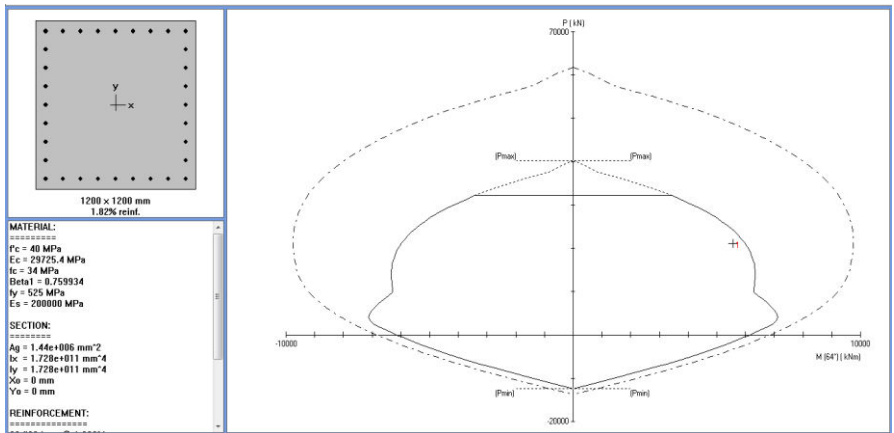
Sehingga :

$$\emptyset P_n = 30719,7 \text{ KN} > P_u = 21194,71 \text{ KN} \dots \text{“OK”}$$

7.2.6 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 adalah :

$$f_s = 1.25 \times f_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ MPa}$$



Gambar 7.8 Output spColumn setelah Mpr K.1 Biaksial

$$L_n = 3600 \text{ mm}$$

$$M_{prx} = 11510 \text{ KNm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 11510}{3,6} = 6394,44 \text{ KN}$$

$$V_{ex} = 6394,44 \text{ KN} > V_u = 859,33 \text{ KN} \dots \text{“OK”}$$

7.2.7 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 batasan sebagai berikut :

Pemasangan Tulangan di Daerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

$$\frac{1}{4} b_{kolom} = \frac{1}{4} \times 1200 = 300 \text{ mm}$$

$$6 db = 6 \times 32 = 132 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - (0,5 \times (1200 - 2 \times (40 + \frac{13}{2})))}{3} \right)$$

$$S_o = 105,56 \text{ mm}$$

Digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 100 mm

$A_{sh_{min}}$ sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$b_{cx} = 1200 - 50 - 2 \times 10 = 1124 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (1200 - 50 \times 2)^2 = 1210000 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 0,3 \frac{100 \times 1124 \times 40}{420} \left[\frac{1440000}{1210000} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 488,35 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0,09 \frac{s b_c f_{tc}}{f_{yt}} = 0,09 \frac{100 \times 1124 \times 40}{420}$$

$$A_{sh1} = 770,74 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan 6D13-100 mm, $A_s = 759,99 \text{ mm}^2 > A_{sh} = 770,74 \text{ mm}^2$

Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

$$- 6 \times db = 6 \times 32 = 192 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan $s = 150 \text{ mm}$.

7.2.8 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 :

$$\begin{aligned} N_u &= 21194,71 \text{ KN} \\ T_u &= 544,42 \text{ KNm} \\ A_{cp} &= 1440000 \text{ mm}^2 \\ P_{cp} &= 4800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$T_n = \phi 0,33 \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 \sqrt{f'_c}}}$$

$$T_n = 0,65 \times 0,33 \sqrt{40} \left(\frac{1440000^2}{4800} \right) \sqrt{1 + \frac{21194,71}{0,33 \sqrt{40}}}$$

$$T_n = 1867595,6 \text{ KN} > T_u = 544,42 \text{ KN}$$

Maka, tulangan torsi dapat diabaikan.

7.2.9 Kontrol “Strong Column Weak Beam”

Hitung momen nominal balok BI.1 dan kolom K1 :

Momen nominal sisi atas balok

$$\phi = 0,9$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{3925 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1200} = 40,4 \text{ mm}$$

$$M_g^+ = \phi \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_g^+ = 0,9 \times 3925 \times 420 \times \left(624,5 - \frac{40,4}{2}\right)$$

$$M_g^+ = 896,57 \text{ KN}$$

Momen nominal sisi bawah balok

$$\phi = 0,9$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{3434,38 \times 420}{0,85 \times 40 \times 700} = 60,61 \text{ mm}$$

$$M_g^- = \phi \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_g^- = 0,9 \times 3434,38 \times 420 \times \left(624,5 - \frac{60,61}{2}\right)$$

$$M_g^- = 771,38 \text{ KN}$$

Total Momen Nominal Balok

$$M_g^+ + M_g^- = 896,57 + 771,38 = 1667,95 \text{ KN}$$

Momen Nominal Kolom didapat dari spColumn berikut :

$$Mn_x = 2617,64 \text{ KNm}$$

$$Mn_y = 5376,9 \text{ KNm}$$

Total Momen Nominal Balok

$$2 \times (2617,64 + 5376,9) = 15989,08 \text{ KN}$$

Syarat “Strong Column Weak Beam”

$$\frac{\sum M_e}{\phi} > 1,2 \times \frac{\sum M_g}{\phi}$$

$$\frac{15989,08}{0,65} > 1,2 \times \frac{1667,95}{0,9}$$

$$24598,59 \text{ KNm} > 2223,93 \text{ KNm} \dots \text{“MEMENUHI”}$$

7.3 Perencanaan Dinding Geser (*Shearwall*)

Seluruh dinding geser menahan 75% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Perencanaan dinding geser dibedakan menjadi Dinding Geser Arah X dan Dinding Geser Arah Y.

7.3.1 Dinding Geser Arah X

Dinding geser arah X menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu X. Terdapat dinding geser arah X dengan bentang 3,5 meter

7.3.1.1 Data Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser yang akan direncanakan memiliki data sebagai berikut :

Tebal dinding	: 40 cm
Tebal decking	: 40 mm
Tulangan	: 25 mm
d'	: 270 mm
Mutu Tulangan (fy)	: 420 MPa
Mutu Beton (f'c)	: 40 MPa
Tinggi Lantai	: 420 cm
Lebar Dinding	: 350 cm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada kolom, yaitu :

Gaya Aksial	: 30732,9 KN
Momen	: 15674,35 KNm
Gaya Geser	: 4094,9 KN

7.3.1.2 Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3, ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

- $\frac{1}{25} \lambda c = \frac{1}{25} \times 3500 = 140 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \text{“OK”}$
- $240 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots \text{“OK”}$

Jadi, ketebalan shearwall 400 mm sudah memenuhi persyaratan.

7.3.1.3 Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

Kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi $0,83 A_{cv}\sqrt{f'c}$.

$$Vu < 0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$$

$$4094,9 \text{ KN} < 0,83 \times 40 \times 350 \frac{\sqrt{40}}{10}$$

$$4094,9 \text{ KN} < 7349,13 \text{ KN} \dots \text{“OK”}$$

7.3.1.4 Penulangan Geser Shear Wall

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI 2847:2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding yaitu :

- a. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2 bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi $0,17 \times A_{vc} \times \sqrt{f'c}$

$$Vu < 0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c}$$

$$Vu < 0,17 \times 40 \times 350 \times \frac{\sqrt{40}}{10}$$

$$4094,9 \text{ K} > 1505,24 \text{ KN} \rightarrow \mathbf{2 \text{ Lapis Tulangan}}$$

- b. 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 mm > 250 mm $\rightarrow \mathbf{2 \text{ Lapis Tulangan}}$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

7.3.1.5 Penulangan Geser Vertikal dan Horizontal

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$Vu < \phi Vn$$

$$Vn = A_{cv} \left[\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y \right]$$

$$\frac{hw}{tw} = \frac{4,2}{3,5} = 1,2 < 2 ; \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0,25$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2 D25 ($A_s = 981,25 \text{ mm}^2$) dengan $s = 100 \text{ mm}$ pada arah vertikal dan horizontal.

$$\rho_n = \frac{A_s}{d' \times s} = \frac{981,25}{270 \times 100} = 0,0363$$

$$Vn = 400 \times 3500 \times [0,25 \times \sqrt{40} + 0,0363 \times 420]$$

$$Vn = 23583,04 \text{ KN} > Vu = 4094,9 \text{ KN} \dots \text{“OK”}$$

7.3.1.6 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 2D25 ($A_s = 981,25 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan :

$$\rho_n = \frac{A_s}{d' \times s} = \frac{981,25}{270 \times 100} = 0,0363 > 0,0025 \dots \text{“OK”}$$

7.3.1.7 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 = 100 mm < 450 mm ... “OK”
- Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{lw}{5} = 700 \text{ mm}$$

$$s \leq 3h = 1260 \text{ mm}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$
 S pakai = 100 mm ... “OK”
- Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s \leq \frac{lw}{3} = 1166,67 \text{ mm}$$

$$s \leq 3h = 1260 \text{ mm}$$

$$s \leq 450 \text{ mm}$$
 S pakai = 100 mm ... “OK”

7.3.1.8 Kontrol Komponen Batas

Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shearwall* lebih dari 0,2 f'c sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.3 berikut :

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2 f'c$$

$$19,19 + 21,95 > 0,2 \times 40$$

$$41,15 \text{ MPa} > 8 \text{ MPa} \rightarrow \text{Butuh Komponen Batas}$$

$$c > \frac{lw}{600 \times \left(\frac{\delta u}{hw}\right)} ; \frac{\delta u}{hw} > 0,007$$

$$\frac{\delta u}{hw} = \frac{21,69}{84000} = 0,000258 < 0,007, \text{digunakan } 0,007$$

$$As \text{ Total} = 18643,75 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{18643,75 \times 420}{0,85 \times 40 \times 3500} = 65,8 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{65,8}{0,764} = 86,58 \text{ mm}$$

$$86,58 > \frac{3500}{600 \times 0,007}$$

$86,58 \text{ mm} < 833,33 \text{ mm} \rightarrow$ **Tidak Butuh Komponen Batas**

Berdasarkan 2 syarat diatas, salah satu syarat mengharuskan penggunaan komponen batas, maka berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, komponen batas harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari pada $(c - 0,1*lw)$ dan $c/2$.

7.3.1.9 Penulangan Pada Komponen Batas

Digunakan tulangan transversal dengan diameter 10 mm untuk arah penulangan komponen batas dimana s tidak boleh lebih besar dari :

$$- \frac{1}{4} h = \frac{1}{4} \times 420 = 105 \text{ mm}$$

$$- 6 db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$- S_o = 100 + \left(\frac{350-hx}{3} \right)$$

$$S_o = 100 + 91,5 = 191,5 \text{ mm}$$

Dimana S_o tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm. Diambil $s = 100 \text{ mm}$.

$$A_{xh} = \frac{0,09 \times s \times hc \times f'c}{fy} = \frac{0,09 \times 100 \times 154 \times 40}{420}$$

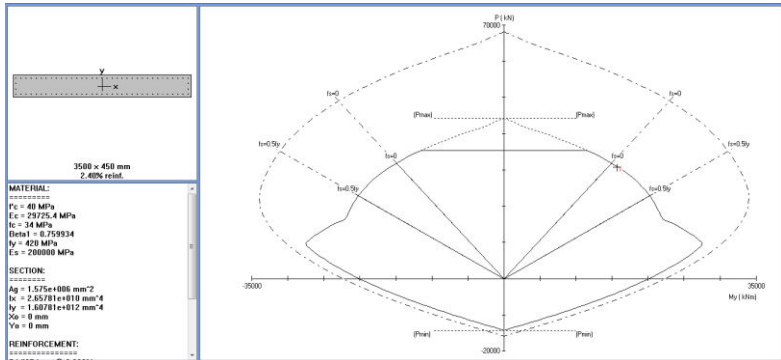
$$A_{xh} = 132 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2 kaki D10 – 100 mm

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 > A_{xh} = 132 \text{ mm}^2$$

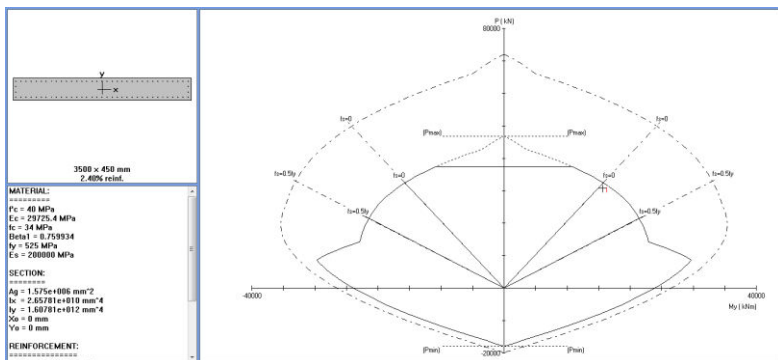
7.3.1.10 Pengecekan Tulangan dengan spColumn

Dinding struktur berfungsi sama seperti kolom yaitu untuk menahan gaya-gaya yang bekerja secara lateral khususnya, maka dari itu dalam perhitungan dinding geser ini perlu menggunakan program bantu spColumn.



Gambar 7.9 Output spColumn Arah Y

Kombinasi beban dan momen maksimum yang bekerja pada dinding geser masih memenuhi ($M_u < \phi M_n$). Setelah itu cek kondisi setelah tulangan mengalami leleh (setelah M_{pr}) dengan hasil sebagai berikut.



Gambar 7.10 Output spColumn Arah Y Setelah Mpr

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB 8

PERENCANAAN SAMBUNGAN

8.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

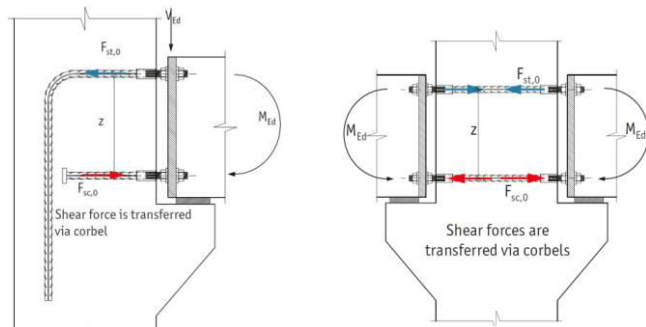
Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering seperti *mechanical connection* atau *welding connection* yang cukup rumit dan membutuhkan keahlian khusus dibidangnya. Untuk sambungan basah di daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Di dalam pelaksanaan biasanya digunakan stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dengan pelat topping agar pelat bersifat monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan, dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in-situ*)

8.2 Konsep Desain Sambungan

Konsep desain sambungan pada perencanaan perkantoran One Galaxy ini adalah dengan menggunakan produk dari *Peikko Group*. Sambungan direncanakan menggunakan *Anchor Bolt* produk dari *Peikko* untuk menyalurkan tulangan antar elemen pracetak. Penyambungan digunakan dengan menggunakan sistem baut dan *coupler*.

Konsep penyaluran gaya dalam yang ada adalah dengan menggunakan gaya tarik maksimum yang dapat diterima oleh masing-masing profil sambungan yang ada dengan gaya aksial / gaya tarik yang terjadi pada elemen pracetak seperti ilustrasi pada gambar berikut



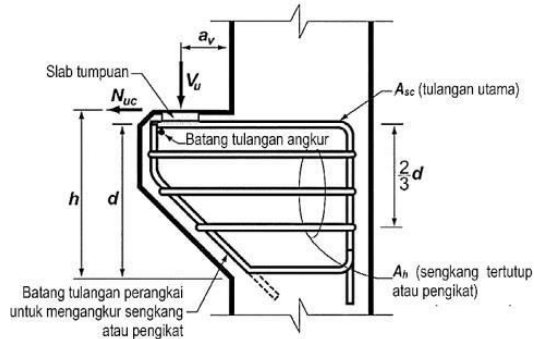
Gambar 8.1 Penyaluran Gaya pada Sambungan Balok-Kolom

8.3 Perencanaan Sambungan Balok Induk-Kolom

8.3.1 Perencanaan Konsol Pada Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013

pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 8.2 Geometrik Konsol Pendek

8.3.1.1 Kolom – Balok 50/70

- **Data Perencanaan**

$$V_u = 341,11 \text{ KN}$$

$$N_{uc} = 303,15 \text{ KN}$$

$$f'c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$\varnothing_s = 19 \text{ mm } (A_s = 283,39 \text{ mm}^2)$$

$$\varnothing_h = 16 \text{ mm } (A_s = 200,96 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Lebar konsol (b)} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi konsol (h)} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi tepi konsol } (\frac{1}{2}h) = 100 \text{ mm}$$

$$d = h - d' - 0,5\varnothing_s = 140,5 \text{ mm}$$

- **Luas Pelat Landasan**

$$V_u = \varnothing \times 0,85 \times f'c \times Al$$

$$Al = \frac{V_u}{\varnothing \times 0,85 \times f'c} = \frac{341,11 \times 10^3}{0,75 \times 0,85 \times 40}$$

$$Al = 13376,86 \text{ mm}^2$$

Dipakai pelat landasan $500 \times 200 = 10000 \text{ mm}^2$
dengan tebal 15 mm.

- **Menentukan Luas Tulangan Geser Friksi**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{341,11}{0,75} = 454,81 \text{ KN}$$

$$0,2f_c' \times bw \times d = 0,2 \times 40 \times 500 \times 140,5 = 562000 > V_n \dots \text{“OK”}$$

$$11 bw d = 11 \times 500 \times 140,5 = 772750 > V_n \dots \text{“OK”}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{454810}{420 \times 1,4} = 773,49 \text{ mm}^2$$

- **Luas Tulangan Lentur**

Digunakan perletakan sendi-rol dalam perencanaan konsol pendek yang mengijinkan adanya deformasi lateral maupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 akan digunakan N_{uc} minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_{ua} \times a + N_{uc} (h-d) \\ &= (341110 \times 100) + (303150 \times (500-140,5)) \\ &= 63518758 \text{ Nmm} = 63,52 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$A_{vf1} = \frac{M_u}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$A_{vf1} = \frac{63518758}{0,85 \times 0,75 \times 420 \times 252}$$

$$A_{vf1} = 1688,48 \text{ mm}^2$$

$$A_{vf2} = \frac{Vn}{\mu \times f_y} = \frac{454810}{1,4 \times 420} = 773,49 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_{vf} = 773,48 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok As :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{303150}{0,75 \times 420} = 962,38 \text{ mm}^2$$

- **Pemilihan Tulangan**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_{sc} = A_{vf} + A_n = 1735,87 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right)$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \times 773,48}{3} + 962,38 \right) = 1478,04 \text{ mm}^2$$

$A_{sc} = 1735,87 \text{ mm}^2$ menentukan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$\begin{aligned} A_h &= 0,5 (A_s - A_n) \\ &= 0,5 (1735,87 - 962,38) \\ &= 386,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan A_{sc} 7D19 ($A_{sc} = 1983,7 \text{ mm}^2$)

Dipakai tulangan A_h 2D16 ($A_h = 401,92 \text{ mm}^2$)

Dipasang sepanjang $2/3d = 93,67 \text{ mm}$ (vertikal) dengan spasi $100/2 = 50 \text{ mm}$

8.3.1.2 Rekap Konsol Pendek

Konsol pendek digunakan pada sambungan balok induk ke kolom, selain itu juga digunakan pada sambungan balok induk ke balok anak dengan perhitungan yang sama seperti konsol pendek yang terletak pada kolom.

Tabel 8.1 Rekap Konsol Pendek

Jenis Konsol Pendek	Ukuran		Vu (KN)	Nu (KN)	Utama	Senggang
	b (mm)	h (mm)				
Kolom - BI.1	500	200	341	303	7-D19	2-D16
Kolom - BI.2	700	200	461	300	8-D19	3-D16
Kolom - BI.3	500	250	454	185	6-D19	3-D16
BI.1/BI.2 - BA	500	200	420	79	5-D19	3-D16

8.3.2 Perhitungan Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan dijangkarkan ataupun dikaitkan ke dalam kolom. Diasumsikan panjang penyaluran menerima tekan dan tarik maka akan dihitung dalam dua kondisi pula yaitu tekan dan tarik.

Dalam perencanaan sambungan menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu dengan menggunakan *MODIX Coupler*. Dalam perencanaan sambungan tulangan atas dan bawah menggunakan *MODIX Coupler* tipe PM yang dikombinasikan dengan tipe SM Male pada balok dan SM Female pada kolom. Untuk kait standar panjang penyaluran sesuai dengan perhitungan berikut :

8.3.2.1 Sambungan Balok BI.1 (50/70) – Kolom untuk *Single Sided Connection*

Penyaluran Tulangan pada Balok Pracetak

$$db = 25 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 2595,326 \text{ mm}^2$$

As pasang = 2943,75 mm²

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5, maka :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{fy}{400}$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$l_{hb} = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'_c}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395,28 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

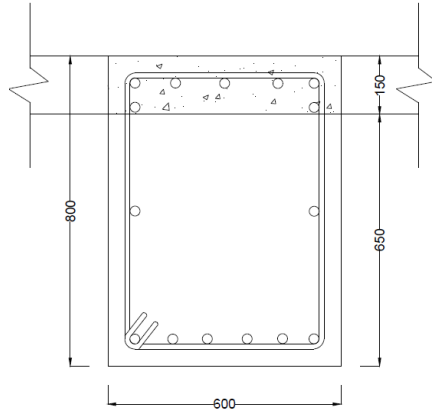
$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{fy}{400} = 395,28 \times \frac{420}{400} = 415 \text{ mm}$$

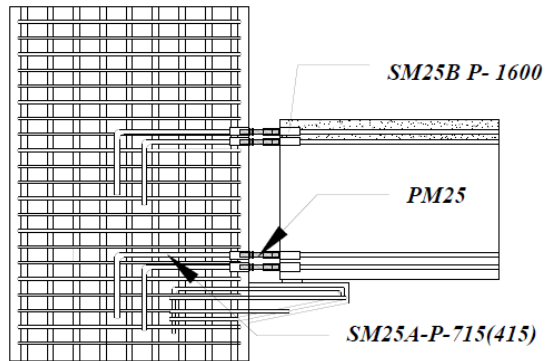
Maka dipakai $l_{dh} = 415 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \text{ db} = 300 \text{ mm}$.

Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan di bagian overtopping menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Coupler*. Profil yang digunakan adalah **MODIX Coupler (1) SM25A-P-715(415) (2) PM25 (3) SM25B-P-8000** untuk tulangan atas dan bawah.



Gambar 8.3 Potongan Balok BI.1



Gambar 8.4 Sambungan Balok BI.1 dan Kolom K.1

8.3.2.2 Sambungan Balok BI.1(50/70) – Kolom – Balok BI.2 (70/90) untuk *Double Sided Connection*

Penyaluran Tulangan pada Balok Pracetak

db	= 25 mm
As perlu	= 2595,326 mm ²
As pasang	= 2943,75 mm ²

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5, maka :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{f_y}{400}$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$l_{hb} = 100 \times \frac{db}{\sqrt{frc}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395,28 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

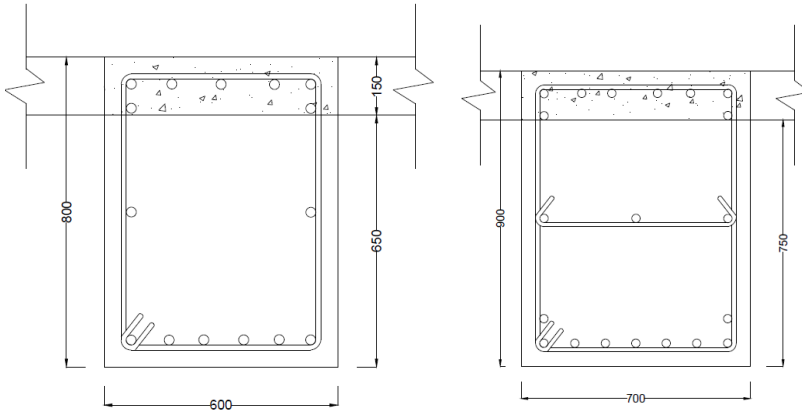
$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{fy}{400} = 395,28 \times \frac{420}{400} = 415 \text{ mm}$$

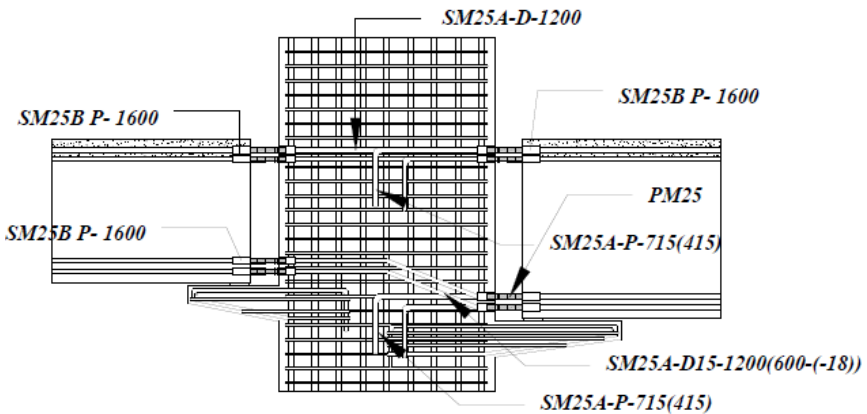
Maka dipakai $l_{dh} = 415$ mm dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 d_b = 300$ mm.

Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan di bagian overtopping menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Coupler*. Profil yang digunakan adalah **MODIX Coupler (1) SM25A-D-SM25A-1200 (2) PM25 (3) SM25B-P-8000** untuk tulangan atas dan **MODIX Coupler (1) SM25A-D15 - 1200(600-(-18))-SM25A (2) PM25 (3) SM25B-P-8000 / (3) SM25B-P-8250** untuk tulangan bawah serta untuk jumlah tulangan yang lebih dari balok BI.2 (70/90) baik di atas dan bawah menggunakan **MODIX Coupler (1) SM25A-P-715(415) (2) PM25 (3) SM25B-P-8250**.



Gambar 8.5 Potongan Balok BI.1 dan BI.2



Gambar 8.6 Sambungan Balok BI.1, BI.2 dan Kolom K.1

8.3.2.3 Sambungan Balok BI.3 (50/70) – Kolom untuk *Single Sided Connection*

Penyaluran Tulangan pada Balok Pracetak

db = 25 mm

As perlu = 2595,326 mm²

$$\text{As pasang} = 2943,75 \text{ mm}^2$$

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5, maka :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{fy}{400}$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$l_{hb} = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395,28 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

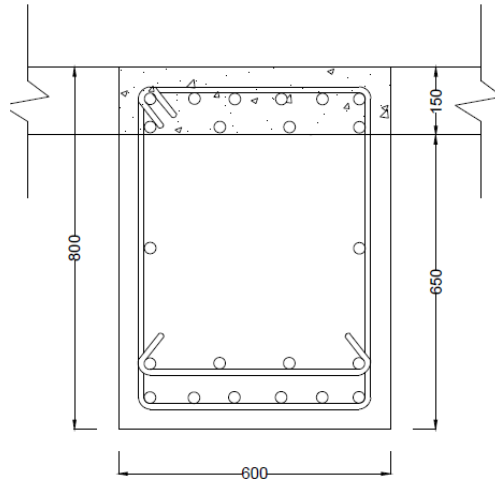
$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{fy}{400} = 395,28 \times \frac{420}{400} = 415 \text{ mm}$$

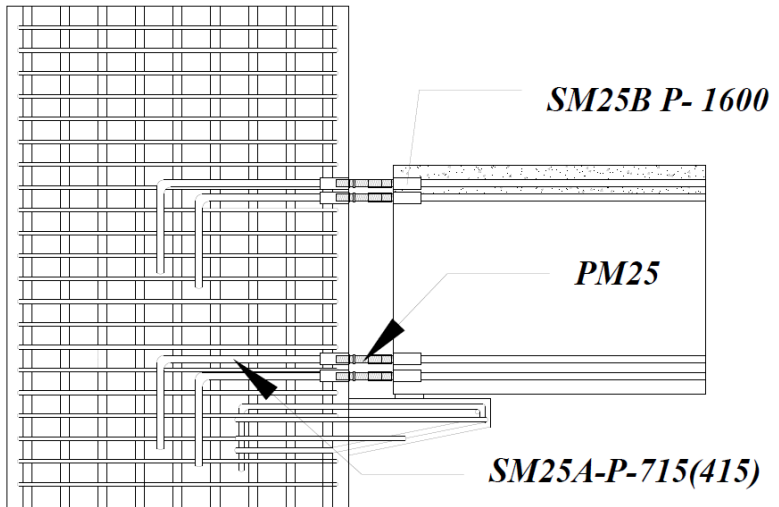
Maka dipakai $l_{dh} = 415 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 d_b = 300 \text{ mm}$.

Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan di bagian overtopping menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Coupler*. Profil yang digunakan adalah **MODIX Coupler (1) SM25A-P-715(415) (2) PM25 (3) SM25B-P-8000** untuk tulangan atas dan bawah.



Gambar 8.7 Potongan Balok BI.3 *Single Sided*



Gambar 8.8 Sambungan Balok BI.3 dan Kolom K.1 *Single Sided*

8.3.2.4 Sambungan Balok BI.3 (50/70) – Kolom – Balok BI.3 (50/70) untuk *Double Sided Connection*

Penyaluran Tulangan pada Balok Pracetak

db	= 25 mm
As perlu	= 2595,326 mm ²
As pasang	= 2943,75 mm ²

Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5, maka :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{fy}{400}$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$l_{hb} = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395,28 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

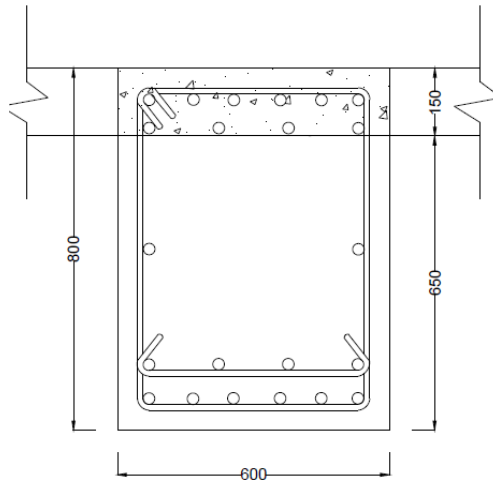
$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{fy}{400} = 395,28 \times \frac{420}{400} = 415 \text{ mm}$$

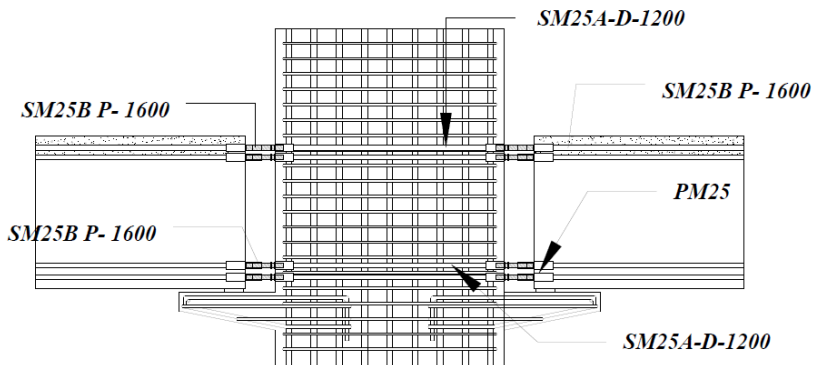
Maka dipakai $l_{dh} = 415$ mm dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \text{ db} = 300$ mm.

Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan di bagian overtopping menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Coupler*. Profil yang digunakan adalah **MODIX Coupler (1) SM25A-D-SM25A-1200 (2) PM25 (3) SM25B-P-8000** untuk tulangan atas dan bawah.



Gambar 8.9 Potongan Balok BI.3

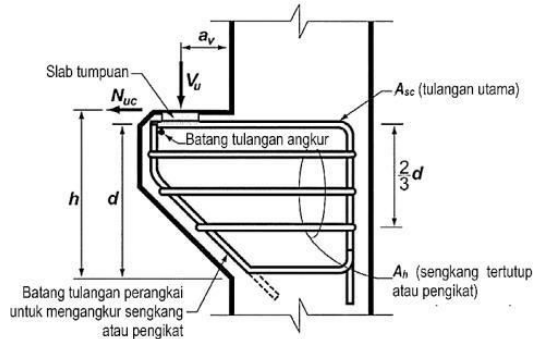


Gambar 8.10 Sambungan Balok BI.3 dan Kolom K.1

8.2 Perencanaan Sambungan Balok Anak-Balok Induk

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti

persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 8.11 Geometrik Konsol Pendek Balok Anak

- **Data Perencanaan**

$$V_u = 420,8 \text{ KN}$$

$$N_{uc} = 79,5 \text{ KN}$$

$$f'c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$\varnothing_s = 19 \text{ mm } (A_s = 283,39 \text{ mm}^2)$$

$$\varnothing_h = 16 \text{ mm } (A_s = 200,96 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Lebar konsol (b)} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi konsol (h)} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi tepi konsol } (\frac{1}{2}h) = 100 \text{ mm}$$

$$d = h - d' - 0,5\varnothing_s = 140,5 \text{ mm}$$

- **Luas Pelat Landasan**

$$V_u = \varnothing \times 0,85 \times f'c \times Al$$

$$Al = \frac{V_u}{\varnothing \times 0,85 \times f'c} = \frac{420,8 \times 10^3}{0,75 \times 0,85 \times 40}$$

$$Al = 16501,96 \text{ mm}^2$$

Dipakai pelat landasan $500 \times 200 = 10000 \text{ mm}^2$
dengan tebal 15 mm.

- **Menentukan Luas Tulangan Geser Friksi**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{420,8}{0,75} = 561,07 \text{ KN}$$

$$0,2f_c' \times bw \times d = 0,2 \times 40 \times 500 \times 140,5 = 562000 > V_n \dots \text{“OK”}$$

$$11 bw d = 11 \times 500 \times 140,5 = 772750 > V_n \dots \text{“OK”}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{561070}{420 \times 1,4} = 954,2 \text{ mm}^2$$

- **Luas Tulangan Lentur**

Digunakan perletakan sendi-rol dalam perencanaan konsol pendek yang mengijinkan adanya deformasi lateral maupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 akan digunakan N_{uc} minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_{ua} \times a + N_{uc} (h-d) \\ &= (561070 \times 100) + (79500 \times (500-140,5)) \\ &= 60836917 \text{ Nmm} = 60,84 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$A_{vf1} = \frac{M_u}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$A_{vf1} = \frac{60836917}{0,85 \times 0,75 \times 420 \times 140,5}$$

$$A_{vf1} = 1617,19 \text{ mm}^2$$

$$A_{vf2} = \frac{Vn}{\mu \times fy} = \frac{561,07}{1,4 \times 420} = 954,2 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_{vf} = 954,2 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok A_s :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times fy} = \frac{79500}{0,75 \times 420} = 252,38 \text{ mm}^2$$

- **Pemilihan Tulangan**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_{sc} = A_{vf} + A_n = 1206,58 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right)$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \times 954,2}{3} + 252,38 \right) = 888,51 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = 1206,58 \text{ mm}^2 \text{ menentukan}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$\begin{aligned} A_h &= 0,5 (A_s - A_n) \\ &= 0,5 (1206,58 - 252,38) \\ &= 477,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan A_{sc} 5D19 ($A_{sc} = 1416,93 \text{ mm}^2$)

Dipakai tulangan A_h 3D16 ($A_h = 477,1 \text{ mm}^2$)

Dipasang sepanjang $2/3d = 93,67 \text{ mm}$ (vertikal) dengan spasi $100/3 = 33 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm}$

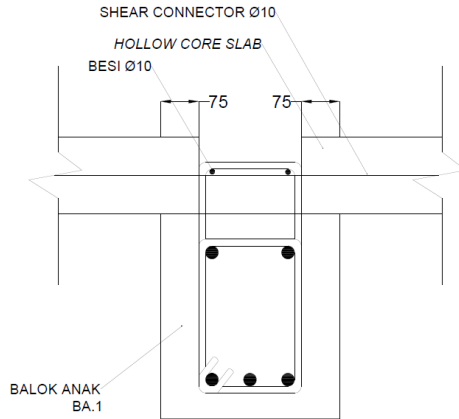
Tidak hanya menggunakan konsol pendek sebagai tempat perletakan balok anak, namun juga ditempatkan *shim plate* untuk dudukan dari balok anak sendiri dengan ukuran $100 \times 350 \times 15$.

8.3 Perencanaan Sambungan Pelat *Hollow Core Slab*-Balok

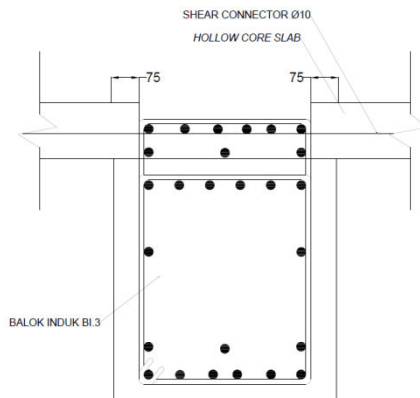
Pelat *Hollow Core Slab* menumpu pada ujung dari 2 balok, yaitu balok anak dan balok induk. Panjang tumpuan minimal adalah 75 mm, kemudian dari pelat *Hollow Core Slab*

akan dipasang *shear connector* $\varnothing 10$ yang keluar dan dicor setempat bersama dengan *overtopping* dari balok.

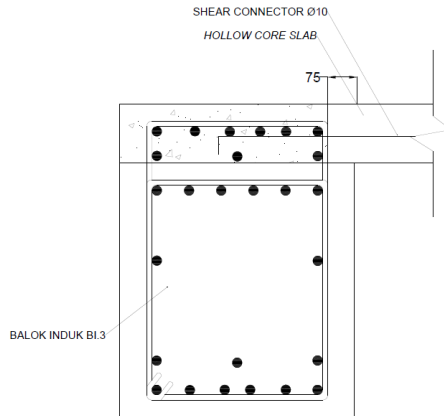
Untuk lebih jelas berikut gambar perletakan HCS pada balok anak dan balok induk :



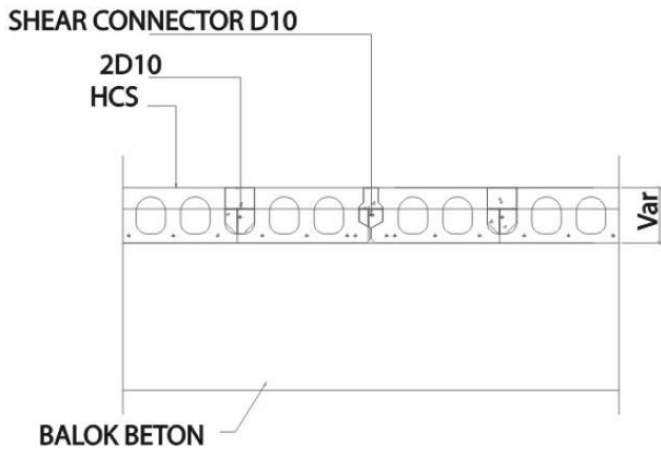
Gambar 8.12 Perletakan HCS dan BA di tengah



Gambar 8.13 Perletakan HCS dan BI.3 di Tengah



Gambar 8.14 Perletakan HCS dan BI.3 di Ujung



Gambar 8.15 Potongan Memanjang Penampang HCS

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB 9

PERENCANAAN PONDASI

9.1 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*).

9.2 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 bebab-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

1. 1D
2. 1D + 1L
3. D + 0,75L
4. D + 0,7E
5. D + 0,75L + 0,75(0,7E)
6. 0,6D + 0,7E

Dari kombinasi beban di atas dilakukan kontrol 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.

9.3 Kriteria Desain

9.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang K-800 (*concrete cube compressive strength is 800 kg/cm² at 28 days*)

Berikut ini spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan :

- *Outside Diameter (D)* : 1200 mm
- *Wall Thickness* : 150 mm
- *Class* : A1
- *Concrete Cross Section* : 4948 cm²
- *Unit Weight* : 1237 kg/m
- *Length* : 6-24 m
- *Bending Moment Crack* : 120 tm
- *Bending Moment Ultimate* : 180 tm
- *Allowable Axial Load* : 802,8 ton

9.3.2 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 Perkantoran One Galaxy Surabaya adalah data tanah pembangunan gedung Apartemen One East Surabaya yang letaknya 100 meter dari gedung yang direncanakan.

9.3.3 Daya Dukung

9.3.3.1 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, adapaun perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada di bawah 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

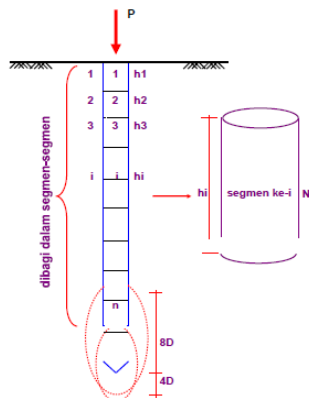
2. Koreksi terhadap Overburden

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal.

$N_2 = 4N_1 / (1+0,4P_0)$ untuk $P_0 < 7,5$ ton

$N_2 = 4N_1 / (3,25+0,1P_0)$ untuk $P_0 > 7,5$ ton

Tiang pancang dibagi menjadi n segmen, seperti pada gambar berikut :



Gambar 9.1 Pembagian Segmen Tiang Pancang

$$P_{ult} = C_n \cdot A_{ujung} + \sum C_{li} \cdot A_{si}$$

Dimana :

C_{li} = hambatan geser tiang pada segmen I (fsi)

A_{si} = luas selimut tiang

O_i = keliling tiang

C_n = 40 N

Harga N merupakan rata-rata N2 4D dibawah ujung sampai 8D diatas ujung tiang.

$$C_{li} = F_{si} = 2$$

Sehingga :

$$P_{ult} \text{ tiang} = 40 \text{ N} \cdot A_{ujung} + \sum (N_i/2) \cdot A_{si}$$

$$P \text{ ijin tiang} = P_{ult}/SF, \text{ dengan } SF = 3$$

9.3.3.2 Kontrol Beban Maksimum 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 dapat diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \times X_{max}}{\sum X^2} + \frac{M_x \times Y_{max}}{\sum Y^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}}$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam grup dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar *pile cap*. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan dengan perhitungan dengan menggunakan grup tiang pancang tipe 1 dengan kombinasi beban 1D + 1L

$$P = 1468,5 \text{ ton}$$

$$N = 6 \text{ tiang}$$

$$M_x = 1,057 \text{ ton}$$

$$M_y = 2,77 \text{ ton}$$

$$X_{max} = 3 \text{ m}$$

$$Y_{max} = 1,5 \text{ m}$$

$$P_{max} = 244,8 t \leq 248,25 (1 \text{ tiang}) \dots \text{“OK”}$$

9.3.3.3 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.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jaraknya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang grup sebesar 1,5 meter.

- Jarak antar tiang :
 - $2,5D \leq S \leq 3D$
 - $2,5 \times 120 \leq S \leq 3 \times 120$
 - $300 \text{ cm} \leq S \leq 360 \text{ cm}$
 - Digunakan jarak antar tiang = 300 cm
- Jarak tepi tiang pancang :
 - $1D \leq S1 \leq 2D$
 - $1 \times 120 \leq S1 \leq 2 \times 120$
 - $120 \text{ cm} \leq S1 \leq 240 \text{ cm}$
 - Digunakan jarak tiang ke tepi = 120 cm

Pengaturan jarak tiang pancang pondasi kolom

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$\eta = \left(1 - \frac{36 \times S}{(75 \times S^2 - 7)} \times \left(\frac{m + n - 2}{m + n - 1} \right) \right) + \frac{0,3}{m + n}$$

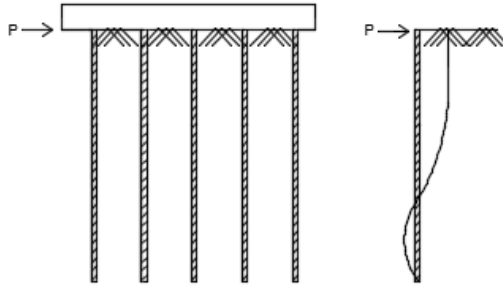
Dimana :

- D = diameter tiang pancang
- S = jarak antar tiang pancang
- m = jumlah baris tiang pancang dalam grup
- n = jumlah kolom tiang pancang dalam grup

$$QL (\text{grup}) = QL (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

Dimana QL grup harus lebih besar dari P yang terjadi.

9.3.3.4 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 9.2 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. Sebelumnya, dicari titik jepit tanah terlebih dahulu dengan persamaan berikut :
Letak titik jepit tanah :

$$Z_f = 1,4 R$$

Dimana :

Z_f = posisi titik jepit tanah terhadap tiang

R = *stiffness factor*

Sedangkan R , dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}}$$

Dimana :

R = *stiffness factor*

E = modulus elastisitas tiang

I = momen inersia tiang

K = $k_1/1,5 \rightarrow k_1 = \text{Terzaghi subgrade modulus}$

B = diameter tiang pancang

Maka dapat dihitung seperti demikian :

$$E = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{52} = 33892181989 \text{ N/m}^2$$

$$I = 0,00255 \text{ m}^4$$

$$k_1 = 2700000$$

$$K = 2700000/1,5 = 1800000 \text{ N/m}^3$$

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}} = \sqrt[4]{\frac{33892181989 \times 0,00255}{1800000 \times 1,2}} = 2,52$$

$$Z_f = 1,4 R = 1,4 \times 2,52 = 3,5 \text{ m}$$

Jadi, titik jepit tiang pancang adalah sedalam 3,5 meter.

Saat titik jepit tiang pancang sudah ditentukan, maka defleksi yang terjadi di kepala tiang akibat gaya lateral untuk *fixed headed pile* dapat ditentukan dengan persamaan :

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12EI}$$

Dimana :

Y = defleksi horizontal yang terjadi

H = gaya lateral

e = jarak antara gaya lateral yang bekerja dengan muka tanah

Z_f = titik jepit tanah

E = modulus elastisitas tiang

I = momen inersia tiang

Maka dapat dihitung seperti demikian :

$$E = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{52} = 33892181989 \text{ N/m}^2$$

$$I = 0,00255 \text{ m}^4$$

$$H = 1,12 \text{ ton}$$

$$e = 0 \text{ m}$$

$$Z_f = 3,5 \text{ m}$$

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12EI} = \frac{1,12 \times (0 + 3,5)^3}{12 \times 33892181989 \times 0,00255} = 0,05 \text{ cm}$$

Kontrol terhadap gaya lateral maksimum yang dapat ditahan oleh tiang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Hu = \frac{2 Mu}{e + Z_f}$$

Maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$Hu = \frac{2 \times 120}{0 + 3,5} = 68,14 \text{ ton}$$

Jadi besar gaya lateral yang dapat diterima oleh tiang adalah 68,14 ton.

Kontrol terakhir adalah kontrol momen maksimal yang terjadi dibandingkan terhadap momen *crack* yang mampu ditahan oleh tiang pancang. Momen maksimal yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut :

$$M_x \text{max} = M_x + (F_x \times Z_f)$$

$$M_y \text{max} = M_y + (F_y \times Z_f)$$

Maka dapat dihitung sebagai berikut :

Momen maksimal arah X

$$M_x \text{max} = M_x + (F_x \times Z_f)$$

$$M_x \text{max} = 1,06 + (1,36 \times 3,5) = 5,84 \text{ tm} > M_{\text{crack}}$$

Momen maksimal arah Y

$$M_y \text{max} = M_y + (F_y \times Z_f)$$

$$M_y \text{max} = 2,77 + (1,2 \times 3,5) = 1,42 \text{ tm} > M_{\text{crack}}$$

“OK”

9.3.4 Perencanaan Poer (*Pile Cap*)

Pada perhitungan perencanaan tulangan poer diambil salah satu contoh tipe poer, yaitu tipe 1. Data perencanaan adalah sebagai berikut :

Jumlah tiang pancang	= 6 tiang
Dimensi kolom	= 1200 x 1200 mm ²
Dimensi pile cap	= 8,4 x 5,4 x 1,5 m ³
Mutu beton (f'c)	= 40 MPa
Mutu baja (fy)	= 420 MPa
Diameter tulangan (D)	= 29 cm
Selimit beton	= 75 mm
Tinggi efektif (d)	= 1500 – 75 – ½x29 = 1410,5 mm

$$P_u \text{ kolom} = 1468,48 \text{ ton}$$

$$P_u \text{ pile} = 1,5 \times P_{ijin} = 1,5 \times 248,25 = 372,37 \text{ ton}$$

Diambil SF *pile cap* 1,5 karena diasumsikan *pile cap* tidak boleh gagal terlebih dahulu dibandingkan tiang pancang.

9.3.4.1 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

$$a1 = 1200 + 1410,5 = 2610,5 \text{ mm} = 2,61 \text{ m}$$

$$b1 = 1200 + 1410,5 = 2610,5 \text{ mm} = 2,61 \text{ m}$$

$$U = 2 (a1+b1) = 10442 \text{ mm}$$

Pada SNI tidak memberikan prosedur eksplisit untuk memperhitungkan *punching load* pada *pile cap*. Sehingga *punching load* dapat diasumsikan sama dengan beban kolom dikurangi berat dari bagian pile yang terletak pada d/2

($1410,5/2 = 705,25$ mm). *Punching load* bisa diperhitungkan sebagai berikut :

$$W_u = 1,2 \times 2,4 \times 2,61^2 \times 1 = 19,63 \text{ ton}$$

$$P_{u,punch} = P_{u,kolom} + W_u - P_{pile}$$

$$P_{u,punch} = 1468,48 + 19,63 - 372,37 \times 6$$

$$P_{u,punch} = 746,1 \text{ ton}$$

Geser Pons 2 Arah

Batas geser pons adalah yang terkecil dari :

$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right) \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha d}{b_o} + 2\right) \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$\begin{aligned} \beta_c &= \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom} \\ &= \frac{1200}{1200} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling dari penampang kritis pada poer} \\ &= 2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d) \\ &= 2 \times (1200 + 1410,5) + 2 \times (1200 + 1410,5) \\ &= 10442 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \left(\frac{\sqrt{40}}{6}\right) \times 10442 \times 1410,5 = 46575420 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,083 \left(\frac{1410,5}{10442} + 2\right) \times \sqrt{40} \times 16507409,14 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 16507409,14 \text{ N}$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{40} \times 10442 \times 1410,5 = 31050279,96 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 16507409,14 \text{ N (menentukan)}$$

$$= 1650,74 \text{ ton} > P_{u,punch} = 746,1 \text{ ton} \dots \text{“OK”}$$

Kapasitas geser poer dapat menahan beban geser yang terjadi. Kontrol tegangan geser yang terjadi :

$$\tau_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} = \frac{1}{3} \times \sqrt{40} = 2,108 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = \frac{P_{u,punch}}{b_o \times d} = \frac{746,1 \times 10^4}{10442 \times 1410,5} = 0,507 \text{ MPa}$$

$$\tau_u < \tau_c \dots \text{“OK”}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran poer mampu menahan gaya geser yang terjadi.

Geser Pons 1 Arah

$$P_{u,pile} = 372,37 \text{ ton}$$

$$P_{u,reduce} = 0,5 \times P_{u,pile} = 186,18 \text{ ton}$$

$$V_u = 2 \times P_{u,reduce} - \text{Berat Pile Cap}$$

$$= 2 \times 186,18 - 1,2 \times 2,4 \times 5,4 \times 0,6 \times 1,5 = 358,37 \text{ ton}$$

$$V_c = 0,75 \sqrt{f'c} b w d$$

$$V_c = 0,75 \times \sqrt{40} \times 5400 \times 1410,5 = 3612,92 \text{ ton}$$

$$V_c > V_{u,pile}$$

$$3612,92 > 358,37 \dots \text{“OK”}$$

Geser akibat Tiang Pancang Individu

$$P_{u,pile} = 372,37 \text{ ton}$$

$$U = 10442 \text{ mm}$$

$$\tau_u = \frac{P_{u,pile}}{U \times d} = \frac{372,37 \times 10^4}{10442 \times 1410,5} = 0,253 \text{ MPa} \dots \text{“OK”}$$

9.3.4.2 Penulangan *Pile Cap*

Dalam merencanakan penulangan *pile cap*, momen yang terjadi pada *pile cap* didapat dari gaya yang bekerja pada tiang dan juga kolom.

$$\rho_{min} = 0,0018$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

Penulangan arah X

$$Mu = n P_{u,pile} X - Wu.X$$

$$Mu = 2 \times 372,37 \times 1,8 - 1,2 \times 2,4 \times 5,4 \times \frac{3,6^2}{2} = 1239,75 t$$

$$Mu = 12397462378 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{b \times d^2} = \frac{12397462378}{0,9 \times 5400 \times 1410,5^2} = 1,282$$

$$\rho = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,282 \times 12,35}{420}} \right) = 0,00311$$

$$\rho_{pakai} = 0,00311$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d = 0,00311 \times 1000 \times 1410,5$$

$$As_{perlu} = 4390,41 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D29

$$n = 4390,41 / (1/4 \pi 29^2) = 7 \text{ buah}$$

$$s = 1000/7 = 142 \text{ mm}$$

gunakan s = 140 mm

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As'_{perlu} = 0,5 As = 0,5 \times 4390,41$$

$$As'_{perlu} = 2195,205 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D29

$$n = 2195,205 / (1/4 \pi 29^2) = 4 \text{ buah}$$

$$s = 1000/4 = 250 \text{ mm}$$

gunakan s = 250 mm

Penulangan arah Y

$$Mu = n P_{u,pile} X - Wu.X$$

$$Mu = 3 \times 372,37 \times 0,3 - 1,2 \times 2,4 \times 8,4 \times \frac{2,1^2}{2} = 3898 \text{ tm}$$

$$Mu = 38980237916 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{b \times d^2} = \frac{38980237916}{0,9 \times 8400 \times 1410,5^2} = 2,59$$

$$\rho = \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,59 \times 12,35}{420}} \right) = 0,00643$$

$$\rho_{pakai} = 0,00643$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d = 0,00643 \times 1000 \times 1410,5$$

$$As_{perlu} = 9063 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D29

$$n = 9063 / (1/4 \pi 29^2) = 14 \text{ buah}$$

$$s = 1000 / 14 = 71,4 \text{ mm}$$

gunakan s = 70 mm

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$As'_{perlu} = 0,5 As = 0,5 \times 9063$$

$$As'_{perlu} = 4531,665 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D29

$$n = 4531,665 / (1/4 \pi 29^2) = 7 \text{ buah}$$

$$s = 1000 / 7 = 142 \text{ mm}$$

gunakan s = 140 mm

Kontrol koefisien faktor reduksi

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f'c b} = \frac{9063 \times 420}{0,85 \times 40 \times 1000} = 111,95 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{111,95}{0,764} = 146,54 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{1410,5}{146,54} - 1 \right)$$

$$\epsilon_t = 0,0259 > 0,005 \dots \text{“OK”}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Gambar S9.3.2 didapat ϵ_t lebih besar daripada 0,005 sehingga pelat termasuk dalam kondisi terkontrol tarik dengan nilai ϕ sebesar 0,9.

9.3.4.3 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 1200 mm dengan ketebalan 150 mm.

$$\text{Inner diameter} = 1200 - 150 = 1050 \text{ mm}$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) = 0,02 \times \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 1050^2 \right)$$

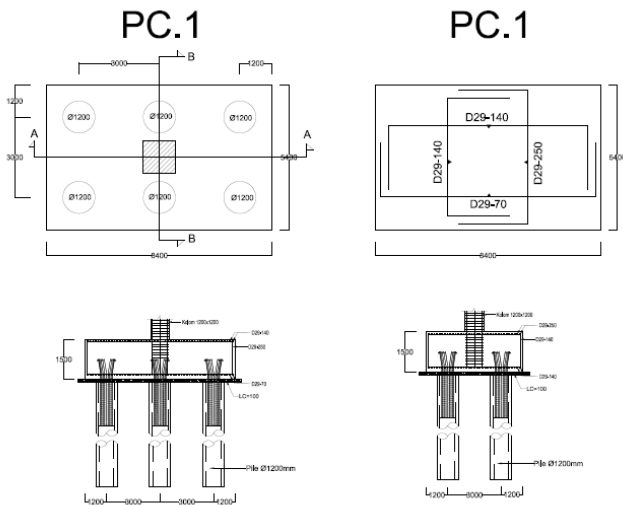
$$A_{s_{perlu}} = 17309,25 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D29

$$n = 17309,25 / \left(\frac{1}{4} \pi 29^2 \right) = 27 \text{ buah}$$

$$s = \pi \times 1050 / 27 = 122 \text{ mm}$$

gunakan $s = 120 \text{ mm}$



Gambar 9.3 Penulangan P1

9.3.5 Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang bekerja pada sloof meliputi berat sendiri sloof, beban aksial tekan ataupun tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaan sloof :

b	= 300 mm
h	= 400 mm
Ag	= 120000 mm ²
f'c	= 40 MPa
fy	= 420 MPa
Decking	= 40 mm
Tul. Utama	= D16
Tul. Sengkang	= D10
d	= 400 – (40+10+ ½ (16)) = 342 mm

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom.

Perhitungan beban sloof sebagai berikut :

Berat sendiri sloof =

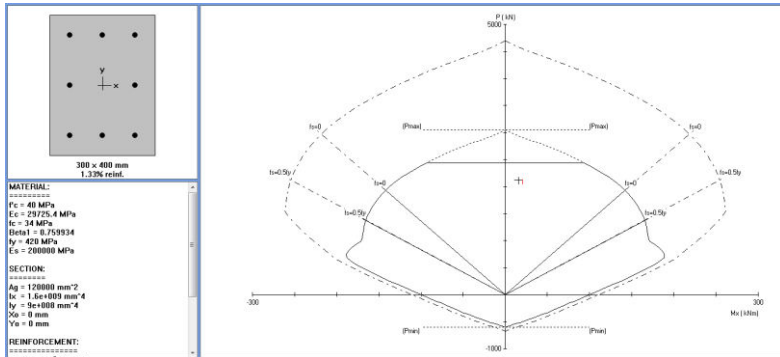
$$qu = 1,4D = 1,4 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 403,2 \text{ kg/m}$$

Panjang sloof (l) = 5,6 meter

$$Mu = \frac{1}{8} \times qu \times l^2 = \frac{1}{8} \times 403,2 \times 5,6^2 = 1580,54 \text{ kgm}$$

$$Mu = 15,8 \text{ KNm}$$

$$P = 10\% Pu = 10\% \times 21194,71 = 2119,5 \text{ KN}$$



Penulangan Geser Sloof

$$Vu = \frac{1}{2} \times qu \times l = \frac{1}{2} \times 403,2 \times 5,6 = 1129 \text{ kg} = 11290 \text{ N}$$

$$d = 342 \text{ mm}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \times bw \times d \times \sqrt{f'c} = \frac{1}{6} \times 300 \times 342 \times \sqrt{40} = 108149 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,75 \times 108149 = 81111,75 \text{ N}$$

$\phi Vc > Vu$ (tidak perlu tulangan geser)

Jadi dipasang tulangan geser minimum dengan :

S max = d/2 atau 300 mm

$$d/2 = 342/2 = 171 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang 2Ø10 – 150 mm

BAB 10

METODE PELAKSANAAN

10.1 Umum

Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

10.2 Fabrikasi Beton Pracetak

Proses pencetakan elemen pracetak dilakukan secara fabrikasi di dalam industri beton pracetak. Hal – hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses fabrikasi adalah :

- a. Perlunya standar khusus sehingga hasil pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul.
- c. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik.

10.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane

Elemen struktur pracetak :

1. Balok induk BI.1 60/65 (8 m)
 $W = 0,6 \times 0,65 \times 8 \times 2400 = 7488 \text{ kg}$
2. Balok induk BI.2 70/75 (8,25 m)

- $W = 0,7 \times 0,75 \times 8,25 \times 2400 = 10395 \text{ kg}$
3. Balok induk BI.3 60/65 (8 m)
 $W = 0,6 \times 0,65 \times 8 \times 2400 = 7488 \text{ kg}$
 4. Balok anak BA 35/40 (8 m)
 $W = 0,35 \times 0,4 \times 8 \times 2400 = 2688 \text{ kg}$
 5. Pelat *Hollow Core Slab*
Ukuran Pelat $1,2 \times 4,25 \text{ m}$ ($t = 15 \text{ cm}$)
 $W = 1,2 \times 4,25 \times 247 = 1259,7 \text{ kg}$

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu balok induk BI.2 sebesar $10395 \text{ kg} = 10,4 \text{ ton}$. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain :

1. Kemampuan maksimum *crane* yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik – titik angkat pada elemen pracetak

Hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab – bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan *tower crane* untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan *tower crane* harus disesuaikan antara kemampuan angkat *crane* dengan berat elemen pracetak.

- Jenis crane TENGDA TOWER CRANE TC6018
- Jarak jangkauan maksimum 48 m dengan beban maksimum 2,43 ton
- Tower crane yang digunakan sebanyak 2 buah

10.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak

Sistem transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak di areal pabrik
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek

3. Pemandahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk komponen tertentu dimana panjangnya cukup panjang hingga 30 m dapat dipergunakan truk temel dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Di areal lokasi proyek diperlukan sarana untuk pemindahan komponen beton pracetak menggunakan *tower crane*.

10.5 Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak

10.5.1 Pemasangan Elemen Pelat *Hollow Core Slab*

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Setelah semua shear connector dan tulangan tambahan *Hollow Core Slab* terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas balok anak dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk.

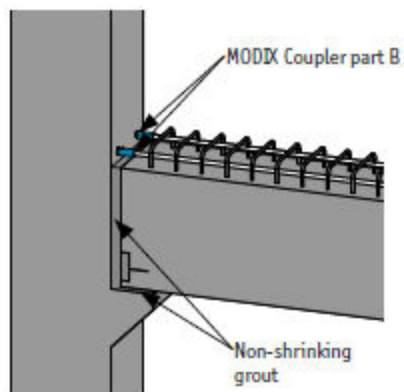
Untuk pelat yang bersentuhan langsung dengan dinding geser dalam pelaksanaannya dibantu dengan batuan pelat siku sebagai penumpu pelat dan dilakukan cor setempat seperti sambungan pelat lantai ke balok, agar sambungan bersifat komposit. Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.

10.5.2 Pemasangan Elemen Balok Anak Pracetak

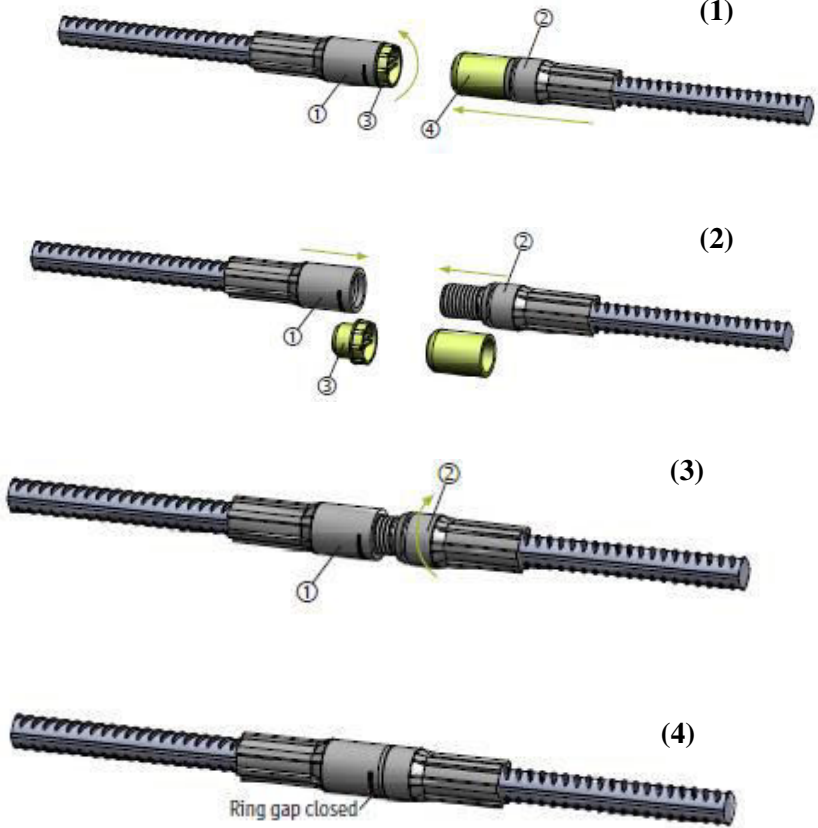
Pelaksanaan penyambungan balok anak – balok anak atau balok anak- balok induk sama halnya dengan penyambungan balok induk ke kolom yaitu dengan menaikkan elemen pracetak pada konsol pendek yang terdapat pada balok. Kemudian dilakukan proses overtopping yang digunakan untuk menyatukan balok, kolom, dan pelat HCS.

10.5.3 Pemasangan Elemen Balok Induk Pracetak

Penyambungan balok induk dengan kolom menggunakan konsol pendek dan penyambungan baut yang dilakukan cor setempat pada bagian sambungan. Tahap-tahap pengerjaannya adalah sebagai berikut.



Gambar 10.1 Pengecoran Setempat pada Balok Pracetak dan Penyambungan *MODIX Coupler*



Gambar 10.2 Detail Penyambungan *MODIX Coupler*

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB 11 PENUTUP

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Desain Modifikasi Struktur Gedung Perkantoran One Galaxy dengan *Dual System* menggunakan Elemen Pracetak dan *Hollow Core Slab*” maka disimpulkan beberapa data berikut :

1. Berdasarkan SNI 2947:2013 didapatkan perhitungan tebal dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

Struktur Sekunder		
Elemen	Ukuran	Satuan
Pelat HCS	15	cm
Balok Anak (BA)		
Pracetak	35/40	cm
Komposit	35/55	cm
Pelat Tangga	14	cm
Pelat Bordes	14	cm

Struktur Primer		
Elemen	Ukuran	Satuan
Balok Induk		
BI.1 (8 m)		
Pracetak	60/65	cm
Komposit	60/80	cm
BI.2 (8,5 m)		
Pracetak	70/75	cm
Komposit	70/90	cm
BI.3 (8 m)		
Pracetak	60/65	cm
Komposit	60/80	cm

Kolom		
Lt. B-5	120/120	cm
Lt. 6-10	95/95	cm
Lt. 11-15	85/85	cm
Lt. 16-19	70/70	cm
Shearwall	45	cm
Pile Cap		
Tipe 1	8,4x5,4x1,5	m
Tipe 2	5,4x5,4x1,5	m
Tipe 3	5,4x2,4x1,5	m
Tiang Pancang		
Diameter	D1200	mm
Kedalaman	48	m

2. Analisa gaya dalam struktur gedung menggunakan program bantu ETABS. Perhitungan respon spectrum dengan bantuan *puskim.pu.go.id* wilayah gempa Surabaya dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726:2012. Perhitungan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati dan beban hidup berdasarkan peraturan di atas.
3. Penyambungan elemen pracetak menggunakan produk sambungan dari *Peikko Group* yaitu dengan menggunakan konsep *bolted-connection* dengan menggunakan *anchor-bolt* dan *coupler*. Sambungan bersifat monolit dan dalam analisisnya panjang penyaluran dihitung berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 dan analisa kekuatan gaya aksial maksimum yang dapat dipikul oleh sambungan dibandingkan dengan gaya aksial setelah tulangan mengalami leleh ($1,25f_y$).
4. Pendetailan sambungan pracetak dirancang bersifat monolit antar elemennya dengan tulangan-tulangan dan penyaluran yang muncul dari masing-masing elemen pracetak untuk menyatukan elemen dengan cor setempat.

5. Semua elemen direncanakan pracetak kecuali kolom, dinding geser dan tangga yang diapit oleh dinding geser untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan.
6. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang (*spun pile*) produk dari WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dan *pile cap* (poer) berdasarkan metode tegangan *ultimate*.
7. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Gedung Perkantoran One Galaxy akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad.

11.2 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 pracetak adalah menentukan kriteria design dan konsep desain sambungan. Hal ini dikarenakan hal terpenting dalam perencanaan metode beton pracetak adalah konsep yang dimiliki, karena untuk perhitungan hampir sama dengan metode konvensional.
2. Dalam pelaksanaan di lapangan terutama pada bagian pengangkatan elemen pracetak dan sambungan antar elemen pracetak harus diberi pengawasan yang baik dan benar. Dalam pengangkatan harus diperhatikan tinggi angkat dan sudut pengangkatan agar tidak terjadi kegagalan struktur akibat momen tak terduga saat pengangkatan. Pada saat penyambungan, tentunya sambungan beton pracetak tidak semonolit sambungan cor setempat dan rawan terjadi keretakan akibat gaya-gaya yang tidak diinginkan karena kurang sempurnanya pekerjaan sambungan.
3. Perancangan elemen yang akan dipracetak seharusnya bisa dibuat lebih efisien jika memperhatikan konsep desain terlebih dahulu. Dalam pengembangan ke

depannya elemen dinding geser bisa dibuat pracetak jika memenuhi ketentuan dalam peraturan yang ada.

4. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep sambungan yang digunakan oleh penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini, karena analisa yang digunakan hanya melalui kekuatan aksial dari brosur produk sambungan.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Albertus Denny Prasetya. Lahir di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 8 November 1995. Penulis merupakan anak pertama dari 2 (dua) bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Santo Carolus Surabaya, SMP Petra 5 Surabaya, dan SMA Petra 5 Surabaya. Setelah lulus dari SMA Petra 5 Surabaya, penulis mengikuti program SNMPTN dan diterima di jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS tahun 2014. Di Jurusan Teknik Sipil ITS, penulis mengambil Tugas Akhir di bidang Struktur. Pada masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti berbagai perlombaan Teknik Sipil tingkat Nasional sampai Internasional. Penulis dapat dihubungi melalui email albertus.denny4@gmail.com.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI. *ACI 318M-14 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
- Chandurkar, P. P., Pajgade, Dr. P. S. 2013. “*Seismic Analysis of RCC Building with and Without Shear Wall*”, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, pp-1805-1810.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG). Jakarta, Indonesia
- Ervianto, W. I. (2006) *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting*. 1st edn. Edited by F. S. Suyantoro. Yogyakarta: C. V. ANDI OFFSET.
- Girgin, Sadik C., Kahraman, S., Mirsin, I., S., 2014. “*Numerical Simulation of Precast Moment-Resisting Interior Beam-Column Connections under Cyclic Loading*”, pp. 1-6.

- Imran, Yuliardi, Suhelda, dan Kristianto. 2008. “*Aplicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang*”. Seminar dan Pameran HAKI 2008-Pengaruh Gempa dan Angin terhadap Struktur.
- Nurjaman, Hari Nugraha., Lutfi Faizal, dan Hasiholan R. Sidjabat. 2010. “Perilaku Aktual Bangunan Gedung dengan Sistem Pracetak Terhadap Gempa Kuat”. Seminar dan Pameran HAKI - Perkembangan dan Kemajuan Konstruksi Indonesia.
- PCI. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 5th Edition. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.
- Sud, A., Shekhawat, R. S., Dhiman, P., 2014. “*Effect Of Different Shear Wall Configurations On Seismic Response Of A Moment-Resisting Frame*”. *European Scientific Journal*, pp 139-145.
- Tan, K. T., Zheng, L. X., Paramasivam, P. 1996. “*Designing Hollow-Core Slabs for Continuity*”. *PCI Journal*, pp 83-91.
- Wibowo, Fx. Nurwadji. 2006. “Sambungan pada Rangka Batang Beton Pracetak”. *Jurnal Teknik Sipil* 7 (Oktober) : 80-96

Jenis Balok Pracetak	Ukuran		Decking (mm)	Tumpuan			Lapangan			Sengkang		L (mm)
	b (mm)	h (mm)		Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	Tumpuan	Lapangan	
BA	350	550	50	2-D25	-	2-D25	2-D25	-	3-D25	D10-70 mm		8000
BI.1	450	700	50	8-D25	2-D25	6-D25	5-D25	2-D25	7-D25	D13-150 mm	D13-360 mm	8000
BI.2	450	750	50	8-D25	2-D25	6-D25	4-D25	2-D25	6-D25	D13-150 mm	D13-410 mm	8500
BI.3 INTERIOR	500	700	50	9-D25	2-D25	6-D25	5-D25	2-D25	7-D25	D13-150 mm	D13-340 mm	8000
BI.3 EKSTERIOR	450	700	50	10-D25	2-D25	7-D25	4-D25	2-D25	6-D25	D13-150 mm	D13-360 mm	8000

Jenis Kolom	Ukuran		Decking (mm)	Tumpuan		Lapangan		L (mm)
	b (mm)	h (mm)		Lentur	Sengkang	Lentur	Sengkang	
K.1	1200	1200	50	32-D32	4D16-80 mm	32-D32	4D16-150 mm	4200
K.2	950	950	50	16-D32	4D16-100 mm	16-D32	4D16-150 mm	4200
K.3	850	850	50	16-D29	5D13-100 mm	16-D29	5D13-150 mm	4200
K.4	700	700	50	12-D29	4D13-120 mm	12-D29	4D13-150 mm	4200

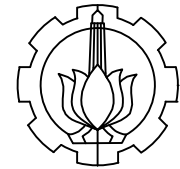
Jenis Balok	Ukuran		Decking (mm)	Tumpuan			Lapangan			Sengkang	
	b (mm)	h (mm)		Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	Tumpuan	Lapangan
BH.1	600	800	50	4-D25	-	2-D25	2-D25	-	3-D25	D13-45 mm	
BH.2	500	700	50	3-D25	-	2-D25	2-D25	-	2-D25	D13-65 mm	
BH.3	400	600	50	4-D25	-	2-D25	2-D25	-	2-D25	D13-75 mm	
BH.4	500	700	50	2-D25	-	2-D25	2-D25	-	2-D25	D13-65 mm	
BH.5	500	700	50	2-D25	-	2-D25	2-D25	-	2-D25	D13-65 mm	
BH.6	600	800	50	7-D25	2-D25	6-D25	6-D25	2-D25	6-D25	D13-150 mm	D13-360 mm
BH.7	700	900	50	11-D29	2-D29	10-D29	4-D29	2-D29	4-D29	D13-150 mm	D13-360 mm
BV.1	600	800	50	11-D25	3-D25	10-D25	7-D25	3-D25	7-D25	D13-150 mm	D13-340 mm
BV.2	600	800	50	2-D25	-	2-D25	2-D25	-	2-D25	D13-60 mm	

Jenis Pelat	Ukuran		Arah	Tulangan		Tebal Pelat (mm)	Decking (mm)
	X (mm)	Y (mm)		X	Y/Susut		
Pelat 1	3100	2230	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 2	1530	525	1	D10-450 mm	D10-450 mm	120	20
Pelat 3	3100	1200	1	D10-140 mm	D10-450 mm	120	20
Pelat 4	2825	1200	1	D10-160 mm	D10-450 mm	120	20
Pelat 5	2825	500	1	D10-160 mm	D10-450 mm	120	20
Pelat 6	2825	1900	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 7	2075	1750	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 8	2075	1950	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 9	2675	1500	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 10	3125	1460	1	D10-140 mm	D10-450 mm	120	20
Pelat 11	1965	1460	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 12	2000	1460	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 13	3125	2560	2	D10-200 mm	D10-330 mm	120	20
Pelat 14	2560	1967	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 15	1120	775	2	D10-200 mm	D10-200 mm	120	20
Pelat 16	2560	1120	1	D10-200 mm	D10-450 mm	120	20
Pelat 17	7575	800	1	D10-50 mm	D10-450 mm	160	20

Jenis Pelat Basement	Ukuran		Arah	Tulangan		Tebal Pelat (mm)	Decking (mm)
	X (mm)	Y (mm)		X	Y/Susut		
Pelat B.1	8000	4250	1	D16-85 mm	D16-250 mm	700	75
Pelat B.2	8000	4000	1	D16-85 mm	D16-250 mm	700	75

Jenis Konsol Pendek	Ukuran		Vu (KN)	Nu (KN)	Horizontal	Senggang
	b (mm)	h (mm)				
Kolom - BI.1	500	200	341.11	303,15	7-D19	2-D16
Kolom - BI.2	700	200	461	300,32	8-D19	3-D16
Kolom - BI.3	500	250	454,9	185,1	6-D19	3-D16
BI.1/BI.2 - BA	500	200	420,8	79,5	5-D19	3-D16

Jenis Pile Cap	Ukuran			Arah X		Arah Y		Jumlah Tiang Pancang
	p (mm)	l (mm)	t (mm)	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	
PC.1	8400	5400	1500	D29-140 mm	D29-250 mm	D29-70 mm	D29-140 mm	6
PC.2	5400	5400	1500	D29-150 mm	D29-200 mm	D29-150 mm	D29-200 mm	4
PC.3	5400	2400	1500	D29-150 mm	D29-250 mm	D29-90 mm	D29-150 mm	2
PC.4	14400	14400	1500	D29-80 mm	D29-120 mm	D29-80 mm	D29-120 mm	25
PC.5	17400	5400	1500	D29-150 mm	D29-200 mm	D29-70 mm	D29-120 mm	12



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang

SKALA GAMBAR

1 : 500

NOMOR

JUMLAH

01

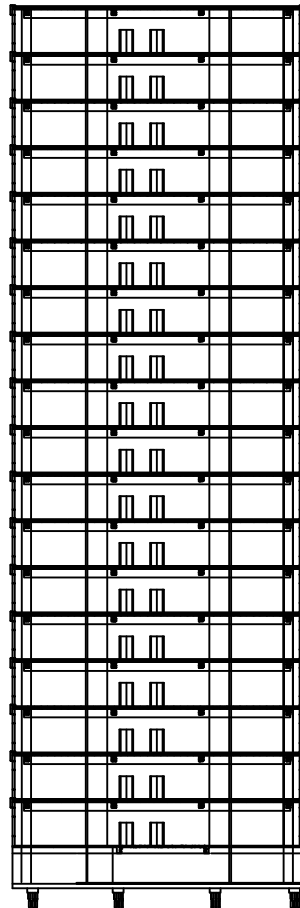
37

DOSEN PEMBIMBING

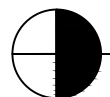
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

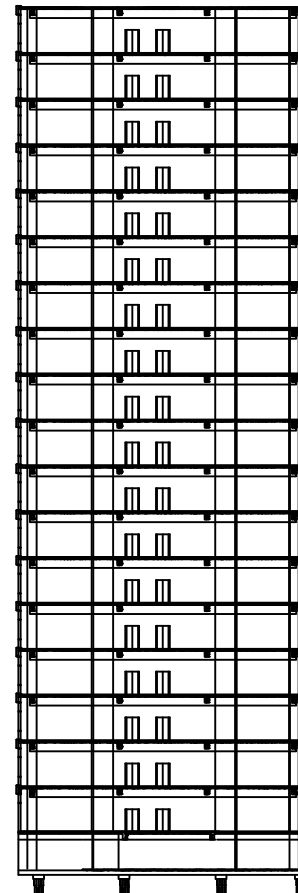
Albertus Denny P.
0311144000003



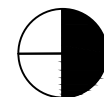
- ▼ OFFICE LEVEL 19 +79.400 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 18 +75.100 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 17 +70.800 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 16 +66.500 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 15 +62.200 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 14 +57.900 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 13 +53.600 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 12 +49.300 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 11 +45.000 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 10 +40.700 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 9 +36.400 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 8 +32.100 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 7 +27.800 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 6 +23.500 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 5 +19.200 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 4 +14.900 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 3 +10.600 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 2 +6.300 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 1 +2.000 FFL



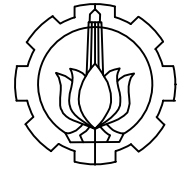
Potongan Melintang Modifikasi



- ▼ OFFICE LEVEL 19 +77.600 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 18 +73.400 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 17 +69.200 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 16 +65.000 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 15 +60.800 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 14 +56.600 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 13 +52.400 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 12 +48.200 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 11 +44.000 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 10 +39.800 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 9 +35.600 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 8 +31.400 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 7 +27.200 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 6 +23.000 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 5 +18.800 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 4 +14.600 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 3 +10.400 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 2 +6.200 FFL
- ▼ OFFICE LEVEL 1 +2.000 FFL



Potongan Melintang Eksisting



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Potongan Memanjang

SKALA GAMBAR

1 : 500

NOMOR

JUMLAH

02

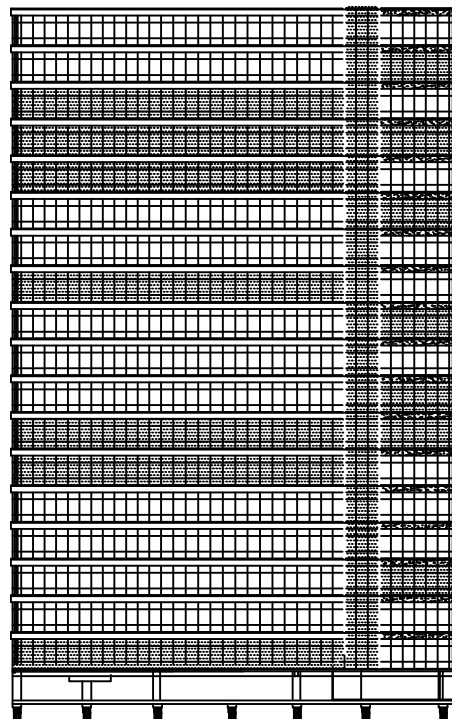
37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

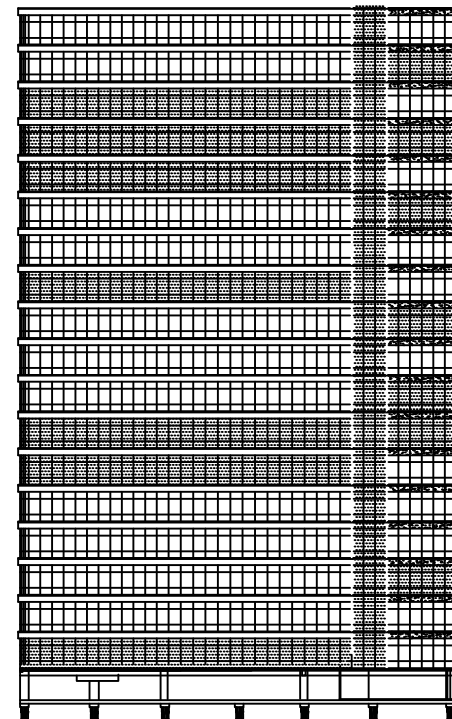
Albertus Denny P.
0311144000003



▼ OFFICE LEVEL 19 +79.400 FFL
▼ OFFICE LEVEL 18 +75.100 FFL
▼ OFFICE LEVEL 17 +70.800 FFL
▼ OFFICE LEVEL 16 +66.500 FFL
▼ OFFICE LEVEL 15 +62.200 FFL
▼ OFFICE LEVEL 14 +57.900 FFL
▼ OFFICE LEVEL 13 +53.600 FFL
▼ OFFICE LEVEL 12 +49.300 FFL
▼ OFFICE LEVEL 11 +45.000 FFL
▼ OFFICE LEVEL 10 +40.700 FFL
▼ OFFICE LEVEL 9 +36.400 FFL
▼ OFFICE LEVEL 8 +32.100 FFL
▼ OFFICE LEVEL 7 +27.800 FFL
▼ OFFICE LEVEL 6 +23.500 FFL
▼ OFFICE LEVEL 5 +19.200 FFL
▼ OFFICE LEVEL 4 +14.900 FFL
▼ OFFICE LEVEL 3 +10.600 FFL
▼ OFFICE LEVEL 2 +6.300 FFL
▼ OFFICE LEVEL 1 +2.000 FFL



Potongan Memanjang Modifikasi



▼ OFFICE LEVEL 19 +77.600 FFL
▼ OFFICE LEVEL 18 +73.400 FFL
▼ OFFICE LEVEL 17 +69.200 FFL
▼ OFFICE LEVEL 16 +65.000 FFL
▼ OFFICE LEVEL 15 +60.800 FFL
▼ OFFICE LEVEL 14 +56.600 FFL
▼ OFFICE LEVEL 13 +52.400 FFL
▼ OFFICE LEVEL 12 +48.200 FFL
▼ OFFICE LEVEL 11 +44.000 FFL
▼ OFFICE LEVEL 10 +39.800 FFL
▼ OFFICE LEVEL 9 +35.600 FFL
▼ OFFICE LEVEL 8 +31.400 FFL
▼ OFFICE LEVEL 7 +27.200 FFL
▼ OFFICE LEVEL 6 +23.000 FFL
▼ OFFICE LEVEL 5 +18.800 FFL
▼ OFFICE LEVEL 4 +14.600 FFL
▼ OFFICE LEVEL 3 +10.400 FFL
▼ OFFICE LEVEL 2 +6.200 FFL
▼ OFFICE LEVEL 1 +2.000 FFL



Potongan Memanjang Eksisting



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Denah Ruangan
Arsitekural

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR

JUMLAH

03

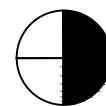
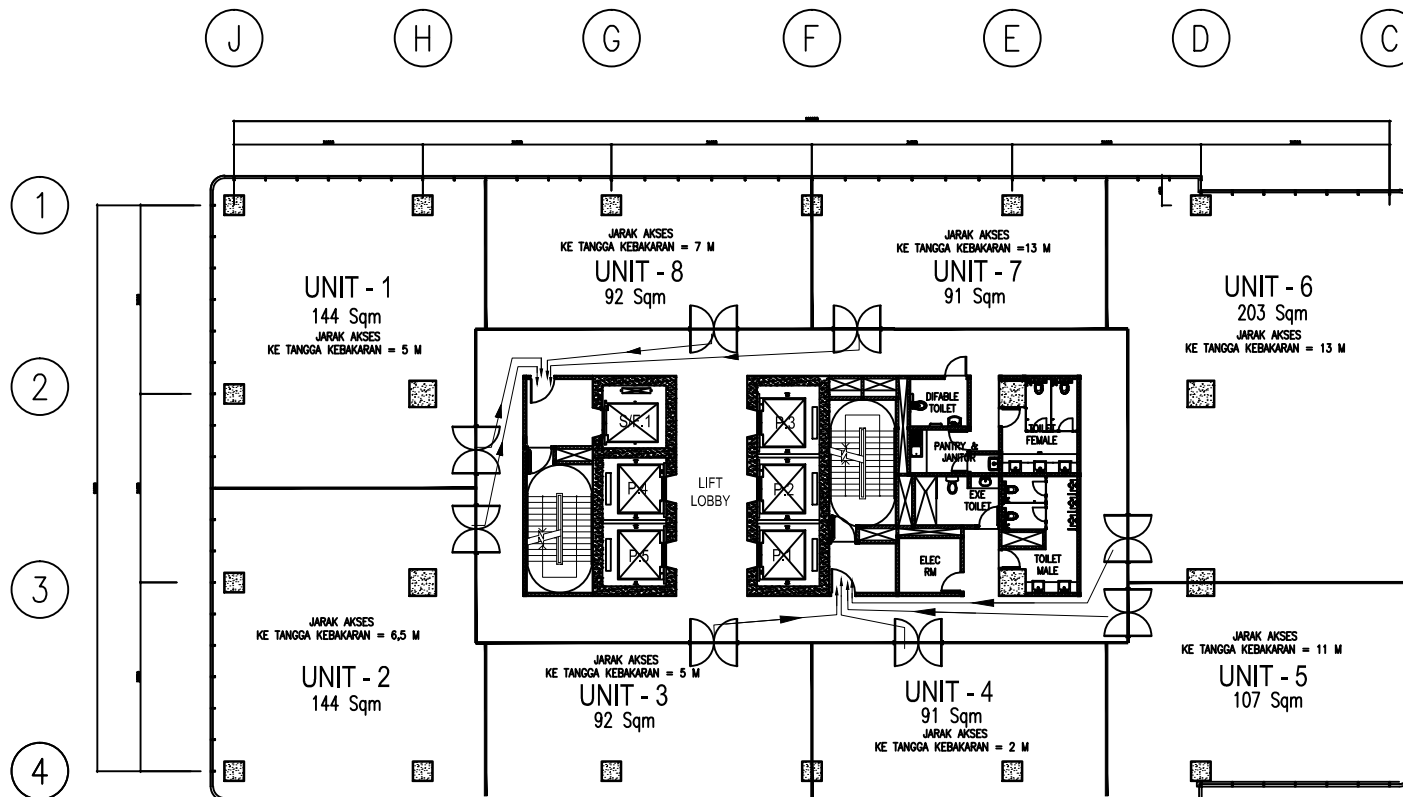
37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
03111440000003



Denah Ruangan / Arsitekural



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
 SLAB

NAMA GAMBAR

Denah Ruangan
 Arsitektural

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR

JUMLAH

04

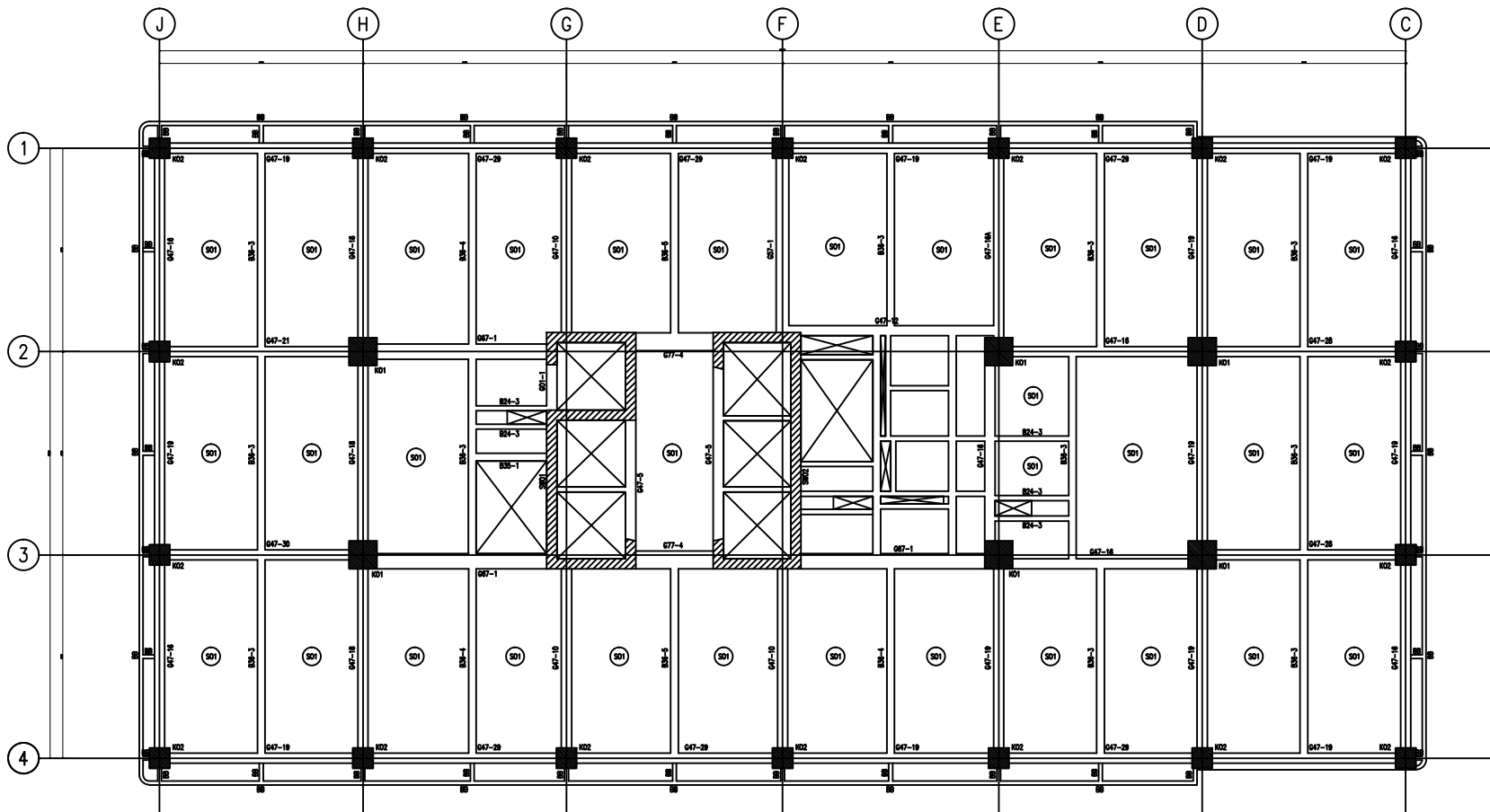
37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

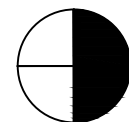
Albertus Denny P.
 0311144000003



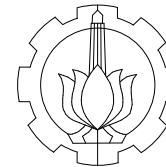
KODE BALOK	DIMENSI
G23/B23/CL23	200 x 300
G24/B24/CL24	200 x 400
G25/B25/CL25	200 x 500
G35/B35/CL35	300 x 500
G36/B36/CL36	300 x 600
G46/B46/CL46	400 x 600
G47/B47/CL47	400 x 700
G475/B475/CL475	400 x 750
G55/B55/CL55	500 x 500
G57/B57/CL57	500 x 700
G51/B51/CL51	500 x 1000
G66/B66/CL66	600 x 600
G67/B67/CL67	600 x 700
G77/B77/CL77	700 x 700
G88/B88/CL88	800 x 600
G108/B108/CL108	1000 x 800

KODE PLAT	TEBAL
S01	120
S02	120

KODE WALL	TEBAL
W01	400
W02	400



Denah Pembalokan Eksisting



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Denah Pembalokan
Modifikasi

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR

JUMLAH

05

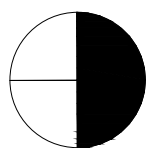
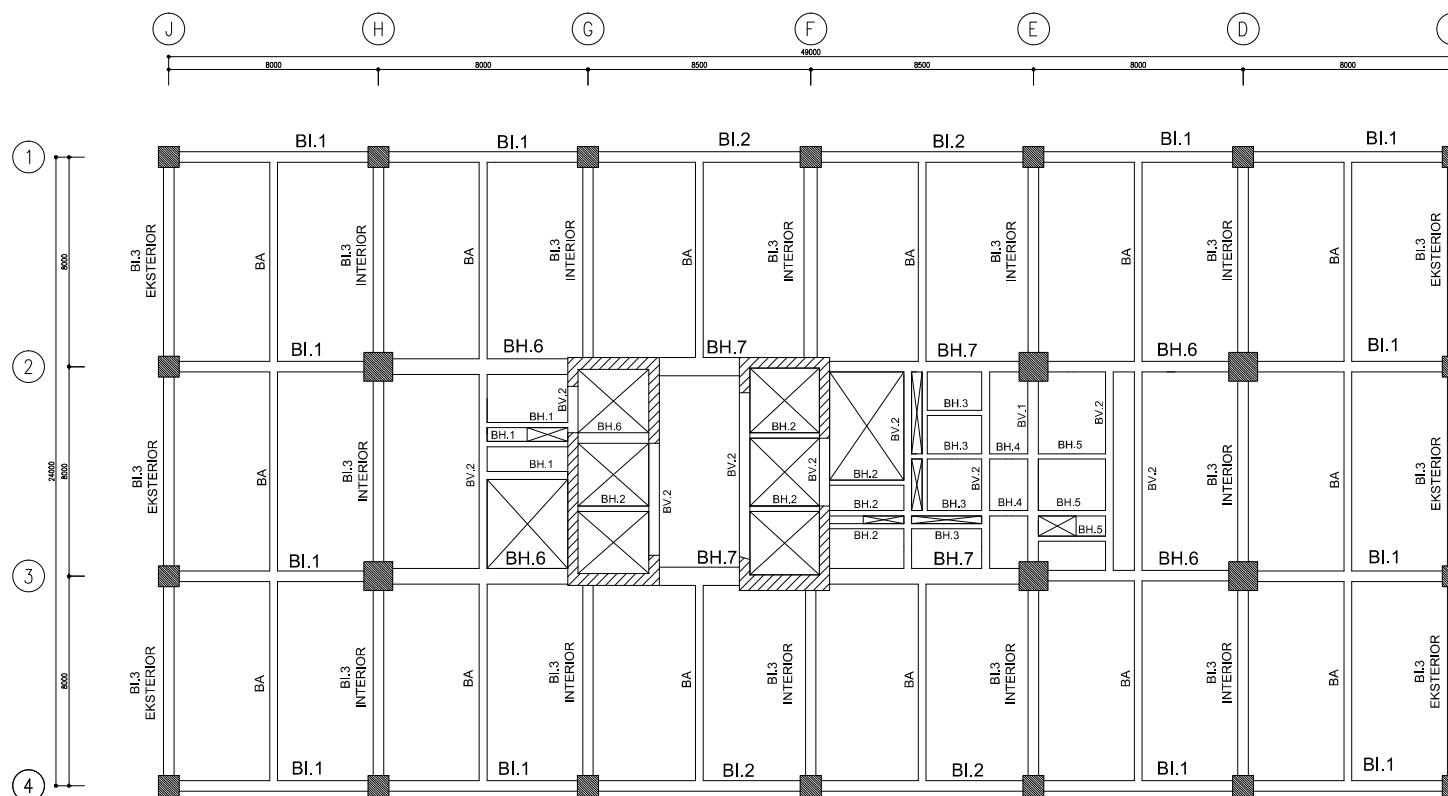
37

DOSEN PEMBIMBING

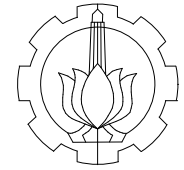
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003



Denah Pembalokan Modifikasi



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Denah Pelat Modifikasi

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR

JUMLAH

06

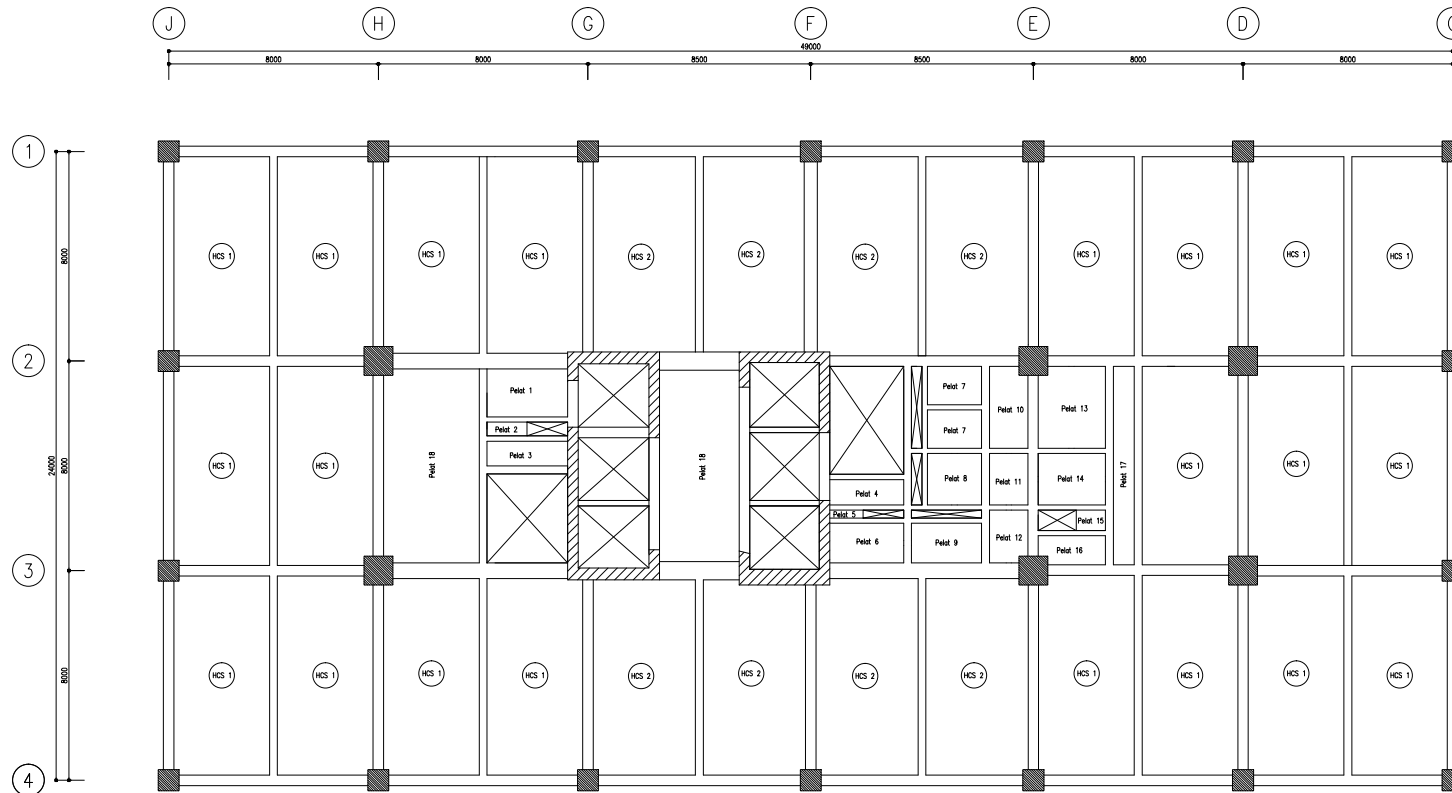
37

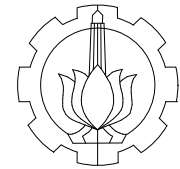
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB**

NAMA GAMBAR

Penulangan Pelat

SKALA GAMBAR

1 : 150

NOMOR

JUMLAH

07

37

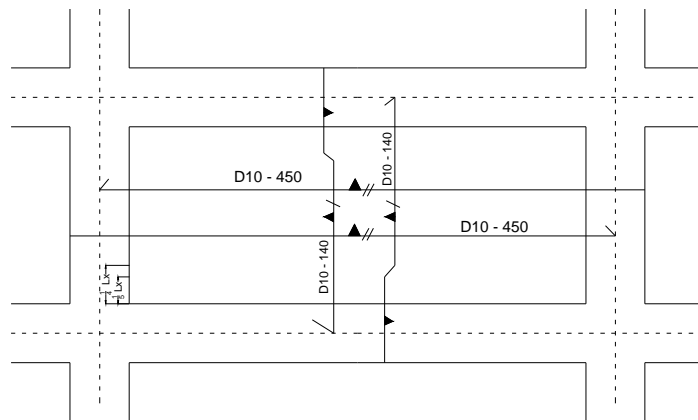
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

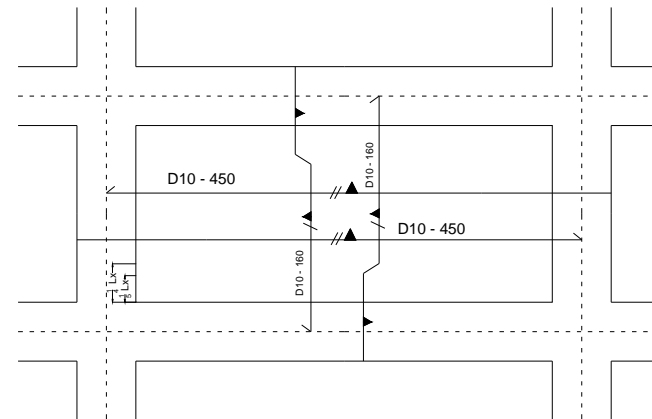
NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

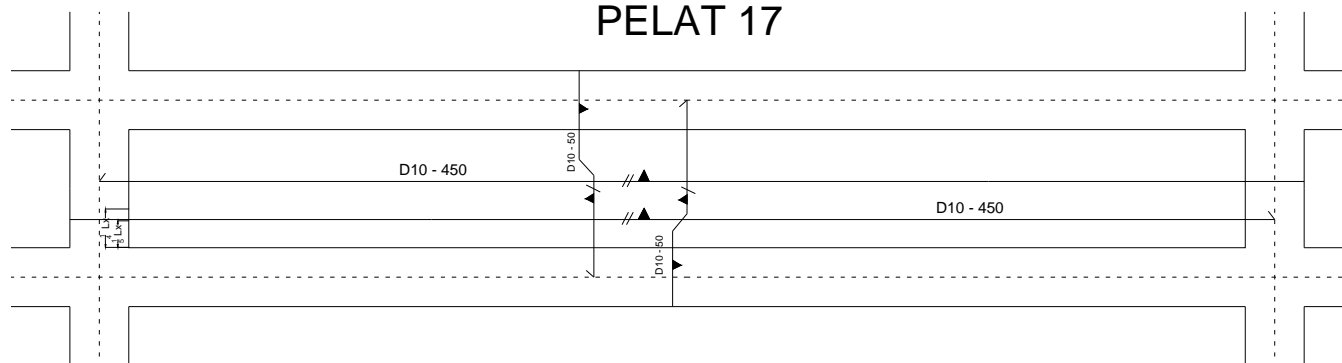
PELAT 3 & PELAT 10

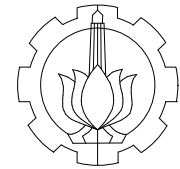


PELAT 4 & PELAT 5



PELAT 17





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB**

NAMA GAMBAR

Penulangan Pelat

SKALA GAMBAR

1 : 150

NOMOR

08

JUMLAH

37

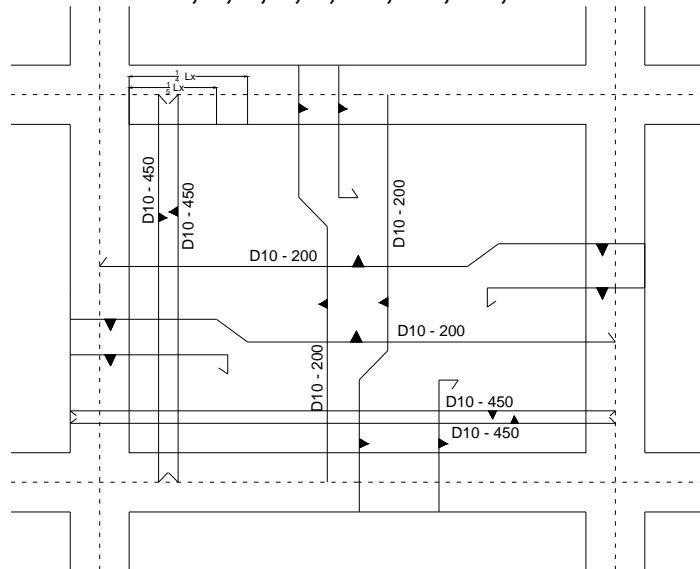
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

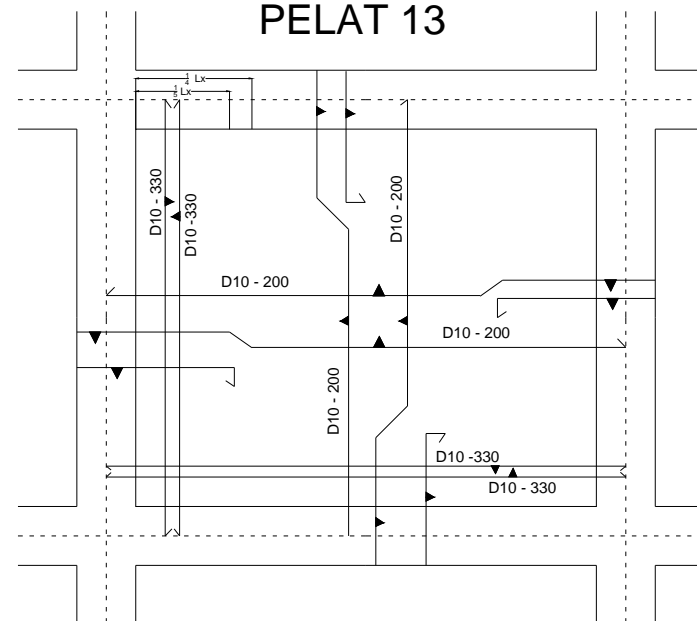
NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

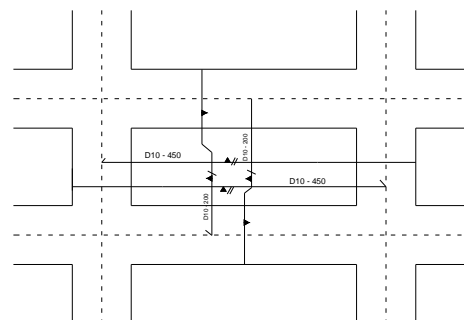
PELAT 1,6,7,8,9,11,12,14,15

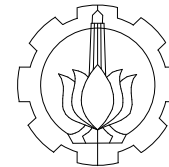


PELAT 13



PELAT 2 & PELAT 16





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
 SLAB

NAMA GAMBAR

Denah Tangga

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

09

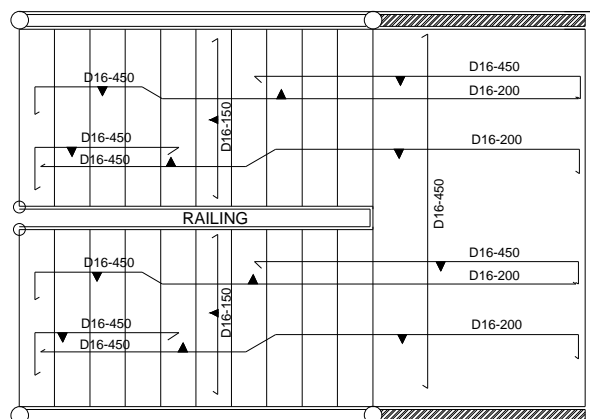
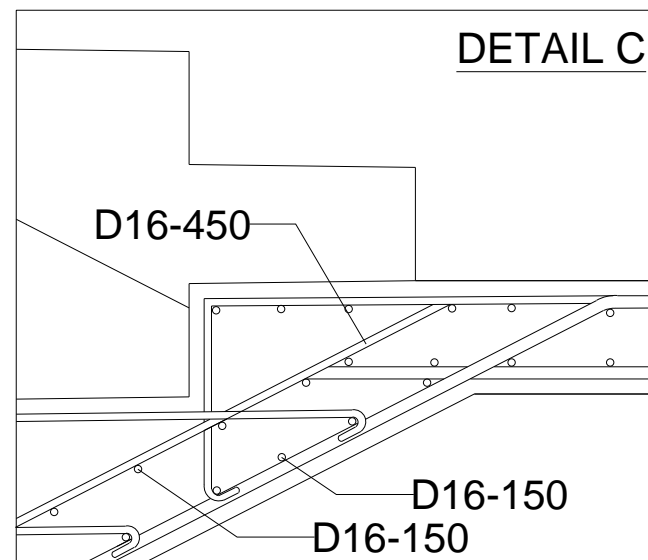
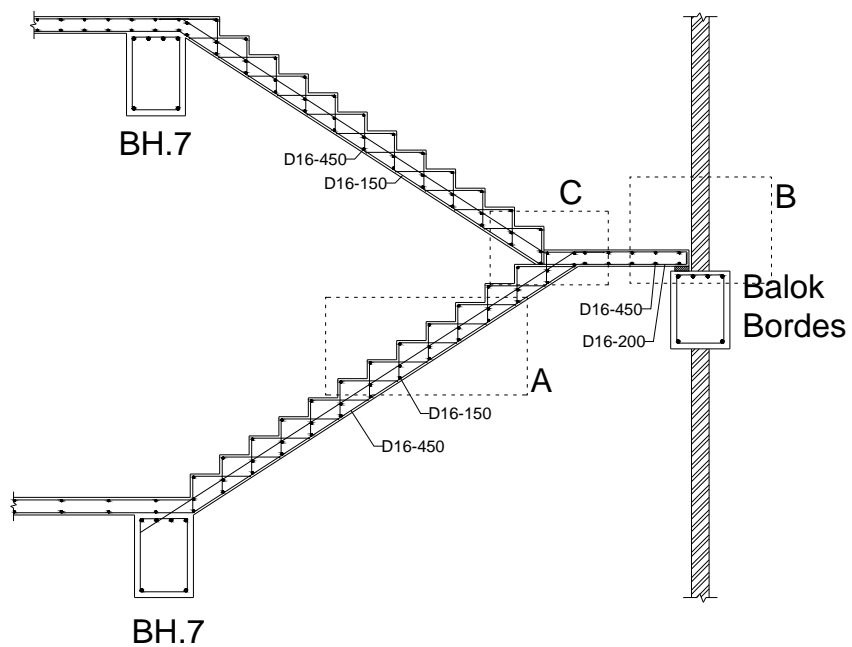
37

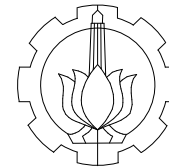
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
 0311144000003





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Detail Tangga

SKALA GAMBAR

1 : 50

NOMOR

10

JUMLAH

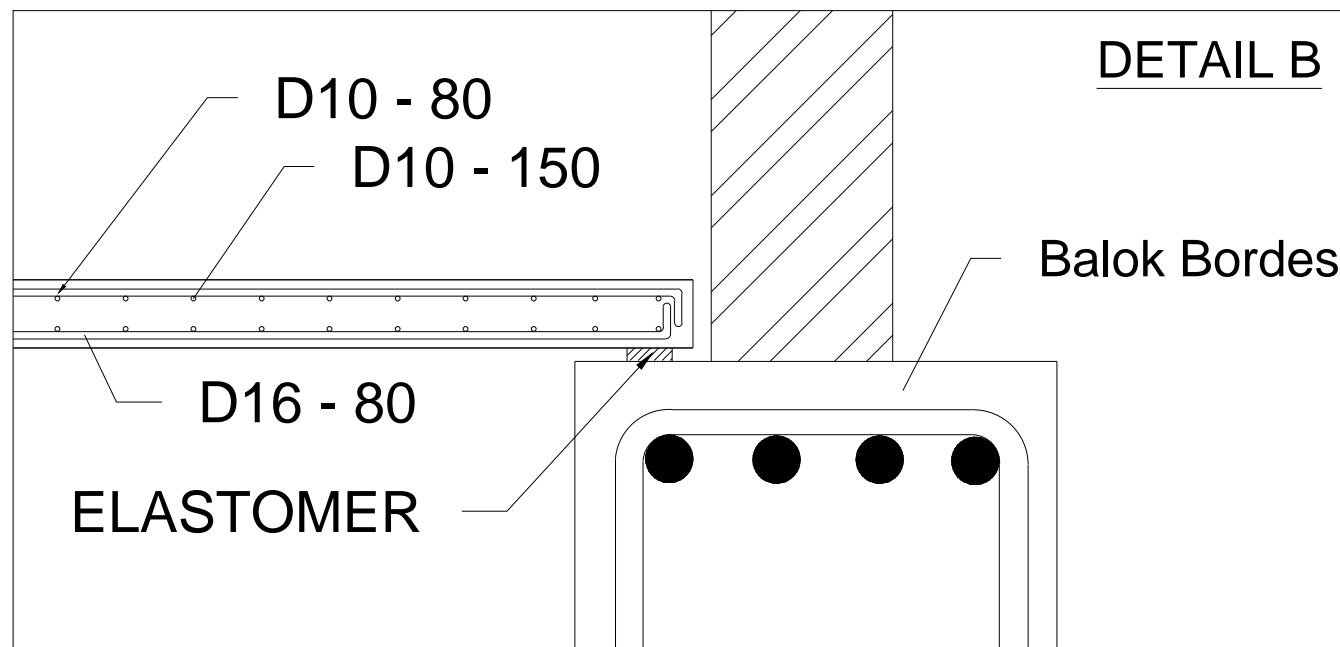
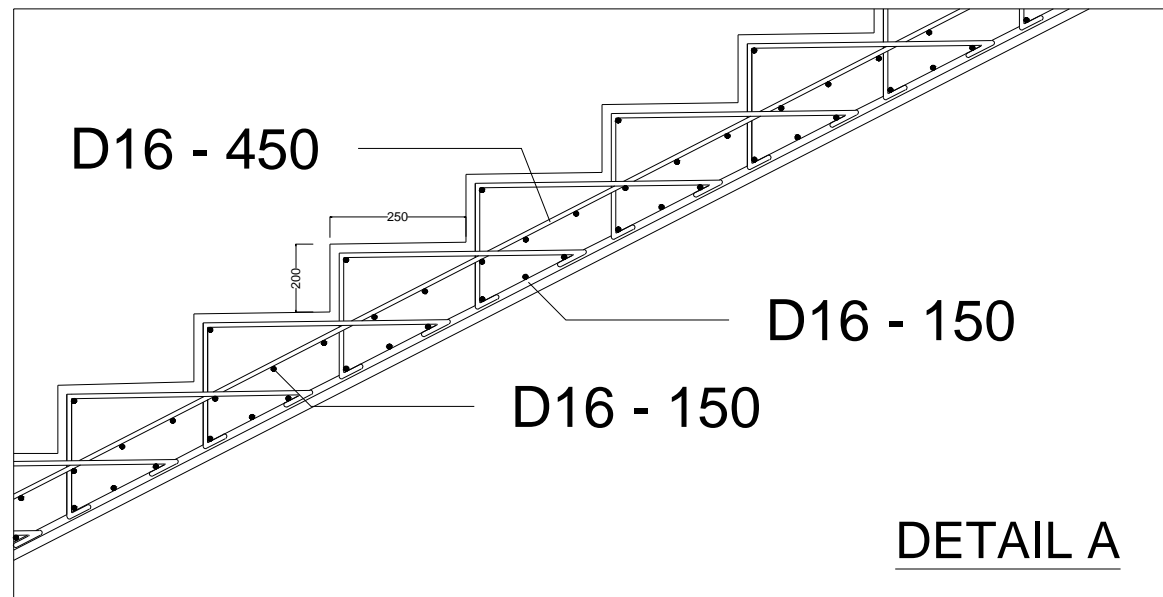
37

DOSEN PEMBIMBING

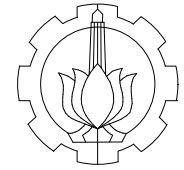
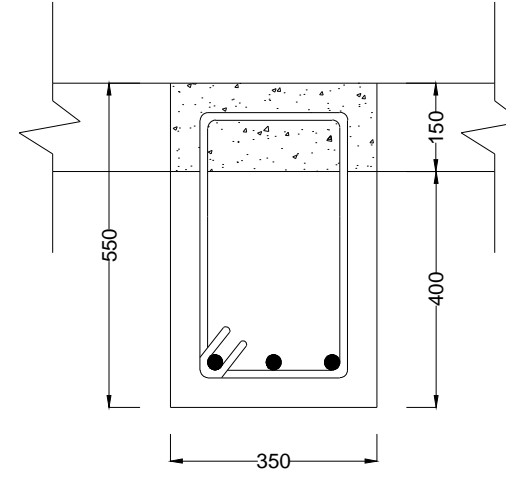
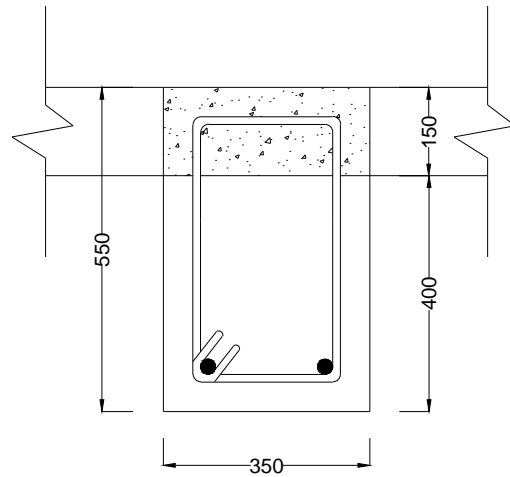
Prof. TAVIO ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. RAKA

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003



SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Balok BA

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

11

JUMLAH

37

DOSEN PEMBIMBING

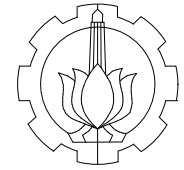
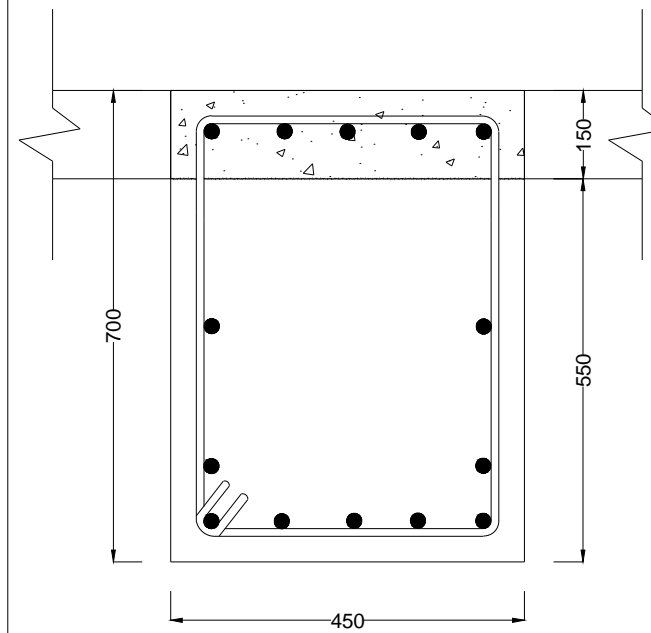
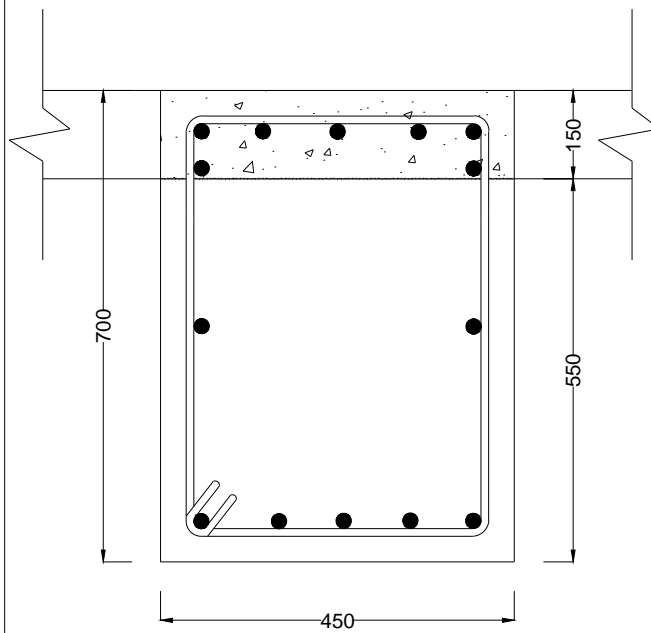
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

KODE	BA	
PENAMPANG	350 mm x 550 mm	
DECKING	50 mm	
ATAS	-	-
TENGAH	-	-
BAWAH	2 D25	3 D25
SENGKANG	D13 - 80 mm	D13 - 360 mm
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN

SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN HOLLOW CORE
 SLAB**

NAMA GAMBAR

Balok BI.1

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

12

JUMLAH

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
 0311144000003

KODE

BI.1

PENAMPANG

450 mm x 700 mm

DECKING

50 mm

ATAS

7 D25

5 D25

TENGAH

2 D25

2 D25

BAWAH

5 D25

7 D25

SENGKANG

D13 - 80 mm

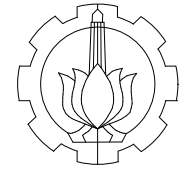
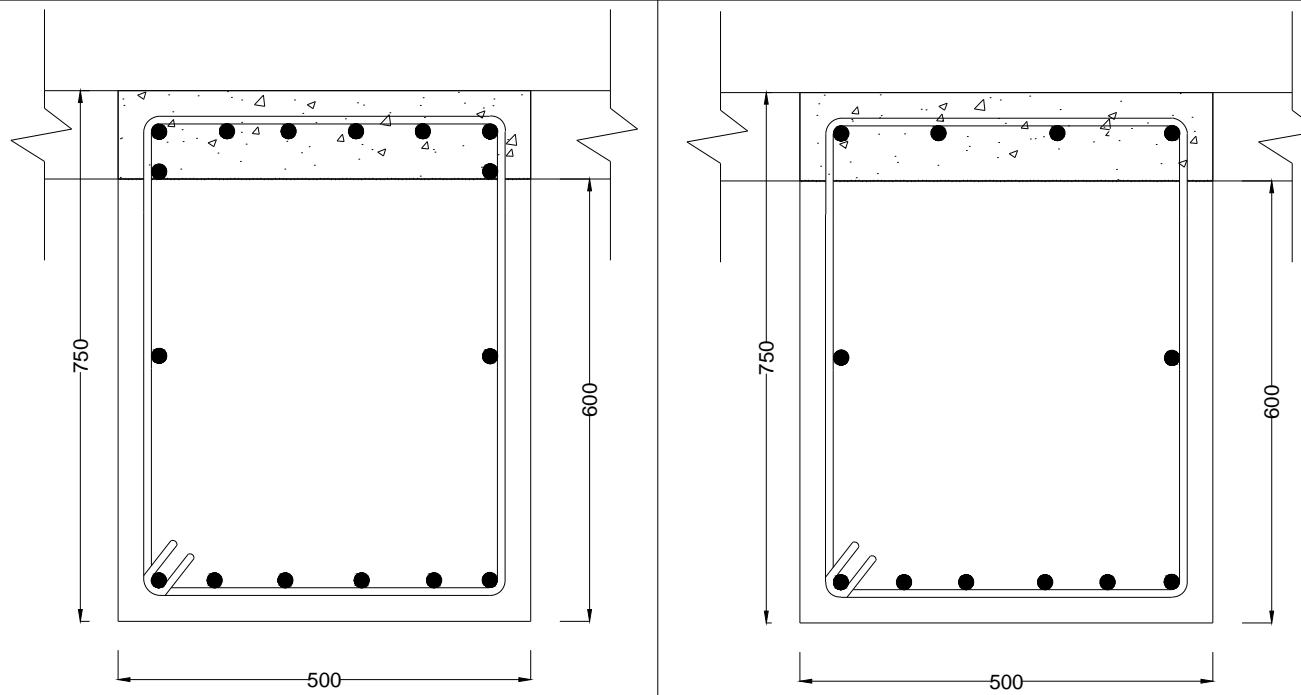
D13 - 360 mm

LOKASI

TUMPUAN

LAPANGAN

SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN HOLLOW CORE
 SLAB**

NAMA GAMBAR

Balok BI.2

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

13

JUMLAH

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
 0311144000003

KODE

BI.2

PENAMPANG

500 mm x 750 mm

DECKING

50 mm

ATAS

8 D25

4 D25

TENGAH

2 D25

2 D25

BAWAH

6 D25

6 D25

SENGKANG

D13 - 110 mm

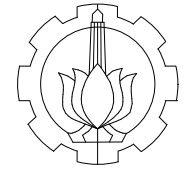
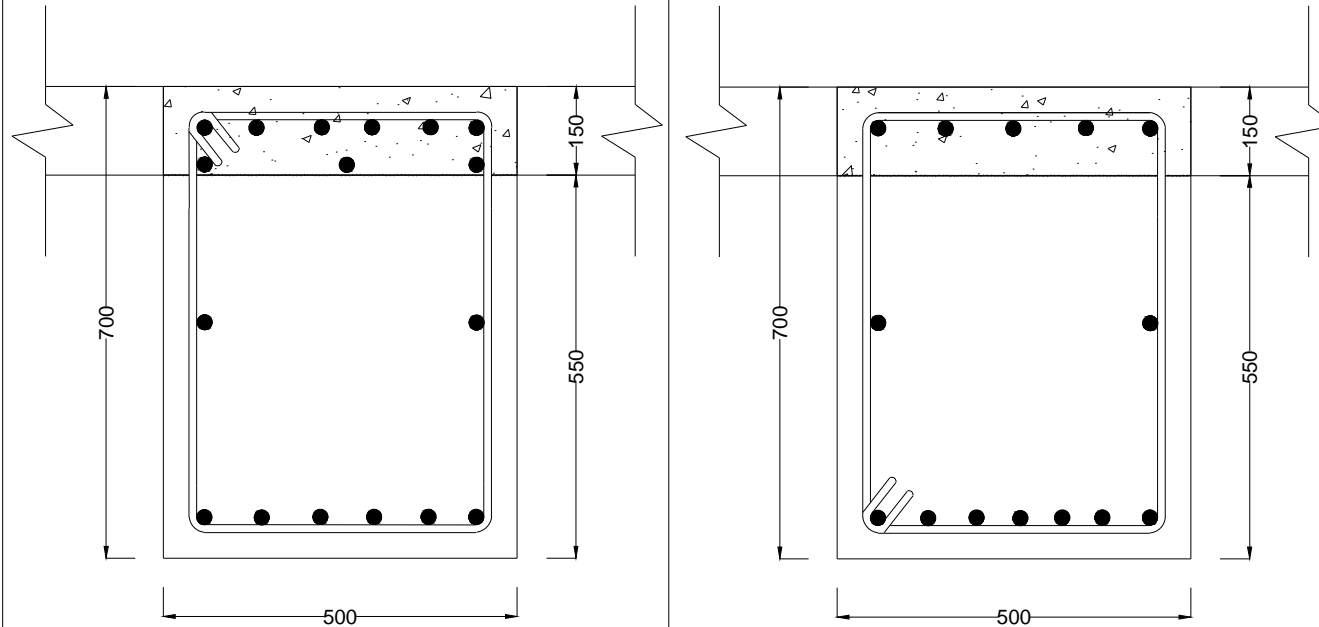
D13 - 260 mm

LOKASI

TUMPUAN

LAPANGAN

SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN HOLLOW CORE
 SLAB**

NAMA GAMBAR

Balok BI.3 Interior

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

14

JUMLAH

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
 0311144000003

KODE

BI.3 INTERIOR

PENAMPANG

500 mm x 700 mm

DECKING

50 mm

ATAS

9 D25

5 D25

TENGAH

2 D25

2 D25

BAWAH

6 D25

7 D25

SENGKANG

D13 - 80 mm

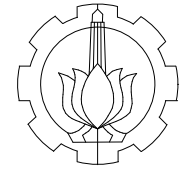
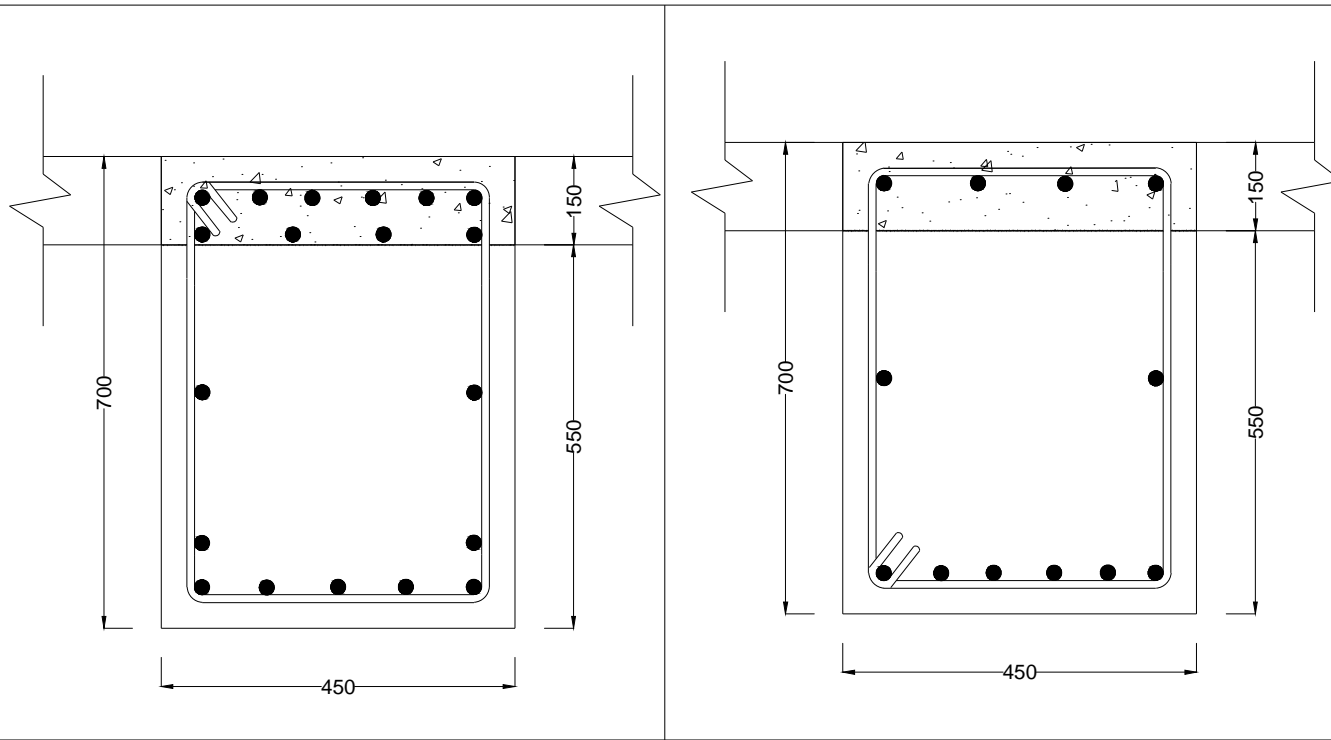
D13 - 340 mm

LOKASI

TUMPUAN

LAPANGAN

SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN HOLLOW CORE
SLAB**

NAMA GAMBAR

Balok BI.3 Eksterior

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

15

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

KODE

BI.3 EKSTERIOR

PENAMPANG

450 mm x 700 mm

DECKING

50 mm

ATAS

10 D25

4 D25

TENGAH

2 D25

2 D25

BAWAH

7 D25

6 D25

SENGKANG

D13 - 80 mm

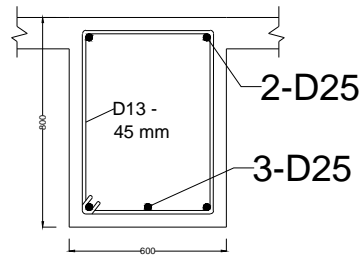
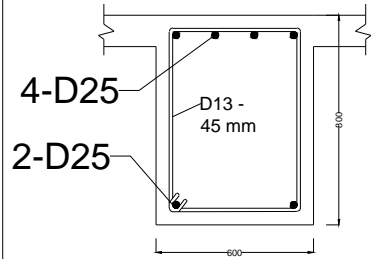
D13 - 360 mm

LOKASI

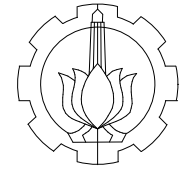
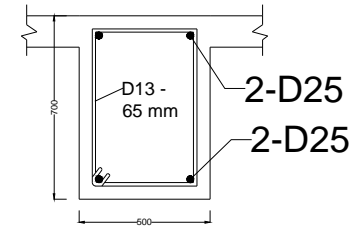
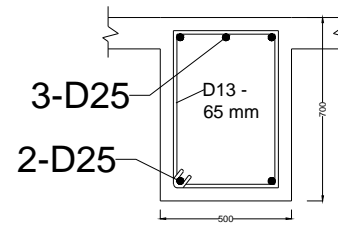
TUMPUAN

LAPANGAN

BH.1



BH.2



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Balok *Cast in-situ*

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

16

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

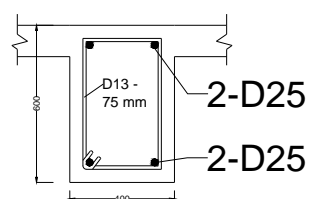
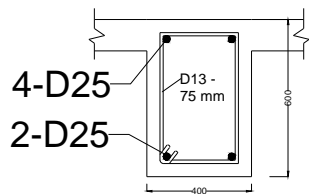
TUMPUAN

LAPANGAN

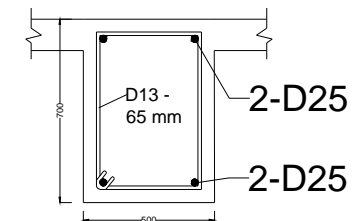
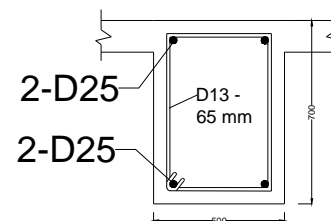
TUMPUAN

LAPANGAN

BH.3



BH.4 & BH.5



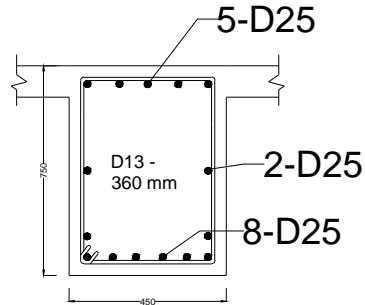
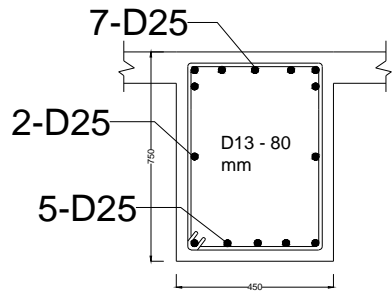
TUMPUAN

LAPANGAN

TUMPUAN

LAPANGAN

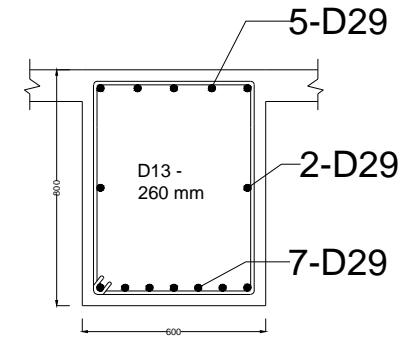
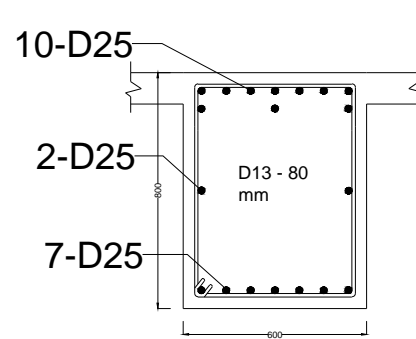
BH.6



TUMPUAN

LAPANGAN

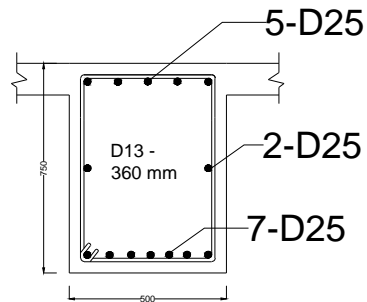
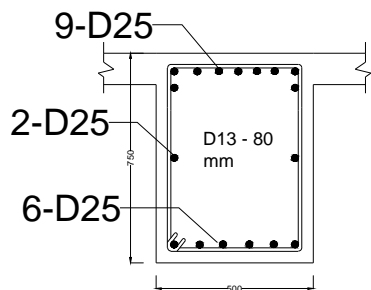
BH.7



TUMPUAN

LAPANGAN

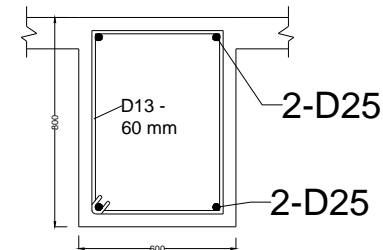
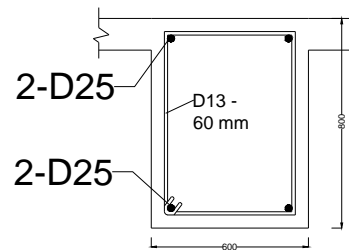
BV.1



TUMPUAN

LAPANGAN

BV.2



TUMPUAN

LAPANGAN



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Balok *Cast in-situ*

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

17

JUMLAH

37

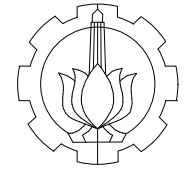
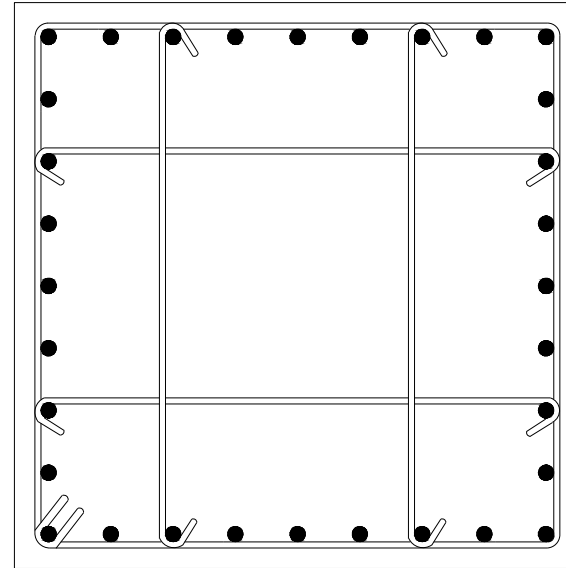
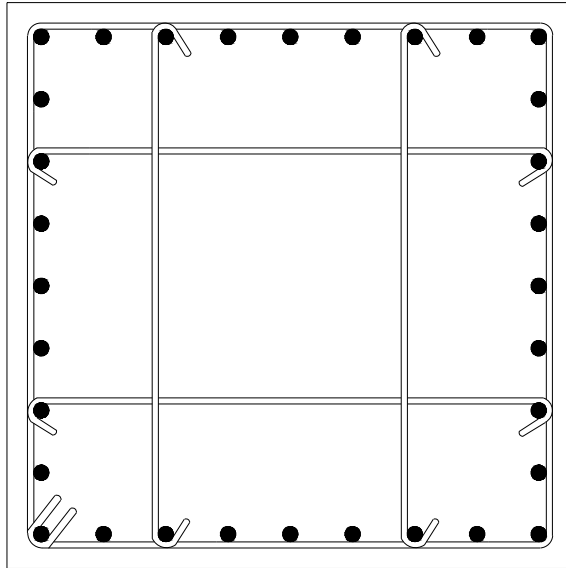
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN HOLLOW CORE
 SLAB**

NAMA GAMBAR

Kolom K.1

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

18

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
 0311144000003

KODE

K.1

PENAMPANG

1200 mm x 1200 mm

DECKING

50 mm

TULANGAN

32 D32

32 D32

SENGKANG

4D16 - 80 mm

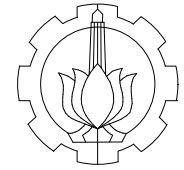
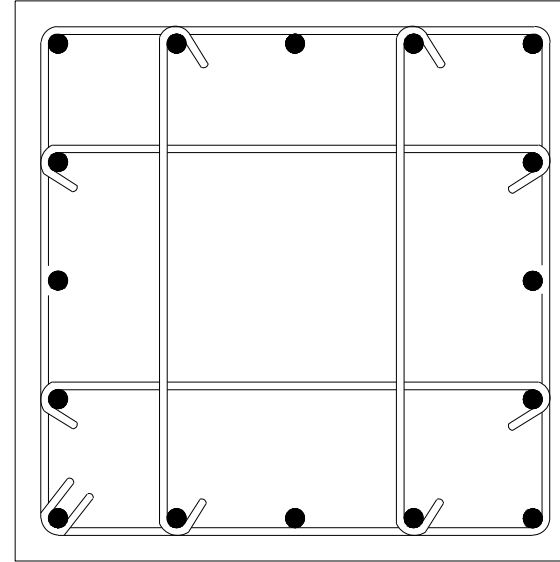
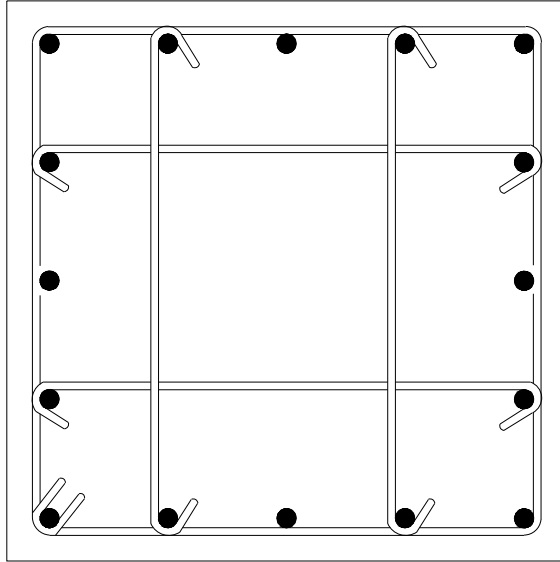
4D16 -150 mm

LOKASI

SENDI PLASTIS

LUAR SENDI PLASTIS

SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Kolom K.2

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

19

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

KODE

K.2

PENAMPANG

950 mm x 950 mm

DECKING

50 mm

TULANGAN

16 D32

16 D32

SENGKANG

4D16 - 100 mm

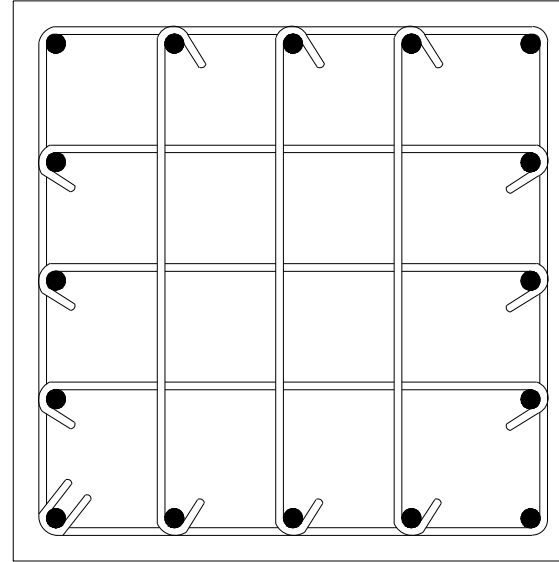
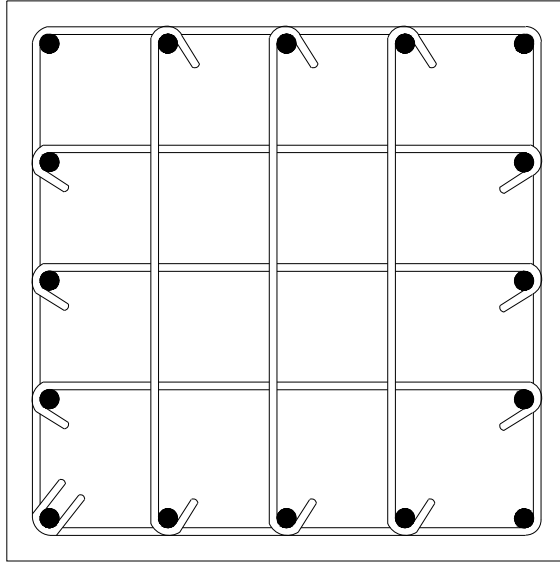
4D16 -150 mm

LOKASI

SENDI PLASTIS

LUAR SENDI PLASTIS

SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Kolom K.3

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

20

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

KODE

K.3

PENAMPANG

850 mm x 850 mm

DECKING

50 mm

TULANGAN

16 D29

16 D29

SENGKANG

5D13 - 100 mm

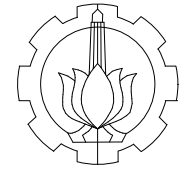
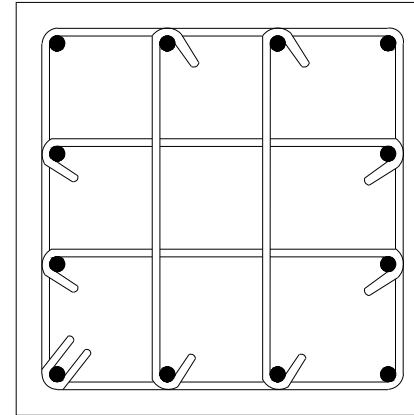
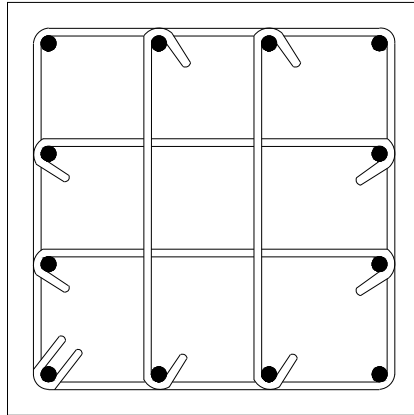
5D13 -150 mm

LOKASI

SENDI PLASTIS

LUAR SENDI PLASTIS

SKETSA



S1 TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN HOLLOW CORE
 SLAB**

NAMA GAMBAR

Kolom K.4

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

21

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
 0311144000003

KODE

K.4

PENAMPANG

700 mm x 700 mm

DECKING

50 mm

TULANGAN

12 D29

12 D29

SENGKANG

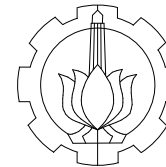
4D13 - 120 mm

4D13 -150 mm

LOKASI

SENDI PLASTIS

LUAR SENDI PLASTIS



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE
SLAB***

NAMA GAMBAR

Shearwall 1 & 2

SKALA GAMBAR

1 : 150

NOMOR

JUMLAH

22

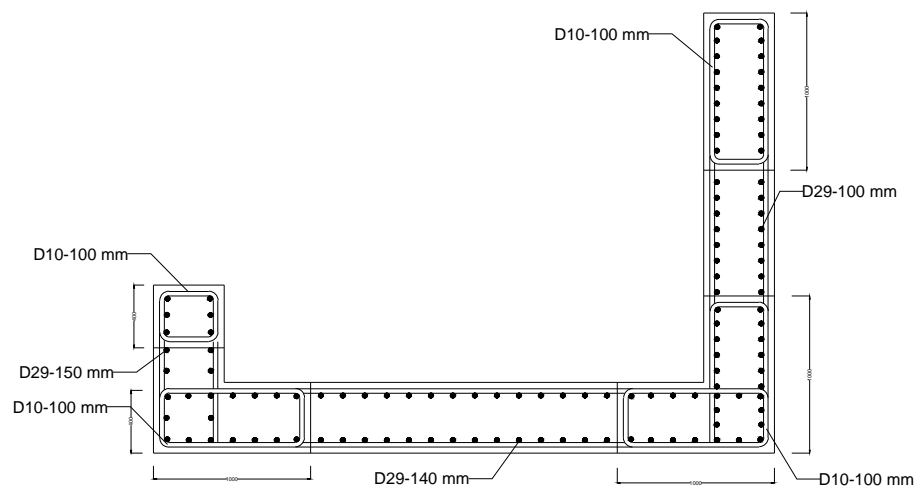
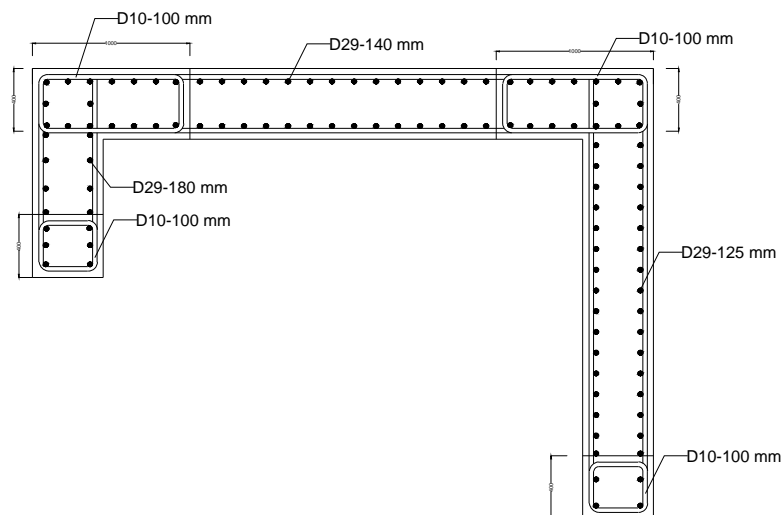
37

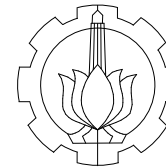
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Shearwall 3 & 4

SKALA GAMBAR

1 : 150

NOMOR

JUMLAH

23

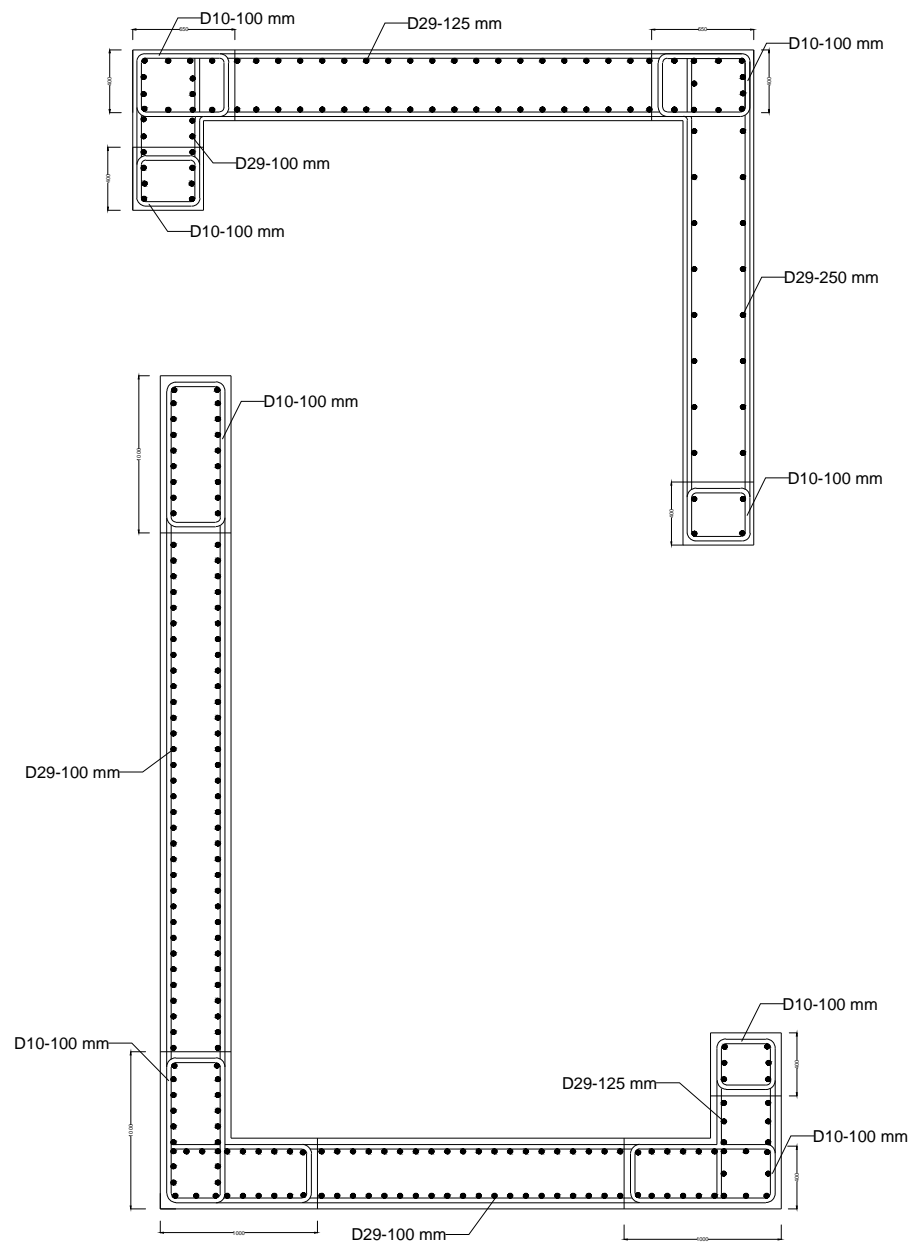
37

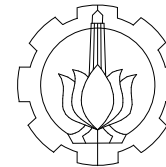
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Portal BI.1 - K.1

SKALA GAMBAR

1 : 75

NOMOR

JUMLAH

24

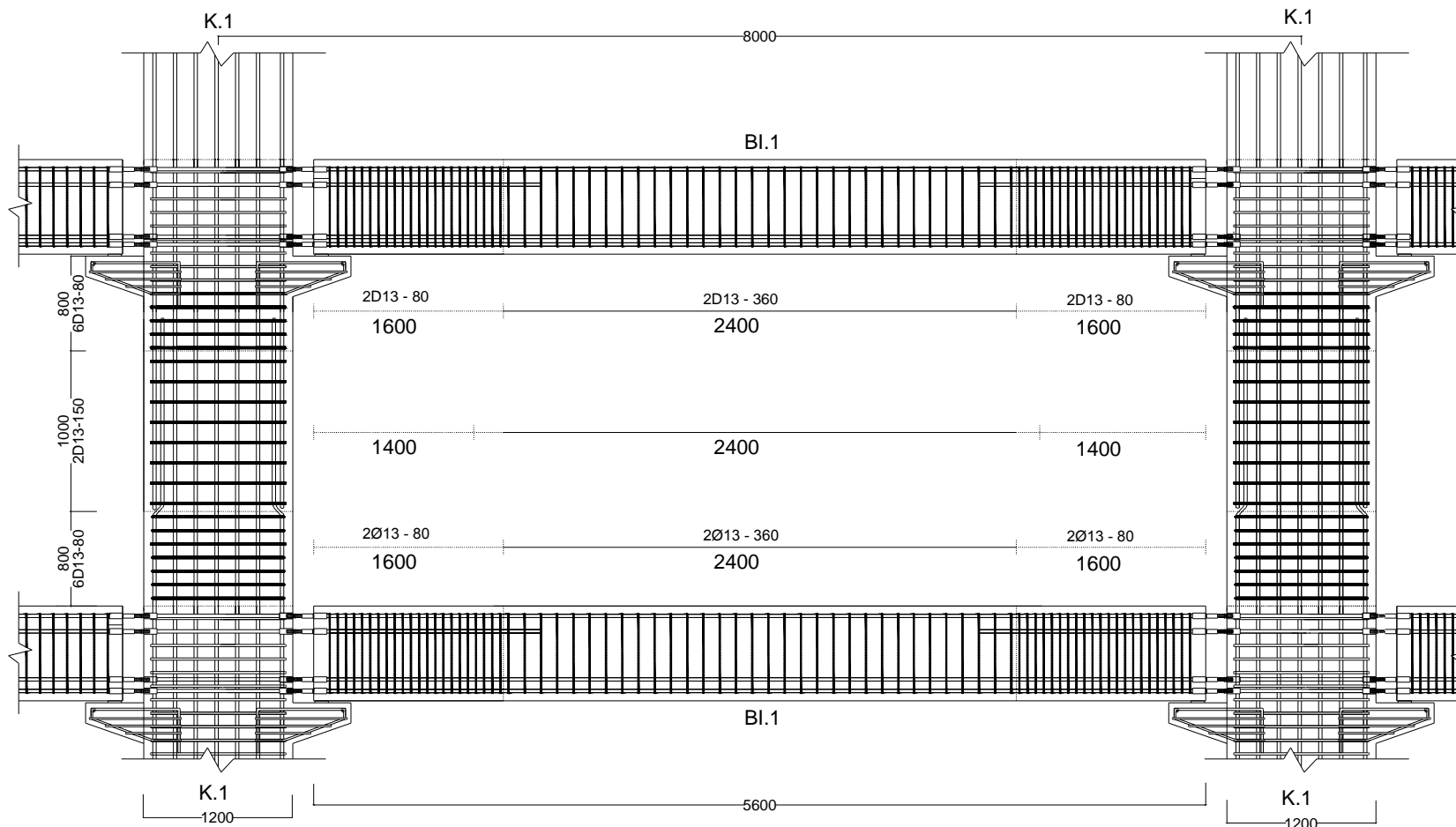
37

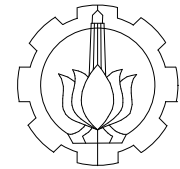
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN HOLLOW CORE
 SLAB**

NAMA GAMBAR

Detail Sambungan

SKALA GAMBAR

1 : 75

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

25	37
-----------	-----------

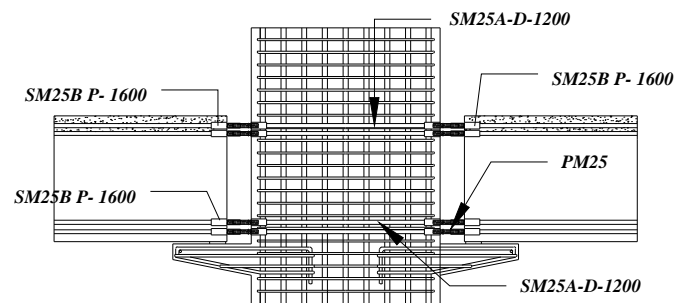
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

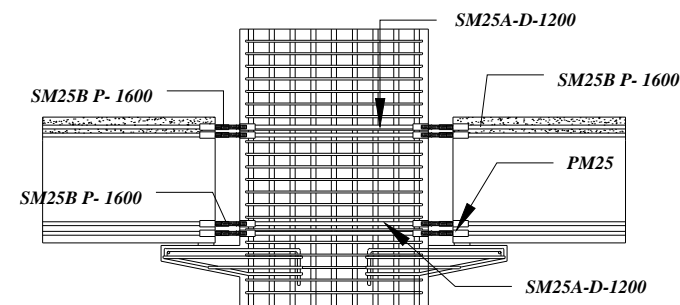
NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
 0311144000003

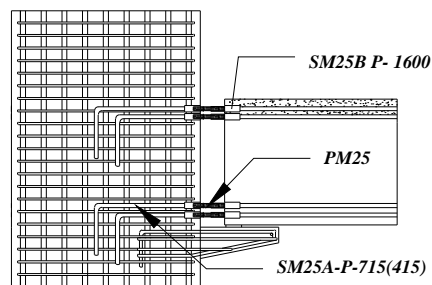
**Double Sided Connection
 BI.1-BI.1**



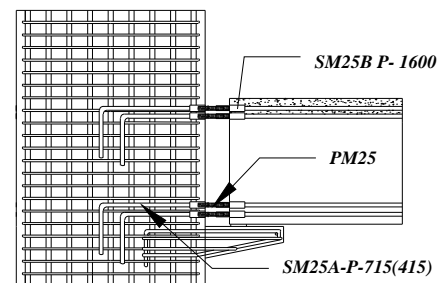
**Double Sided Connection
 BI.3-BI.3**



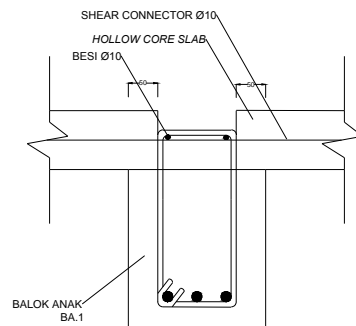
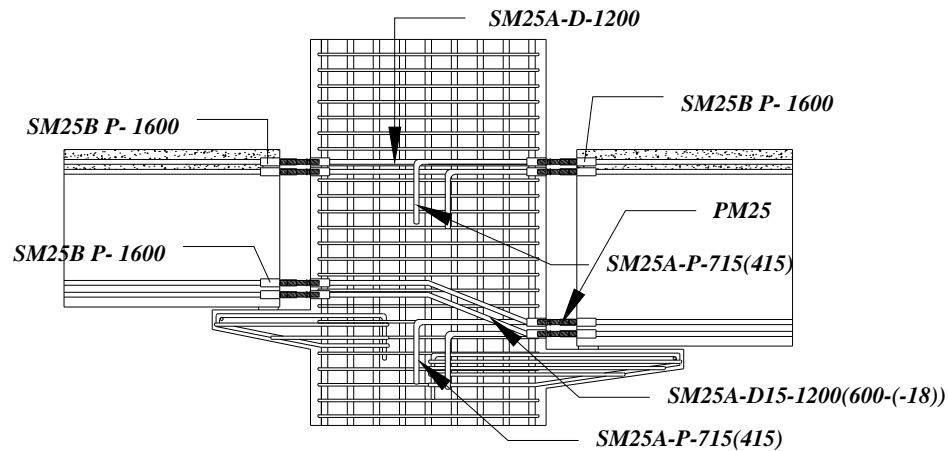
**Single Sided Connection
 BI.1**



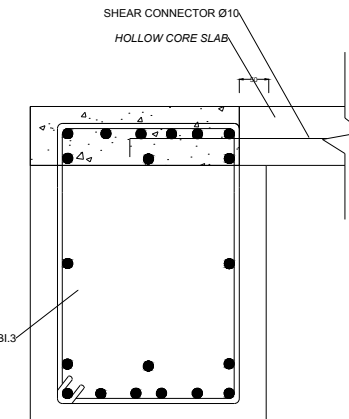
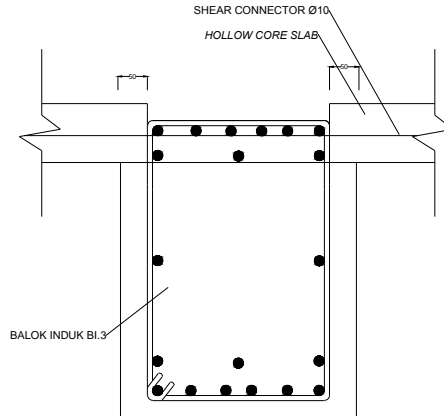
**Single Sided Connection
 BI.3**



Double Sided Connection BI.1-BI.2



Perletakan HCS di
Tengah



Perletakan HCS di
Ujung



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN HOLLOW CORE
SLAB**

NAMA GAMBAR

Detail Sambungan

SKALA GAMBAR

1 : 75

NOMOR

26

JUMLAH

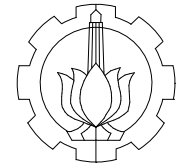
37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Denah Pile Cap

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR

27

JUMLAH

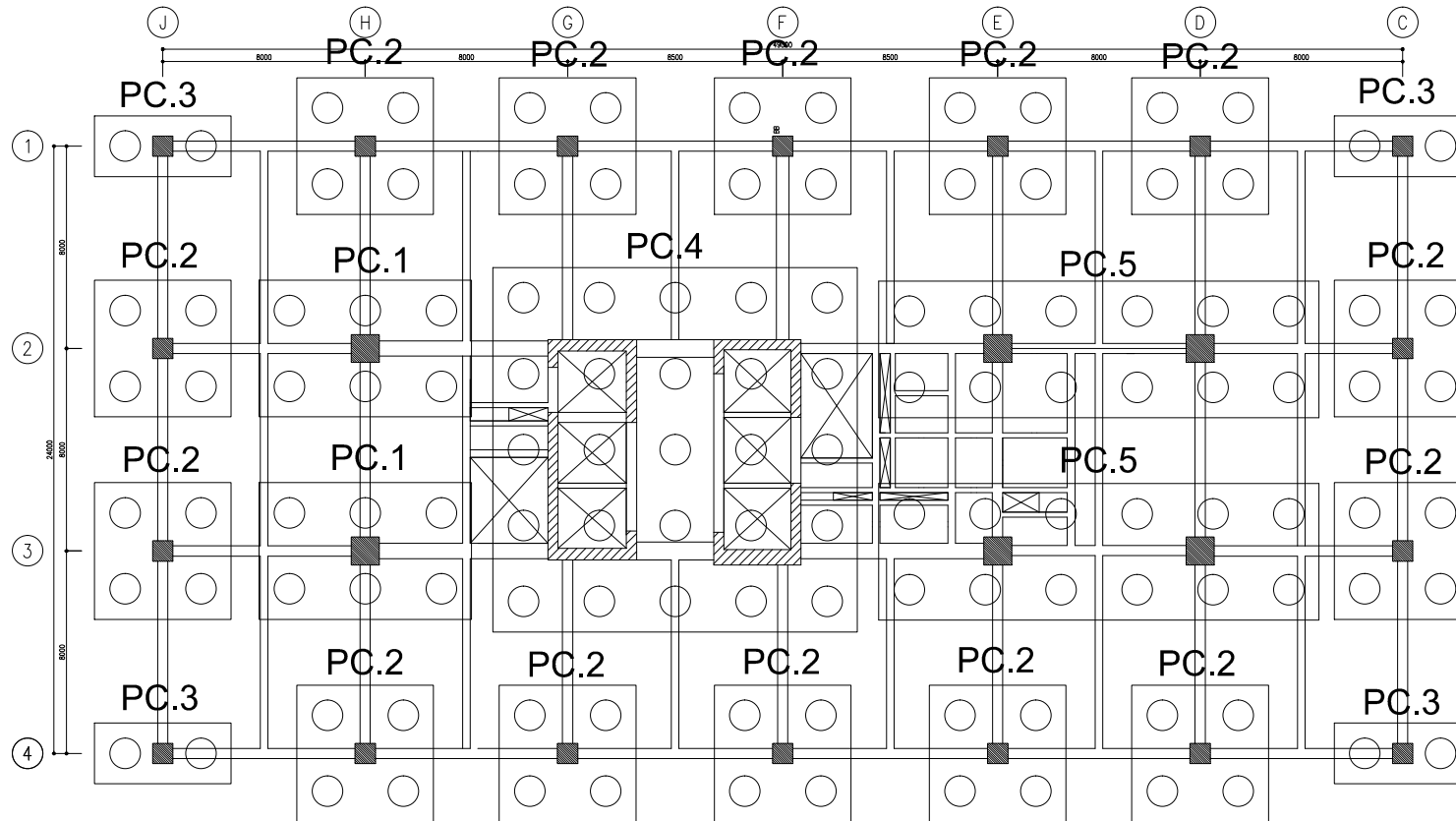
37

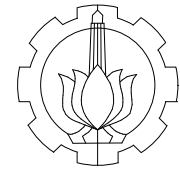
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Ukuran Pile Cap

SKALA GAMBAR

1 : 300

NOMOR

JUMLAH

28

37

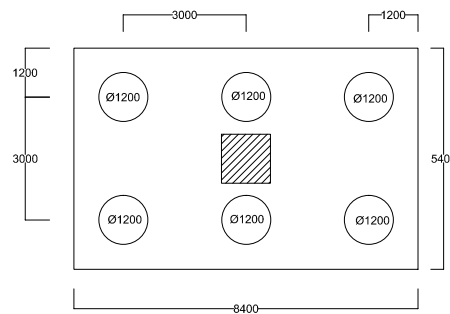
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

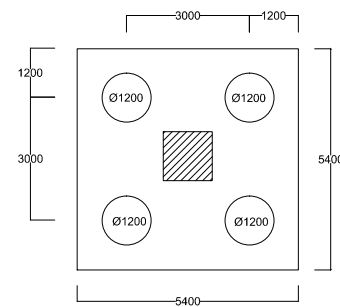
NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

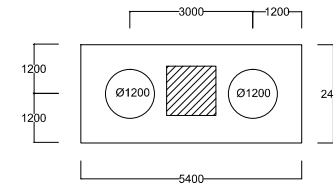
PC.1



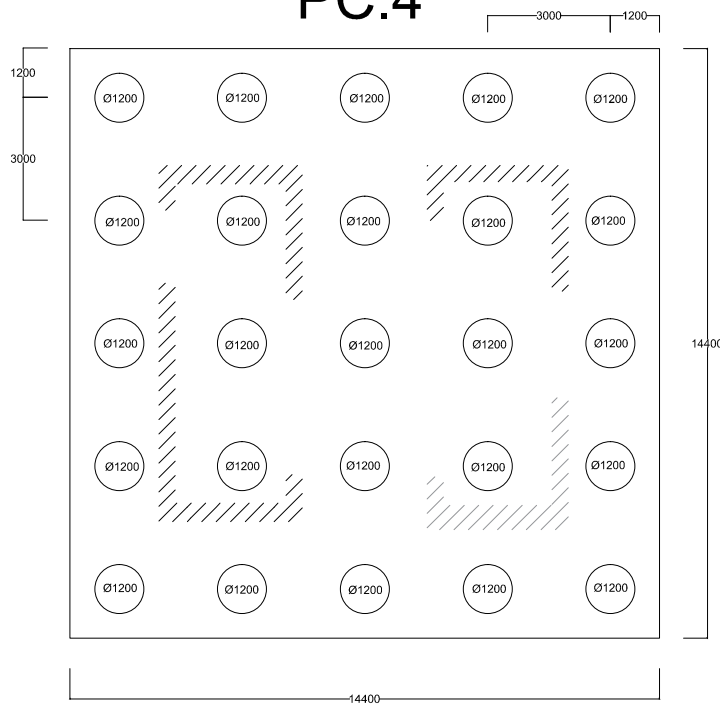
PC.2



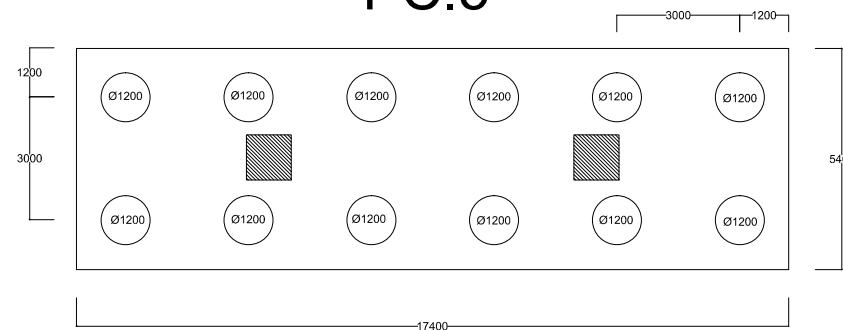
PC.3



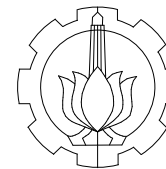
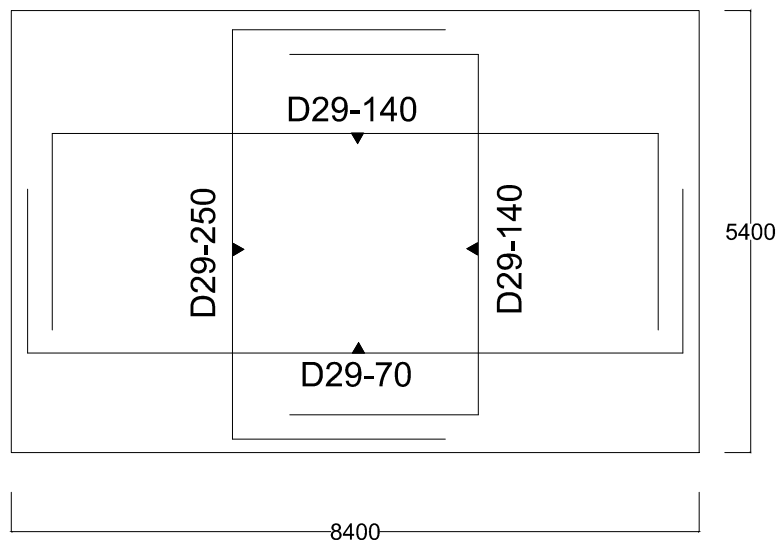
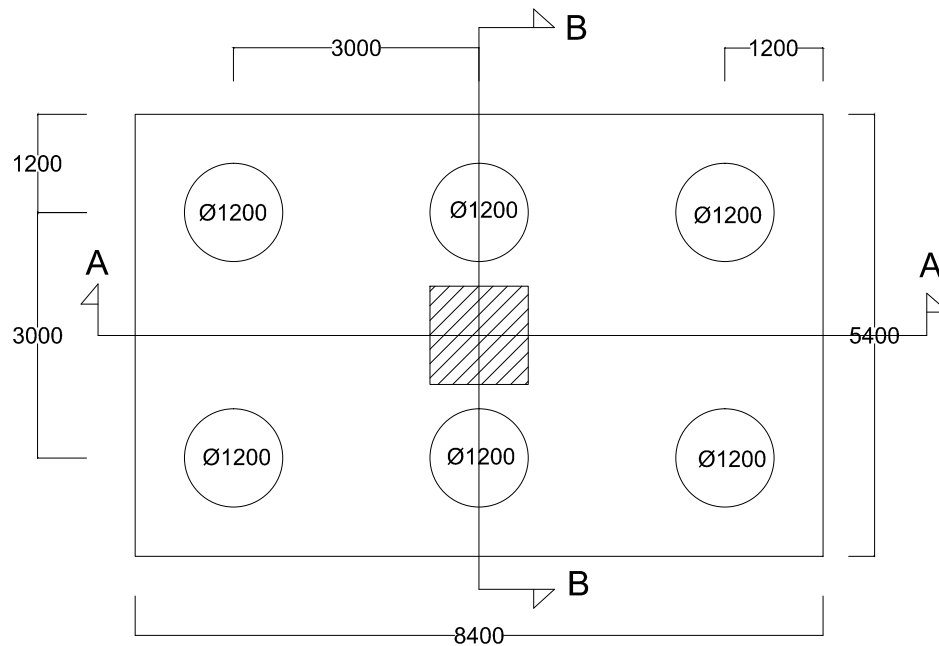
PC.4



PC.5



PC.1



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Pile Cap PC.1

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

29

JUMLAH

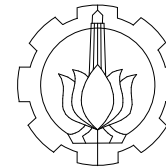
37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN DUAL SYSTEM
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN HOLLOW CORE
SLAB**

NAMA GAMBAR

Potongan PC.1

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

30

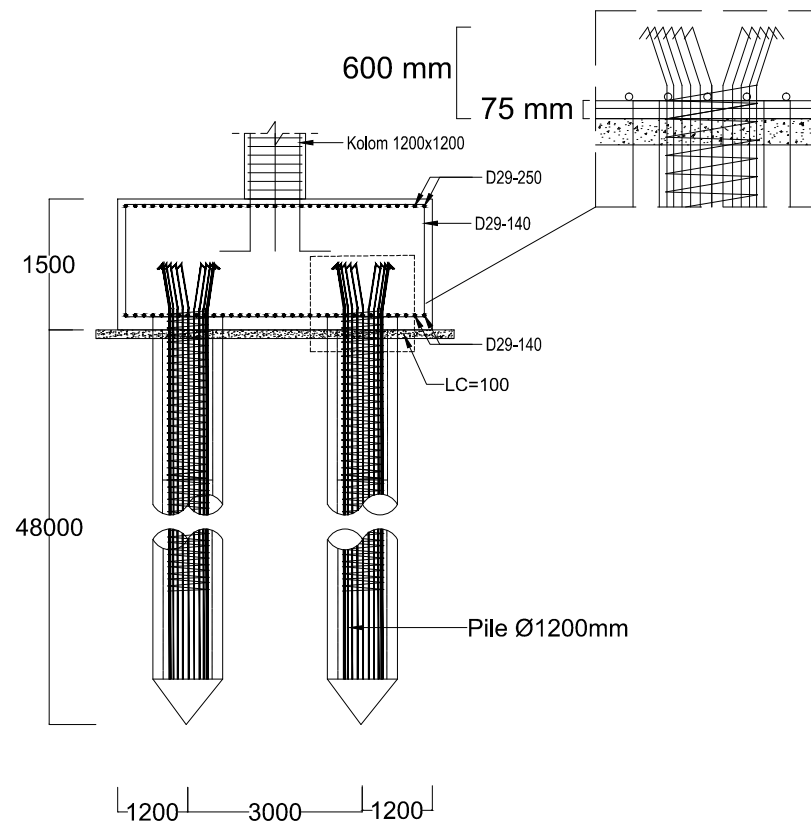
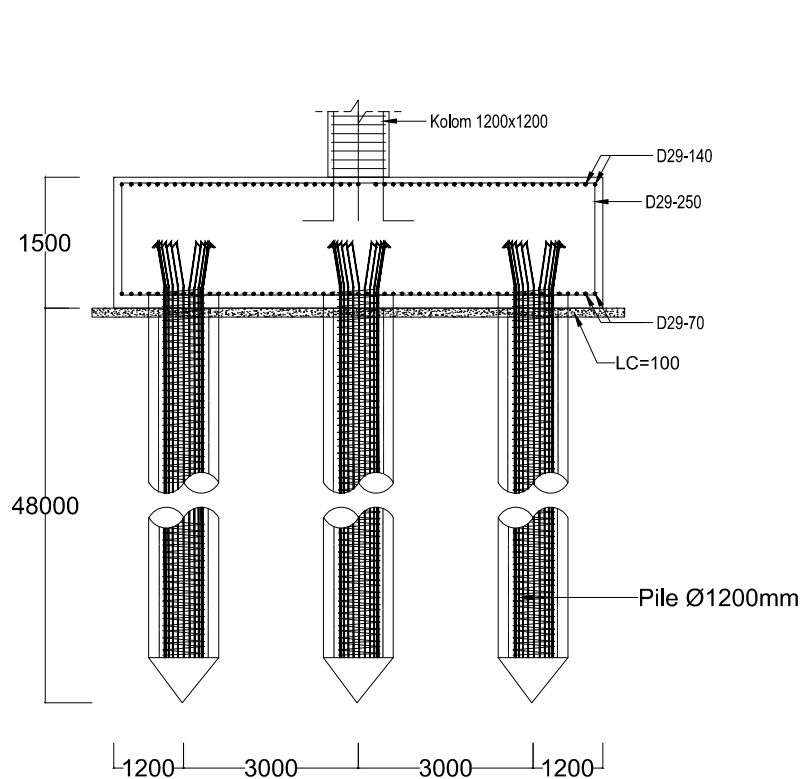
37

DOSEN PEMBIMBING

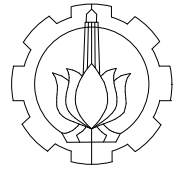
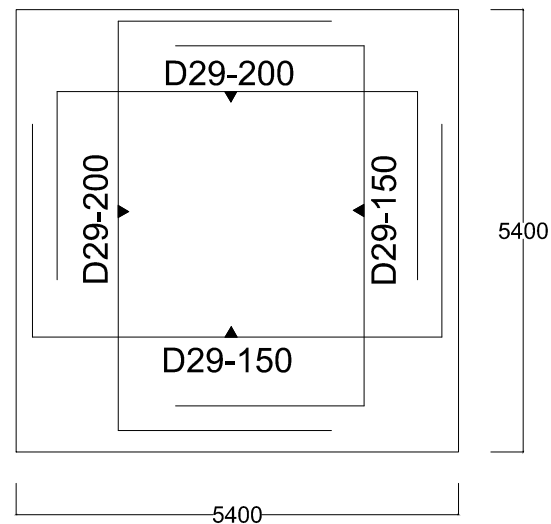
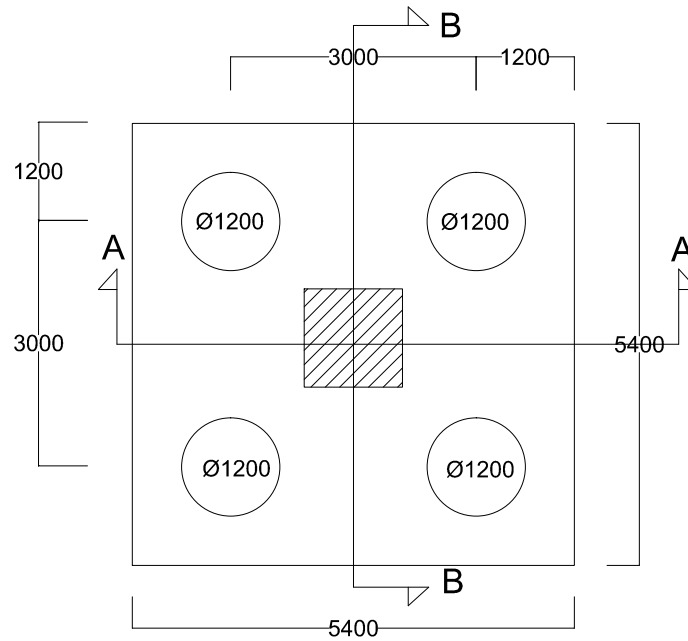
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003



PC.2



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Pile Cap PC.2

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

31

JUMLAH

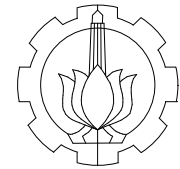
37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB**

NAMA GAMBAR

Potongan PC.2

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

32

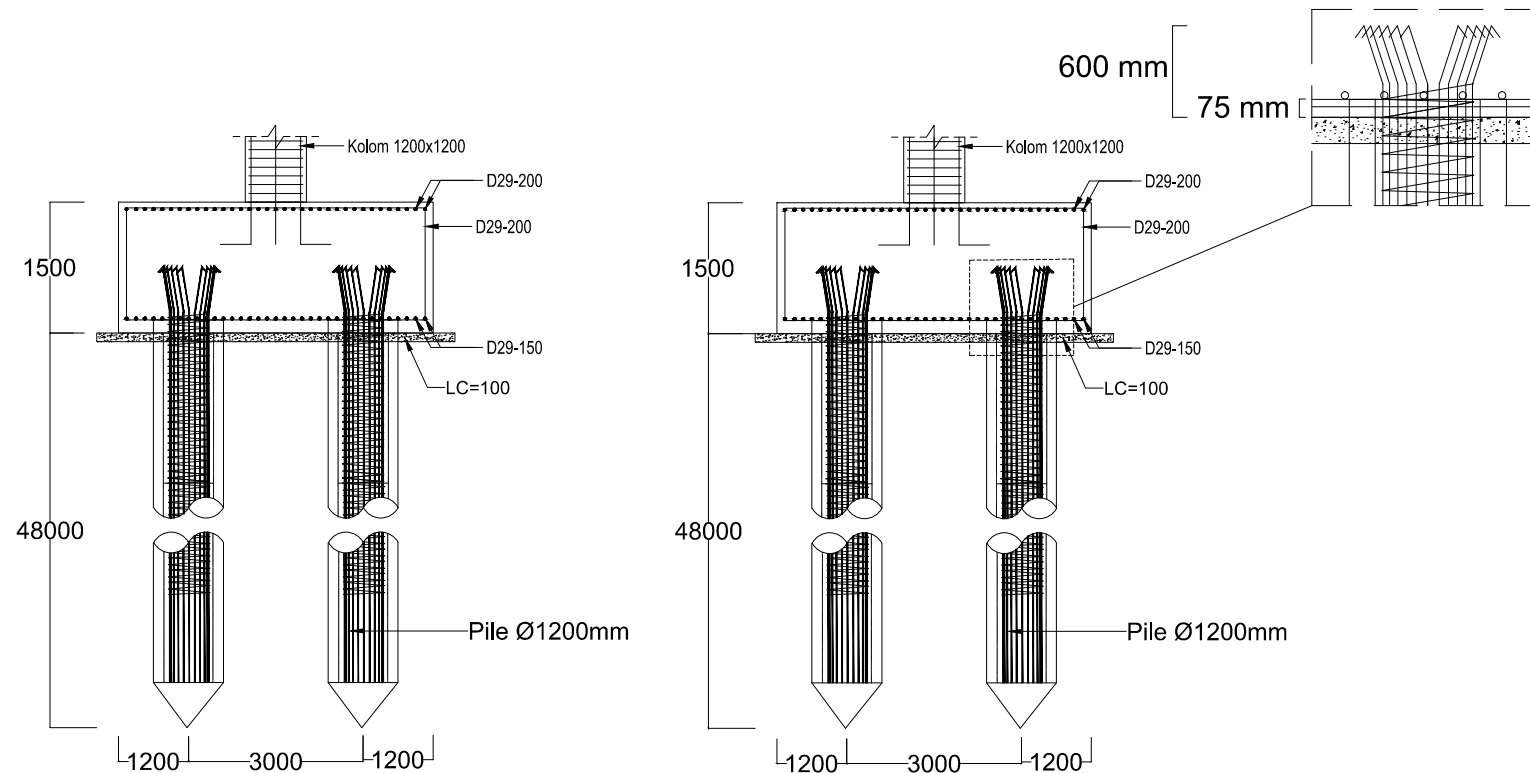
37

DOSEN PEMBIMBING

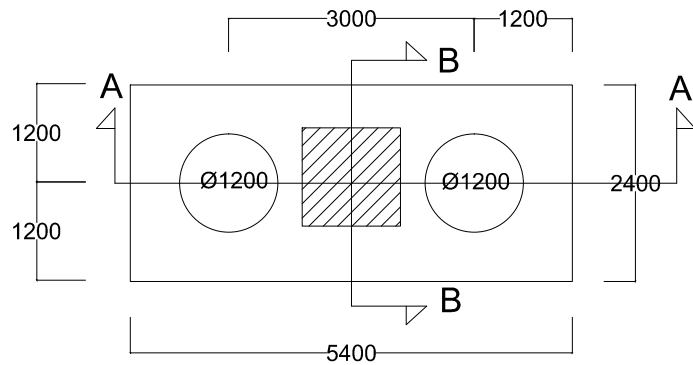
Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

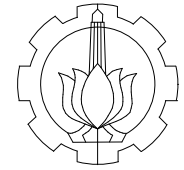
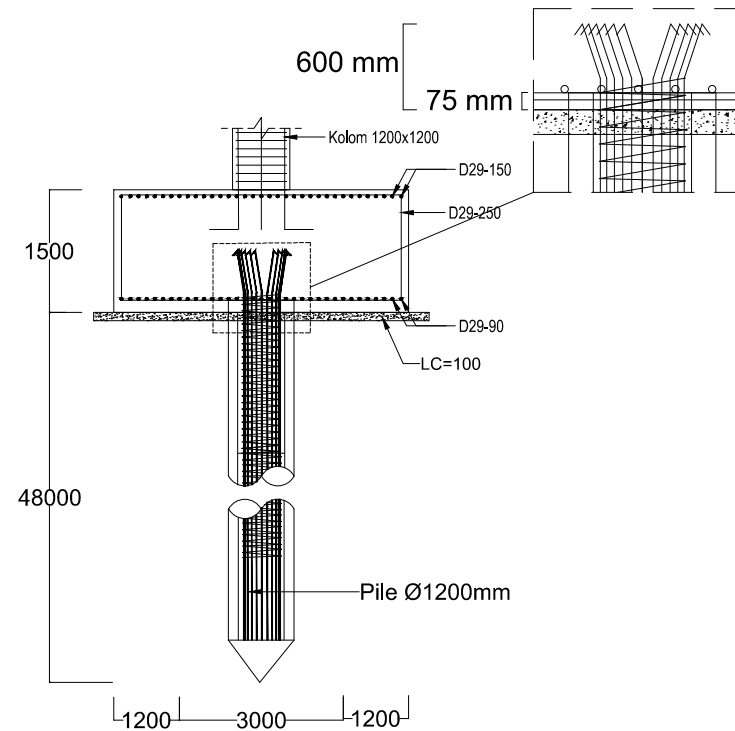
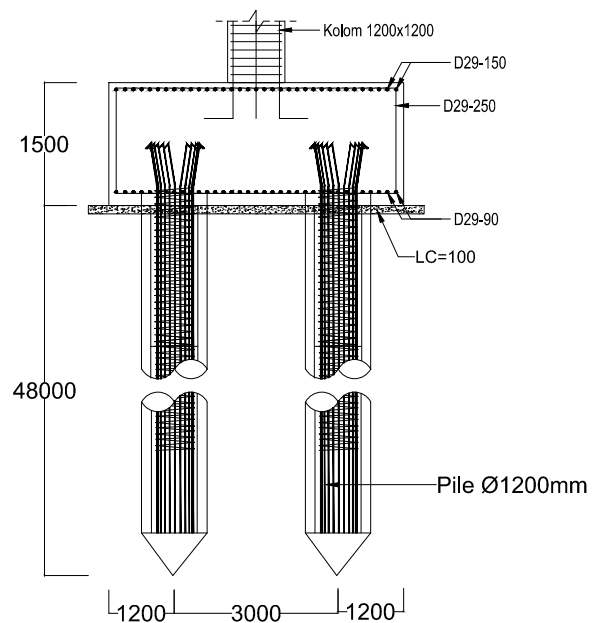
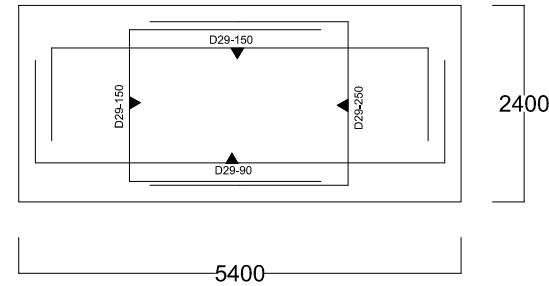
Albertus Denny P.
0311144000003



PC.3



PC.3



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Pile Cap PC.3

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

33

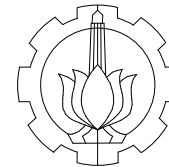
37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003



S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB**

NAMA GAMBAR

Pile Cap PC.4

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

34

37

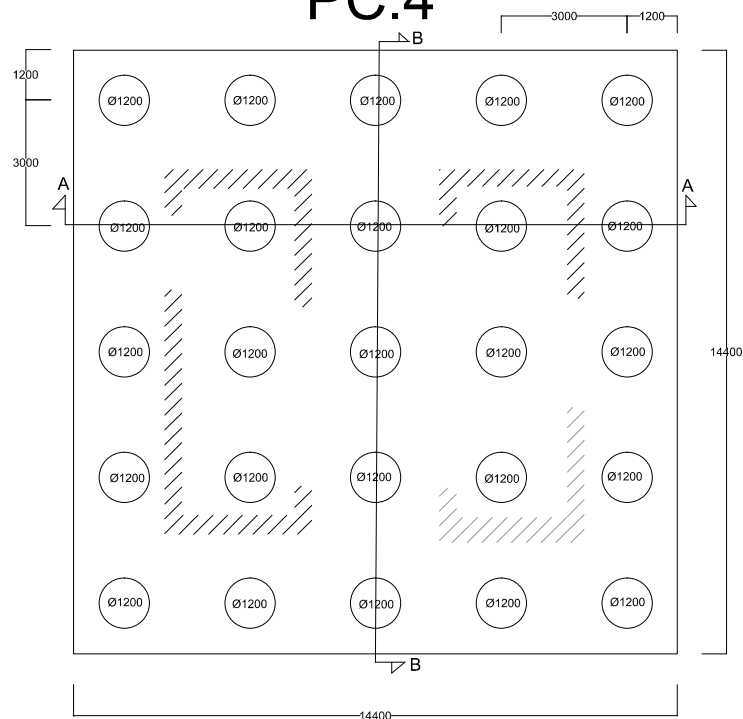
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

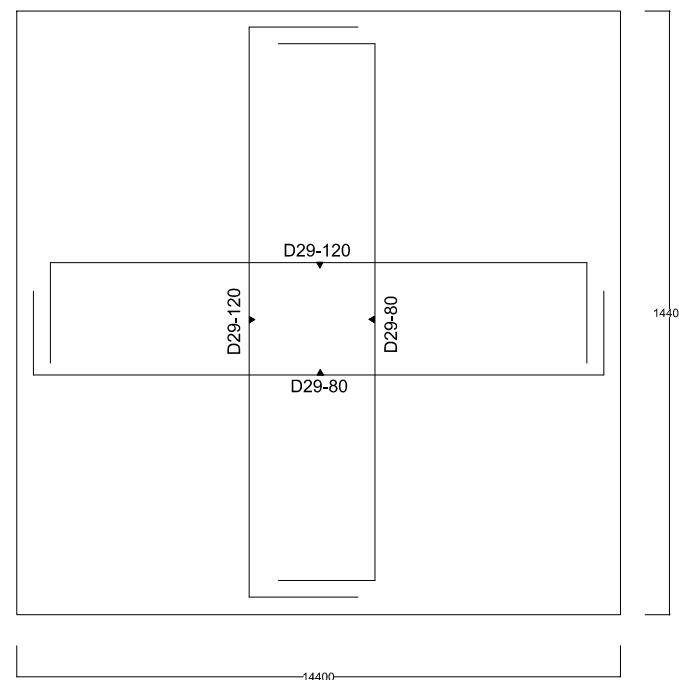
NAMA MAHASISWA

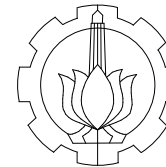
Albertus Denny P.
0311144000003

PC.4



PC.4





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG PERKANTORAN ONE
 GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
 MENGGUNAKAN ELEMEN
 PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
 SLAB**

NAMA GAMBAR

Potongan PC.4

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

35

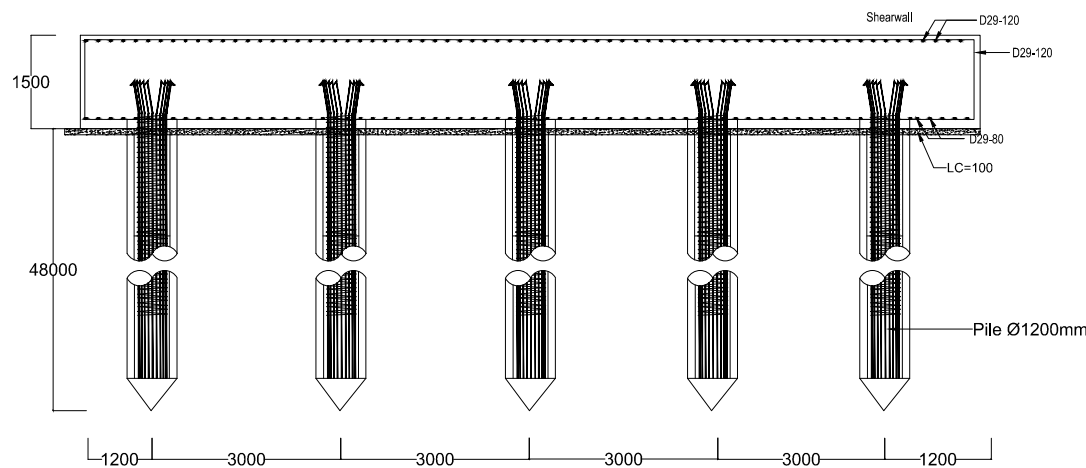
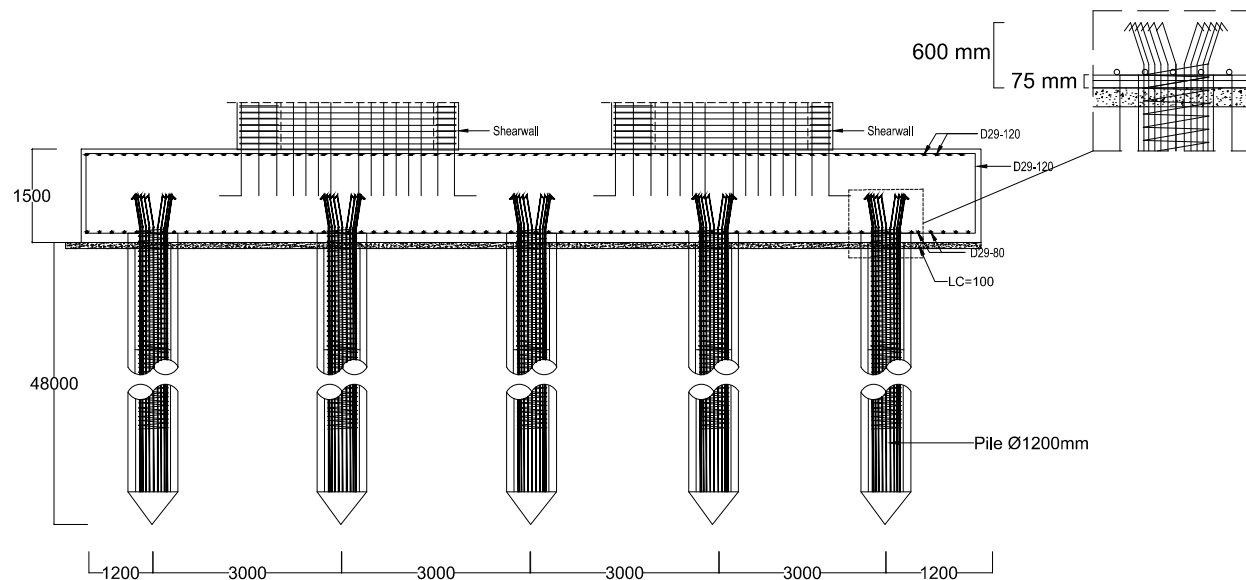
37

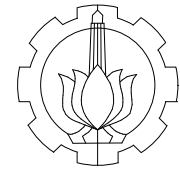
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
 0311144000003





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE*
SLAB

NAMA GAMBAR

Pile Cap PC.5

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

36

37

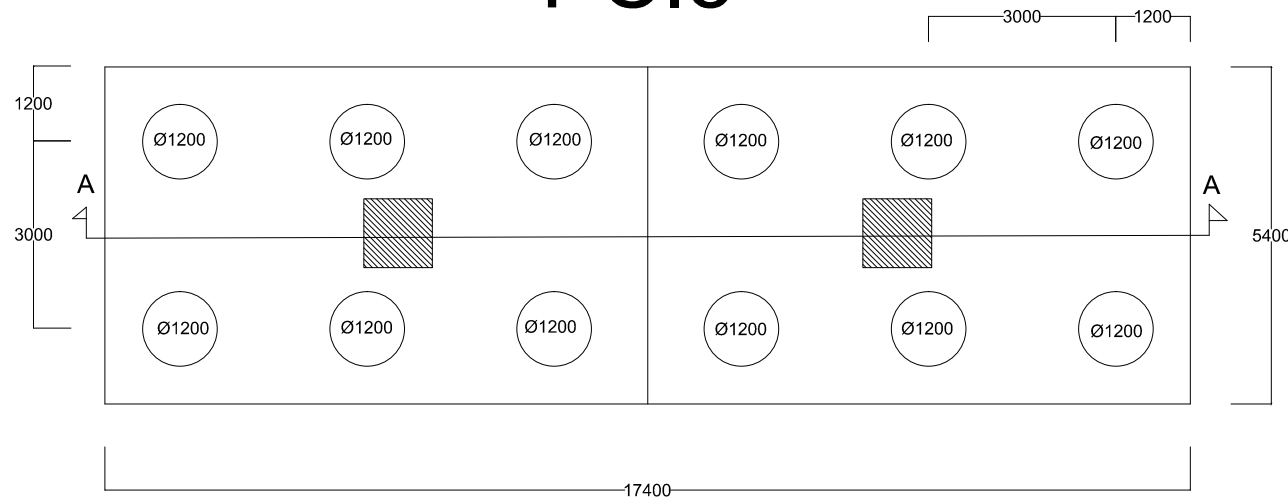
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

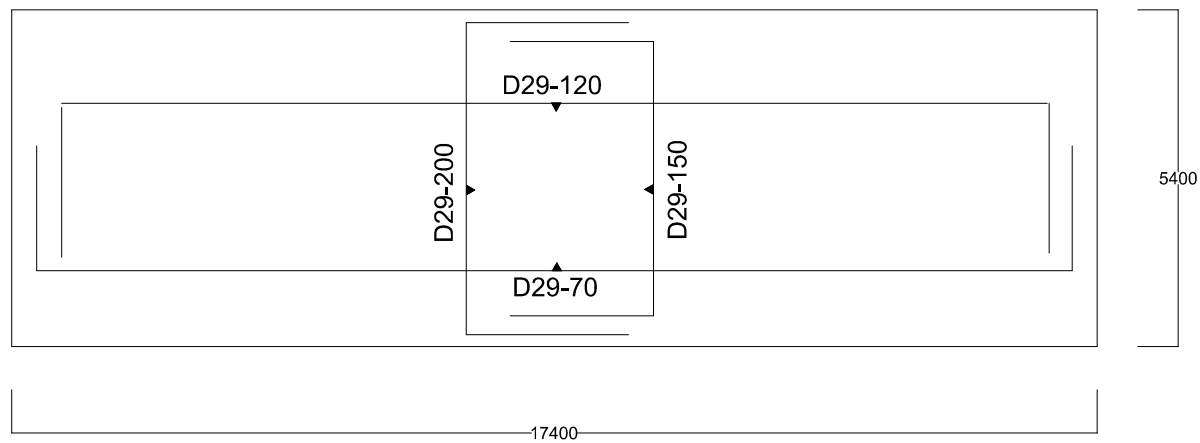
NAMA MAHASISWA

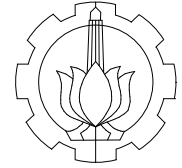
Albertus Denny P.
0311144000003

PC.5



PC.5





S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA, 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG PERKANTORAN ONE
GALAXY DENGAN *DUAL SYSTEM*
MENGGUNAKAN ELEMEN
PRACETAK DAN *HOLLOW CORE
SLAB***

NAMA GAMBAR

Potongan PC.5

SKALA GAMBAR

Not to Scale

NOMOR

JUMLAH

37

37

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I.G.P. Raka

NAMA MAHASISWA

Albertus Denny P.
0311144000003

