



TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG GEDUNG SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK SURABAYA MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM RANGKA GEDUNG

GALIH PRIYONGGO S

NRP. 3112 100054

Dosen Konsultasi :

Budi Suswanto, ST., MT., PhD.

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



TUGAS AKHIR

PERANCANGAN ULANG GEDUNG SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK SURABAYA MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DENGAN SISTEM RANGKA GEDUNG

GALIH PRIYONGGO S

NRP. 3112 100054

Dosen Konsultasi :

Budi Suswanto, ST., MT., PhD.

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERANCANGAN ULANG GEDUNG SKYSUITES
SOHO KEDUNG BARUK SURABAYA
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DENGAN SISTEM RANGKA GEDUNG**

**GALIH PRIYONGGO S
NRP. 3112 100 054**

**Dosen Pembimbing I:
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT-RC14-1501

**REPLANNING SKYSUITES SOHO KEDUNG
BARUK SURABAYA BUILDING WITH PRECAST
CONCRETE METHOD USING FRAME BUILDING
SYSTEM**

**GALIH PRIYONGGO S
NRP 3112 100 054**

**Advisor I:
Budi Suswanto, S.T., M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

**PERANCANGAN ULANG GEDUNG SKYSUITES
SOHO KEDUNG BARUK SURABAYA
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DENGAN SISTEM RANGKA GEDUNG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
GALIH PRIYONGGO S
NRP. 3112 100 054

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Budi Suswanto, S.T., MT., Ph.D. (Pembimbing)



**SURABAYA
JULI, 2017**

**PERANCANGAN ULANG GEDUNG SKYSUITES
SOHO KEDUNG BARUK SURABAYA
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DENGAN SISTEM RANGKA GEDUNG (*PRECAST*)**

Nama : Galih Priyonggo S
NRP : 3112 100 054
Jurusan : S1 Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing I : Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Metode beton pracetak (*precast*) adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*fabrication*) dan selanjutnya dipasang di lokasi proyek (*installation*). Pemakaian metode beton pracetak (*precast*) memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode konvensional. Kelebihan tersebut meliputi waktu pengerjaan yang relatif singkat, proses produksinya tidak tergantung cuaca, tidak memerlukan tempat penyimpanan material yang luas, kontrol kualitas beton lebih terjamin, hemat akan bekisting dan penopang bekisting, serta kemudahan dalam pelaksanaannya sehingga dapat mereduksi durasi proyek dan secara otomatis biaya yang dikeluarkan menjadi lebih kecil.

Struktur gedung Skysuites SOHO Kedung Baruk Surabaya pada kondisi sebenarnya menggunakan metode cor setempat dan memiliki tinggi 25 lantai. Gedung ini telah dirancang dengan tinggi 8 lantai dengan menggunakan metode beton pracetak. Elemen pracetak hanya balok dan pelat, sedangkan pada elemen kolom, dinding geser, tangga, lift, dan pondasi direncanakan menggunakan metode cor ditempat. Gedung ini dirancang menggunakan Sistem rangka gedung yang mampu menahan paling banyak 25 persen gaya gempa yang ditetapkan dan dinding geser beton bertulang khusus yang mampu menahan lebih dari 75 persen gaya gempa yang ditetapkan.

Hasil dari perancangan ulang gedung Skysuites SOHO ini meliputi ukuran balok induk 50/70, ukuran balok anak 30/50, dan ukuran kolom 60x60 cm. Perancangan gedung ini juga menggunakan shear wall yang juga difungsikan sebagai dinding lift. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek.

Kata Kunci : Skysuites SOHO, Sistem rangka gedung, Beton Pracetak, Dinding Geser.

REPLANNING SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK SURABAYA BUILDING WITH PRECAST CONCRETE METHOD USING FRAME BUILDING SYSTEM

Name : Galih Priyonggo S
NRP : 3112 100 054
Department : S1 Teknik Sipil FTSP-ITS
Advisor I : Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Method of precast concrete (precast) is a construction technology of concrete structures with components that are printed in advance at a special place (fabrication) and subsequently installed at the project site (installation). Use of the method of precast concrete (precast) has several advantages over conventional methods. The advantages include processing time is relatively short, the production process does not depend on the weather, it does not require storage of material that is comprehensive, quality control of concrete is guaranteed, savers will formwork and cantilever formwork, as well as ease of implementation so as to reduce the duration of the project and automatically charges issued becomes smaller.

Soho building structure Skysuites Kedung Baruk Surabaya on the actual conditions of using local cast and has a height of 25 floor. This building has been designed with a height of 8 floors using precast concrete. Element precast beams and plates only, whereas the elements of columns, shear walls, stairs, elevators, and the foundation planned to use the method of cast in place. This building was designed using the skeletal system of the building with frame bearers intermediate moments that can withstand the most 25 percent specified seismic forces and special reinforced concrete shear walls capable of holding more than 75 per cent of the specified seismic forces.

The results from the modification of buildings Skysuites Soho Kedung Baruk Surabaya include beam sizes 50/70, 30/50 joist size, and column size 60x60 cm. The connection between the precast elements using a wet and short consoles.

Keywords: Skysuites SOHO, Building Frame System, Precast Concrete, Shear Wall.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam yang selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga kami dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas segala karunia dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik doa dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bpk Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen konsultasi yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD. selaku Dosen Wali penulis.
5. Teman-teman Teknik Sipil yang terus mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas

Akhir ini. Penulis berharap laporan ini nantinya dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Sistem Struktur Gedung	5
2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen	5
2.2.2 Dinding Geser.....	6
2.2.3 Sistem Rangka Gedung	8
2.3 Tinjauan Elemen Pracetak.....	8
2.3.1 Pelat.....	8

2.3.2	Balok.....	10
2.3.3	Kolom.....	11
2.4	Perencanaan Sambungan	12
2.4.1	Sambungan Dengan Cor Setempat	13
2.4.2	Sambungan Las.....	14
2.4.3	Sambungan Baut.....	14
2.5	Titik-Titik Angkat dan Sokongan.....	15
2.5.1	Pengangkatan Pelat Pracetak	15
2.5.2	Pengangkatan Balok Pracetak	17
2.6	Tinjauan Elemen Pracetak	19
2.6.1	Fase-Fase Penanganan Produk Pracetak.....	19
BAB III.....		21
METODOLOGI		21
3.1	Data Perencanaan	22
3.2	Penentuan Kriteria Desain	23
3.3	Preliminary Design	25
3.3.1	Perencanaan Dimensi Kolom	25
3.3.2	Perencanaan Dimensi Balok Induk.....	25
3.4	Perhitungan Struktur Sekunder.....	26
3.4.1	Penentuan Dimensi Pelat	26
3.4.2	Kontrol retak.....	28
3.4.3	Perencanaan Balok Anak.....	28
3.4.4	Perencanaan Tangga	28
3.4.5	Perencanaan Lift.....	29
3.5	Pembebanan.....	29

3.5.1	Beban Statis	30
3.5.2	Beban Gempa	31
3.5.3	Kombinasi Pembebanan	33
3.6	Permodelan dan Analisa Struktur	33
3.7	Perhitungan Struktur Utama	34
3.7.1	Perencanaan Balok Induk	34
3.7.2	Perencanaan Kolom.....	37
3.7.3	Persyaratan “Strong Column Weak Beams”	37
3.7.4	Perencanaan Struktur Dinding Geser	38
3.8	Perencanaan Sambungan.....	39
3.8.1	Perencanaan Sambungan Balok Pracetak Dengan Kolom	40
3.8.2	Perencanaan Sambungan Balok Pracetak Dengan Pelat Pracetak	43
3.8.3	Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	44
3.9	Perencanaan Pondasi	45
3.9.1	Kebutuhan Tiang Pancang.....	46
3.9.2	Perencanaan Terhadap Geser	47
3.10	Penggambaran Hasil Perhitungan.....	47
BAB IV	.....	47
PEMBAHASAN	.....	47
4.1	Preliminary Desain	47
4.1.1	Umum.....	47
4.1.2	Data Perencanaan	47
4.1.3	Pembebanan.....	48

4.1.4	Perencanaan Dimensi Balok	48
4.1.5	Perencanaan Tebal Pelat	55
4.1.6	Perencanaan Dimensi Kolom	56
4.1.7	Perencanaan Tebal Dinding Geser.....	58
4.2	Perencanaan Struktur Sekunder.....	59
4.2.1	Perencanaan Pelat	59
	Penulangan arah y	66
4.2.2	Perencanaan Balok Anak Pracetak	79
4.2.3	Perencanaan Tangga	98
4.2.4	Perencanaan Balok Lift	113
4.3	Pemodelan Struktur	123
4.3.1	Umum	123
4.3.2	Data-Data Perencanaan.....	123
4.3.3	Perhitungan Berat Struktur	124
4.3.4	Kombinasi Pembebanan	125
4.3.5	Analisa Beban Gempa	126
4.3.6	Untuk nilai Fa (koefisien situs untuk periode 0,2 detik) dan Fv (koefisien situs untuk periode 1 detik) yang didapat dari Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.	128
4.3.7	Pembebanan Gempa Dinamis.....	131
4.3.8	Kontrol Desain.....	132
	$V = C_s \times W$ (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1).....	135
4.4	Perencanaan Struktur Utama	142
4.4.1	Umum	142
4.4.2	Perencanaan Balok Induk	142
4.4.3	Perencanaan Kolom	168

4.4.4	Perencanaan Dinding Geser	177
4.5	Perencanaan Sambungan.....	184
4.5.1	Umum.....	184
4.5.2	Konsep Desain Sambungan.....	186
4.5.3	Penggunaan Topping Beton	190
4.5.4	Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom.....	191
4.5.5	Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak	198
4.5.6	Perencanaan Sambungan Pelat dan Balok.....	212
4.6	Perencanaan Pondasi	215
4.6.1	Umum.....	215
4.6.2	Data Tanah	215
4.6.3	Kriteria Design	215
4.6.4	Daya Dukung.....	216
4.6.5	Perhitungan Tiang Pancang.....	219
4.6.6	Perencanaan Poer Satu Kolom	225
4.6.7	Perencanaan Balok Sloof Interior.....	230
a.	Penulangan Lentur Sloof	232
b.	Penulangan Geser Sloof	233
4.7	Metode Pelaksanaan	234
4.7.1	Umum.....	234
4.7.2	Pengangkatan dan Penempatan Crane.....	235
4.7.3	Pekerjaan Elemen Kolom	236
4.7.4	Pemasangan Elemen Balok Induk	237
4.7.5	Pemasangan Elemen Balok Anak.....	238
4.7.6	Pemasangan Elemen Pelat.....	238

4.7.7	Transportasi Elemen Beton Pracetak.....	239
BAB V	.....	241
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	241
5.1	Kesimpulan.....	241
5.2	Saran.....	242
DAFTAR PUSTAKA	.....	245
LAMPIRAN	.....	247

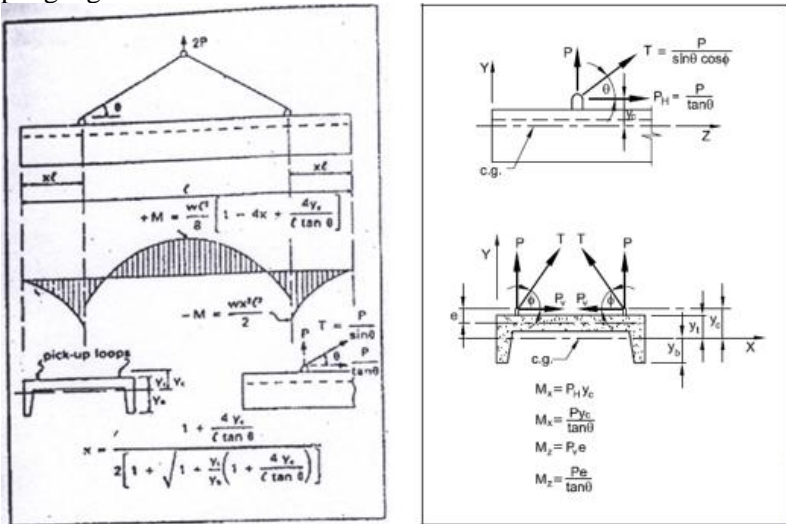
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan metode penyambungan	12
Tabel 2. 2 Angka pengali beban statis ekivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis	19
Tabel 3. 1 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	24
Tabel 3. 2 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	24
Tabel 3. 3 Beban mati pada struktur	30
Tabel 3. 4 Beban hidup pada struktur	31
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk	52
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak	54
Tabel 4.3 Rekapitulasi dimensi kolom	58
Tabel 4. 4 Tulangan Terpasang pada Pelat	78
Tabel 4. 5 Tulangan Terpasang Pada Balok Anak	97
Tabel 4. 6 Spesifikasi C300 Passenger Elevator	114
Tabel 4. 7 Koefisien Situs F_a	128
Tabel 4. 8 Koefisien Situs F_v	128
Tabel 4. 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	130
Tabel 4. 10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	130
Tabel 4. 11 Modal rasio partisipasi massa	133
Tabel 4. 12 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	134
Tabel 4. 13 Koefisien untuk Batas Atas dari Periode yang di hitung	134
Tabel 4. 14 Modal Periode dan Frekuensi Struktur	135
Tabel 4. 15 Reaksi Dasar Struktur	136
Tabel 4. 16 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	137
Tabel 4. 17 Simpangan Antar Lantai Yang Terjadi Akibat Beban	139

Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X	139
Tabel 4. 19 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X	140
Tabel 4. 20 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y	140
Tabel 4. 21 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X	141
Tabel 4. 22 Persentase Gaya Geser yang Mampu Dipikul Sistem Struktur	141
Tabel 4. 23 Nilai Mpr balok induk interior	155
Tabel 4. 24 Penulangan Lapangan Balok Induk	166
Tabel 4. 25 Penulangan Tumpuan Balok Induk.....	167
Tabel 4. 26 Gaya dalam kolom	169
Tabel 4. 27 Penulangan Kolom.....	176
Tabel 4. 28 Output gaya dalam dinding geser (SAP2000)	178
Tabel 4. 29 Daya dukung tiang pancang tunggal.....	220

DAFTAR GAMBAR

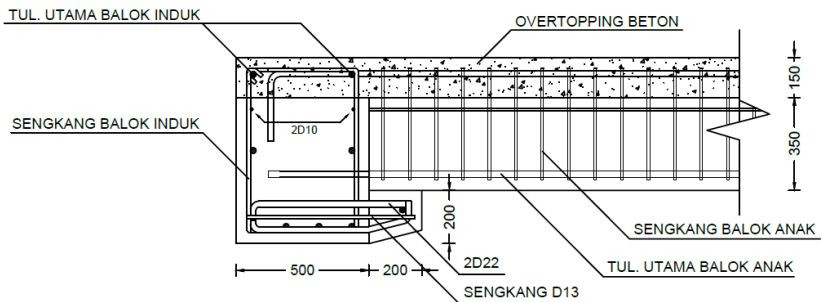
Gambar 2. 1 Pelat pracetak berlubang (<i>Hollow Core Slab</i>).....	9
Gambar 2. 2 Pelat pracetak tanpa lubang (<i>Solid Slab</i>).....	9
Gambar 2. 3 Pelat pracetak <i>Double Tee</i>	10
Gambar 2. 4 Balok berpenampang persegi (<i>Rectangular Beam</i>)	10
Gambar 2. 5 Balok berpenampang L (<i>Ledger Beam</i>)	11
Gambar 2. 6 Balok T terbalik (<i>Inverted Tee Beam</i>).....	11
Gambar 2. 7 Sambungan dengan cor setempat	13
Gambar 2. 8 Sambungan dengan las.....	14
Gambar 2. 9 Sambungan dengan menggunakan baut.....	15
Gambar 2. 10 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	16
Gambar 2. 11 Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)	17
Gambar 2. 12 Pengangkatan balok pracetak	17
Gambar 2. 13 Model pembebanan balok pracetak saat pengangkatan	18



Gambar 2. 14 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok..... 18

Gambar 1. tugas akhir	Gambar 3. 1 Diagram alir metode penyelesaian	22
Gambar 3. 2	Diagram alir perhitungan penulangan komponen lentur.....	27
Gambar 3. 3	Ilustrasi kuat momen yang bertemu di HBK.....	38
Gambar 3. 4	Sambungan balok dengan kolom	41
Gambar 3. 5	Parameter geometri konsol pendek	42
Gambar 3. 6	Hubungan Balok Kolom	43
Gambar 3. 7	Sambungan Antara Balok dengan Pelat	44
Gambar 3. 8	Sambungan balok induk dengan balok anak	45
Gambar 3. 9	Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang	46
Gambar 4. 1	Denah pembalokan Balok Induk	50
Gambar 4. 2	Pelat tipe A (266 cm x800 cm)	63
Gambar 4. 3	Potongan pelat.....	64
Gambar 4. 4	Diagram gaya geser horizontal penampang komposit	71
Gambar 4. 5	Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	74
Gambar 4. 6	Momen pengangkatan pelat arah i	75
Gambar 4. 7	Momen pengangkatan pelat arah j	75
Gambar 4. 8(a)	Dimensi balok anak sebelum komposit, (b) Dimensi balok anak saat pengecoran dan balok anak saat komposit	80
Gambar 4. 9	Distribusi Beban pada Balok Anak 35/50.....	80
Gambar 4. 10	Momen saat pengangkatan balok anak.....	92
Gambar 4. 11	Letak titik pengangkatan.....	93
Gambar 4. 12	Perencanaan tangga tampak atas.....	99
Gambar 4. 13	Potongan tangga.....	100
Gambar 4. 14	Sketsa beban pada tangga.....	101
Gambar 4. 15	Free body diagram gaya-gaya pada tangga	103
Gambar 4. 16	Bidang lintang (D) pada tangga	104
Gambar 4. 17	Bidang normal (N) pada tangga	104
Gambar 4. 18	Bidang momen (M) pada tangga.....	105
Gambar 4. 19	Denah Lift	114
Gambar 4. 20	Permodelan 3D Struktur Utama	124

Gambar 4. 21	Peta untuk menentuka harga S_s	127
Gambar 4. 22	Peta untuk menentukan harga S_1	127
Gambar 4. 23	Grafik Respon Spectrum Daerah Surabaya.....	129
Gambar 4. 24	Detail pembalokan	144
Gambar 4. 25	Pembebanan balok induk sebelum komposit	146
Gambar 4. 26	Denah pembalokan.....	149
Gambar 4. 27	Letak titik pengangkatan.....	163
Gambar 4. 28	Diagram interaksi aksial vs momen kolom.....	169
Gambar 4. 29	Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di HBK....	171
Gambar 4. 30	Denah penempatan shearwall.....	177
Gambar 4. 31	Panjang Tumpuan pada Tumpuan.....	186
Gambar 4. 32	Mekanisme Pemindahan Beban	187
Gambar 4. 33	Model keruntuhan	189
Gambar 4. 34	Model sambungan balok pada konsol kolom.....	189
Gambar 4. 35	Geometrik konsol pendek	191
Gambar 4. 36	Detail batang tulangan dengan kait standar	197
Gambar 4. 37	Panjang Penyaluran Balok Induk.....	198
Gambar 4. 38	Detail batang tulangan dengan kait standar	211



Gambar 4. 39	Panjang Penyaluran Balok Anak.....	212
Gambar 4. 40	Panjang Penyaluran Pelat.....	213
Gambar 4. 41	<i>Prestressed Concrete Spun Pile</i>	216
Gambar 4. 42	Konfigurasi rencana tiang pancang.....	222
Gambar 4. 43	Sloof yang ditinjau	231
Gambar 4. 44	Diagram Interaksi Balok Sloof 50/70	233
Gambar 4. 45	Pemasangan Bekisting untuk Pembuatan Kolom	237

Gambar 4. 46	Pemasangan Balok Induk Pracetak	237
Gambar 4. 47	Pemasangan Balok Anak Pracetak	238
Gambar 4. 48	Pemasangan Tulangan Atas	239

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi konstruksi di Indonesia mendorong adanya inovasi dalam berbagai metode konstruksi pada bidang ketekniksipilan. Inovasi tersebut tidak hanya dalam segi kekuatan dan kestabilan struktur, namun juga harus memperhatikan segi ekonomis, praktis, dan ketepatan waktu. Seperti halnya pemakaian metode beton pracetak (*precast*) dalam perencanaan struktur suatu gedung yang merupakan salah satu alternatif untuk mencapai hal tersebut.

Metode beton pracetak (*precast*) adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*fabrication*) dan selanjutnya dipasang di lokasi proyek (*installation*). Pemakaian metode beton pracetak (*precast*) memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode konvensional. Kelebihan tersebut meliputi waktu pengerjaan yang relatif singkat, proses produksinya tidak tergantung cuaca, tidak memerlukan tempat penyimpanan material yang luas, kontrol kualitas beton lebih terjamin, hemat akan bekisting dan penopang bekisting, serta kemudahan dalam pelaksanaannya sehingga dapat mereduksi durasi proyek dan secara otomatis biaya yang dikeluarkan menjadi lebih kecil.

Pemakaian metode beton pracetak (*precast*) lebih tepat dan efisien apabila diterapkan pada kondisi tertentu, yaitu pada bangunan gedung yang memiliki bentuk yang sama di tiap lantai (tipikal) sehingga lebih mudah dalam pengerjaan dan pelaksanaannya. Selain itu metode beton pracetak (*precast*) juga digunakan pada bangunan yang berada di wilayah zona gempa rendah atau menengah. Hal ini dikarenakan sambungan struktur yang menggunakan beton pracetak (*precast*) belum dapat dijamin benar-benar kaku untuk menahan gaya gempa tinggi.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan Perancangan Ulang gedung Skysuites yang awalnya memakai metode konvensional menjadi metode beton pracetak (*precast*). Gedung Skysuites akan direncanakan menggunakan sistem rangka gedung. Dengan demikian beban lateral kurang dari 25% dipikul oleh rangka dan lebih dari 75% dipikul oleh dinding geser.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan Utama:

Bagaimana merencanakan struktur bangunan dengan beton pracetak yang mampu menahan gaya gravitasi dan gaya lateral yang bekerja?

Detail Permasalahan:

1. Bagaimana merencanakan elemen beton pracetak (balok dan pelat) termasuk dalam hal pengangkatan dan pemasangan elemen beton pracetak?
2. Bagaimana merencanakan elemen beton bertulang konvensional (kolom dan dinding geser)?
3. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen beton pracetak dan beton bertulang konvensional?
4. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan ke dalam gambar rencana struktur?

1.3 Tujuan

Tujuan Utama:

Merencanakan struktur bangunan dengan beton pracetak yang mampu menahan gaya gravitasi dan gaya lateral yang bekerja

Detail Tujuan:

1. Dapat merencanakan elemen beton pracetak (balok dan pelat) termasuk dalam hal pengangkatan dan pemasangan elemen beton pracetak.
2. Dapat merencanakan elemen beton bertulang konvensional (kolom dan dinding geser)

3. Dapat merencanakan sambungan antar elemen beton pracetak dan beton bertulang konvensional.
4. Dapat menuangkan hasil perencanaan ke dalam gambar rencana struktur.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan – batasan masalah yang diberikan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Beton pracetak yang digunakan adalah beton pracetak biasa (non prestress).
2. Komponen struktur yang direncanakan menggunakan beton pracetak hanya pelat dan balok.
3. Perencanaan kolom dan dinding geser menggunakan beton bertulang konvensional.
4. Hanya memperhitungkan segi kekuatan struktur tanpa memperhitungkan aspek-aspek manajemen konstruksi dan arsitektural.
5. Perencanaan tidak termasuk sistem utilitas, kelistrikan dan sanitasi.
6. Gedung Skysuites SOHO Kedung Baruk Surabaya direncanakan akan dibangun dengan tinggi 8 lantai.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung menggunakan beton pracetak adalah:

1. Manfaat untuk masyarakat/pembaca:
Pembaca dapat mengetahui alternatif lain tata cara perencanaan gedung menggunakan beton pracetak yang mempunyai banyak kelebihan dibandingkan menggunakan beton konvensional.
2. Manfaat untuk penulis:
Penulis dapat lebih memahami tentang tata cara perencanaan struktur bangunan gedung menggunakan metode beton pracetak.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Sistem fabrikasi dalam pembuatan struktur beton bertulang dikenal dengan sistem pracetak. Definisi beton pracetak menurut SNI 2847:2013 adalah elemen struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Pada dasarnya beton pracetak tidaklah berbeda dengan beton biasa. Yang membedakan hanyalah pada metode fabrikasinya.

Sebagian besar dari elemen struktur pracetak diproduksi di tempat tertentu (fabrikasi) dilanjutkan dengan proses pengangkatan beton pracetak ke lokasi (transportasi). Komponen-komponen tersebut dipasang sesuai keberadaannya sebagai komponen struktur dari sistem struktur beton (ereksi).

2.2 Sistem Struktur Gedung

Ada beberapa sistem struktur yang biasa digunakan sebagai penahan gaya gempa pada gedung akan tetapi pada sub bab ini hanya dijelaskan yang berkaitan dengan topik penulis ambil antara lain:

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah sistem struktur yang memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur.

2.2.1.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Membangun di wilayah resiko gempa tinggi, yang masuk wilayah gempa 5 dan 6, dan untuk memikul gaya-gaya akibat gempa harus menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) atau sistem dinding struktur khusus (SDSK) atau sistem dual khusus. (Purwono, 2005)

Menurut SNI 1726:2012 pasal 3.53, tentang perencanaan bangunan terhadap gempa menyebutkan bahwa SRPMK merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur.

Persyaratan-persyaratan fundamental untuk SRPMK yang daktail adalah:

1. Sedapatnya menjaga keteraturan struktur
2. Cukup kuat menahan gempa normative yang ditentukan berdasarkan kemampuan disipasi energi.
3. Cukup kaku untuk membatasi penyimpangan.
4. Hubungan balok kolom cukup kuat menahan rotasi yang terjadi
5. Komponen-komponen balok dan kolom mampu membentuk sendi plastis tanpa mengurangi kekuatannya yang berarti
6. Balok-balok mendahului terbentuknya sendi-sendi plastis yang tersebar diseluruh sistem struktur sebelum terjadi di kolom-kolom
7. Tidak ada kolom yang lebih lemah yang akan menyebabkan sendi-sendi plastis di ujung atas dan bawah pada kolom-kolom lain ditingkat itu yang menjurus pada keruntuhan seluruh struktur.

Konsep "*strong column weak beam*" dalam sistem rangka pemikul momen khusus mengandung arti bahwa konstruksi kolom yang ada harus lebih kaku dari pada balok, sehingga kerusakan struktur ketika terjadi beban lateral/gempa, terlebih dahulu terjadi pada balok, lalu kerusakan struktur terjadi pada kolom. Dengan kata lain, balok-balok mendahului pembentukan sendi-sendi plastis yang tersebar di seluruh sistem struktur sebelum terjadi di kolom-kolom.

2.2.2 Dinding Geser

Dinding geser adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser.

gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Berdasarkan letak dan fungsinya, shear wall / dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu:

1. Bearing walls adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.
2. Frame walls adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom.
3. Core walls adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung, yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak di kawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan ekonomis.

Fungsi shear wall / dinding geser ada 2, yaitu kekuatan dan kekakuan, artinya:

1. Kekuatan

- Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal.
- Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding, lembaran atau footings.

2. Kekakuan

- Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah
- atap atau lantai di atas dari sisi - goyangan yang berlebihan.
- Ketika dinding geser cukup kaku, mereka akan mencegah mbingkai
- lantai dan atap anggota dari bergerak dari mendukung mereka.

- Juga, bangunan yang cukup kaku biasanya akan menderita kerusakan kurang nonstruktural

2.2.3 Sistem Rangka Gedung

Sistem rangka gedung adalah sistem struktur yang terdiri dari rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi. Pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka. Rangka pemikul harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sebanyak-banyaknya 25% dari seluruh beban lateral. Kedua sistem ini harus direncanakan untuk memikul seluruh beban lateral dengan memperhatikan siteraksi sistem struktur.

2.3 Tinjauan Elemen Pracetak

Seerti yang telah dibahas pada sub-bab sebelumnya, pembuatan beton pracetak dilakukan di lokasi proyek ataupun di luar lokasi proyek seperti pabrik. Untuk itu, agar elemen pracetak yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan dalam proses fabrikasi, hendaknya perencana mengetahui macam-macam elemen struktur beton pracetak yang umum digunakan dan diproduksi saat ini.

2.3.1 Pelat

Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut (Kalingga, 2015). Pada waktu pengangkutan pelat beton pracetak atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi pada saat pelat sudah komposit.

Dalam *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada tiga macam pelat pracetak (*precast slab*) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

1) Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat ini merupakan 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 4 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 16 inchi.

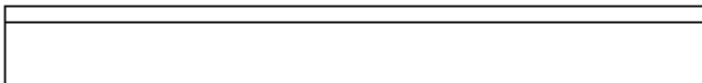


Gambar 2. 1 Pelat pracetak berlubang (*Hollow Core Slab*)

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2) Pelat Pracetak tanpa Lubang (*Solid Slabs*)

Adalah pelat pracetak dimana tebal pelat lebih tipis dibandingkan dengan 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 lebar rata-rata 4 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 8 inchi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 10 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang.

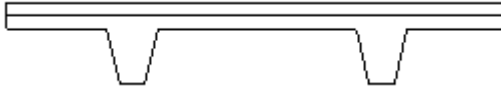


Gambar 2. 2 Pelat pracetak tanpa lubang (*Solid Slab*)

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete)

3) Pelat Pracetak *Double 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 Tee*

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2.3.2 Balok

Untuk balok pracetak (*Precast Beam*), ada tiga jenis balok yang sering atau umum digunakan, yaitu:

1) Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)

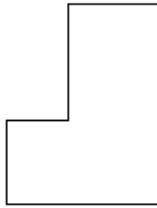
Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



Gambar 2. 4 Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)

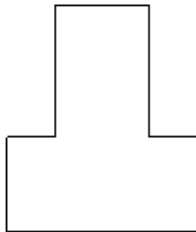
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2) Balok berpenampang L (*Ledger Beam*)



Gambar 2. 5 Balok berpenampang L (*Ledger Beam*)
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and
Prestressed Concrete)

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



Gambar 2. 6 Balok T terbalik (*Inverted Tee Beam*)
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and
Prestressed Concrete)

2.3.3 Kolom

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

Dalam perencanaan tugas akhir ini tidak mengaplikasikan kolom pracetak namun menggunakan kolom cor di tempat (metode konvensional) yang menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang memiliki tulangan pokok memanjang (tulangan longitudinal), yang pada

jarak tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral (tulangan transversal). Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

2.4 Perencanaan Sambungan

Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Oleh karena itu, perencanaan sambungan harus diperhatikan dengan seksama sehingga tidak menyulitkan pada saat pelaksanaan.

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat 3 (tiga) macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut antara lain, sambungan dengan cor di tempat (*in situ concrete joint*), sambungan dengan menggunakan las dan sambungan dengan menggunakan baut. Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri yang disajikan dalam tabel 2.1 berikut ini:

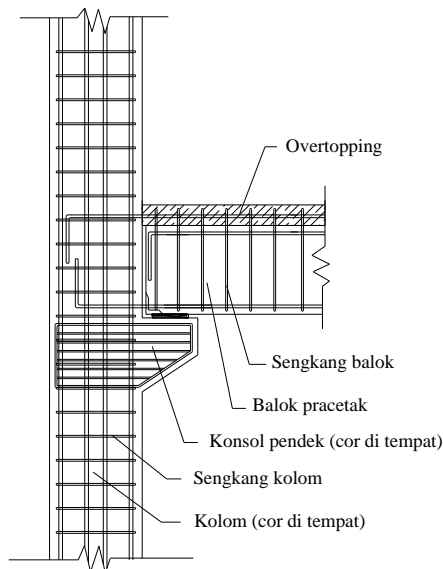
Tabel 2. 1 Perbedaan metode penyambungan

Deskripsi	Sambungan dengan cor setempat	Sambungan dengan las/baut
Kebutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Jenis sambungan	Basah	Kering
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Tergolong rendah, karena dibutuhkan akurasi yang tinggi
Kebutuhan waktu agar berfungsi secara efektif	Perlu setting time	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter

(Sumber: Ervianto, 2006)

2.4.1 Sambungan Dengan Cor Setempat

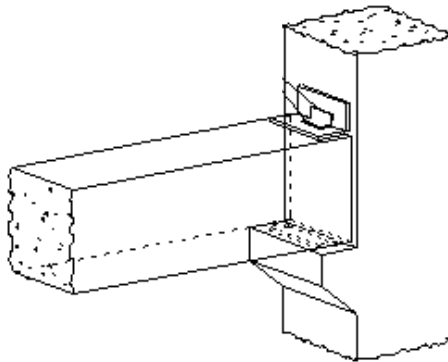
Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung/penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibanding menggunakan sambungan jenis lain. Dalam perancangan ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat.



Gambar 2. 7 Sambungan dengan cor setempat
(Sumber: Kalingga, 2015)

2.4.2 Sambungan Las

Alat sambung jenis ini menggunakan plat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti gambar 2.8. Melalui pelat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.



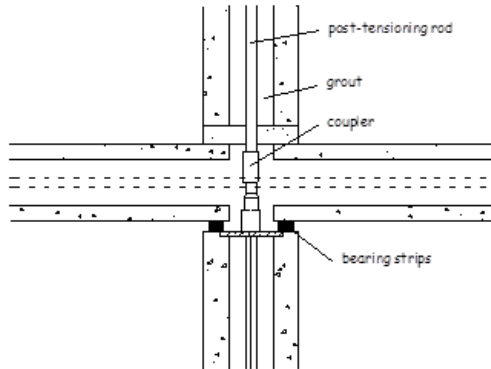
Gambar 2. 8 Sambungan dengan las
(Sumber: Kalingga, 2015)

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh corbels atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja yang tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom.

2.4.3 Sambungan Baut

Penyambungan cara ini diperlukan pelat baja dikedua elemen betok pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung

berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Selanjutnya pelat sambung tersebut dicor dengan adukan beton, guna melindungi dari korosi.



Gambar 2. 9 Sambungan dengan menggunakan baut
(Sumber: Kalingga, 2015)

2.5 Titik-Titik Angkat dan Sokongan

2.5.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat 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. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:

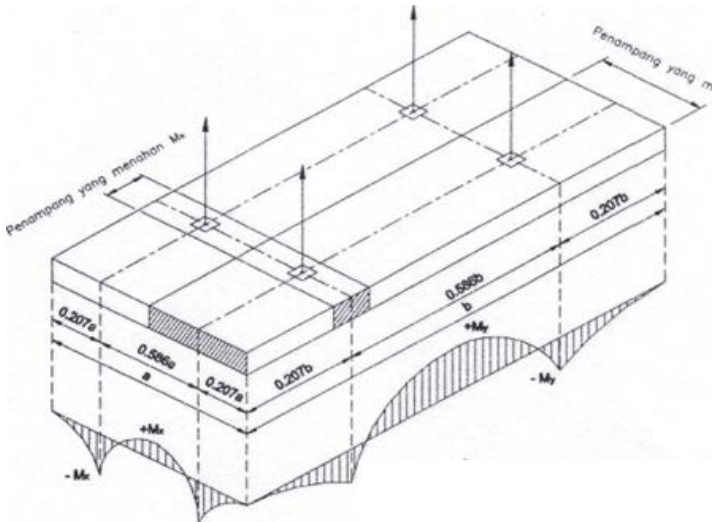
a. Empat Titik Angkat

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 dari $15t$ atau $b/2$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2. 10 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete)

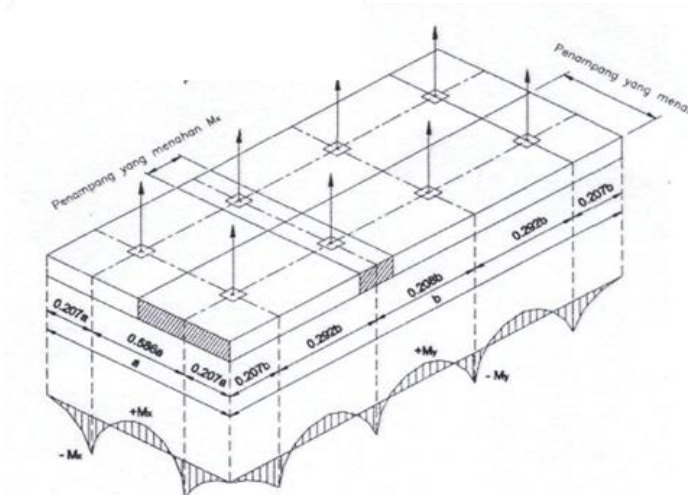
b. Delapan Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan):

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

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

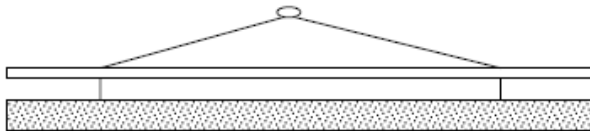
- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dari $15t$ atau $b/4$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



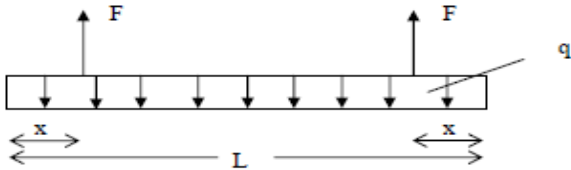
Gambar 2. 11 Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and
Prestressed Concrete)

2.5.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak 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.

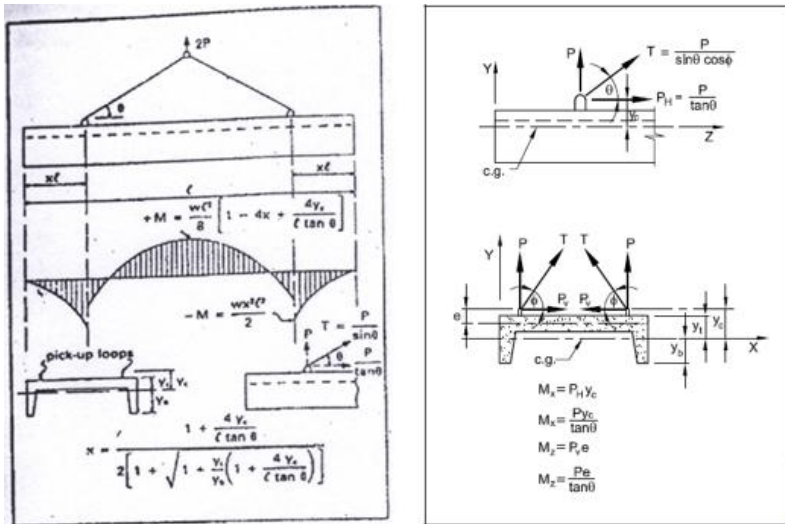


Gambar 2. 12 Pengangkatan balok pracetak
(Sumber: Kalingga, 2015)



Gambar 2. 13 Model pembebanan balok pracetak saat pengangkatan
(Sumber: Kalingga, 2015)

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada Gambar 2.14 sebagai berikut:



Gambar 2. 14 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok

(Sumber: PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition, gambar 5.3.2.2)

Pada waktu proses pengangkatan balok pracetak diperlukan perhitungan gaya pengangkatan yang terjadi akibat berat sendiri balok. Kemudian gaya yang terjadi tersebut dikalikan dengan angka pengali beban statis ekuivalen yang terdapat pada Tabel 2.2 guna menghindari kerusakan pada balok pada waktu proses pengangkatan tersebut.

Tabel 2. 2 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

(PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete Fourth Edition, 1992, table 5.2.1.)

2.6 Tinjauan Elemen Pracetak

2.6.1 Fase-Fase Penanganan Produk Pracetak

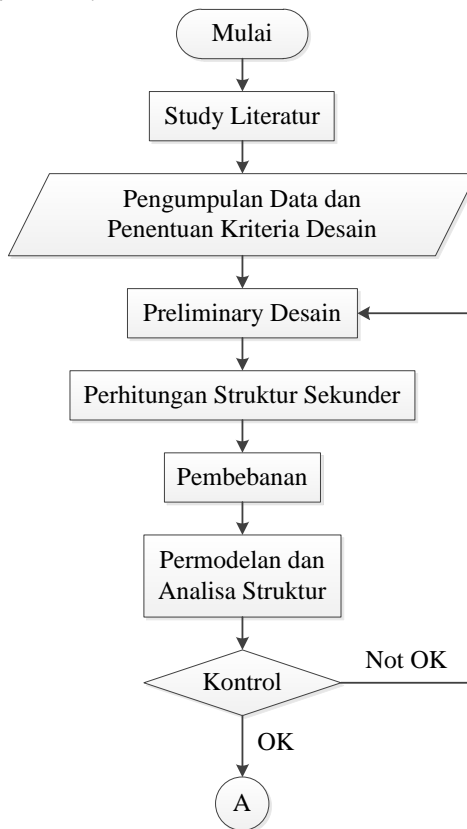
Sebelum digunakan produk pracetak mengalami fase-fase perlakuan yang meliputi:

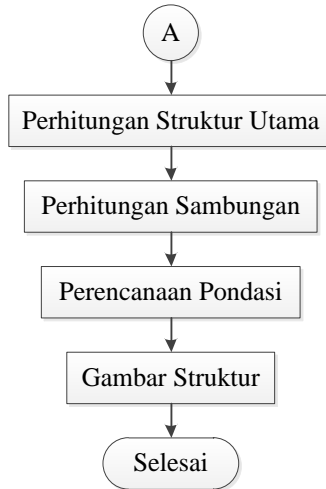
1. Pengangkatan dari bekisting modul (*stripping*)
 - a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membetuk sudut
 - b. Lekatan permukaan beton dengan bekisting dan kejut, lihat tabel
 - c. Jumlah dan lokasi peralatan angkat
 - d. Berat produk pracetak dan beban-beban tambahan, seperti bekisting yang
 - e. terbawa saat produk diangkat

2. Penempatan ke lokasi penyimpanan (*yard handling and storage*)
 - a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membetuk sudut
 - b. Lokasi titik-titik angkat sementara
 - c. Lokasi sokongan sehubungan dengan produk-produk lain yang juga disimpan
 - d. Perlindungan dari sinar matahari langsung
 3. Transportasi ke lokasi (*transportation to the job site*)
 - a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membetuk sudut
 - b. Lokasi sokongan vertikal maupun horisontal
 - c. Kondisi kendaraan pengangkut, jalan, dan batas-batas berat muatan dari jalan yang akan dilalui
 - d. Pertimbangan dinamis saat transportasi
 4. Pemasangan (*erection*)
 - a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membetuk sudut
 - b. Lokasi dan jumlah titik-titik angkat
 - c. Lokasi dan jumlah titik-titik sokongan
- Beban sementara, seperti pekerja, peralatan selama pekerjaan, dan berat beton overtopping.

BAB III METODOLOGI

Metodologi ini akan menguraikan dan menjelaskan cara dan urutan pelaksanaan penyelesaian tugas akhir. Mulai dari study literatur, pengumpulan data dan penentuan kriteria desain, preliminary design, permodelan struktur dan pembebanan, analisa dan perhitungan elemen struktur, perencanaan sambungan, lalu output berupa gambar teknik sampai dengan kesimpulan akhir dari tugas akhir ini.





Gambar 1. **Gambar 3. 1** Diagram alir metode penyelesaian tugas akhir
Langkah-langkah metode penyelesaian pada diagram alir

Berdasarkan diagram alir yang terdapat pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan secara lebih detail sebagai berikut:

3.1 Data Perencanaan

Data-data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum bangunan, data bahan dan data tanah.

1. Data Umum Bangunan:

- Nama gedung : Skysuites SOHO
- Lokasi : Jl. Kedung Baruk Surabaya
- Tipe bangunan : Hunian dan Perkantoran
- Jumlah lantai : 25 lantai
- Tinggi bangunan : + 76 meter
- Struktur bangunan : Beton bertulang konvensional

2. Data Gambar:

- Data Struktur : (Terlampir)
- Data arsitektur : (Terlampir)

Bangunan gedung tersebut akan dirancang menggunakan metode beton pracetak dan data bangunan yang direncanakan sebagai berikut:

1. Data Umum Bangunan:

- Nama gedung : Skysuites SOHO
- Lokasi : Surabaya
- Tipe bangunan : Hunian
- Jumlah lantai : 8 lantai
- Tinggi bangunan : ± 24 meter
- Struktur bangunan : Beton pracetak (non prategang)

2. Data Material:

- Mutu beton ($f'c$) : 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- Data tanah : (Terlampir)

3. Data Gambar:

- Data Struktur : (Terlampir)
- Data arsitektur : (Terlampir)

3.2 Penentuan Kriteria Desain

Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respon spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori resiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Bangunan ini direncanakan akan dibangun di Surabaya dengan kelas situs SE (tanah lunak). Berdasarkan aplikasi respon

spektral dari puskim.pu.go.id mempunyai parameter kecepatan respon spektral pada perioda pendek, $S_{DS} = 0,6$ dan parameter percepatan respon spektral pada perioda 1 detik, $S_{DI} = 0,5$. Berdasarkan tabel 3.1 dan tabel 3.2 maka didapat Surabaya mempunyai kategori desain seismik D.

Tabel 3. 1 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3. 2 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{DI}	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Sistem yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan bahwa kriteria desain yang tepat sesuai dengan kategori desain seismik yang ada adalah sebagai sistem rangka gedung dengan rangka pemikul momen menengah yang mampu menahan paling besar 25 persen gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser beton bertulang khusus yang mampu menahan minimal 75 persen gaya gempa yang ditetapkan.

3.3 Preliminary Design

Pada preliminary design ini akan menentukan dimensi elemen struktur gedung untuk digunakan dalam tahap perancangan selanjutnya.

3.3.1 Perencanaan Dimensi Kolom

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 $\phi = 0,65$.

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

Dimana, W = Beban aksial yang diterima kolom
 f_c' = Kuat tekan beton karakteristik
 A = Luas penampang kolom

3.3.2 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Tabel minimum balok non-prategang apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa.

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \quad \text{digunakan apabila } f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad \text{digunakan untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ Mpa}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003w_c) \quad \text{digunakan untuk nilai } w_c \text{ 1440}$$

sampai 1840 kg/m³

Dimana:

b = Lebar balok

h = Tinggi balok

L = Panjang balok

3.4 Perhitungan Struktur Sekunder

3.4.1 Penentuan Dimensi Pelat

Dalam menentukan dimensi pelat langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat satu arah (*One-way slab*) atau pelat dua arah (*two-way slab*).
2. Tebal minimum pelat satu arah (*One-way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)). Sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi:
 - a) Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2
 1. Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
 2. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
 - b) Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (3-2)$$

(SNI 2847:2013, persamaan 9-12)

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- c) Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3-3)$$

(SNI 2847:2013, persamaan 9-13)

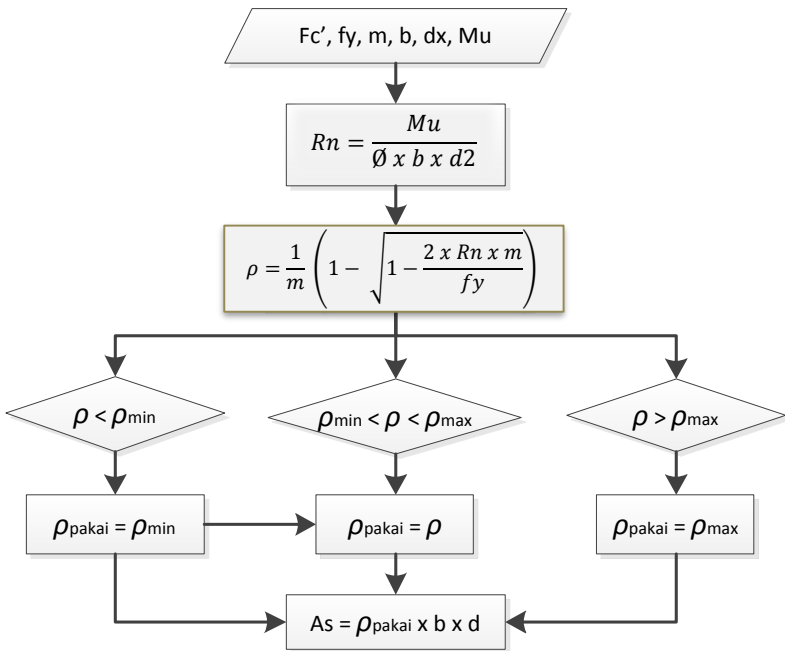
dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

dimana:

β = rasio dimensi panjang terhadap pendek

α_m = nilai rata - rata dari α_f untuk semua balok pada tepi dari suatu panel

3.4.1.1 Perhitungan Tulangan Lentur Pelat



Gambar 3. 2 Diagram alir perhitungan penulangan komponen lentur

3.4.1.2 Pehitungan Tulangan Susut

Kebutuhan tulangan susut di atur dalam SNI 2847:2013
Pasal 7.12.2.1

3.4.2 Kontrol retak

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

$$\phi M_n \geq M_{cr} \quad (3-4)$$

dimana M_{cr} harus diperoleh menggunakan modulus hancur, f_r , yang diberikan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad (3-5)$$

dan

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f_c'} \quad (3-6)$$

dimana:

M_{cr} = momen retak

f_r = modulus hancur beton

I_g = momen inersia penampang beton bruto

y_t = jarak dari sumbu pusat penampang bruto ke muka Tarik

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

3.4.3 Perencanaan Balok Anak

Untuk penentuan dimensi balok anak perhitungan sama dengan perhitungan balok induk. Beban pelat yang diteruskan ke balok anak dihitung sebagai beban trapesium, segitiga dan dua segitiga. Beban ekivalen ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi di balok anak untuk menentukan tulangan lentur dan geser (perhitungan tulangan longitudinal sama dengan pelat).

3.4.4 Perencanaan Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi injakan.

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \quad (3-7)$$

Dimana :

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

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

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

3.4.5 Perencanaan Lift

Lift merupakan alat transportasi manusia dalam gedung dan satu tingkat ke tingkat lain. Perencanaan lift disesuaikan dengan pemikiran jumlah lantai dan perkiraan jumlah pengguna lift. Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift.

Ruang landasan diberi kelonggaran (lift pit) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus. Perencanaan ini mencakup perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

3.5 Pembebanan

Dalam melakukan analisa desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Perilaku suatu struktur sangat dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja padanya. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1726:2012, SNI 2847:2013, SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983.

3.5.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis yang terjadi adalah sebagai berikut.

a. Beban Mati

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas maka nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak berwenang (SNI 1727:2013 pasal 3.1.2)

Dalam hal ini data yang digunakan untuk menentukan beban mati berat bahan dan konstruksi adalah berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG) yang tertera pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Beban mati pada struktur

Beban Mati	Besar Beban
Batu Alam	2600 kg/m ²
Beton Bertulang	2400 kg/m ²
Dinding batako 10 cm	120 kg/m ²
Kaca Setebal 12 mm	30 kg/m ²
Langit-langit + Penggantung	18 kg/m ²
Lantai Ubin Semen Portland	24 kg/m ²
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²

(sumber: PPIUG 1983)

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi kadang – kadang dapat berarah horizontal. Beban hidup

diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dan banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban – beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan berdasarkan pada SNI 1727:2013 tabel 4-1 yang disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Beban hidup pada struktur

Beban Hidup	Besar Beban
Koridor	479 kg/m ²
Semua Ruang kecuali tangga	192 kg/m ²
Tangga dan Bordes	479 kg/m ²
Atap datar	96 kg/m ²

(sumber: PPIUG 1983)

3.5.2 Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012). Pembebanan gravitasi struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen hanya diterima oleh frame. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan Beban Gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, dimana pengaruh pada struktur dibebankan langsung kepusat massa bangunan (*center of mass*). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada.

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 meliputi:

- Penentuan respon spektrum

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI 1726:2012

- Respon seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-8)$$

(Persamaan 7.8-2 SNI 1726:2012)

Dimana:

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

R = faktor modifikasi respons dalam tabel 7.2-1 (SNI 1726:2012)

I_e = faktor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai dengan Tabel 6.4

nilai C_s max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (3-9)$$

- Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_s \times W \quad (3-10)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-11)$$

dimana:

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

3.5.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1

$$U = 1,4 D$$

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

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

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

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

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

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

Keterangan :

U = beban ultimate

D = beban mati

W = beban angin

E = beban gempa

R = beban air hujan

L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

3.6 Permodelan dan Analisa Struktur

Permodelan dan analisa struktur dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur akibat pembebanan, baik beban gravitasi maupun beban lateral. Output dari permodelan ini antara lain untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Perilaku struktur secara keseluruhan antara lain: partisipasi massa harus memenuhi, simpangan per lantai harus memenuhi, serta gaya geser gempa harus mendekati total reaksi horizontal di perletakan. Sedangkan perilaku komponen struktur meliputi komponen kolom dan balok yang ditinjau dari gaya dalam yang didapat dari permodelan struktur. Gaya dalam pada kolom yang perlu diperhatikan antara lain

aksial, momen arah x dan y, torsi, geser. Gaya dalam pada balok antara lain momen, geser dan torsi.

Permodelan dan analisa struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP2000 dengan langkah-langkah permodelan sebagai berikut: Menggambar permodelan struktur, mendesain material dan penampang, memasukkan beban gravitasi dan beban lateral, perletakan diasumsikan sebagai jepit-jepit, kemudian dilakukan running, setelah itu dilakukan pengecekan apakah struktur tersebut sesuai dengan persyaratan atau tidak.

3.7 Perhitungan Struktur Utama

Perhitungan perencanaan struktur utama dilakukan setelah perhitungan untuk elemen sekunder beserta gaya-gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisa struktur, selanjutnya pendetailan elemen-elemen struktur utama. Perencanaan struktur ini meliputi perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

3.7.1 Perencanaan Balok Induk

3.7.1.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur plat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan μ
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad (3-12)$$

SNI 2847:2013 pasal (10.2.7.3)

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

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3-13)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2)

$$\rho_{\max} = 0.025 \quad (3-14)$$

SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1)

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b \quad (3-15)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y} \quad (3-16)$$

SNI 2847:2013 pasal (10.5.1)

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (3-17)$$

SNI 2847:2013 pasal (10.5.1)

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

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} \quad (3-18)$$

5. Menentukan

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} \quad (3-19)$$

Diketahui harga $\phi = 0.75$

SNI 2847:2013 pasal (9.3.2.7)

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmR_n}{f_y}} \right) \quad (3-20)$$

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

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

$$\rho = \frac{A_s}{bxd} \quad \longrightarrow \quad A_s = \rho bxd \quad (3-21)$$

$$8. \text{ Jumlah tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{1/4 \times \pi \times \phi^2} \quad (3-22)$$

$$9. \text{ Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \emptyset L - 2d' - 2\emptyset S}{n-1} \quad (3-23)$$

3.7.1.2 Perhitungan Tulangan 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:

V_n = kuat geser nominal penampang

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

Φ = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s)

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-24)$$

SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2

Dan untuk

$$V_c = 0,17\alpha\sqrt{f'c}b_wd \quad (3-25)$$

SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-26)$$

SNI 2847:2013, Pasal 11.1

dimana:

V_u = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_n = Kuat geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat geser nominal tulangan geser

3.7.1.3 Kontrol Torsi

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila:

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \quad (3-27)$$

SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1

Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n \quad (3-28)$$

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

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta \quad (3-29)$$

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

Dimana:

T_u = Momen torsi terfaktor

T_n = Kuat momen torsi

T_c = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

T_s = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

A_0 = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser mm²

3.7.2 Perencanaan Kolom

Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5.1. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 23.5.1.

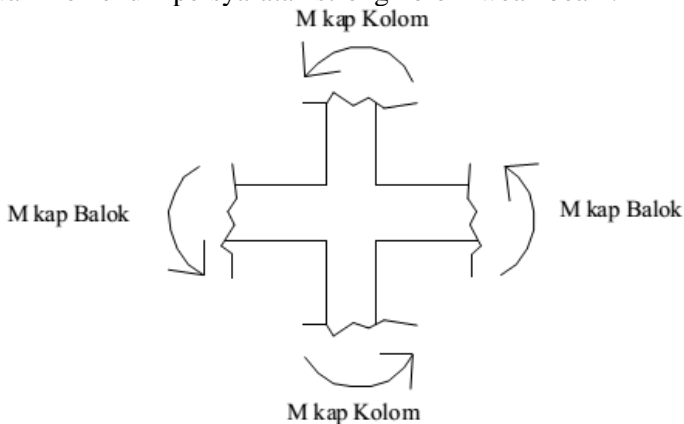
3.7.3 Persyaratan “Strong Column Weak Beams”

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

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb} \quad (3-30)$$

SNI 2847:2013 pasal 21.6.2

Dimana ΣM_{nc} adalah momen kapasitas kolom dan ΣM_{nb} merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong kolom weak beam.



Gambar 3. 3 Ilustrasi kuat momen yang bertemu di HBK

3.7.4 Perencanaan Struktur Dinding Geser

3.7.4.1 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55\phi f'c.Ag \left[1 - \left(\frac{k.I_c}{32h} \right)^2 \right] \quad (3-31)$$

SNI 2847:2013 pasal 14.5.2

3.7.4.2 Pemeriksaan Tebal Dinding

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847:2013, pasal 11.9.3)

$$\phi V_n = \phi 0,83 \sqrt{f'c} . h . d \geq V_u \quad (3-32)$$

SNI 2847:2013, pasal 11.9.3)

Dimana:

d = 0,8 Iw

3.7.4.3 Kuat Geser Beton

Dihitung Menurut SNI 2847:2013, pasal 11.9.6.

3.7.4.4 Keperluan Penulangan Geser

Penulangan geser dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013, pasal 21.9.2.2)

3.7.4.5 Penulangan Geser Horisontal

Dihitung berdasarkan pada (SNI 2847:2013, pasal 11.9.9)

3.7.4.6 Penulangan Geser Vertikal

Dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.9.9.4

3.8 Perencanaan Sambungan

Kelemahan konstruksi pracetak adalah terletak pada sambungan yang relatif kurang kaku atau monolit, sehingga lemah terhadap beban lateral khususnya dalam menahan beban gempa, mengingat Indonesia merupakan daerah dengan intensitas gempa yang cukup besar. Untuk itu sambungan antara elemen balok pracetak dengan kolom maupun dengan plat pracetak direncanakan supaya memiliki kekakuan seperti beton monolit (*cast in place emulation*).

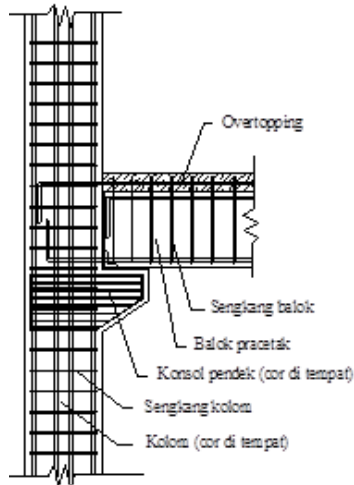
Dengan metode konstruksi semi pracetak, yaitu elemen pracetak dengan tuangan beton *cast in place* di atasnya, maka diharapkan sambungan elemen-elemen tersebut memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur monolit. Untuk menjamin kekakuan dan kekuatan pada detail sambungan ini memang butuh penelitian mengenai perilaku sambungan tersebut terhadap beban gempa. Berdasarkan beberapa referensi hasil penelitian yang dimuat dalam PCI Journal, ada rekomendasi pendetailan sambungan elemen pracetak dibuat dalam kondisi daktail sesuai dengan konsep desain kapasitas strong coloumn weak beam.

Dalam perencanaan sambungan pracetak, gaya – gaya disalurkan dengan cara menggunakan sambungan grouting, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat, atau kombinasi cara – cara tersebut. Dalam penulisan tugas akhir ini digunakan sambungan dengan pelapisan beton bertulang cor setempat.

3.8.1 Perencanaan Sambungan Balok Pracetak Dengan Kolom

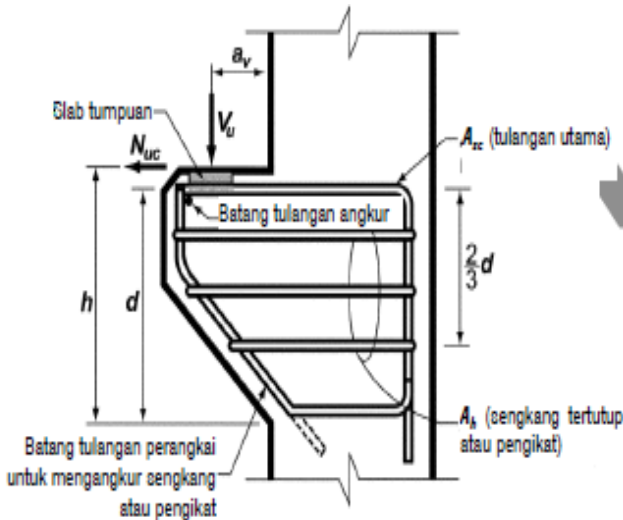
Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Oleh sebab itu pada sambungan elemen pracetak ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang sama dengan beton cor di tempat. Untuk menghasilkan sambungan dengan kekakuan yang relatif sama dengan beton cor di tempat, dapat dilakukan beberapa hal berikut ini.

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (*topping*), dimana permukaan balok pracetak dan kolom dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 2847:2013 pasal 7.13, yaitu tulangan menerus atau pemberian kait standar pada sambungan ujung.
- Pemasangan dowel dan pemberian grouting pada tumpuan atau bidang kontak antara balok pracetak dan kolom untuk mengantisipasi gaya lateral yang bekerja pada struktur.



Gambar 3. 4 Sambungan balok dengan kolom
(Sumber: Kalingga, 2015)

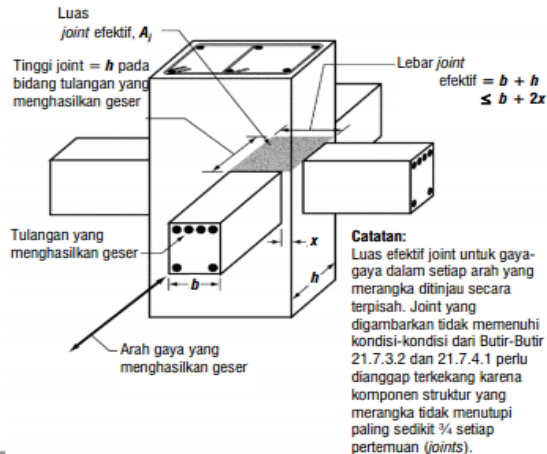
Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



Gambar 3. 5 Parameter geometri konsol pendek
(Sumber: SNI 2847:2013)

Untuk pemakaian sambungan monolit, harus dipenuhi semua kriteria untuk struktur beton bertulang yang monolit, yaitu kekuatan, kelakuan, daktilitas, dst. Sementara bila sambungan kuat yang akan dipakai, harus diyakinkan akan berlangsungnya mekanisme kolom kuat-balok lemah. Pada sambungan balok-kolom harus didesain terjadinya pelelehan lentur di dalam sambungan, sementara pada sambungan kuat pelelehan harus terbentuk di luar sambungan, yaitu paling tidak pada jarak setengah tinggi balok di luar muka kolom. Selanjutnya, baik sambungan balok-kolom daktail maupun kuat harus memenuhi semua persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.8

Kuat geser nominal, V_n pada daerah hubungan balok-kolom tidak boleh melebihi nilai yang disebutkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.7.4

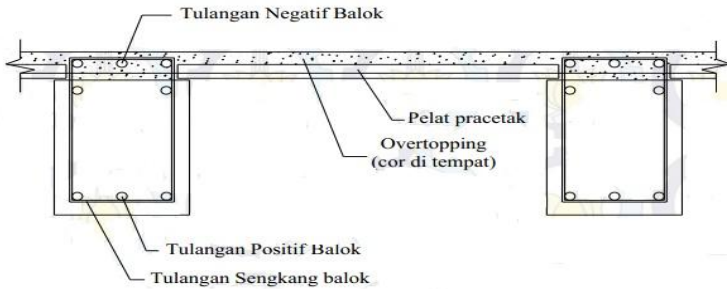


Gambar 3. 6 Hubungan Balok Kolom
(Sumber: SNI 2847:2013)

3.8.2 Perencanaan Sambungan Balok Pracetak Dengan Pelat Pracetak

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut.

- Sambungan balok induk pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi overtopping yang umumnya digunakan 50 mm – 100 mm
- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 2847:2013 pasal 7.13.
- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara plat pracetak dengan balok pracetak.

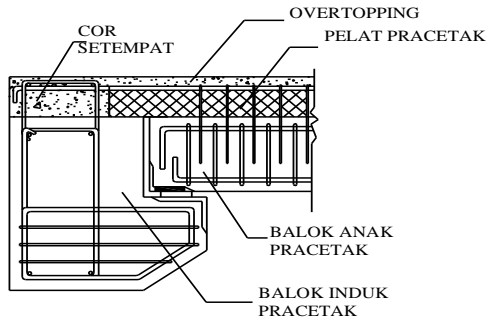


Gambar 3. 7 Sambungan Antara Balok dengan Pelat
(Sumber: Kalingga, 2015)

3.8.3 Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan 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. 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 SK SNI 2847:2013.

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.



Gambar 3. 8 Sambungan balok induk dengan balok anak
(Sumber: Kalingga, 2015)

3.9 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
- Biaya pondasi dibandingkan biaya bangunan atas

Pemakaian tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

Struktur pondasi direncanakan dengan menggunakan pondasi dalam, yaitu tiang pancang. Perhitungan kekuatan pondasi berdasarkan data tanah yang didapat dari tes sondir.

Nilai Konus diambil 4 D keatas & 4 D kebawah

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{A \text{ tiang} \times C_n}{Sf_1} + \frac{JHP \times Q}{Sf_2} \quad (3-33)$$

$$Sf_1 = (2 - 3)$$

$$Sf_2 = (5 - 8)$$

3.9.1 Kebutuhan Tiang Pancang

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \quad (3-34)$$

$$S \geq \frac{1,57(D)\min - 2D}{m + n - 2} \quad (3-35)$$

Kontrol tegangan yang terjadi pada tiang pancang

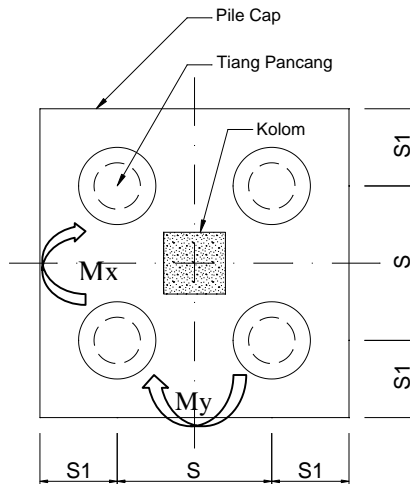
$$P_{satuTP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{MyX_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{MxY_{max}}{\sum y^2} \quad (3-36)$$

Efisiensi satu tiang pancang:

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (3-37)$$

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

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



Gambar 3. 9 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang
(Sumber: Kalingga, 2015)

3.9.2 Perencanaan Terhadap Geser

a) Kontrol geser satu arah

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi \frac{1}{6} \sqrt{f' c b_o d} \geq V_u \quad (3-38)$$

b) Kontrol geser dua arah (geser ponds)

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

$$\bullet V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f' c b_o d} \quad (3-39)$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(a)

$$\bullet V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f' c b_o d} \quad (3-40)$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(b)

$$\bullet V_c = 0.33 \lambda \sqrt{f' c b_o d} \quad (3-41)$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(c)

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 Penggambaran Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan dalam tugas akhir ini menggunakan program AutoCAD.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Desain

4.1.1 Umum

Preliminary desain merupakan tahapan perhitungan dalam perancangan untuk merencanakan dimensi awal dari suatu elemen struktur. Elemen struktur sendiri terbagi dalam elemen struktur primer atau struktur utama dan struktur sekunder. Struktur sekunder merupakan bagian dari struktur gedung yang tidak menahan kekakuan secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan-tegangan akibat pembebanan yang bekerja pada bagian tersebut secara langsung, ataupun tegangan akibat perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian perancangan struktur sekunder ini meliputi pelat dan tangga. Sebelum menentukan dimensi pelat, perlu diadakan preliminary design untuk menentukan besarnya pembebanan yang terjadi pada pelat. Perhitungan preliminary design mengikuti peraturan SNI 2847:2013.

4.1.2 Data Perencanaan

Sebelum perhitungan *preliminary design* perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban-beban yang diterima oleh struktur gedung. Pada perencanaan gedung Skysuites SOHO dirancang ulang menggunakan beton pracetak (non prategang) dengan data perencanaan sebagai berikut:

- Nama gedung : Skysuites SOHO
- Lokasi : Jl. Raya Kedung Baruk 23 Surabaya
- Tipe bangunan : Hunian dan Perkantoran
- Jumlah lantai : 16 lantai
- Ketinggian lantai : 3 meter
- Tinggi bangunan : ± 48 meter
- Struktur bangunan : Beton pracetak (non prategang)
- Mutu beton (f^c) : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa

- Letak bangunan : 6 km dari pantai

4.1.3 Pembebanan

1. Beban Gravitasi

➤ Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m²
- Tegel : 24 kg/m²
- Dinding ½ bata : 250 kg/m²
- Plafond : 11 kg/m²
- Penggantung : 7 kg/m²
- Plumbing + duckting : 25 kg/m²
- Spesi : 21 kg/m²

➤ Beban Hidup

- Beban pekerja : 100 kg/m²
- Lantai perkantoran : 192 kg/m²
- Tangga dan bordes : 479 kg/m²

2. Beban Angin

- Jauh dari pantai : 25 kg/m³

3. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 1726:2012.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Balok

Perancangan pada tugas akhir ini menggunakan balok yang penampangnya berbentuk persegi (*rectangular beam*) dan balok yang penampangnya berbentuk T terbalik (*Inverted Tee Beam*). Perencanaan balok dilakukan dalam dua tahap dimana tahap pertama balok pracetak dibuat dengan sistem fabrikasi yang kemudian pada tahap kedua dilakukan penyambungan dengan menggunakan sambungan basah. Pada tahap kedua balok dipasang dengan pengangkatan ke site lalu dilakukan *over-topping* (*cor in site*) setelah sebelumnya dipasang terlebih dahulu pelat pracetak. Dengan system tersebut maka akan membentuk suatu struktur yang monolit.

Dimensi balok yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 yang tertera pada tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut

berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa.

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \quad \text{digunakan apabila } f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \text{ digunakan untuk } f_y \text{ selain } 420 \text{ MPa}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \times (1,65 - 0,003w_c) \quad \text{digunakan untuk nilai } w_c \\ 1440 \text{ sampai } 1840 \text{ kg/m}^3$$

Untuk lebar balok diambil $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok:

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

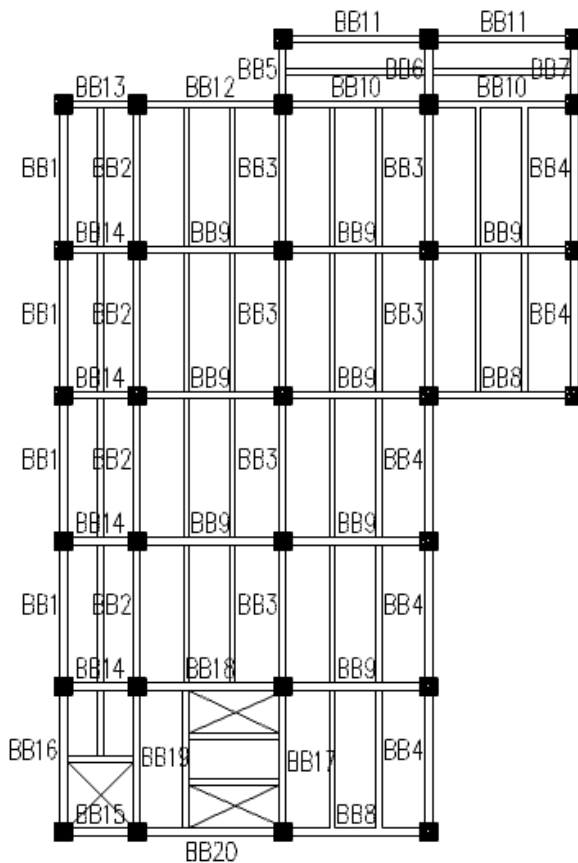
Dimana:

b = lebar balok

h = tinggi balok

L = lebar kotor dari balok

4.1.4.1 Dimensi Balok Induk



Gambar 4. 1 Denah pembalokan Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 35 MPa dan mutu baja 400 MPa sehingga digunakan:

➤ **Dimensi Balok induk melintang: L = 8 meter**

$$h_{\min} = \frac{800}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 48,57 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 48,57 \text{ cm digunakan } h = 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 70 \text{ cm} = 46,7 \text{ cm} \approx \text{digunakan } b = 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan dimensi 50/70

➤ **Dimensi balok induk memanjang: L = 8 meter**

$$h_{\min} = \frac{800}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 48,57 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 48,57 \text{ cm} \approx \text{digunakan } h = 50 \text{ cm}$$

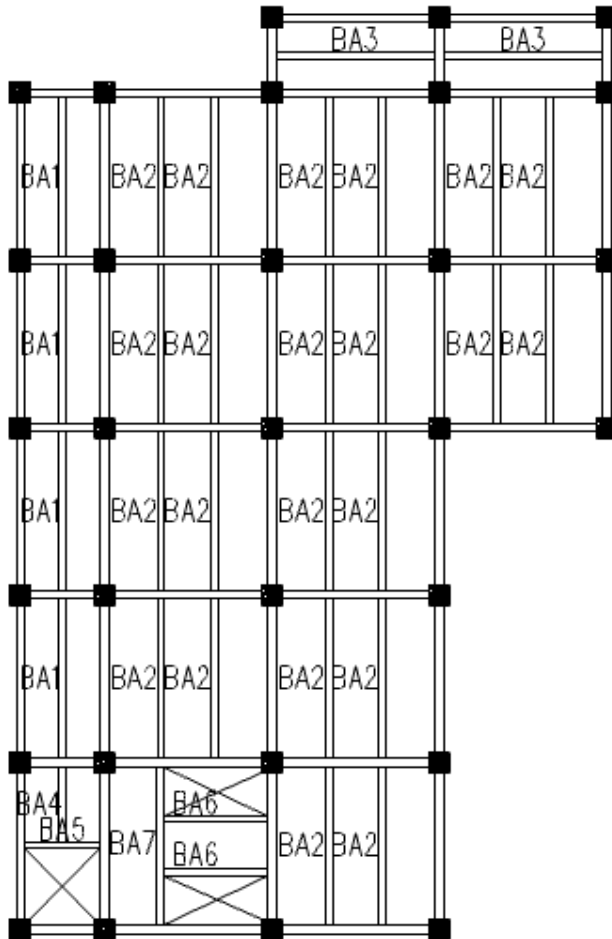
$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 50 \text{ cm} = 33,33 \text{ cm} \approx \text{digunakan } b = 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk melintang dengan dimensi 35/50

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Kode balok induk	Bentang bersih (Lb)	h_{\min}	h_{pakai}	b	b_{pakai}	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
BB1	800	48,57	50	33,33	35	35/50
BB2	800	48,57	50	33,33	35	35/50
BB3	800	48,57	50	33,33	35	35/50
BB4	800	48,57	50	33,33	35	35/50
BB5	360	21,86	70	46,67	50	50/70
BB6	360	21,86	70	46,67	50	50/70
BB7	360	21,86	70	46,67	50	50/70
BB8	800	48,57	70	46,67	50	50/70
BB9	800	48,57	70	46,67	50	50/70
BB10	800	48,57	70	46,67	50	50/70
BB11	800	48,57	50	33,33	35	35/50
BB12	800	48,57	70	46,67	50	50/70
BB13	400	24,28	70	46,67	50	50/70
BB14	400	24,28	70	46,67	50	50/70
BB15	400	24,28	35	23,33	30	30/35
BB16	800	48,57	70	46,67	50	50/70
BB17	800	48,57	55	36,67	40	40/55
BB18	800	48,57	70	46,67	50	50/70
BB19	800	48,57	70	46,67	50	50/70
BB20	800	48,57	70	46,67	50	50/70

4.1.4.2 Dimensi Balok Anak



Gambar 4. 2 Denah pembalokan Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus dengan mutu beton 30 MPa dan mutu baja 400 MPa sehingga digunakan:

$$h_{\min} = \frac{L}{21} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \quad f_y \text{ selain } 420 \text{ MPa (SNI 2847:2013 Tabel 9.5.a)}$$

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

Dimana:

b = lebar balok

h = tinggi balok

maka dimensi balok anak arah melintang dengan L = 8 meter adalah:

$$h_{\min} = \frac{800}{21} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 37,01 \text{ cm}$$

$h_{\min} = 37,01 \text{ cm}$ digunakan h = 50 cm

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

maka digunakan balok anak arah melintang dengan dimensi 35/50

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Kode Balok Anak	Bentang bersih (L_b)	h_{\min}	h_{pakai}	b	b_{pakai}	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
BA1	800	37,01	50	33,33	35	35/50
BA2	800	37,01	50	33,33	35	35/50
BA3	800	37,01	50	33,33	35	35/50
BA4	400	18,5	35	23,33	25	25/35
BA5	400	18,5	50	33,33	35	35/50
BA6	533	24,65	40	26,67	20	30/40
BA7	800	37,01	55	36,67	40	40/55

4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat

4.1.5.1 Peraturan Perencanaan Pelat

Penentuan tebal pelat minimum satu arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2 tabel 9.5(a), sedangkan untuk pelat dua arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

Syarat ketebalan pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya:

3. Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
4. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm

4.1.5.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap

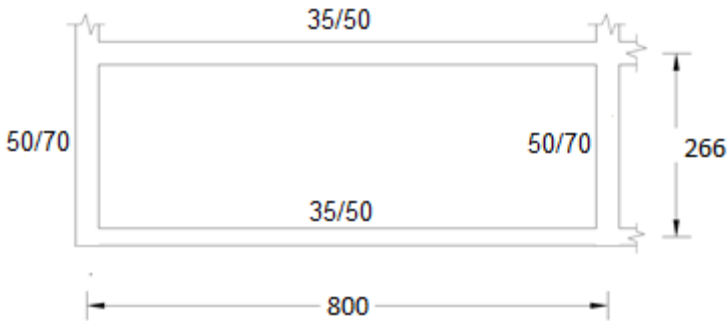
Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan 8 tipe pelat yang memiliki ukuran yaitu:

- Pelat tipe A : 266 x 800 cm
- Pelat tipe B : 180 x 800 cm
- Pelat tipe C : 200 x 800 cm
- Pelat tipe D : 255 x 800 cm
- Pelat tipe E : 200 x 400 cm

Semua tipe pelat tersebut direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton : 35 MPa
- Mutu baja : 400 MPa

Dalam perencanaan ini, pelat berupa pelat pracetak yang kemudian pada saat pemasangan elemen pracetak tersebut dilanjutkan (pekerjaan overtopping). Dalam tugas akhir ini pelat tipe Adengan dimensi terbesar yaitu 266 x 800 cm digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat dengan sehingga nilai L_n dan S_n yaitu:



$$L_n = 800 - \left(\frac{50}{2} + \frac{50}{2} \right) = 750 \text{ cm}$$

$$S_n = 266 - \left(\frac{35}{2} + \frac{35}{2} \right) = 231 \text{ cm}$$

4.1.5.3 Kontrol Tebal Pelat

Untuk pelat tipe A dengan dimensi 800x266 cm nilai

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{750}{231} = 3,2 \text{ (pelat satu arah)}$$

sehingga $\beta > 2$ tergolong pelat satu arah, maka perhitungan tebal minimum pelat adalah adalah:

$$h_{min} = \frac{1}{20} \times Lb \quad \text{SNI 2847:2013 pasal 9.5 (a)}$$

$$h_{min} = \frac{1}{20} \times 231 = 11,5 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang tinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar. Data-data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut:

- Tebal pelat = 15 cm = 150 mm
- Tinggi tiap lantai = 3 m
- Dimensi balok induk = Tabel 4.1
- Dimensi balok anak = Tabel 4.2

Bedasarkan PPIUG 1983 pembebanan seperti berikut ini:

a. Beban mati lantai 2-14 dan atap

Beban mati yang diterima oleh kolom adalah sebagai berikut:

Pelat	: $8 \times 8 \times 0,15 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 7 \text{ lt}$	= 161280 kg
Balok Induk	: $2 \times 8 \times 0,55 \times 0,7 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 7 \text{ lt}$	= 103488 kg
Balok anak	: $2 \times 8 \times 0,35 \times 0,5 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 7 \text{ lt}$	= 47040 kg
Aspal (1cm)	: $8 \times 8 \times 0,01 \times 1400 \text{ kg/m}^3$	= 896 kg
Plafond	: $8 \times 8 \times 11 \text{ kg/m}^2 \times 7 \text{ lt}$	= 4928 kg
Penggantung	: $8 \times 8 \times 7 \text{ kg/m}^2 \times 7 \text{ lt}$	= 3136 kg
Plumbing	: $8 \times 8 \times 10 \text{ kg/m}^2 \times 7 \text{ lt}$	= 4480 kg
Spesi (2cm)	: $8 \times 8 \times 0,02 \times 2100 \text{ kg/m}^3 \times 7 \text{ lt}$	= 18816 kg
Dinding	: $(8+8+8+6+8) \times 3 \times 0,15 \times 250 \times 7 \text{ lt}$	= 29925 kg
Sanitasi	: $8 \times 8 \times 20 \text{ kg/m}^2 \times 7 \text{ lt}$	= <u>8960 kg</u>
	Beban Mati Total (DL)	= 382949 kg

b. Beban hidup

Beban atap	: $8 \times 8 \times 96 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ lt}$	= 6144 kg
Beban lantai	: $8 \times 8 \times 192 \text{ kg/m}^2 \times 7 \text{ lt}$	= <u>86016 kg</u>
	Berat Total (LL)	= 92160 kg

Bedasarkan RSNI 1727:2013 Pasal 4.7.3 koefisien reduksi untuk beban hidup struktur yang menumpu dua lantai atau lebih sebesar 20%. Jadi total beban hidup:

$$\begin{aligned}
 LL &= 0,8 \times 92160 \\
 &= 73728 \text{ kg} \\
 \text{Jadi berat total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (382949) + 1,6 (73728) \\
 &= 577503,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2 untuk komponen struktur yang terkena beban aksial dan beban aksial dengan lentur, faktor reduksi yang digunakan adalah $\phi = 0,65$. Setelah itu dapat diperkirakan luas dimensi kolom adalah sebagai berikut:

$$\text{Mutu beton} = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rencana Awal} \rightarrow A = \frac{W}{\Phi f'c} = \frac{577503,6}{0,65 \times 350} = 2538,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Misalkan } b=h, \text{ maka } b^2 &= 2538,5 \text{ cm}^2 \\ b &= 50,383 \text{ cm} \end{aligned}$$

dipakai :

lantai 1 , $b = h = 95 \text{ cm}$
 lantai 2 , $b = h = 85 \text{ cm}$
 lantai 3 , $b = h = 80 \text{ cm}$
 lantai 4-8 , $b = h = 75 \text{ cm}$

Tabel 4.3 Rekapitulasi dimensi kolom

Kode Kolom	Bentang bersih (L_b)	b_{\min}	b_{pakai}	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
K1	230	50,383	95	95/95
K2	230	50,383	85	85/85
K3	230	50,383	80	80/80
K4	230	50,383	75	75/75

4.1.7 Perencanaan Tebal Dinding Geser

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm.

Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tebal dinding geser} &= 40 \text{ cm} \\ \text{Panjang bentang dinding} &= 800 \text{ cm} \\ \text{Tinggi dinding} &= 300 \text{ cm} \\ T \geq H/25 &= 300/25 = 12 \text{ cm} \\ T \geq L/25 &= 800/25 = 32 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dengan demikian tebal dinding geser 40 cm memenuhi.

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

4.2.1 Perencanaan Pelat

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 15 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 9 cm dan pelat cor setempat (*overtopping*) 6 cm. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983). Desain Pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu :

1. Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Perletakan pelat dapat dianggap sebagai perletakan bebas.

2. Sesudah Komposit

Keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan terjepit elastis.

Pada dasarnya, permodelan pelat terutama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit adalah untuk perhitungan tulangan pelat. Pada saat sebelum komposit yaitu kondisi ketika pemasangan awal pelat, pelat diasumsikan tertumpu pada dua tumpuan. Sedangkan pada saat setelah komposit, perletakan pelat diasumsikan sebagai perletakkan terjepit elastis.

Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan diatas. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

4.2.1.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan preliminary desain adalah:

- Tebal pelat = 15 cm
- Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa

➤ Diameter tulangan rencana = 6 mm

4.2.1.2 Pembebanan Pelat Lantai

Sebelum komposit

Dalam pembebanan sebelum komposit akan diperhitungkan dua keadaan yaitu:

1. Berat orang yang bekerja dan peralatannya saat pemasangan pelat pracetak ataupun saat pengecoran topping dianggap sebagai beban kerja dan berat topping.
2. Topping telah terpasang tapi belum berkomposit dengan pelat pracetak, sehingga yang terjadi hanya beban topping saja.

Pada kedua keadaan ini diambil nilai yang paling kritis.

- **Beban mati (DL)**

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 0,09 \times 2400 = 216 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat topping} &= 0,06 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}^2 + \\ &\text{DL} = 360 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- **Beban hidup (LL)**

$$\text{Beban kerja} \quad \text{LL} = 100 \text{ kg/m}^2$$

Setelah komposit

- **Beban mati (DL)**

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Plafon+penggantung} &= 11 + 7 \text{ kg/m}^2 = 18 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Ubin (t = 2 cm)} &= 0,02 \times 2400 = 48 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Spesi (t = 2 cm)} &= 0,02 \times 2100 = 42 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Ducting AC + pipa} &= 10 + 5 \text{ kg/m}^2 = 15 \text{ kg/m}^2 + \\ &\text{DL} = 483 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- **Beban hidup (LL)**

$$\text{Beban hidup pada lantai} \quad \text{LL} = 192 \text{ kg/m}^2$$

Bedasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.7.3 koefisien reduksi untuk beban hidup struktur yang menumpu dua lantai atau lebih sebesar 20%. Jadi total beban hidup:

$$\text{Beban hidup lantai} = 0,8 \times 192 \text{ kg/m}^2 = 153,6 \text{ kg/m}^2$$

4.2.1.3 Pembebanan Pelat Atap

Sebelum komposit

- Beban mati (DL)

Berat sendiri	= 0,09 x 2400	= 216 kg/m ²	
Berat topping	= 0,06 x 2400	= 144 kg/m ²	+
	DL	= 360 kg/m ²	

- Beban hidup (LL)

Beban kerja		= 100 kg/m ²	
Beban air hujan		= 20 kg/m ²	+
	LL	= 120 kg/m ²	

Setelah komposit

- Beban mati (DL)

Berat sendiri	= 0,15 x 2400	= 360 kg/m ²	
Plafon+penggantung	= 11 + 7 kg/m ²	= 18 kg/m ²	
Aspal (t = 1 cm)	= 0,01 x 1400	= 14 kg/m ²	
Spesi (t = 2 cm)	= 0,02 x 2100	= 42 kg/m ²	
Ducting AC + pipa	= 10 +5 kg/m ²	= 15 kg/m ²	+
	DL	= 449 kg/m ²	

- Beban hidup (LL)

Beban hidup pada atap		= 96 kg/m ²	
Beban air hujan		= 20 kg/m ²	+
	LL	= 116 kg/m ²	

Bedasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.7.3 koefisien reduksi untuk beban hidup struktur yang menumpu dua lantai atau lebih sebesar 20%. Jadi total beban hidup:

$$\text{Beban hidup} = 0,8 \times 116 \text{ kg/m}^2 = 92,8 \text{ kg/m}^2$$

4.2.1.4 Kombinasi pembebanan pelat

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI2847:2013 pasal 9.2.1 didapatkan

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

Berikut adalah perhitungan kombinasi pembebanan **pelat lantai**:

- Keadaan 1 sebelum komposit, ada beban kerja

$$Q_u = 1,2 (216) + 1,6 (100) = 419,2 \text{ kg/m}^2$$

- Keadaan 2 sebelum komposit, topping telah terpasang

$$Q_u = 1,2 (360) + 1,6 (100) = 592 \text{ kg/m}^2$$

- Keadaan 3, setelah komposit

$$Q_u = 1,2 (483) + 1,6 (153,6) = 825,4 \text{ kg/m}^2$$

Serta perhitungan kombinasi pembebanan **pelat atap**:

- Keadaan 1, ada beban kerja

$$Q_u = 1,2 (216) + 1,6 (120) = 451,2 \text{ kg/m}^2$$

- Keadaan 2, topping telah terpasang

$$Q_u = 1,2 (360) + 1,6 (120) = 624 \text{ kg/m}^2$$

- Keadaan 3, setelah komposit

$$Q_u = 1,2 (449) + 1,6 (92,8) = 687,3 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan momen-momen pada pelat lantai

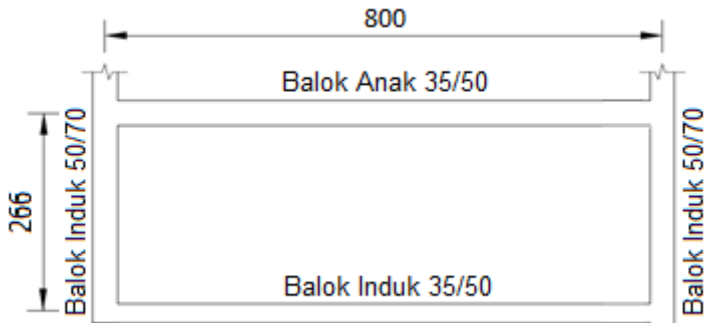
Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.2 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan terletak beban pada keempat tepinya dan terletak bebas pada ke empat sisinya:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{750}{231} = 3,2 \geq 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

- $M_{ulx^{(+)}} = 0,001 Q_u L_x^2 x \rightarrow x = 125$
 $M_{ulx^{(+)}} = 0,001 \cdot 592 \cdot 2,31^2 \cdot 125$
 $M_{ulx^{(+)}} = 394,871 \text{ kg.m}$
- $M_{uly^{(+)}} = 0,001 Q_u L_x^2 x \rightarrow x = 25$
 $M_{uly^{(+)}} = 0,001 \cdot 592 \cdot 2,31^2 \cdot 25$
 $M_{uly^{(+)}} = 78,974 \text{ kg.m}$

4.2.1.5 Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit dan kedua adalah penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua keadaan tersebut. Semua tipe pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan. Perhitungan pelat tipe A dengan dimensi 266 cm × 800 cm yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya.

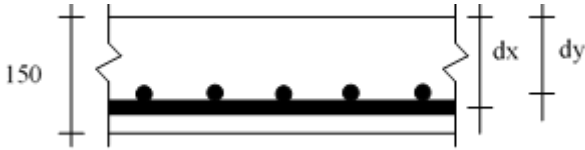


Gambar 4. 2 Pelat tipe A (266 cm x 800 cm)

Data perencanaan untuk penulangan pelat:

- Menentukan data perencanaan penulangan pelat

Dimensi pelat	= 266 cm × 800 cm
Tebal pelat pracetak	= 90 mm
Tebal overtopping	= 60 mm
Tebal decking	= 20 mm
Diameter tulangan rencana	= 10 mm
Mutu tulangan baja (f_y)	= 400 MPa
Mutu beton (f'_c)	= 35 MPa



Gambar 4.3 Potongan pelat

- Kondisi sebelum komposit

$$dx = 90 - 20 - \frac{10}{2} = 65 \text{ mm}$$

$$dy = 90 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 55 \text{ mm}$$

- Kondisi sesudah komposit

$$dx = 150 - 20 - \frac{10}{2} = 125 \text{ mm}$$

$$dy = 150 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 115 \text{ mm}$$

- Untuk mutu beton $f'c = 35 \text{ MPa}$ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

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

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(35 - 28)}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 \geq 0,65$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,0268$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037\end{aligned}$$

ρ_{\min} dipilih yang memiliki nilai terbesar, yaitu 0,0037

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$L_y = 800 - \left(\frac{50}{2} + \frac{50}{2} \right) = 750 \text{ cm}$$

$$L_x = 266 - \left(\frac{35}{2} + \frac{35}{2} \right) = 231 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{750}{231} = 3,2 \geq 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Pada penulangan pelat satu arah hanya terdapat satu tulangan utama yaitu searah melintang pelat. Sedangkan tulangan yang terdapat pada arah memanjang pelat merupakan tulangan pembagi yang berfungsi untuk menahan susut dan suhu.

Penulangan utama pelat pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tarikanya berbeda. Pada daerah tumpuan tulangan tarik berada di atas sedangkan pada daerah lapangan tulangan tarikanya berada di bawah. Tulangan lapangan dan tulangan tumpuan baik tulangan utama maupun tulangan pembagi direncanakan menggunakan D6 (28,286 mm²)

4.2.1.6 Perhitungan Penulangan Pelat Sebelum Komposit

Penulangan arah x

Tebal pelat = 90 mm (sebelum komposit)

Tebal decking = 20 mm

Diameter tulangan = 10 mm

Tinggi efektif $d = 90 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 65 \text{ mm}$

$$M_u = 394,871 \text{ kgm} = 0,39 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{0,39 \times 10^7}{0,8} = 0,487 \times 10^7$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{0,487 \times 10^7}{1000 \times 65^2} = 1,16$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,16}{400}} \right) = 0,003$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,003 < \rho_{\text{min}} = 0,0037$, $\rho_{\text{perlu}} = 0,0037$
sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0037 \times 1000 \times 65 = 240,341 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{240,341}{78,571} = 3,06 \approx 4 \text{ buah}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan maksimum, $S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 3 \times 90$$

$$\leq 270 \text{ mm}$$

$$S = 1000/4 = 250 \text{ mm} \leq 270 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan D10-250

Penulangan arah y

Tebal pelat = 90 mm (sebelum komposit)

Tebal decking = 20 mm

Diameter tulangan = 10 mm

Tinggi efektif $d = 90 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \times 10 = 55 \text{ mm}$

$$M_u = 78,974 \text{ kg.m} = 0,078 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{0,078 \times 10^7}{0,8} = 0,0975 \times 10^7$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{0,0975 \times 10^7}{1000 \times 55^2} = 0,33$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,33}{400}} \right) = 0,0008$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0008 < \rho_{\text{min}} = 0,0037$, $\rho_{\text{perlu}} = 0,0037$
 sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0037 \times 1000 \times 55 = 203,365 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{203,365}{78,571} = 2,58 \approx 3 \text{ buah}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan maksimum, $S \leq 3 \times$ tebal pelat, maka:

$$\leq 3 \times 90$$

$$\leq 270 \text{ mm}$$

$$S = 1000/3 = 333 \text{ mm} \geq 270 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan D10-270

4.2.1.7 Penulangan Pelat Sesudah Komposit

$$Q_u = 825,4 \text{ kg/m}^2$$

$$d_x = 125 \text{ mm}$$

$$d_y = 115 \text{ mm}$$

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.2 didapat persamaan

momen untuk asumsi perletakan terletak beban pada keempat tepinya dan terjepit elastis ke empat sisinya:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{750}{231} = 3,2 \geq 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

- $M_{lx}^{(+)} = M_{lx}^{(-)} = 0,001 \text{ QuL}_x^2 \times x \rightarrow x = 63$
- $M_{ly}^{(+)} = 0,001 \text{ QuL}_x^2 \times x \rightarrow x = 13$
- $M_{ly}^{(-)} = 0,001 \text{ QuL}_x^2 \times x \rightarrow x = 38$

• **Penulangan arah X lapangan dan tumpuan (tulangan utama)**

$$\begin{aligned} M_{lx}^{(+)} = M_{lx}^{(-)} &= 0,001 \times 825,4 \times 2,31^2 \times 63 \\ &= 277,478 \text{ kgm} = 2774780 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2} = \frac{2774780}{0,8 \times 1000 \times 125^2} = 0,222$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,222}{400}} \right) = 0,0005 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0005 < \rho_{\text{min}} = 0,0037$ maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,0037$ sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0037 \times 1000 \times 125 = 462,194 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan minimum, } S &\leq 3 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 3 \times 150 \\ &\leq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \text{ D10}} \\ &= \frac{462,194}{78,571} = 5,88 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/6 = 166,67 \sim 160 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \dots$
(OK)

Maka digunakan tulangan lentur D10-160 mm.

- **Penulangan arah Y lapangan**

$$\begin{aligned} \text{Muly}^{(+)} &= 0,001 \times 825,4 \times 2,31^2 \times 13 \\ &= 57,257 \text{ kgm} = 572570 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d_y^2} = \frac{572570}{0,8 \times 1000 \times 115^2} = 0,054$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,054}{400}} \right) = 0,0001 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0001 < \rho_{\text{min}} = 0,0037$ maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,0037$ sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0037 \times 1000 \times 115 = 425,218 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan minimum, } S &\leq 3 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 3 \times 150 \\ &\leq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S \text{ D10}}} \\ &= \frac{425,218}{78,571} = 5,41 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/6 = 166,67 \sim 160 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \dots$
(OK)

Maka digunakan tulangan lentur D10-160 mm.

- **Penulangan arah Y tumpuan**

$$\begin{aligned} \text{Mutu}^{(-)} &= 0,001 \times 825,4 \times 2,31^2 \times 38 \\ &= 167,368 \text{ kgm} = 1673680 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1673680}{0,8 \times 1000 \times 115^2} = 0,158$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,158}{400}} \right) = 0,00039 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,00039$ sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0037 \times 1000 \times 115 = 425,218 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan minimum, } S &\leq 3 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 3 \times 150 \\ &\leq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D10}}} \\ &= \frac{425,218}{78,571} = 5,41 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/6 = 166,67 \sim 160 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \dots$ (OK)

Maka digunakan tulangan lentur D10-160 mm.

4.2.1.8 Penulangan Stud Pelat Lantai

Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan topping cor ditempat maka transfer gaya regangan horisontal yang terjadi harus dapat dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh topping cor ditempat. Untuk mengikat elemen pracetak dan elemen cor ditempat maka dipakai tulangan stud.

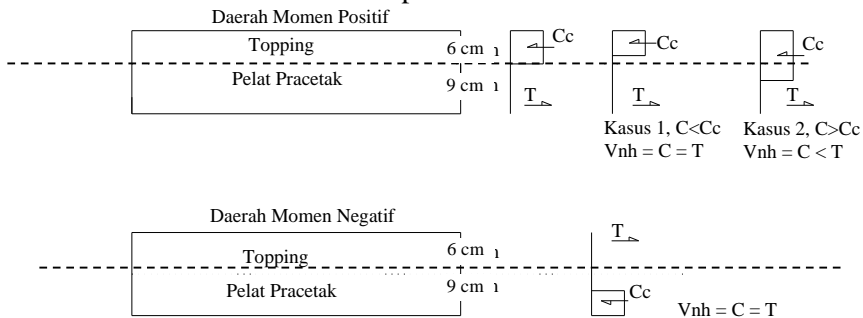
Stud ini berfungsi sebagai sengkang pengikat antar elemen sehingga mampu mentransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horisontal yang bekerja

pada permukaan pertemuan antara kedua elemen komposit dalam memikul beban.

Dalam SNI disebutkan bahwa gaya geser horizontal bisa diperiksa dengan jalan menghitung perubahan aktual dari gaya tekan dan gaya tarik didalam sembarang segmen dan dengan menentukan bahwa gaya tersebut dipindahkan sebagai gaya geser horizontal elemen – elemen pendukung.

Gaya geser horizontal yang terjadi pada penampang komposit ada dua macam kasus :

- Kasus 1 : gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat
- Kasus 2 : gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan elemen cor setempat



Gambar 4. 4 Diagram gaya geser horizontal penampang komposit

Perhitungan stud pelat 266 cm × 800 cm

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 f_c' A_{\text{topping}} \\ &= 0,85 \times 35 \times 60 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 1785000 \text{ N} = 1785 \text{ KN} \end{aligned}$$

Dipakai stud Ø6 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 6^2 = 28,286 \text{ mm}^2$$

$$V_{nh} = C = T$$

$$\begin{aligned}
 &= A_s \times f_y \\
 &= 28,286 \times 240 = 6788,64 \text{ N} = 6,789 \text{ KN} \\
 0,55A_c &= 0,55 \times b_v \times d \\
 &= 0,55 \times 1000 \times 123,5 \\
 &= 67925 \text{ N} = 67,925 \text{ KN} \\
 V_{nh} &< 0,55b_v.d \dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 17.5.3.1, Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan 17.6 dan bidang kontak nya bersih dan bebas dari serpihan tapi tidak dikasarkan, maka kuat geser V_{nh} tidak boleh diambil lebih dari $0,55b_v.d$ dalam Newton. Pasal 17.6.1 berbunyi bahwa bilapengikat sengkang dipasang untuk menyalurkan geser horisontal, luas pengikat sengkang tidak boleh kurang luas daripada luas yang diperlukan oleh 11.4.6.3, dan spasi pengikat tidak boleh melebihi empat kali dimensi terkecil elemen yang ditumpu, atau melebihi 600 mm.

$$S_{\text{maks}} = 4 \times 60 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

maka, $S_{\text{pakai}} = 120 \text{ mm}$

SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.3:

$$\begin{aligned}
 A_{v_{\text{min}}} &= 0,062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w \times s}{f_y} \\
 &= 0,062 \sqrt{35} \frac{1000 \times 130}{240} = 183,398 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_v \geq (0,35b_w.S)/f_y = (0,35 \times 1000 \times 120)/240 = 175 \text{ mm}^2$$

maka, $A_{v_{\text{min}}} = 183,398 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan $\emptyset 6$ dengan $A_v = 28,286 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah stud per 1m, } n = \frac{183,398}{28,286} = 6,484 \sim 7 \text{ buah}$$

Jarak

$$\text{Jarak stud, } S = 1000/7 = 142,857 \text{ mm} \sim 140 \text{ mm}$$

Maka dipasang stud (shear connector) $\emptyset 6$ -140 mm ($A_v = 198 \text{ mm}^2$).

4.2.1.9 Kontrol Lendutan

Tebal pelat yang dipakai lebih besar dari tebal minimum pelat seperti yang disyaratkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3, maka tidak perlu dilakukan control terhadap lendutan.

4.2.1.10 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Panjang penyaluran didasarkan pada SNI 2847:2013 :

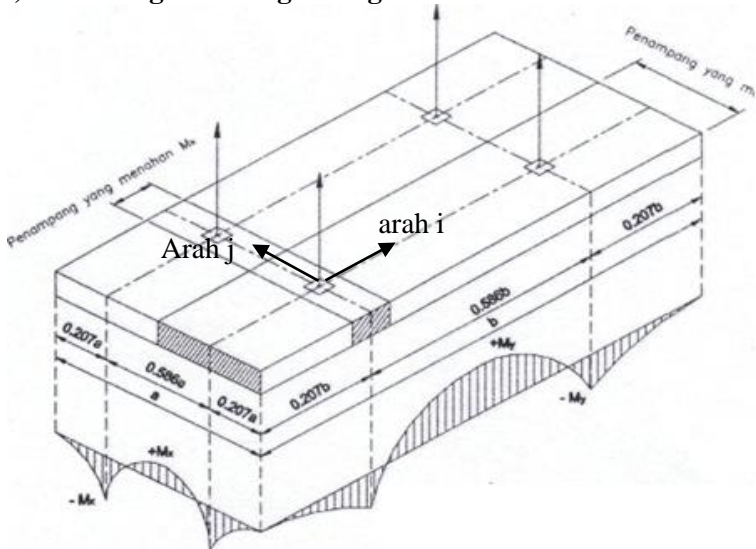
- $l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$
(SNI 2847:2013 pasal 12.5.1)
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$
(SNI 2847:2013 pasal 12.5.1)
- $l_{dh} = (0,24f_y \sqrt{f'c}) / d_b$ (SNI 2847:2013 pasal 12.5.2)
 $= (0,24 \times 400 \times \sqrt{35}) / 13 = 43,687 \text{ mm}$

Maka dipakai panjang penyaluran terbesar yaitu 150 mm.

4.2.1.11 Perhitungan Tulangan Angkat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe A dengan dimensi 266 cm x 800cm dengan empat titik pengangkatan (*four point pick up*).

a) Perhitungan Tulangan Angkat Pelat

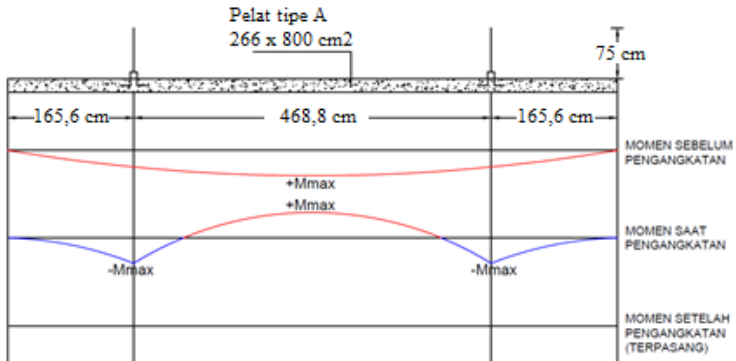


Gambar 4. 5 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)

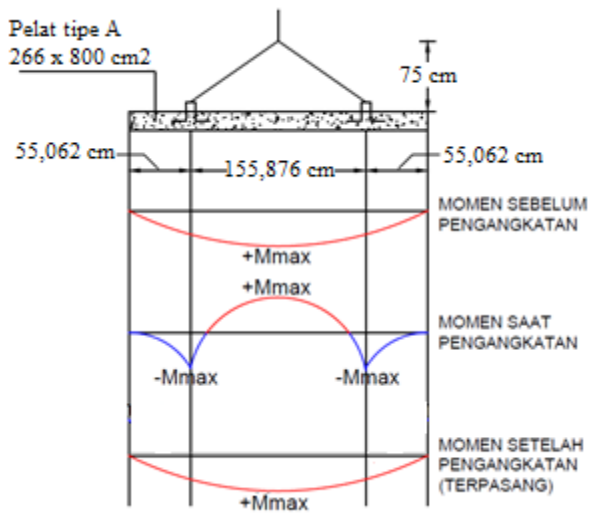
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete)

- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horizontal, yaitu arah i dan j.
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 75 cm
- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ($k = 1,2$) pada saat pengangkatan.
- $DL = 0,09 \times 2,66 \times 8 \times 2400 = 4596,48 \text{ kg}$

b) Pengangkatan Pelat Tipe A



Gambar 4. 6 Momen pengangkatan pelat arah i



Gambar 4. 7 Momen pengangkatan pelat arah j

Beban ultimate = $(1,2 \times 1,2 \times 4596,48) = 6618,931 \text{ kg}$

Gaya angkat (Tu) setiap tulangan = $\frac{6618,931}{4} = 1654,733 \text{ kg}$

Sesuai PBBBI pasal 2.2.2, tegangan tarik ijin baja

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{4000}{1,5} = 2666 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat = $\sqrt{\frac{4 \times 1654,733}{\pi \times 2666}} = 0,88 \text{ cm}$

Maka dipasang tulangan angkat D10 mm

c) Kontrol Tulangan Angkat

$$f_{\text{pelat}} < f_{\text{cr}}$$

f_{cr} untuk beton 28 hari adalah

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,141 \text{ MPa}$$

$$y_c = 0,5 \times 0,09 = 0,045 \text{ m}$$

Berdasarkan *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, Fourth Edition, 1992* momen maksimum diperhitungkan

Berdasarkan gambar diatas:

- Arah i sama dengan arah y
- Arah j sama dengan arah x

$$w = (t_{\text{pelat}} \times 2400 \text{ kg/m}^3)$$

$$w = (0,09 \times 2400) = 216 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} + M_x = - M_x &= 0,0107 \times w \times a^2 \times b \\ &= 0,0107 \times 216 \times 2,66^2 \times 8 \\ &= 130,825 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + M_y = - M_y &= 0,0107 \times w \times a \times b^2 \\ &= 0,0107 \times 216 \times 2,66 \times 8^2 \\ &= 393,459 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{tot}} = M_y = 410,578 \text{ kg.m}$$

- M_y ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 266/2 = 133 \text{ cm}$

$$Z = \frac{1}{6} \times 133 \times 9^2 = 1795,5 \text{ cm}^3$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,141 \text{ MPa}$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{tot}}{Z} = \frac{393,459 \times 10^4}{1795,5 \times 10^3}$$

$$= 2,19 \text{ Mpa} < f_r \dots\dots\dots \text{Ok}$$

- Mx ditahan oleh penampang selebar 15t = 135 cm atau b/2 = 400 cm

Ambil terkecil = 135 cm

$$M_{xp} = \left(\frac{P \times yc}{tg \ 45} \right) = \left(\frac{1654,733 \times 0,045}{tg \ 45} \right) = 74,463 \text{ kgm}$$

$$M_{tot} = M_x + M_{xp} = 130,825 + 74,4636 = 205,288 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 135 \times 9^2 = 1822,5 \text{ cm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{tot}}{Z} = \frac{205,288 \times 10^4}{1822,5 \times 10^3}$$

$$= 1,126 \text{ Mpa} < f_r \dots\dots\dots \text{Ok}$$

4.2.1.12 Penulangan Pelat yang Terpasang

Penulangan pelat yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari ketiga keadaan diatas (keadaan sebelum komposit, akibat pengangkatan, sesudah komposit) yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 4Tulangan Terpasang pada Pelat

Tipe Pelat	Ukuran Pelat		Tulangan Terpasang				Stud	Panjang Penyaluran (mm)	Tulangan Angkat
	Lebar (m)	Panjang (m)	Tulangan Utama		Tulangan Pembagi				
			Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan			
A	2,66	8	D10-160	D10-160	D10-160	D10-160	Ø6-120	150	D10
B	1,8	8	D10-160	D10-160	D10-160	D10-160	Ø6-120	150	D10
C	2	8	D10-160	D10-160	D10-160	D10-160	Ø6-120	150	D10
D	2,667	5,333	D10-160	D10-160	D10-160	D10-160	Ø6-120	150	D10
E	2	4	D10-160	D10-160	D10-160	D10-160	Ø6-120	150	D10

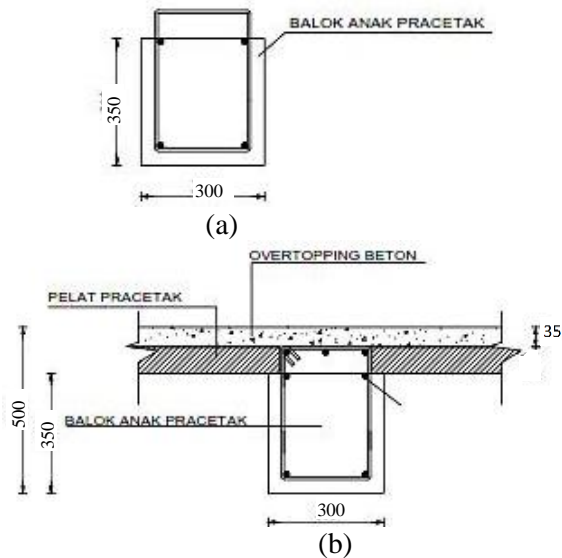
4.2.2 Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban trapesium. Itu dikarenakan pelat pracetakmenumpu di semua balokdibalok induk serta di balok anak.

4.2.2.1 Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

- Dimensi balok anak : 35×50 cm
- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tulangan lentur : D22
- Tulangan sengkang : $\varnothing 10$

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.

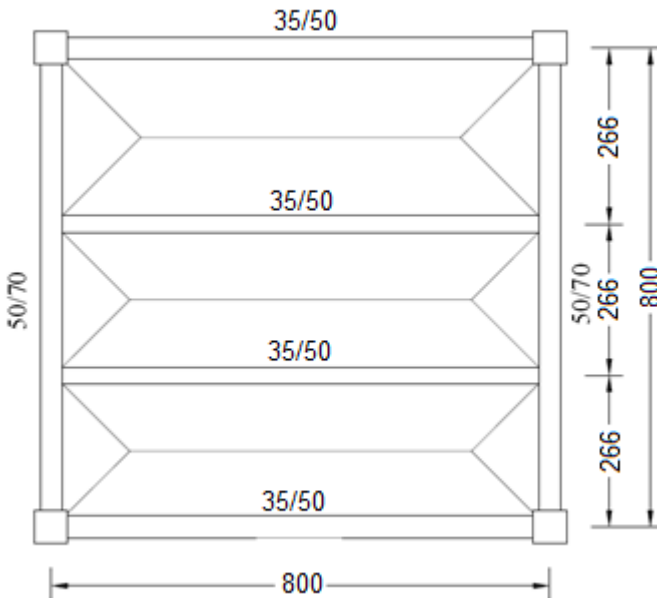


Gambar 4. 8(a) Dimensi balok anak sebelum komposit, (b) Dimensi balok anak saat pengecoran dan balok anak saat komposit

4.2.2.2 Pembebanan Balok Anak Pracetak

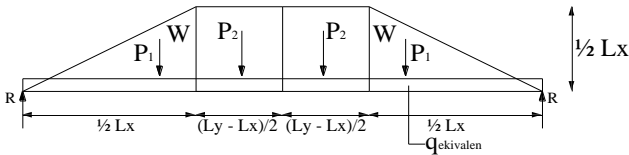
Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri dari balok anak tersebut dan semua beban merata yang terjadi pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata yang berada diatas pelat). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban trapesium pada lajur yang panjang.

Beban-besan berbentuk trapesium tersebut kemudian diubah menjadi beban merata ekuivalen untuk mendapatkan momen maksimumnya. Untuk mempermudah pemahaman pembebanan pada balok anak berikut disajikan gambar distribusi beban yang bekerja pada balok anak.



Gambar 4. 9Distribusi Beban pada Balok Anak 35/50

Beban ekuivalen trapesium



Beban Trapesium

$$W = \frac{1}{2} \times q \times Lx$$

$$P_1 = \frac{1}{8} \times q \times Lx^2$$

$$P_2 = \frac{1}{2} (Ly - Lx) \times \frac{1}{2} \times q \times Lx$$

$$R = P_1 + P_2$$

$$M_{max} = (R \times \frac{1}{2} Ly) - (P_1 \times (\frac{1}{2} Ly - \frac{1}{3} Lx)) - (P_2 \times \frac{1}{4} (Ly - Lx))$$

$$M_{max} = (R \times \frac{1}{2} Ly) - (\frac{1}{2} P_1 \times Ly) + (\frac{1}{3} P_1 \times Lx) - (\frac{1}{4} \times P_2 \times Ly) + (\frac{1}{4} \times P_2 \times Lx)$$

$$M_{max} = (\frac{1}{2} P_1 \times Ly) + (\frac{1}{2} P_2 \times Ly) - (\frac{1}{2} P_1 \times Ly) + (\frac{1}{3} P_1 \times Lx) - (\frac{1}{4} \times P_2 \times Ly) + (\frac{1}{4} \times P_2 \times Lx)$$

$$M_{max} = (\frac{1}{4} P_2 \times Ly) + (\frac{1}{3} P_1 \times Lx) + (\frac{1}{4} P_2 \times Lx)$$

$$M_{max} = (\frac{1}{16} \times q \times Lx \times Ly^2) - (\frac{1}{16} \times q \times Lx^2 \times Ly) + (\frac{1}{24} \times q \times Lx^3) + (\frac{1}{16} \times q \times Lx^2 \times Ly) - (\frac{1}{16} \times q \times Lx^3)$$

$$M_{max} = (\frac{1}{16} \times q \times Lx \times Ly^2) - (\frac{1}{48} \times q \times Lx^3)$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times q \times Ly^2 ((\frac{1}{2} Lx) - (\frac{1}{6} \times Lx^3 / Ly^2))$$

$$M_{eq} = \frac{1}{8} \times q_{ek} \times Ly^2$$

$$M_{max} = M_{eq}$$

$$\frac{1}{8} \times q \times Ly^2 ((\frac{1}{2} Lx) - (\frac{1}{6} \times Lx^3 / Ly^2)) = \frac{1}{8} \times q_{ek} \times Ly^2$$

$$q_{ek} = q \times \left(\left(\frac{1}{2} Lx \right) - \left(\frac{1}{6} \frac{Lx^3}{Ly^2} \right) \right)$$

$$q_{ek} = \frac{1}{2} \times q \times Lx \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right)$$

4.2.2.3 Perhitungan Pembebanan Balok Anak

➤ Sebelum Komposit

$$L_{x1} = 267 - (35/2 + 35/2) = 232 \text{ cm}$$

$$L_{x2} = 267 - (35/2 + 35/2) = 232 \text{ cm}$$

$$L_y = 800 - (75/2 + 75/2) = 725 \text{ cm}$$

- Beban mati (Q_{DL})

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,35 \times 0,5 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 420 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ pelat} &= 0,15 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 360 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{sebelum komposit}} &= \left(\frac{1}{2} \times q \times L_{x1} \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_{x1}}{L_y} \right)^2 \right) \right) + \\ &\quad \left(\frac{1}{2} \times q \times L_{x2} \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_{x2}}{L_y} \right)^2 \right) \right) \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 360 \times 2,32 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,32}{7,25} \right)^2 \right) \right) + \\ &\quad \left(\frac{1}{2} \times 360 \times 2,32 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,32}{7,25} \right)^2 \right) \right) \\ &= 808,561 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban hidup (Q_{LL})

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pekerja}} &= \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx1 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx1}{Ly} \right)^2 \right) \right) + \\
 &\quad \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx2 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx2}{Ly} \right)^2 \right) \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 100 \times 2,32 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,32}{7,25} \right)^2 \right) \right) + \\
 &\quad \left(\frac{1}{2} \times 100 \times 2,32 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,32}{7,25} \right)^2 \right) \right) \\
 &= 224,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi beban

Q_u sebelum komposit

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times (420 + 808,561) + 1,6 \times 224,6$$

$$= 1833,633 \text{ kg/m}$$

➤ **Sesudah Komposit**

- Beban mati (Q_{DL})

$$\text{Berat sendiri balok anak} = 0,35 \times 0,5 \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 420 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ pelat sesudah komposit} = 483 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{berat dinding} = 3 \times 120 = 360 \text{ kg/m}$$

(perhitungan pada bab 4.2.1.2)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sesudah komposit}} &= \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx1 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx1}{Ly} \right)^2 \right) \right) + \\
 &\quad \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx2 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx2}{Ly} \right)^2 \right) \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 483 \times 2,32 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,32}{7,25} \right)^2 \right) \right) + \\
 &\quad \left(\frac{1}{2} \times 483 \times 2,32 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,32}{7,25} \right)^2 \right) \right) \\
 &= 1084,819 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban hidup (Q_L)

$$Q_L = 153,6 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ekivalen}} &= \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx1 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx1}{Ly} \right)^2 \right) \right) + \\
 &\quad \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx2 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx2}{Ly} \right)^2 \right) \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 153,6 \times 2,32 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,32}{7,25} \right)^2 \right) \right) + \\
 &\quad \left(\frac{1}{2} \times 153,6 \times 2,32 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,32}{7,25} \right)^2 \right) \right) \\
 &= 344,986 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi beban

Q_u sesudah komposit

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times (420 + 1084,819 + 360) + 1,6 \times 344,986 \\
 &= 2789,76 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

4.2.2.4 Perhitungan Momen dan Geser

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

➤ Momen sebelum komposit

$$\begin{aligned}
 M_{\text{lapangan}} &= \left(\frac{1}{8} \times q \times L^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 1833,633 \times 8^2 \right) \\
 &= 14669,07 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{2} \times (q \times L) \\
 &= \frac{1}{2} \times (1833,633 \times 8) \\
 &= 7334,533 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ Momen sesudah komposit

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tump}} &= \left(\frac{1}{16} \times q \times L^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{16} \times 2789,76 \times 8^2 \right) \\
 &= 11159,04 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{lapangan}} &= \left(\frac{1}{10} \times q \times L^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{10} \times 2789,76 \times 8^2 \right) \\
 &= 17854,47 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{2} \times (q \times L) \\
 &= \frac{1}{2} \times (2789,76 \times 8) \\
 &= 11159,04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.2.5 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

➤ Perhitungan tulangan sebelum komposit

Dimensi balok anak	= 35/35
Tebal selimut beton	= 40 mm
Diameter tulangan utama	= 22 mm
Diameter tulangan sengkang	= 10 mm
Mutu beton (f_c')	= 35 MPa
Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
d	$= 350 - 40 - 10 - \frac{1}{2}(22) = 289 \text{ mm}$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(35-28)}{7} \geq 0,65 = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75\rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,0268$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037
 \end{aligned}$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0037

Tulangan lapangan

$$M_{\text{lapangan}} = 14669,07 \text{ kgm} = 146690700 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{146690700}{0,8 \times 350 \times 289^2} = 6,273$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 6,273}{400}} \right) = 0,0178$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0181$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0178 \times 350 \times 289 = 1802,007 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{sD22}}$$

$$= \frac{1802,007}{380,13} = 4,73 \approx 5 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 5D22

➤ **Perhitungan tulangan sesudah komposit**

Dimensi balok anak	= 35/50
Tebal selimut beton	= 40 mm
Diameter tulangan utama	= 22 mm
Diameter tulangan sengkang	= 10 mm
Mutu beton (f_c')	= 35 MPa
Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
$d = 500 - 40 - 10 - \frac{1}{2}(22)$	= 439 mm

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(35-28)}{7} \geq 0,65 = 0,8$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357\end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75\rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,0268$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037\end{aligned}$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0037

Tulangan lapangan

$$M_{\text{lapangan}} = 17854,04 \text{ kgm} = 178540400 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{178540400}{0,8 \times 350 \times 439^2} = 3,31$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,31}{400}} \right) = 0,0088\end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0088$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0088 \times 350 \times 439 = 1350,796 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s D22} \\ &= \frac{1350,796}{380,13} = 3,552 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 4D22

Tulangan tumpuan

$$M_{\text{tumpuan}} = 11159,04 \text{ kgm} = 111590400 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{111590400}{0,8 \times 350 \times 439^2} = 2,068$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,068}{400}} \right) = 0,0054 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0054$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0054 \times 350 \times 439 = 824,063 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{sD22}} \\ &= \frac{824,063}{380,13} = 2,167 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 3D22

4.2.2.6 Perhitungan Tulangan Geser

➤ Perhitungan tulangan sebelum komposit

$$V_u = 7334,533 \text{ kg} = 73345,33 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b w \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 350 \times 289 \\ &= 99735,25 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 99735,25 \\ &= 74801,43 \text{ N} \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \times 74801,43 = 37400,72 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= V_u / \phi \\ &= 73345,33 / 0,75 \\ &= 97793,77 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $V_s > \phi V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser. Dipakai tulangan $\emptyset 10$ mm dengan mutu baja BJTP-240 ($f_y = 240$ MPa)

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$A_s \emptyset 10 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times 78,54 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Perhitungan jarak sengkang, dimana:

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s - \phi V_c} = \frac{157,08 \times 240 \times 289}{97793,77 - 74801,43} = 474,046 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 bahwa jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang tertutup tidak lebih $d/2$ sepanjang komponen struktur, maka:

$$\begin{aligned} s &\leq d/2 \\ &\leq 289/2 = 144,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai sengkang $\emptyset 10$ -140 mm.

➤ **Perhitungan tulangan sesudah komposit**

$$V_u = 11159,04 \text{ kg} = 111590,4 \text{ N}$$

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

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 350 \times 439$$

$$= 151500,9 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 151500,9$$

$$= 113625,7 \text{ N}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \times 113625,7 = 56812,85 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{111590,4}{0,75}$$

$$= 148787,2 \text{ N}$$

Karena $V_s > \phi V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser. Dipakai tulangan $\emptyset 10$ mm dengan mutu baja BJTP-240 ($f_y = 240 \text{ MPa}$)

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$A_s \emptyset 10 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times 78,54 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Perhitungan jarak sengkang, dimana:

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s - \phi V_c} = \frac{157,08 \times 240 \times 439}{148787,2 - 113625,7} = 470,872 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 bahwa jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang tertutup tidak lebih $d/2$ sepanjang komponen struktur, maka:

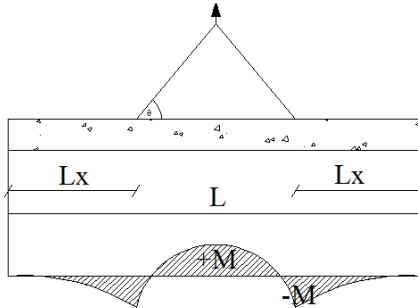
$$s \leq d/2$$

$$\leq 439/2 = 219,5 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang $\emptyset 10$ -210 mm.

4.2.2.7 Pengangkatan Balok Anak

Balok anak dibuat secara pracetak di pabrik. 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.



Gambar 4. 10 Momen saat pengangkatan balok anak

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left(1 + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta} \right)} \right)}$$

➤ **Kondisi sebelum komposit**

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$h = 35 \text{ cm}$$

$$L = 905 \text{ cm}$$

Perhitungan:

$$Y_t = Y_b = \frac{35}{2} = 17,5 \text{ cm}$$

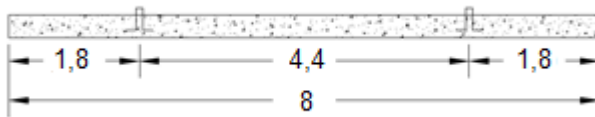
$$I = \frac{1}{12} \times 35 \times 35^3 = 125052,1 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 22,5 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 22,5}{800 \times \text{tg } 45^\circ}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{17,5}{17,5} \left(1 + \frac{4 \times 22,5}{800 \times \text{tg } 45^\circ} \right)} \right)} = 0,22$$

$$X \times L = 0,22 \times 800 = 176 \text{ cm} = 1,8 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 8 - 2 \times (1,8) = 4,4 \text{ m}$$



Gambar 4. 11Letak titik pengangkatan

a. Pembebanan

$$\text{Berat sendiri balok} = (0,35 \times 0,35 \times 8 \times 2400) = 2352 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T \sin \phi = P &= \frac{1,2 \times k \times W}{2} \\ &= \frac{1,2 \times 1,7 \times 2352}{2} \\ &= 2399,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T = \frac{2399,04}{\sin 45^\circ} = 3392,755 \text{ kg}$$

b. Tulangan angkat balok anak

$$P_u = 3392,755 \text{ kg}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulangan adalah $f_y/1,5$. Jika dipakai tulangan dengan mutu $f_y = 400 \text{ Mpa}$, maka:

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4000/1,5 = 2666 \text{ kg/m}^2$$

$$\emptyset_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{4xP_u}{\sigma_{\text{ijin}} \times \pi}}$$

$$\emptyset_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{4 \times 3392,755}{2666 \times \pi}}$$

$$\emptyset_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,636 \text{ cm}$$

Digunakan Tulangan D10 mm

c. Momen yang Terjadi

- Pembebanan

$$\text{Berat sendiri balok} = (0,35 \times 0,35 \times 2400) = 294 \text{ kg/m}$$

Dalam upaya untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2 sebagai berikut:

- Momen lapangan

$$+ M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg } \theta} \right)$$

$$+ M = \left(\frac{294 \times 8^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,22 + \frac{4 \times 0,15}{8 \times \text{tg } 45} \right) \right) \times 1,2$$

$$= 547,624 \text{ kgm}$$

- Momen tumpuan

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$-M = \left(\frac{294 \times 0,22^2 \times 8^2}{2} \right) \times 1,2 = 547,624 \text{ kgm}$$

d. Tegangan yang terjadi

- Akibat momen lapangan

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{547,624 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 350 \times 350^2}$$

$$= 0,77 \text{ MPa} \leq f^r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 4,14 \text{ MPa (OK)}$$

- Akibat momen tumpuan

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{547,624 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 350 \times 350^2}$$

$$= 0,77 \text{ MPa} \leq f^r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 4,14 \text{ MPa (OK)}$$

Dari perhitungan momen diatas, didapatkan nilai f^r akibat momen positif dan negatif berada dibawah nilai f^r_{ijin} usia beton 3 hari. Jadi dapat ditarik kesimpulan, balok anak tersebut aman dalam menerima tegangan akibat pengangkatan.

4.2.2.8 Kontrol Lentutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013, syarat tebal minimum balok dengan dua 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 masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan h_{\min} .

4.2.2.9 Penulangan Balok Anak yang Terpasang

Penulangan balok anak yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari kedua keadaan diatas (keadaan sebelum komposit dan sesudah komposit) yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 5Tulangan Terpasang Pada Balok Anak

Kode Balok Anak	L	B	h	Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan		Sengkang	Tulangan angkat
	mm	mm	mm	Atas	Bawah	Atas	Bawah		
BA1	8000	350	500	2D22	4D22	2D22	4D22	Ø10-140 mm	D10
BA2	8000	350	500	3D22	5D22	3D22	5D22	Ø10-140 mm	D10
BA3	8000	350	500	2D22	4D22	2D22	4D22	Ø10-140 mm	D10
BA4	4000	250	350	2D22	2D22	2D22	2D22	Ø10-60 mm	D10
BA5	8000	350	500	2D22	2D22	2D22	2D22	Ø10-140 mm	D10
BA6	5320	300	400	2D22	3D22	2D22	3D22	Ø10-90 mm	D10
BA7	8000	400	550	3D22	6D22	3D22	6D22	Ø10-160 mm	D10

4.2.3 Perencanaan Tangga

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

4.2.3.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang diperlukan untuk merencanakan konstruksi tangga adalah sebagai berikut:

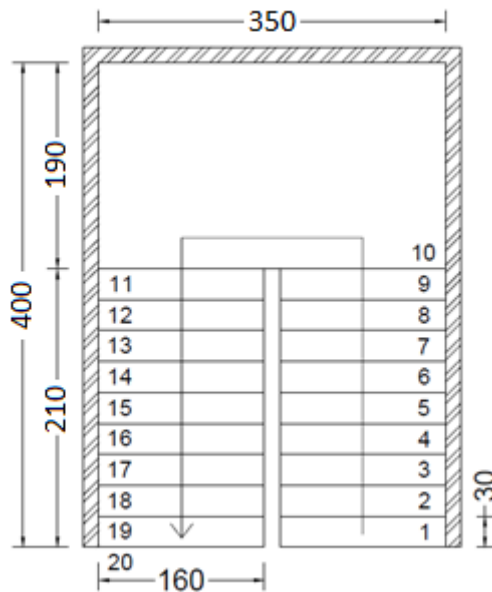
- Mutu beton (f_c') = 35MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Tinggi antar lantai = 300 cm
- Panjang bordes = 190` cm
- Lebar bordes = 350 cm
- Lebar tangga = 160 cm
- Tebal pelat tangga (t_p) = 20cm
- Tebal pelat bordes = 20 cm
- Tinggi injakan (t) = 18,75 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Jumlah tanjakan (n_T) = $\frac{\text{Tinggi lantai}}{t} = 16$ buah
- Jumlah injakan (n_i) = $n_T - 1 = 15$ buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 8 buah
- Jumlah Injakan ke bores = 7 buah
- Jumlah tanjakan dari bordes ke lantai 2 = 8 buah
- Jumlah injakan dari bores ke lantai 2 = 7 buah
- Elevasi bordes = 150 cm
- Panjang horizontal plat tangga bordes = $i \times \text{jumlah injakan bordes}$
= $30 \times 7 = 210$ cm
- Kemiringan tangga (α)

$$\tan \alpha = \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horizontal plat tangga}} = \frac{170}{210} = 0,81$$

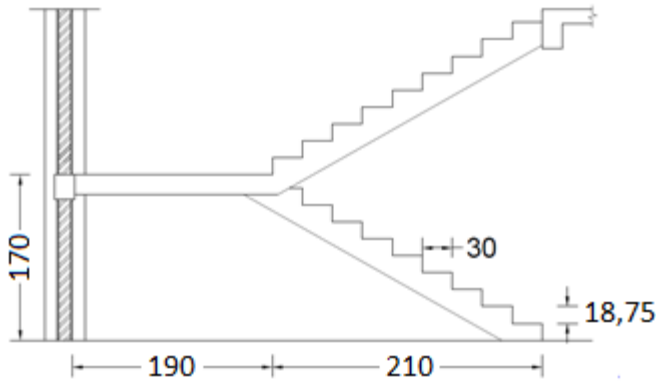
Jadi, $\alpha = 39^\circ$

Cek syarat :

- $60 \leq (2t + i) \leq 65$
 $60 \leq (2 \times 18,75 + 30) \leq 70$
 $60 \leq 67,5 \leq 70 \dots \dots \dots$ (OK)
- $25 \leq \alpha \leq 40$
 $25 \leq 39^\circ \leq 40 \dots$ (OK)
- Tebal plat rata-rata anak tangga = $(i/2) \sin \alpha$
 $= (30/2) \sin 39^\circ$
 $= 9,44 \text{ cm}$
- Tebal plat rata-rata = $tp + tr = 20 + 9,44$
 $= 29,44 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$



Gambar 4. 12 Perencanaan tangga tampak atas



Gambar 4. 13 Potongan tangga

4.2.3.2 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur

a. Pembebanan Tangga

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat tangga} = \frac{0,3}{\cos 39^0} \times 2400 = 926,467 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel horizontal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel vertikal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi horizontal (2 cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi vertical (2 cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

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

$$\text{Total (DL)} = 1108,467 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Hidup (LL): } 1 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban:

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 (1108,467) + 1,6 (479)$$

$$= 2096,56 \text{ kg/m}$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati (DL)

Pelat bordes	$= 0,2 \times 2400 \times 1 \text{ m}$	$= 480 \text{ kg/m}$
Spesi	$= 2 \times 21 \times 1 \text{ m}$	$= 42 \text{ kg/m}$
Tegel	$= 24 \times 1 \text{ m}$	$= 24 \text{ kg/m} +$
Total (LL)		$= 546 \text{ kg/m}$

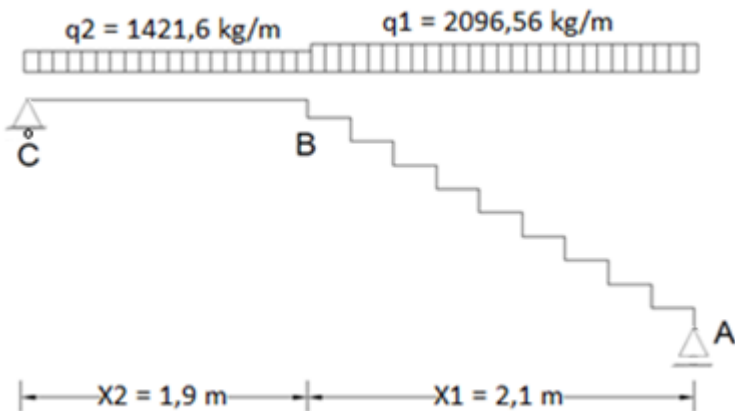
Beban Hidup (LL): $1 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}$

Kombinasi Beban:

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (546) + 1,6 (479) \\ &= 1421,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4.2.3.3 Analisa Gaya-Gaya Dalam

Pada proses analisa struktur tangga ini, menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan menggunakan perletakan Sendi-Rol, dimana pembebanan tangga dan output seperti dibawah ini :



Gambar 4. 14 Sketsa beban pada tangga

- $\sum M_A = 0$
 $(RC \times 4) - (q_2 \times 1,9 \times (0,95 + 2,1)) - (q_1 \times 2,1 \times 1,05) = 0$
 $(RC \times 4) - 8238,172 - 4622,9 = 0$
 $RC = 3215,266 \text{ kg}$
- $\sum M_C = 0$
 $(RA \times 4) - (q_2 \times 1,9 \times 0,95) - (q_1 \times 2,1 \times (1,05 + 1,9)) = 0$
 $(RA \times 4) - 2565,988 - 12988,189 = 0$
 $RA = 3888,542 \text{ kg}$

Kontrol

- $\sum V_A = 0$
 $R_A + R_C - (q_2 \times 1,9) - (q_1 \times 2,1) = 0$
 $3888,542 + 3215,266 - (1421,6 \times 1,9) - (2096,56 \times 2,1) = 0$
 $0 = 0 \dots\dots (\text{OK})$

Gaya dalam yang terjadi

a. Gaya Lintang (D)

Titik C	$D_{C \text{ kanan}} = R_C = 3215,266 \text{ kg}$
Titik B	$D_{B \text{ kiri}} = R_C - (q_2 \times 1,9) = 514,226 \text{ kg}$
	$D_{B \text{ kanan}} = D_{B \text{ kiri}} \times \cos \alpha = 399,629 \text{ kg}$
Titik A	$D_{A \text{ kiri}} = -R_A \times \cos \alpha = -3021,965 \text{ kg}$

b. Gaya Normal (N)

$$N_{C \text{ kanan}} = 0 \text{ kg}$$

$$N_{B \text{ kiri}} = 0 \text{ kg}$$

$$N_{B \text{ kanan}} = (-R_A + q_1 \times 2,1) \sin \alpha = 323,613 \text{ kg}$$

$$N_{A \text{ kiri}} = -R_A \sin \alpha = -3054,281 \text{ kg}$$

c. Gaya Momen (M)

$$M_{x_1} = R_C \times x_2 - \frac{1}{2} q_2 \times x_2^2$$

$$M_C = 0$$

$$M_B = R_C \times x_2 - \frac{1}{2} q_2 \times x_2^2$$

$$M_B = 3215,266 \times 1,9 - \frac{1}{2} \times 1421,6 \times 1,9^2$$

$$= 3543,017 \text{ kgm}$$

Gaya Momen maksimum (M_{\max})

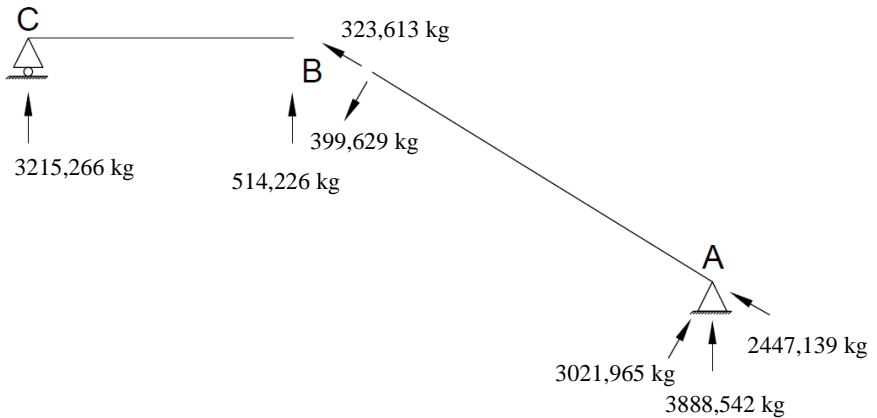
$$R_A - q_1 \times x = 0$$

dimana x adalah jarak titik yang ditinjau dari perletakan titik A

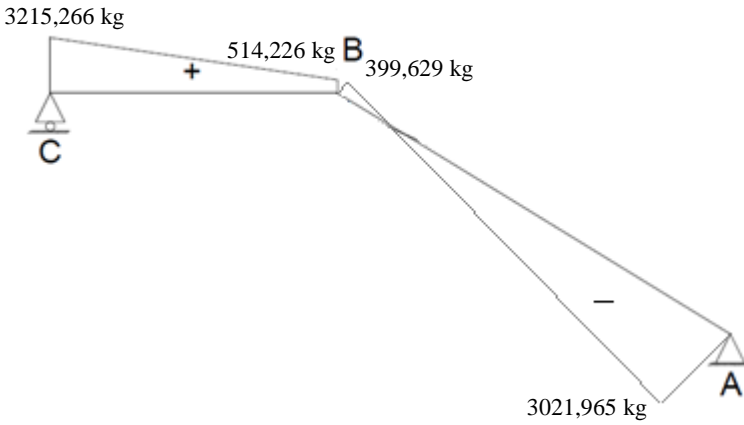
$$x = \frac{R_A}{q_1} = \frac{3888,542}{2096,56} = 1,855 \text{ m} < x_1 = 2,1 \text{ m}$$

Momen maksimum terjadi di titik sejauh $x = 1,855 \text{ m}$ dari titik C

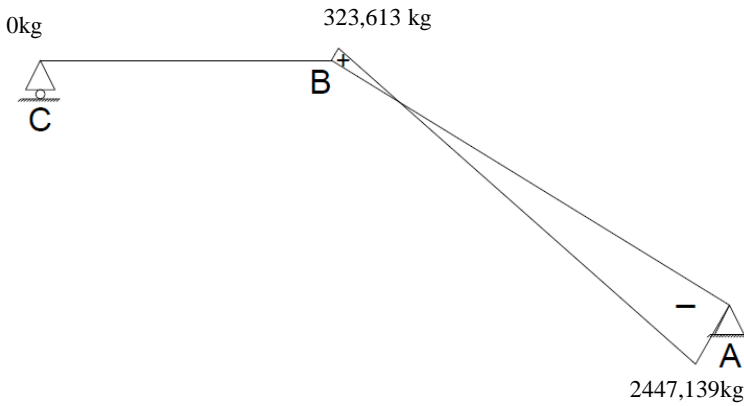
$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_A \times x - \frac{1}{2} q_1 \times x^2 \\ &= 3888,542 \times 1,855 - \frac{1}{2} \times 2096,56 \times 1,855^2 \\ &= 3606,088 \text{ kgm} \end{aligned}$$



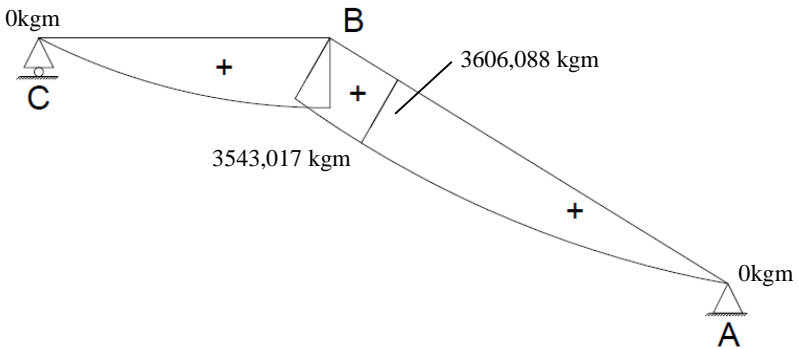
Gambar 4. 15 Free body diagram gaya-gaya pada tangga



Gambar 4. 16 Bidang lintang (D) pada tangga



Gambar 4. 17 Bidang normal (N) pada tangga



Gambar 4. 18 Bidang momen (M) pada tangga

4.2.3.4 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

▪ Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data – Data Perencanaan

Mutu beton (f'_c)	= 35 MPa
Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
Berat jenis beton	= 2400 kg/m ³
D tulangan lentur	= 13 mm
Tebal pelat tangga	= 200 mm
Tebal pelat bordes	= 200 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(35-28)}{7} \geq 0,65 = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,0268$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,007$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0037

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$d = 200 - 20 - (0,5 \times 13) = 173,5 \text{ mm}$$

Penulangan pelat tangga

➤ Tulangan utama

$$M_{\max} = 3606,088 \text{ kgm} = 36060880 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{36060880}{0,8 \times 1000 \times 173,5^2} = 1,497$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,497}{400}} \right) = 0,0039$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0039$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,0039 \times 1000 \times 173,5 = 674,674 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat, maka:

$$S \leq 3 \times 200$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D13}}}$$

$$= \frac{674,674}{132,786} = 5,08 \approx \text{dipakai 6 buah}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/6 = 166 \text{ mm} \sim 160 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \dots$
(OK)

Makadigunakan tulangan lentur D13-160 mm.

➤ Penulangan lentur arah melintang pelat

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\text{min}} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$d = 200 - 20 - 13 - 13/2 = 160,5$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= 0,002 \times b \times d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 160,5 = 321 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times \text{tebal pelat}$, maka:
 $\leq 5 \times 200$
 $\leq 1000 \text{ mm}$
 $S \leq 450 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{D13}}}} \\ &= \frac{321}{132,786} = 2,41 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/3 = 333 \text{ mm} > S_{\text{maks}} \dots$

$$S = 330 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut D13-330 mm.

Penulangan pelat bordes

➤ Tulangan utama

$$M_{\text{max}} = 3543,017 \text{ kgm} = 35430170 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times d_y^2} = \frac{35430170}{0,8 \times 1000 \times 173,5^2} = 1,47$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,47}{400}} \right) = 0,0038$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0038$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0038 \times 1000 \times 173,5 = 654,762 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat, maka:

$$S \leq 3 \times 200$$

$$\leq 600 \text{ mm}$$

$$S \leq 450 \text{ mm}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{D13}}}$$

$$= \frac{654,762}{132,786} = 4,9 \approx \text{dipakai } 5 \text{ buah}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/5 = 200 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \dots$ (OK)

Makadigunakan tulangan lentur D13-200 mm.

➤ Penulangan lentur arah melintang pelat

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\text{min}} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$d = 200 - 20 - 13 - 13/2 = 160,5$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,002 \times b \times d$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 160,5 = 321 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times$ tebal pelat, maka:

$$\leq 5 \times 200$$

$$\leq 1000 \text{ mm}$$

$$S \leq 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D13}}} \\ &= \frac{321}{132,786} = 2,42 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/3 = 333 \text{ mm} \sim 330 \text{ mm} < S_{\text{maks}}$

$S = 450 \text{ mm} \dots$ (OK)

Maka digunakan tulangan susut D13-330 mm.

- Perencanaan dimensi balok bordes

$$h_{\text{min}} = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{16} \times 400 = 25 \approx 30 \text{ cm}$$

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

Dipakai dimensi balok bordes 20/30

- Pembebanan Balok Bordes

Beban Mati

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

$$\text{Berat dinding} = 1,5 \times 250 = 375 \text{ kg/m} +$$

$$q_d = 519 \text{ kg/m}$$

$$q_d \text{ ultimate} = 1,2 \times q_d = 1,2 \times 519 = 622,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{beban pelat bordes (R}_c) = 3215,266 \text{ kg/m} +$$

$$q_u = 3838,066 \text{ kg/m}$$

$$\text{Momen tumpuan} = \frac{1}{24} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{24} \times 3838,066 \times 4^2$$

$$= 2558,711 \text{ kgm}$$

$$= 25587110 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen lapangan} = \frac{1}{12} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{12} \times 3838,066 \times 4^2$$

$$= 5238,81 \text{ kgm}$$

$$= 52388100 \text{ Nmm}$$

$$V_u \text{ total} = 0,5 \times q_u \times L = 0,5 \times 3838,066 \times 4 = 7676,132 \text{ kg}$$

▪ Penulangan Lentur Balok Bordes

Direncanakan:

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga, } d = 300 - 40 - 10 - 16/2 = 242 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(35-28)}{7} \geq 0,65 = 0,8$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c' \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,0357$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,0268$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0037

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

➤ Penulangan Tumpuan

$$M_{\max} = 25587110 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{25587110}{0,8 \times 200 \times 242^2} = 2,73$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,73}{400}} \right) = 0,0072$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0072$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0072 \times 200 \times 242 = 347,151 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \text{ D16}}$$

$$= \frac{347,151}{201,06} = 1,72 \approx \text{dipakai 2 buah}$$

Maka digunakan tulangan tumpuan atas 2 D16

$$A_s' \text{ perlu} = 0,5 \times A_{s\text{perlu}}$$

$$= 0,5 \times 355,836 \text{ mm}^2$$

$$= 177,918 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s \text{ D16}}$$

$$= \frac{177,918}{201,06} = 0,88 \approx \text{dipakai 2 buah}$$

digunakan tulangan tumpuan bawah 2 D16

➤ Penulangan Lapangan:

$$M_{\text{lapangan}} = 52388100 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{52388100}{0,8 \times 200 \times 242^2} = 5,6$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 5,6}{400}} \right) = 0,0156\end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0156$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0156 \times 200 \times 242 = 755,851 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\begin{aligned}n \text{ tulangan} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D16}}} \\ &= \frac{755,851}{201,06} = 3,75 \approx \text{dipakai 4 buah}\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lapangan bawah 4 D16

$$\begin{aligned}A_{s' \text{ perlu}} &= 0,5 \times A_{S_{\text{perlu}}} \\ &= 0,5 \times 755,851 \text{ mm}^2 \\ &= 377,925 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s' \text{ perlu}}}{A_{s \text{ D16}}} \\ &= \frac{377,925}{201,06} = 1,88 \approx \text{dipakai 2 buah}\end{aligned}$$

digunakan tulangan lentur 2 D16

- Penulangan Geser Balok Bordes

$$V_u = 76761,32 \text{ N}$$

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

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 200 \times 242 = 47723,043 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 47723,043 = 35792,283 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 35792,283 = 17896,141 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \times 200 \times 242 = 16133,333 \text{ N}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5(5.1): Bila V_u kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton ϕV_c , maka tidak perlu diberi tulangan geser. Karena $V_u > \phi(V_c + V_{s_{min}})$ maka diperlukan tulangan geser.

$$V_s \text{ perlu} = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c = 54625,384 \text{ N}$$

Diameter tulangan geser $\emptyset 10 \text{ mm}$

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.4 ketentuan jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi $d/2$ atau 600 mm untuk komponen struktur non prategang

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 240 \times 242}{54625,384} = 167,014 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } s < \frac{d}{2} = \frac{242}{2} = 121 \text{ mm}$$

Pasang $\emptyset 10 - 120 \text{ mm}$

4.2.4 Perencanaan Balok Lift

4.2.4.1 Data Perencanaan

Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh SIGMA Elevator Company dengan data-data spesifikasi sebagai berikut:

Tipe Lift	: IRIS NV Standard
Kapasitas	: 1600 Kg
Kecepatan	: 1.0 m/s
Motor	: 18.5 KW
Lebar pintu (<i>opening width</i>)	: 1100 mm
Dimensi sangkar (<i>car size</i>)	
- <i>Car wide</i> (CW)	: 2150 mm
- <i>Car depth</i> (CD)	: 1600 mm
Dimensi ruang luncur (<i>hoistway size</i>) Duplex	
- <i>Hoistway width</i> (HW)	: 5550 mm

- Hoistway depth (HD) : 2300 mm

Beban reaksi ruang mesin

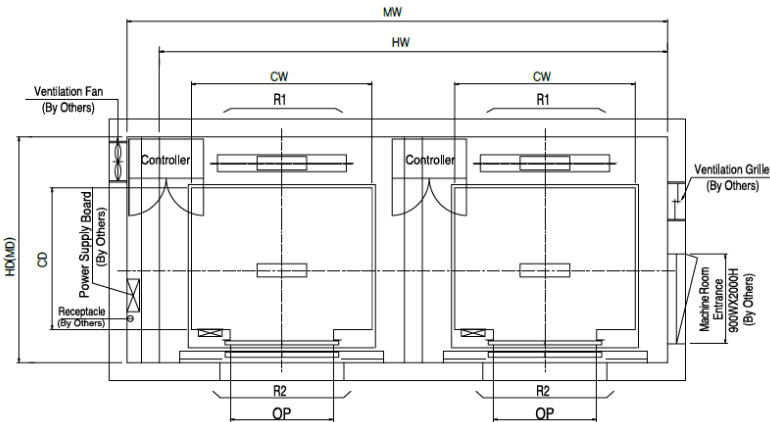
R₁ : 10200 kg

R₂ : 7000 kg

Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi lift berikut disajikan dalam tabel 4.5:

Tabel 4. 6 Spesifikasi C300 Passenger Elevator

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	1100		2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050					
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
	1100		2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
	24	1600	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
	2150		1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						



Gambar 4. 19 Denah Lift

4.2.4.2 Perencanaan Dimensi Balok Lift

▪ Balok Penumpu Depan dan Belakang

Panjang balok penumpu = 532 cm

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 532 \text{ cm} = 33,25 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Dirancang dimensi balok 40/60 cm

▪ Balok Penggantung Lift

Panjang balok penggantung lift = 266 cm

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 266 \text{ cm} = 16,625 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

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

Dirancang dimensi balok 30/50 cm

4.2.4.3 Pembebanan Lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpu

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengkapan, dan akibat bandul pemberat + perlengkapan.

2. Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pasal 3.3(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut:

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

Dimana:

Ψ = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

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

k_1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6

k_2 = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah:

$$P = \sum R \times \Psi = (10200 + 7000) \times (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \\ = 30616 \text{ kg}$$

4.2.4.4 Balok Penggantung Lift 30/50

a. Pembebanan

Beban mati lantai:

$$\text{Berat pelat} = 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Aspal (t=2cm)} = 0,02 \times 1400 = 28 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting + Plumbing} = \underline{30 \text{ kg/m}^2} + \\ = 408 \text{ kg/m}^2$$

$$Q = 408 \times 2,66 \text{ m} = 1085,28 \text{ kg/m}$$

$$\text{Akibat balok} = 0,3 \times 0,5 \times 2400 = \underline{360 \text{ kg/m}} + \\ Q_d = 1445,28 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (q_1):

$$Q_1 = 120 \text{ kg/m}^2 \text{ (pada perhitungan pembebanan pelat bab } \\ 4.2.1.3)$$

$$q_1 = 120 \times 2,66 = 319,2 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_L \\ &= 1,2 \times 1445,28 + 1,6 \times 319,2 \\ &= 2245,056 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat lift P = 30616 kg

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P \\ &= \frac{1}{2} \times 2245,056 \times 2,66 + \frac{1}{2} \times 30616 \\ &= 18293,924 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} PL \\ &= \frac{1}{8} \times 2245,056 \times 2,66^2 + \frac{1}{4} \times 30616 \times 2,66 \\ &= 22345,28 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Data Perencanaan:

$$\begin{aligned} f_c' &= 35 \text{ MPa} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ \text{Tulangan utama} &= D22 \text{ mm} \\ \text{Tulangan sengkang} &= \text{Ø}13 \text{ mm} \\ b &= 30 \text{ cm} \\ h &= 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d = 500 - 40 - 13 - \frac{1}{2} 22 = 436 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(35-28)}{7} \geq 0,65 = 0,8$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,027$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037\end{aligned}$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0037

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

b. Perhitungan Tulangan Lentur

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{223452800}{0,8 \times 300 \times 436^2} = 4,6$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 4,6}{400}} \right) = 0,0126\end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0126$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0126 \times 300 \times 436 = 1646,744 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\begin{aligned}n \text{ tulangan} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s \text{ D22}} \\ &= \frac{1646,744}{380,13} = 4,33 \approx \text{dipakai 5 buah}\end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan 5 D22 (1900,66 mm²)

c. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 18293,924 \text{ kg} = 182939,24 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 300 \times 436 \\ &= 128970,54 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 128970,54 \\ &= 96727,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_{s \text{ min}} &= 0,75 \times 1/3 \times 300 \times 436 \\ &= 32700 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi(V_c + V_{s \text{ min}}) = 129427,9 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} &\phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \times b_w \times d \right) \\ &= 0,75 \left(128970,54 + \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 300 \times 436 \right) \\ &= 290183,714 \end{aligned}$$

$$\phi(V_c + V_{s \text{ min}}) < V_u < \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \times b_w \times d \right)$$

Maka perlu tulangan geser

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c$$

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = 182939,24 - 96727,9 = 86211,34 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ perlu}} = 114948,45 \text{ N}$$

Syarat $s_{\text{max}} < d/2 = 436/2 = 218 \text{ mm}$ dan $s_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$

$$A_v = 2 \times 1/4 \times \pi \times 13^2 = 256,46 \text{ mm}^2$$

Pasang D13 – 200 mm

Kontrol V_s

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{256,46 \times 400 \times 436}{200} = 225698 \text{ N} > V_u$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penggantung lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut:

- Tulangan lentur 5D22
- Tulangan geser D13 – 200 mm

4.2.4.5 Balok Penumpu Depan dan Belakang Lift 40/60

a. Pembebanan

Beban mati lantai:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Aspal (t=2cm)} &= 0,02 \times 1400 = 28 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Ducting + Plumbing} &= \underline{30 \text{ kg/m}^2} + \\
 &= 408 \text{ kg/m}^2 \\
 Q &= 408 \times 1,33 \text{ m} = 542,64 \text{ kg/m} \\
 \text{Akibat balok} &= 0,4 \times 0,6 \times 2400 = \underline{576 \text{ kg/m}} + \\
 Q_d &= 1118,64 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup (q_1):

$$Q_1 = 120 \times 1,33 = 159,6 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \times 1118,64 + 1,6 \times 159,6 \\
 &= 1597,728 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat balok

$$\begin{aligned}
 P &= \sum R \times \Psi = (10200) \times (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \\
 &= 18156 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P \\
 &= \frac{1}{2} \times 1597,728 \times 5,32 + \frac{1}{2} \times 18156 \\
 &= 13327,956 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} PL \\
 &= \frac{1}{8} \times 1597,728 \times 5,32^2 + \frac{1}{4} \times 18156 \times 5,32 \\
 &= 29799,922 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Data Perencanaan:

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 35 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 400 \text{ Mpa} \\
 \text{Tulangan utama} &= \text{D22 mm} \\
 \text{Tulangan sengkang} &= \text{D13 mm}
 \end{aligned}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$d = 600 - 40 - 13 - \frac{1}{2} 22 = 536 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(30-28)}{7} \geq 0,65 = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,027$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037
 \end{aligned}$$

ρ_{\min} dipilih yang paling besar yaitu 0,0037

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

d. Perhitungan Tulangan Lentur

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{297999220}{0,8 \times 400 \times 536^2} = 3,05$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,05}{400}} \right) = 0,0081$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0081$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0081 \times 400 \times 536 = 1728,928 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S \text{ D22}}}$$

$$= \frac{1728,928}{380,13} = 4,54 \approx \text{dipakai 5 buah}$$

Maka dipasang tulangan 5 D22 (1901,428 mm²)

e. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 13327,956 \text{ kg} = 133279,56 \text{ N}$$

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

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 400 \times 536$$

$$= 211401,251 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 211401,251$$

$$= 158550,938 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

Maka, $\phi V_s \text{ perlu} = \phi V_{s \text{ min}} = \phi \frac{1}{3} b_w d$

$$\phi V_{s \text{ min}} = 0,75 \times \frac{1}{3} \times 400 \times 536$$

$$= 53600 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ perlu}} = 53600 \text{ N}$$

Syarat $s_{\text{max}} < d/2 = 636/2 = 318 \text{ mm}$ dan $s_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 256,46 \text{ mm}^2$$

Pasang $\phi 13 - 300 \text{ mm}$

Kontrol V_s

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{256,46 \times 400 \times 536}{300} = 219486,1 \text{ N} > V_u$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penumpu depan dan belakang digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut:

- Tulangan lentur 5D22
- Tulangan geser D13 – 300 mm

4.3 Pemodelan Struktur

4.3.1 Umum

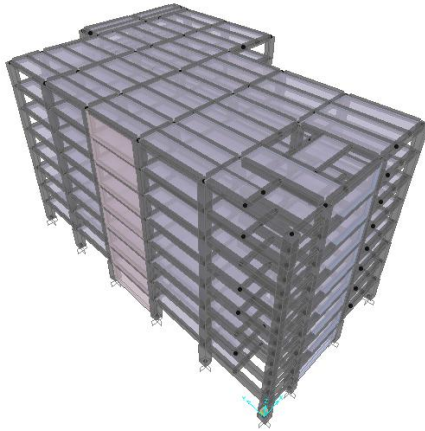
Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 2847:2013 dan pembebanan gempa mengacu pada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

4.3.2 Data-Data Perencanaan

Data-data perancangan gedung Skysuites SOHO kedung baruk surabaya adalah sebagai berikut:

Mutu beton (f_c')	: 35 Mpa
Mutu baja tulangan (f_y)	: 400 Mpa
Fungsi bangunan	: Hunian dan Perkantoran
Jumlah tingkat	: 8 Lantai
Tinggi tiap tingkat	: 3 meter
Tinggi bangunan	: + 24,7 meter
Dimensi balok induk	: - 50/70 cm^2 - 40/55 cm^2 - 30/35 cm^2

Dimensi balok anak	: - 40/55 cm ² - 35/50 cm ² - 30/40 cm ² - 25/35 cm ²
Dimensi kolom	: - 75/75 cm ² - 80/80 cm ² - 85/85 cm ² - 95/95 cm ²
Zona gempa	: Tinggi



Gambar 4. 20Permodelan 3D Struktur Utama

4.3.3 Perhitungan Berat Struktur

Pembebanan gravitasi struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen hanya diterima oleh rangka. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur.

• **Pembebanan gravitasi pada lantai 1-13**

Beban Mati (DL)

Rangka +Plafond	= 18	= 18 kg/m ²
Spesi (2 cm)	= 2 x 21	=42 kg/m ²
Tegel (2 cm)	= 2 x 24	= 48 kg/m ²
Sanitasi	= 20	= 20 kg/m ²
PlumbingDucting	= 10	=10 kg/m ² +
		DL= 138 kg/m ²

- **Pembebanan Pada Atap**

Beban Mati (DL)

Rangka +Plafond	= 18	=18 kg/m ²
Spesi (2 cm)	= 2 x 21	=42 kg/m ²
Aspal	= 14	= 14 kg/m ²
PlumbingDucting	= 10	<u>= 10 kg/m² +</u>
		DL=84kg/m ²

- **Beban Hidup (LL)**

Bedasarkan SNI 1727:2013 Pasal 4.7.3 koefisien reduksi untuk beban hidup struktur yang menumpu dua lantai atau lebih sebesar 20%. Jadi total beban hidup:

$$\text{Beban hidup lantai} = 0,8 \times 192 = 153,6 \text{ kg.}$$

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur gedung Skysuites yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 85% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program SAP2000 untuk kombinasi 1D+0,3L.

4.3.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat

penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 bangunan tahan gempa sebagai berikut:

$$U = 1,4 D$$

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

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

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

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

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

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

Keterangan :

U = beban ultimate

D = beban mati

W = beban angin

E = beban gempa

R = beban air hujan

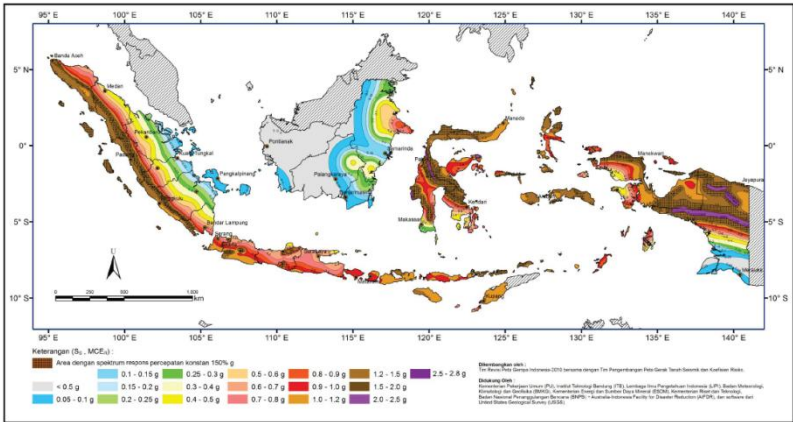
L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

4.3.5 Analisa Beban Gempa

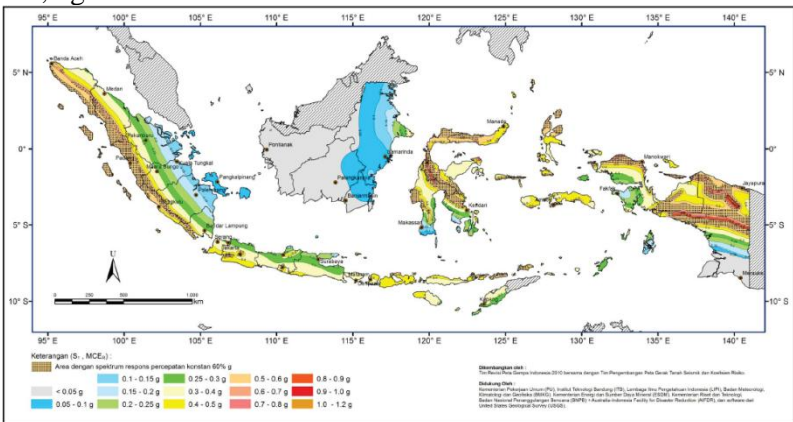
4.3.5.1 Percepatan Respon Spektrum (MCE)

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23



Gambar 4. 21Peta untuk menentukan harga S_s

Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SB. Dari gambar 4.22 untuk daerah Surabaya didapatkan nilai $S_s = 0,6\text{ g}$.



Gambar 4. 22 Peta untuk menentukan harga S_1

Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan

respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SB. Dari gambar 4.23 untuk wilayah Surabaya $S_1 = 0,25$ g.

4.3.6 Untuk nilai F_a (koefisien situs untuk periode 0,2 detik) dan F_v (koefisien situs untuk periode 1 detik) yang didapat dari Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4. 7Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan Pada Periode Pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Tabel 4. 8Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa MCE_R Terpetakan Pada Periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Dari data diatas diperoleh data-data sebagai berikut :

$$S_s = 0,6$$

$$S_1 = 0,25$$

$$F_a = 1,5 \text{ (Dengan cara interpolasi)}$$

$$F_v = 3$$

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (\text{SNI 1726:2012 Pers. 6.2-1})$$

$$= 1,5 \times 0,6$$

$$= 0,9$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (\text{SNI 1726:2012 Pers. 6.2-2})$$

$$= 3 \times 0,25$$

$$= 0,75$$

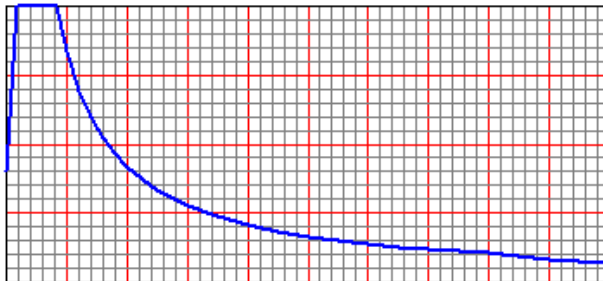
4.3.6.1 Parameter Percepatan Respons Spektral

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,9 = 0,6$$

(SNI 1726:2012 Pers. 6.2-3)

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,75 = 0,5$$

(SNI 1726:2012 Pers. 6.2-4)



Gambar 4. 23 Grafik Respon Spectrum Daerah Surabaya

Bangunan ini direncanakan akan dibangun di daerah kota Surabaya yang mempunyai parameter kecepatan respon spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen sebesar $S_{DS} = 0,6$ dan parameter percepatan respon spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh situs $S_{D1} = 0,5$.

Berdasarkan tabel 4.8 dan tabel 4.9 maka didapat kategori kota Surabaya mempunyai kategori resiko D.

Tabel 4. 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 4. 10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{DI}	Kategori risiko	
	I atau II atau II	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Sistem yang dipilih harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan bahwa kriteria desain yang tepat sesuai dengan kategori desain seismik yang ada adalah sebagai sistem

rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan seluruh gaya gempa yang ditetapkan.

4.3.7 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur gedung Skysuites ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.3.7.1 Arah pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

4.3.7.2 Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan sistem rangka bangunan dengan dinding geser beton bertulang khusus. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5 nilai koefisien modifikasi respon (R) = 6 dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 2,5

4.3.7.3 Faktor Keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan perkantoran. Pada tabel 1 SNI

1726:2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I = 1$.

4.3.8 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

4.3.8.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 4.10 berikut:

Tabel 4. 11 Modal rasio partisipasi massa

OutputCase	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	1	0,442434	0,02559	0,65
MODAL	2	0,411661	0,71	0,68
MODAL	3	0,297062	0,71	0,69
MODAL	4	0,142194	0,87	0,7
MODAL	5	0,128551	0,87	0,7
MODAL	6	0,127978	0,87	0,85
MODAL	7	0,126651	0,87	0,87
MODAL	8	0,123785	0,87	0,88
MODAL	9	0,122966	0,87	0,88
MODAL	10	0,115093	0,94	0,88
MODAL	11	0,127547	0,94	0,93
MODAL	12	0,139809	0,94	0,93

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 96% pada modal ke 10 dan partisipasi massa arah Y sebesar 95% pada modal ke 11. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.3.8.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI1726:2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari:

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

Koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 15 SNI 1726:2012.

Tabel 4. 12 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Tabel 4. 13 Koefisien untuk Batas Atas dari Periode yang di hitung

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

$$T_x = 0,0466 (24 \text{ m})^{0,9} = 0,814 \text{ s}$$

$$T_y = 0,0466 (24 \text{ m})^{0,9} = 0,814 \text{ s}$$

Dengan $S_{D1} = 0,5$ maka didapatkan koefisien $C_u = 1,4$

$$T = T_a \times C_u = 0,814 \times 1,4 = 1,139 \text{ s}$$

Tabel 4. 14 Modal Periode dan Frekuesensi Struktur

OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	0,442434
MODAL	Mode	2	0,411661
MODAL	Mode	3	0,297062
MODAL	Mode	4	0,142194
MODAL	Mode	5	0,128551
MODAL	Mode	6	0,127978
MODAL	Mode	7	0,126651
MODAL	Mode	8	0,123785
MODAL	Mode	9	0,122966
MODAL	Mode	10	0,115093
MODAL	Mode	11	0,127547
MODAL	Mode	12	0,139809

T terbesar yang didapat dari analisis SAP = 0,467285 s, maka:

$0,442434 < T_{a,Cu}$

$0,442434 < 0,814 \times 1,4$

$0,442434 < 1,139$ OK

4.3.8.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \times W \quad (\text{SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana:

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

Dan nilai C_s tidak lebih dari

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

$$C_s = \frac{0,5}{0,442434 \times \left(\frac{6}{1}\right)} = 0,188$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

$$C_s = \frac{0,5 \times 0,25}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,021$$

Maka nilai C_s diambil 0,1

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung adalah:

Tabel 4. 15Reaksi Dasar Struktur

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	N	N	N
D + 0.3L	0	0	97218296

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 95995014 N. Maka:

$$V_{statik} = C_s \times W$$

$$= 0,1 \times 97218296$$

$$= 9721829,6 \text{ N}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

Beban Gempa	GlobalFX	GlobalFY
Text	N	N
GEMPA X	8266281	3311156
GEMPA Y	3389117	8283256

Kontrol:

- Untuk gempa arah X:

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{Statik}$$

$$8266281 \geq 85\% \times 9721829,6 \text{ N}$$

$$8266281 < 8263555 \text{ N (OK)}$$

- Untuk gempa arah Y:

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{Statik}$$

$$8283256 \geq 85\% \times 9721829,6 \text{ N}$$

$$8283256 > 8263555 \text{ N (OK)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur gedung SkySuites SOHO sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.

4.3.8.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana:

Δ_i = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1:

$$\Delta_1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I}$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2:

$$\Delta_2 = \delta_{e2} - \delta_{e1} \times \frac{C_d}{I}$$

Dimana:

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan gaya gempa yang ditetapkan dari tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai $C_d = 5$ dan dari tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I = 1$. Dari tabel 16 SNI 1726:2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah:

$$\Delta_a = 0,02 \times h_{sx}$$

Dimana:

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 3 m, simpangan ijinnya adalah:

$$\Delta_a = 0,02 \times 3$$

$$= 0,06 \text{ m}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Simpangan Antar Lantai Yang Terjadi Akibat Beban

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X		Gempa Arah Y	
	Zi	Simpangan		Simpangan	
	(m)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
Atap	24	6,992	3,635	3,045	9,573
8	21	6,188	3,223	2,711	8,394
7	18	5,205	2,705	2,296	6,972
6	15	4,142	2,139	1,833	5,462
5	12	3,074	1,572	1,361	3,977
4	9	2,051	1,032	0,906	2,589
3	6	1,131	0,559	0,501	1,384
2	3	0,379	0,186	0,171	0,448
1	0	0	0	0	0

Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	δ_{ei} (mm)	δ_i (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	
Atap	24	6,992	34,96	4,02	60	OK
8	21	6,188	30,94	4,915	60	OK
7	18	5,205	26,025	5,315	60	OK
6	15	4,142	20,71	5,34	60	OK
5	12	3,074	15,37	5,115	60	OK
4	9	2,051	10,255	4,6	60	OK
3	6	1,131	5,655	3,76	60	OK
2	3	0,379	1,895	1,895	60	OK
1	0	0	0	0	60	OK

Tabel 4. 19 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	δ_{ei} (mm)	δ_i (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	
Atap	24	3,635	18,175	2,06	60	OK
8	21	3,223	16,115	2,59	60	OK
7	18	2,705	13,525	2,83	60	OK
6	15	2,139	10,695	2,835	60	OK
5	12	1,572	7,86	2,7	60	OK
4	9	1,032	5,16	2,365	60	OK
3	6	0,559	2,795	1,865	60	OK
2	3	0,186	0,93	0,93	60	OK
1	0	0	0	0	60	OK

Tabel 4. 20 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	δ_{ei} (mm)	δ_i (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	
Atap	24	3,045	15,225	1,67	60	OK
8	21	2,711	13,555	2,075	60	OK
7	18	2,296	11,48	2,315	60	OK
6	15	1,833	9,165	2,36	60	OK
5	12	1,361	6,805	2,275	60	OK
4	9	0,906	4,53	2,025	60	OK
3	6	0,501	2,505	1,65	60	OK
2	3	0,171	0,855	0,855	60	OK
1	0	0	0	0	60	OK

Tabel 4. 21 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	δ_{ei} (mm)	δ_i (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	
Atap	24	9,573	47,865	5,895	60	OK
8	21	8,394	41,97	7,11	60	OK
7	18	6,972	34,86	7,55	60	OK
6	15	5,462	27,31	7,425	60	OK
5	12	3,977	19,885	6,94	60	OK
4	9	2,589	12,945	6,025	60	OK
3	6	1,384	6,92	4,68	60	OK
2	3	0,448	2,24	2,24	60	OK
1	0	0	0	0	60	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur gedung Skysuites SOHO memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

4.3.8.5 Kontrol Sistem Rangka Gedung

Untuk sistem rangka gedung, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling banyak 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

Tabel 4. 22 Persentase Gaya Geser yang Mampu Dipikul Sistem Struktur

Pemikul Gaya Geser	Arah X (N)	%	Arah Y (N)	%
Dinding Geser	9606414	79%	9585463	82%
Sistem Rangka	2485713	21%	2116257	18%

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.22 di atas, kontrol system rangka gedung memenuhi.

4.4 Perencanaan Struktur Utama

4.4.1 Umum

Struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Komponen utama terdiri dari balok induk, kolom, dan dinding geser. Pada bab ini akan dibahas mengenai kekuatan struktur utama mencakup kebutuhan tulangan yang diperlukan pada komponen tersebut.

4.4.2 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Didalam preliminary desain gedung Skysuites SOHO surabaya direncanakan dimensi balok induk dengan menggunakan sistem pracetak.

Maka dari itu, penulangan lentur balok induk dihitung dalam dua kondisi, yaitu sebelum komposit dan setelah komposit. Dengan adanya dua kondisi tersebut nantinya akan dipilih tulangan yang lebih kritis untuk digunakan pada penulangan balok induk.

4.4.2.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang diperlukan meliputi:

- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Dimensi balok = 50/70 cm
- Diameter tulangan longitudinal = 22 mm
- Diameter tulangan sengkang = 13 mm

4.4.2.2 Penulangan Lentur Balok Induk BB9 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 anak sesudah komposit yang telah dihitung sebelumnya. Perhitungan untuk pembebanan merata pada balok induk menggunakan konsep menggunakan konsep tributary area. Pada penulangan balok induk melintang perhitungan balok induk dengan panjang bentang 8 m dijadikan sebagai contoh perhitungan.

Berikut ini merupakan beban merata (q) yang terjadi pada balok :

Beban mati

$$\text{Berat sendiri pelat pracetak} = 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

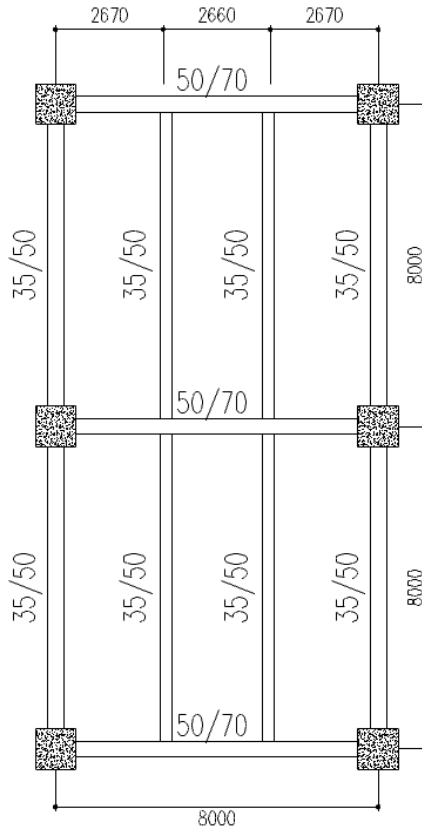
$$\text{Beban pekerja} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Dimensi balok induk sebelum komposit} = 50/55$$

$$\text{Bentang balok induk} = 8 \text{ meter}$$

a) Pelat dalam kondisi terdapat overtopping

Pada kondisi komposit, beban yang dihitung hanyalah menerima beban mati dan beban hidup dari pelat pracetak, balok anak, serta berat dari balok induk itu sendiri.



Gambar 4. 24Detail pembalokan

Beban pada balok anak

- Beban ultimate

Beban ultimate akibat balok anak

$$V_{u_{\text{balok anak}}} = 7334,533 \text{ kg} \quad (\text{perhitungan bab 4.2.2.4})$$

$$P_u = 2 \times V_{u_{\text{balok anak}}} = 2 \times 7334,533 = 14669,066 \text{ kg}$$

Beban pada balok induk

Beban yang terjadi pada balok induk adalah beban hidup pekerja, berat sendiri balok induk dan berat ekuivalen pelat.

- **Beban Mati**

$$\text{Berat balok induk} = 0,7 \times 0,5 \times 2400 = 840 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat ekuivalen pelat} &= 2 \times \frac{1}{12} \times q \times Ly \\ &= 2 \times \frac{1}{12} \times 360 \times 7,25 \\ &= 444 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

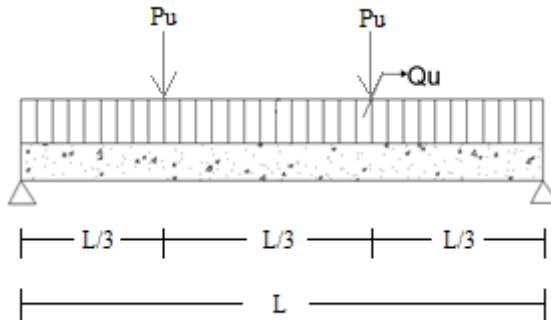
$$\text{Total beban mati balok induk} = 840 + 444 = 1284 \text{ kg/m}$$

- **Beban Hidup**

$$\begin{aligned} \text{Beban ekuivalen pekerja} &= 2 \times \frac{1}{12} \times q \times Ly \\ &= 2 \times \frac{1}{12} \times 100 \times 7,25 \\ &= 123,333 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2 \times 1284 + 1,6 \times 123,333 \\ &= 1738,133 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat digambarkan pembebanan pada balok induk sebelum komposit dalam gambar 4.25 berikut:



Gambar 4. 25 Pembebanan balok induk sebelum komposit

$$\begin{aligned}
 M_u &= \left(\frac{1}{8} \times Q_u \times L^2 \right) + (P_u \times L/3) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 1738,133 \times 8^2 \right) + (14669,07 \times 8/3) \\
 &= 53022,576 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

b) Perhitungan Tulangan Lentur

• Data Perencanaan

Dimensi Balok Induk	= 50/55
Bentang Balok Induk	= 8 m
Diameter Tulangan utama	= 22 mm
Diameter Sengkang	= 13 mm
ρ_{\max}	= 0,027
ρ_{\min}	= 0,0037
b	= 500 mm
$d_x = 550 - 40 - 13 - (0,5 \times 22)$	= 486 mm
$M_u = 53022,576 \text{ kgm}$	

Karena perletakan sebelum komposit dianggap sendi maka momen tumpuannya adalah nol.

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d x^2} = \frac{530225760}{0,8 \times 500 \times 486^2} = 5,61$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 5,61}{400}} \right) = 0,015 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,015$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,015 \times 500 \times 486 = 3811,223 \text{ mm}^2$$

➤ Digunakan 11D22 mm ($A_s = 4183,14 \text{ mm}^2$)

c. Perhitungan tulangan geser

$$\begin{aligned} V_u &= 0,5 \cdot Q_u \cdot L + P_u = 0,5 \cdot 1738,133 \cdot 8 + 14669,066 \\ &= 21621,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 350 \times 486 \\ &= 239601 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 239601 \\ &= 179700 \text{ N} \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \times 179700 = 89850 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= V_u / \phi \\ &= 21621,6 / 0,75 \\ &= 288288 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $V_s > \phi V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser. Dipakai tulangan D13 mm dengan mutu baja $f_y = 400$ MPa

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$A_s \text{ D13} = 132,786 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times 132,786 = 265,571 \text{ mm}^2$$

Perhitungan jarak sengkang, dimana:

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s - \phi V_c} = \frac{265,571 \times 400 \times 486}{288287 - 179700} = 285 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 bahwa jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang tertutup tidak lebih $d/2$ sepanjang komponen struktur, maka:

$$s \leq d/2$$

$$\leq 486/2 = 243 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang di luar sendi plastis D13-240 mm.

4.4.2.3 Penulangan Lentur Balok Induk BB9 Setelah Komposit

Perencanaan balok induk didesain dengan menggunakan tulangan rangkap dimana untuk merencanakan tulangan lentur diperhitungkan gaya gempa arah bolak balik (kiri dan kanan) yang akan menghasilkan momen positif dan negatif pada tumpuan dan lapangan. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan digunakan merupakan kombinasi dari perencanaan bertahap tersebut dengan mengambil jumlah tulangan yang terbesar.

Data - data yang akan digunakan dalam merencanakan balok induk pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Mutu beton } (f'c) = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baj } (f_y) \text{ tulangan} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Dimensi balok induk} = 50/70 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang balok induk} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Tebal } \textit{decking} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 22 \text{ mm}$$

Diameter sengkang = 13 mm

$b = 500$ mm

$d = 700 - 40 - 13 - (0,5 \times 22) = 636$ mm

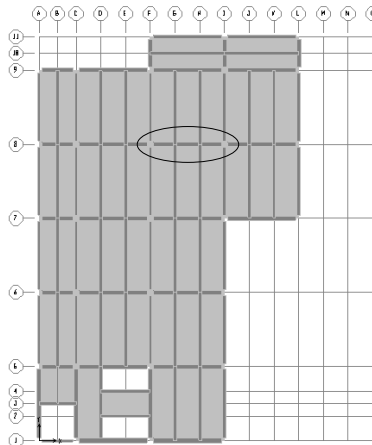
$d' = 40 + 13 + (0,5 \times 22) = 64$ mm

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(35-28)}{7} \geq 0,65 = 0,8$$

$$\rho_{\max} = 0,027$$

$$\rho_{\min} = 0,0037$$

Dari analisa SAP2000 didapat nilai momen sebagai berikut:



Gambar 4. 26Denah pemalokan

M tump negatif	= -594283354 Nmm
M tump positif	= +179816865 Nmm
M lap negatif	= -126149601 Nmm
M lap positif	= +244713933 Nmm

Gaya axial tarik	= 69809,34 N
Gaya axial tekan	= 208293,41 N
Geser maksimum	= 392890,55 N

a. Penulangan Tumpuan (balok dianggap persegi)

a.1. Tulangan negatif tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D22

$$Mu^{(-)} = 594283354 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{594283354}{0,8 \times 500 \times 636^2} = 3,67$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,67}{400}} \right)$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0098$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0098 \times 500 \times 636 = 3126,7 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{D22}}$$

$$= \frac{3126,7}{380,13} = 8,2 \approx 9 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 9D22

a.2. Tulangan positif tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D22

$$Mu^{(+)} = 179816865 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{179816865}{0,8 \times 500 \times 636^2} = 1,11$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,11}{400}} \right) = 0,0028$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0028 < \rho_{\text{min}} = 0,0037$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0037$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0037 \times 500 \times 636 = 1175,82 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{SD22}}$$

$$= \frac{1175,82}{380,13} = 3,1 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 4D22

b. Penulangan Lapangan (balok dianggap persegi)

b.1. Tulangan negatif lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D22

$$M_u^{(-)} = 126149601 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{126149601}{0,8 \times 500 \times 636^2} = 0,78$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,78}{400}} \right) = 0,0019$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0019 < \rho_{\text{min}} = 0,0037$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0037$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0037 \times 500 \times 636 = 1175,82 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{SD22}}$$

$$= \frac{1175,82}{380,13} = 3,1 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 4D22

b.2. Tulangan positif lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D22

$$M_u^{(+)} = 244713933 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{244713933}{0,8 \times 500 \times 636^2} = 1,51$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,51}{400}} \right) = 0,0039$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0039$, sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0039 \times 500 \times 636 = 1234,63 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s D22}$$

$$= \frac{1234,63}{380,13} = 3,24 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan lentur 4D22

c. Penulangan Geser dan Torsi

Sesuai peraturan SNI 2847:2013 bab 11 mengenai geser dan torsi, perencanaan tulangan geser dan torsi mengikuti kaidah berikut ini :

Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh geser harus didasarkan pada perumusan:

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

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

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana:

V_u = Geser pada terfaktor penampang yang ditinjau

Φ = Faktor reduksi geser (0,75)

V_n = Kuat Geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat Geser nominal tulangan geser

Sedangkan untuk perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut:

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

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

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

Dimana:

T_n = kekuatan momen torsi nominal

T_u = momen torsi terfaktor pada penampang

A_o = luas penampang beton yang menahan transfer geser, mm^2

A_t = luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi dalam spasi s , mm^2

f_{yt} = kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)

s = spasi tulangan geser atau puntir dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal

Sesuai peraturan (SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2) bahwa pada struktur statis tak tentu dimana reduksi momen torsi pada komponen struktur dapat terjadi akibat redistribusi gaya-gaya

dalam. Pengaruh torsi balok diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari:

$$\phi 0,33\lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

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

➤ Penulangan Geser

▪ Penulangan Geser Balok Balok Induk Interior 5,5 meter

Penulangan geser balok induk didasarkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.5.3 dimana nilai gaya geser rencana (yang digunakan untuk perencanaan desain) bukan hanya pada gaya geser yang terjadi, tetapi harus memenuhi persyaratan yang ada sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.

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

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan penulangan tumpuan dan lapangan untuk balok dengan bentang 5,5 meter.

Perumusan perhitungan gaya lintang pada balok

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \left(\frac{Wu \times l_n}{2} + \frac{Pu}{2} \right)$$

Dari persyaratan yang telah ditetapkan di atas maka besarnya gaya geser rencana dilakukan dengan membandingkan

nilai momen nominal ujung balok (pada muka kolom) ditambah dengan gaya geser beban gravitasi berfaktor.

Nilai momen nominal maksimum dari cek momentulangan 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 4. 23 Nilai Mpr balok induk interior

LOKASI		Tul. Pasang	As perlu	a (mm)	Mpr (Nmm)	
Tumpuan	KIRI	ATAS	9	3422,571	115,044	989940780
		BAWAH	4	1521,143	51,131	464279095,9
	KANAN	ATAS	9	3422,571	115,044	989940780
		BAWAH	4	1521,143	51,131	464279095,9

$$M_{pr1} = 989940780 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr2} = 464279095,9 \text{ Nmm}$$

$$l_n = 7,25 \text{ m}$$

geser yang terjadi pada balok induk dengan kombinasi pembebanan 1,2 D + L yang didapat dari perhitungan SAP2000 sebesar :

$$V = 279686,67 \text{ N}$$

Maka di subsitusikan menjadi :

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm V$$

$$V_u = \frac{989940780 + 464279095,9}{7250} - 279686,67$$

$$V_u = -83170,47 \text{ N}$$

$$V_u = \frac{989940780 + 464279095,9}{7250} + 279686,67$$

$$V_u = 476202,87 \text{ N}$$

Hasil dari SAP 2000 dengan nilai geser maksimum yang terjadi dari semua kombinasi pembebanan adalah $V_u = 392890,55 \text{ N}$, sehingga nilai V_u yang menentukan ialah $476202,87 \text{ N}$

▪ 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:

$$1. \quad 0,5 \cdot V_{n_{\max}} \leq \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$$

$$0,5 \cdot (989940780 + 464279095,9)/7250 \leq 476202 \text{ N}$$

$$195516,2 \leq 476202,87 \text{ N} \quad \dots \text{ (OK)}$$

$$2. \quad \text{Gaya Aksial Tekan} < A_g \times f_c' / 20$$

$$208293,41 < 612500 \text{ N} \quad \dots \text{ (OK)}$$

Dari kondisi di atas maka persyaratan memenuhi:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{476202}{0,75} = 634937,2 \text{ N}$$

Jika dipakai begel 2 kaki dengan D13 mm ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 400 \times 636}{634937,2} = 106,4 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang $2h = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$ dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $d/4 = 636/4 = 159 \text{ mm}$
- $8 \times D_{\text{tul longitudinal}} = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$
- $24 \times D_{\text{tul sengkang}} = 24 \times 13 = 312 \text{ mm}$

d. 300 mm

Dari Syarat diatas maka diambil sengkang didaerah plastis D13-100 mm. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

▪ **Pemasangan sengkang diluar sendi plastis**

Nilai geser nominal beton maksimum, V_c , di luar sendi plastis harus sesuai dengan pasal 11.2.2.3 karena mengalami aksial tarik yang cukup besar.

$$V_c = \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{0,29Nu}{Ag} \right) \times \sqrt{f'_c} \times bw \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.2.2.3

$$V_c = \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{0,29(-69809,34)}{500 \times 700} \right) \times \sqrt{35} \times 500 \times 636$$

$$V_c = 295415,73 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 295415,73$$

$$= 221561,8 \text{ N}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \times 221561,8 = 110780,9 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang $2h = 2 \cdot 700 = 1400 \text{ mm}$, maka dari data analisa SAP2000 di dapat V_u pada jarak 1400mm pada balok induk sebesar :

$$V_u = 279686,67 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{279686,67}{0,75}$$

$$= 372915,56 \text{ N}$$

Karena $V_s > \phi V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser. Dipakai tulangan D13mm dengan mutu baja $f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$A_s \text{ D13} = 132,786 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times 132,786 = 265,571 \text{ mm}^2$$

Perhitungan jarak sengkang, dimana:

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s - \phi V_c} = \frac{265,571 \times 400 \times 636}{372915,56 - 221561,8} = 446 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 bahwa jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang tertutup tidak lebih $d/2$ sepanjang komponen struktur, maka:

$$s \leq d/2 \\ \leq 636/2 = 318 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang di luar sendi plastis D13-310 mm.

➤ Perhitungan Penulangan Torsi

Data perencanaan:

Dimensi Balok Induk = 500/700 mm

Analisa SAP2000:

Torsi max daerah sendi plastis $T_u = 34959151 \text{ Nmm}$

Torsi max luar sendi plastis $T_u = 30660016,56 \text{ Nmm}$

Pada kasus ini pengaruh torsi balok induk balok induk boleh diabaikan apabila sesuai persamaan berikut:

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \cdot \sqrt{1 - \frac{N_u}{0,33 \cdot \sqrt{f'_c}}} \\ \text{(SNI 2847:2013 pasal 11.5.1(c))}$$

$$T_u < 0,75 \cdot 0,083 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{350000^2}{2400} \right) \cdot \sqrt{1 - \frac{69809,34}{0,33 \cdot \sqrt{35}}}$$

$$34959151 \text{ Nmm} > 17811346 \text{ Nmm}$$

$$30660016,56 \text{ Nmm} > 17811346 \text{ Nmm}$$

Dengan demikian dibutuhkan Tulangan Torsi.

- Kekuatan Momen Torsi
 - Daerah sendi plastis
 Dimensi penampang harus sebagai berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{476202}{500 \times 636}\right)^2 + \left(\frac{34959151 \times (407 + 607) \times 2}{1,7 \times (407 \times 607)^2}\right)^2}$$

$$\leq 0,75 \left(\frac{295415,7}{500 \times 636} + 0,66 \sqrt{35} \right)$$

$$1,64 \leq 3,625 \dots \dots (\text{OK})$$

Desain penampang harus berdasarkan pada

$$\phi T_n \geq T_u$$

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

Dimana :

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

$$= 0,85 (407 \times 607)^2$$

$$= 51878227141 \text{ mm}^2$$

$$A_t = 132,73 \text{ mm}^2 \text{ (tulangan D13)}$$

$$s = 310 \text{ mm (jarak sengkang)}$$

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

maka,

$$T_n = \frac{2 \times 51878227141 \times 132,73 \times 400}{100} \cot(45^\circ)$$

$$= 4,13 \times 10^{13} \text{ Nmm}$$

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$0,75 \times 4,13 \times 10^{13} \geq 34959151$$

$$3,1 \times 10^{13} \text{ Nmm} > 34959151 \text{ Nmm} \dots \dots \text{OK}$$

▪ Luas Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 luas total minimum tulangan torsi longitudinal harus dihitung dengan:

$$\begin{aligned}
 A_e &= \frac{0,42\sqrt{f'_c}A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right)P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \\
 &= \frac{0,42\sqrt{35} \times 350000}{400} - \left(\frac{132,73}{100}\right)2028 \times \frac{400}{400} \\
 &= -518,734 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan torsi longitudinal

○ Daerah luar sendi plastis

Dimensi penampang harus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66\sqrt{f'_c}\right) \\
 &\sqrt{\left(\frac{476202}{500 \times 636}\right)^2 + \left(\frac{30660016,56 \times (407 + 607) \times 2}{1,7 \times (407 \times 607)^2}\right)^2} \\
 &\leq 0,75 \left(\frac{295415,7}{500 \times 636} + 0,66\sqrt{35}\right) \\
 &1,06 \leq 3,625 \dots\dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

Desain penampang harus berdasarkan pada

$$\phi T_n \geq T_u$$

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

Dimana :

$$\begin{aligned}
 A_o &= 0,85 A_{ho} \\
 &= 0,85 (407 \times 607)^2 \\
 &= 51878227141 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_t = 132,73 \text{ mm}^2 \text{ (tulangan D13)}$$

$$s = 310 \text{ mm (jarak sengkang)}$$

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

maka,

$$T_n = \frac{2 \times 51878227141 \times 132,73 \times 400}{100} \cot(45^\circ)$$

$$= 1,72 \times 10^{13} \text{ Nmm}$$

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$0,75 \times 1,72 \times 10^{13} \geq 34959151$$

$$1,29 \times 10^{13} \text{ Nmm} > 34959151 \text{ Nmm} \dots\dots \text{OK}$$

▪ Luas Tulangan Longitudinal

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3 luas total minimum tulangan torsi longitudinal harus dihitung dengan:

$$\begin{aligned} A_\ell &= \frac{0,42 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= \frac{0,42 \sqrt{35} \times 350000}{400} - \left(\frac{132,73}{240} \right) 2028 \times \frac{400}{400} \\ &= 1052,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = A_t / A_s = 1052,12 / 380,286 = 2,76 \sim 3 \text{ buah}$$

Maka diperlu tulangan torsi longitudinal 3D22

d. 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 tabel 9.5(a), syarat tebal minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut:

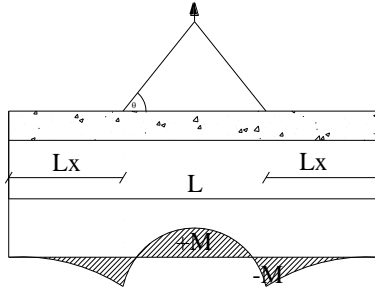
Balok dengan dua tumpuan

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

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

4.4.2.4 Pengangkatan Elemen Balok Induk

Balok induk dibuat secara pracetak di pabrik. 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.



Gambar 7. 1 Momen saat pengangkatan balok induk

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left(1 + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta} \right)} \right)}$$

➤ **Kondisi sebelum komposit**

b = 50 cm

h = 55 cm

L = 800 cm

Perhitungan :

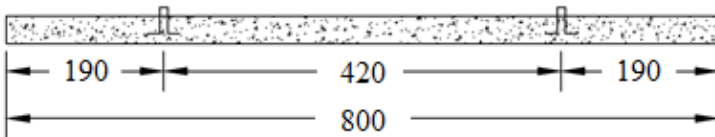
$$Y_t = Y_b = \frac{55}{2} = 27,5 \text{ cm}$$

$$Y_c = 27,5 + 5 = 32,5 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 27,5}{800 \times \operatorname{tg} 45^\circ}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{27,5}{27,5} \left(1 + \frac{4 \times 27,5}{800 \times \operatorname{tg} 45^\circ} \right)} \right)} = 0,235$$

$$X \times L = 0,235 \times 800 = 188 \text{ cm} = 190 \text{ cm}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 800 - 2 \times (190) = 420 \text{ cm}$$



Gambar 4. 27Letak titik pengangkatan

e. Pembebanan

$$\text{Balok } (0,5 \times 0,55 \times 8 \times 2400) = 5280 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T \sin \phi = P &= \frac{1,2 \times k \times W}{2} \\ &= \frac{1,2 \times 1,7 \times 5280}{2} \\ &= 5385,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T = \frac{5385,6}{\sin 45^\circ} = 7616,39 \text{ kg}$$

f. Tulangan Angkat Balok Induk

$$P_u = 7616,39 \text{ kg}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu $f_y = 400 \text{ Mpa}$ adalah $f_y/1,5$. Jika dipakai tulangan polos dengan mutu $f_y = 400 \text{ Mpa}$, maka:

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4000/1,5 = 2666 \text{ kg/m}^2$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{P_u}{\sigma_{\text{ijin}} \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{7616,39}{2666 \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,95 \text{ cm}$$

Digunakan Tulangan D10 mm

Dalam upaya untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2 sebagai berikut:

$$W_{\text{Balok}} = (0,5 \times 0,55 \times 2400) = 660 \text{ kg/m}$$

➤ Momen lapangan

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg } \theta} \right)$$

$$+M = \left(\frac{660 \times 8^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,235 + \frac{4 \times 0,325}{8 \times \text{tg } 45} \right) \right) \times 1,2$$

$$= 1402,865 \text{ kgm}$$

• Tegangan yang Terjadi

$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{1402,865 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 500 \times 550^2}$$

$$= 0,556 \text{ MPa} \leq f_r = 0,62 \sqrt{f_c'} = 3,67 \text{ MPa OK}$$

➤ Momen tumpuan

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$-M = \left(\frac{660 \times 0,235^2 \times 8^2}{2} \right) \times 1,2 = 1402,865 \text{ kgm}$$

• Tegangan yang terjadi

$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{1402,865 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 500 \times 550^2}$$

$$= 0,556 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7\sqrt{f_c'} = 3,67 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Dari perhitungan momen diatas, didapatkan nilai f' akibat momen positif dan negatif berada dibawah nilai $f'_{r_{ijin}}$ usia beton 3 hari. Jadi dapat ditarik kesimpulan, balok anak tersebut aman dalam menerima tegangan akibat pengangkatan.

4.4.2.5 Penulangan Balok Induk yang Terpasang

Penulangan balok induk yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari kedua keadaan diatas (keadaan sebelum komposit dan sesudah komposit) disajikan dalam tabel 4.23 dan 4.24

Tabel 4. 24Penulangan Lapangan Balok Induk

Kode Balok	L	h	B	Tulangan Lentur		Sengkang	Torsi
	mm	mm	mm	Atas	Bawah		
BB1	800	50	35	2D22	3D22	D13-140	-
BB2	800	50	35	2D22	5D22	D13-140	-
BB3	800	50	35	2D22	5D22	D13-140	-
BB4	800	50	35	2D22	3D22	D13-140	-
BB5	360	70	50	2D22	3D22	D13-90	-
BB6	360	70	50	3D22	3D22	D13-60	-
BB7	360	70	50	3D22	3D22	D13-140	-
BB8	800	70	50	2D22	6D22	D13-130	4D22
BB9	800	70	50	4D22	11D22	D13-240	3D22
BB10	800	70	50	2D22	7D22	D13-140	4D22
BB11	800	50	35	2D22	3D22	D13-140	-
BB12	800	70	50	4D22	6D22	D13-110	5D22
BB13	400	70	50	3D22	3D22	D13-80	-
BB14	400	70	50	4D22	3D22	D13-40	-
BB15	400	35	30	2D22	2D22	D13-340	-
BB16	800	70	50	2D22	4D22	D13-190	-
BB17	800	55	40	2D22	7D22	D13-160	-
BB18	800	70	50	2D22	10D22	D13-240	-
BB19	800	70	50	2D22	5D22	D13-240	-
BB20	800	70	50	2D22	6D22	D13-240	-

Penulangan balok induk yang terpakai pada daerah lapangan

Tabel 4. 25Penulangan Tumpuan Balok Induk

Kode Balok	L	h	B	Tulangan Lentur		Sengkang	Torsi
	mm	mm	mm	Atas	Bawah		
BB1	800	50	35	3D22	3D22	D13-140	-
BB2	800	50	35	3D22	5D22	D13-140	-
BB3	800	50	35	4D22	5D22	D13-140	-
BB4	800	50	35	3D22	3D22	D13-140	2D22
BB5	360	70	50	4D22	3D22	D13-80	-
BB6	360	70	50	4D22	4D22	D13-50	-
BB7	360	70	50	3D22	3D22	D13-80	-
BB8	800	70	50	4D22	6D22	D13-110	5D22
BB9	800	70	50	9D22	11D22	D13-100	-
BB10	800	70	50	6D22	7D22	D13-100	4D22
BB11	800	50	35	2D22	3D22	D13-140	-
BB12	800	70	50	4D22	6D22	D13-110	5D22
BB13	400	70	50	4D22	4D22	D13-80	-
BB14	400	70	50	5D22	4D22	D13-40	-
BB15	400	35	30	3D22	3D22	D13-290	-
BB16	800	70	50	4D22	4D22	D13-160	-
BB17	800	55	40	5D22	7D22	D13-160	-
BB18	800	70	50	5D22	10D22	D13-100	4D22
BB19	800	70	50	4D22	5D22	D13-240	-
BB20	800	70	50	3D22	6D22	D13-240	-

Penulangan balok induk yang terpakai pada daerah tumpuan

4.4.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, serta berfungsi untuk meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Pada perencanaan Tugas Akhir ini, kolom yang diperhitungkan diambil pada kolom yang memikul beban terbesar.

4.4.3.1 Data Umum Perencanaan Kolom K1

Data umum perencanaan adalah sebagai berikut:

- Dimensi kolom : 95/95 cm
- Tinggi kolom : 300 cm
- Tebal decking : 40 mm
- Diameter Tulangan Utama (D) : 25 mm
- Diameter Sengkang (ϕ) : 16 mm
- Mutu baja (f_y) : 400 Mpa
- Mutu beton (f_c') : 35 Mpa
- $d = 950 - 40 - 16 - (0,5 \times 25) = 881,5$ mm

4.4.3.2 Kontrol Dimensi Kolom

Sebelum diperiksa syarat dimensi kolom menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila:

- Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial
- Menerima beban aksial berfaktor lebih besar dari $A_g f_c' / 10 = 950 \times 950 \times 35 / 10 = 3158750$ N = 3158,75 kN

Karena 3158,75 kN ini lebih kecil dari beban aksial berfaktor maximum dari SAP (7034,91 kN) maka pasal tersebut diatas berlaku:

- Ukuran penampang terpendek 950 mm > 300 mm (Ok)
- Ratio $b/h = 950/950 = 1 > 0,4$ (Ok)

4.4.3.3 Perhitungan Penulangan Kolom

Dengan menggunakan *software* SAP2000 diperoleh Besarnya gaya dalam pada kolom sebagai berikut:

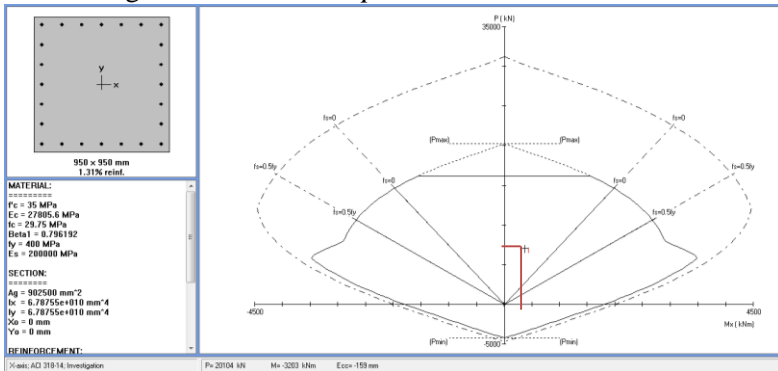
Tabel 4. 26 Gaya dalam kolom

Ukuran (mm)	Aksial (kN)	Torsi (kN-m)	Momen (kN-m)	Geser (kN)
950x950	7034,71	19,961	364,666	207,942

Sesuai dengan persyaratan pada SNI 2847:2013 komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat bebanguavitasi terfaktor yang melebihi $A_g \cdot f'_c / 10$, harus memenuhiketentuan pada pasal 21.6.4, 21.6.5, dan 21.7.3.

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya aksial terfaktor} &\leq A_g \times \frac{f'_c}{10} \\
 &\leq 950 \times 950 \times \frac{35}{10} \\
 &\leq 3158750 \text{ N} = 3158,75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa dengan program bantu SAP 2000 didapat gaya aksial tekan terfaktor yang terbesar adalah 7034,71 kN. Karena beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur telah melebihi $A_g \times \frac{f'_c}{10}$, maka detail pengekangan kolom harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4, 21.6.5, dan 21.7.3.



Gambar 4. 28 Diagram interaksi aksial vs momen kolom

Berdasarkan kombinasi pada **Tabel 4.26**, maka kolom memerlukan tulangan memanjang (longitudinal) sebanyak 24D25 ($\rho = 1,3\%$) seperti pada hasil perhitungan program bantu *spColumn* pada **Gambar 4.30**. Kebutuhan ρ tersebut telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 10.9.1 yaitu antara 1%-8%. Dari hasil analisis kolom menggunakan program bantu *spColumn*, didapat hasil analisa sebagai berikut:

- Rasio tulangan longitudinal = 1,3 %
- Penulangan 24D25 = $A_s = 11785,7 \text{ mm}^2$
- $I_x = 6,78 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $I_y = 6,78 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $A_g = 902500 \text{ mm}^2$

4.4.3.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasilanalisa struktur.

$$\begin{aligned} \phi P_n (\text{max}) &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 35 \times (902500 - 11785,7) + 400 \times 11785,7] \\ &= 16230775 \text{ N} \\ &= 16230,775 \text{ kN} > 7034,71 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

jadi, tulangan memanjang 24 D25 dapat digunakan.

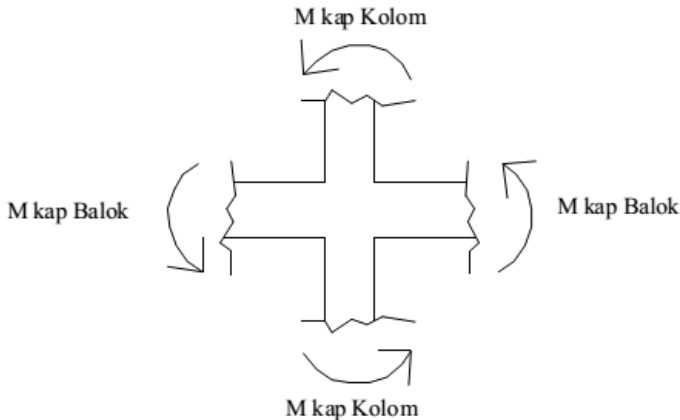
4.4.3.5 Persyaratan “Strong Column Weak Beams”

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

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

Dimana $\sum M_{nc}$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum M_{nb}$ merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka

selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong kolom weak beam*.



Gambar 4. 29 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di HBK

Dari hasil analisa *SpColumn* didapatkan nilai $\phi M_n = 2340$ kNm dan $\phi = 0,65$

$$\text{Maka, } M_n = \frac{\phi M_n}{\phi} = \frac{2340}{0,65} = 3600 \text{ kNm}$$

M_{nc} didapat:

$$\sum M_{nc} = 2 \times (3600) = 7200 \text{ kNm}$$

Nilai M_g dicari dari jumlah M_{nb+} dan M_{nb-} balok yang menyatu dengan kolom didapat dari M_n di tabel penulangan balok interior. Diperoleh bahwa:

$$M_{nb+} = 989,94 \text{ kNm}$$

$$M_{nb-} = 464,28 \text{ kNm}$$

Sehingga

$$\sum M_{nb} = 0,85 \times (989,94 + 464,28) = 1236 \text{ kNm}$$

Persyaratan *Strong Column Weak Beam*

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

Maka:

$$7200 \text{ kNm} > 1,2 \times 1236 \text{ kNm}$$

$$7200 \text{ kNm} > 1483 \text{ kNm (Ok)}$$

Maka Memenuhi Persyaratan “*Strong Column Weak Beam*”

4.4.3.6 Kontrol Persyaratan Kolom Terhadap Gaya Geser Rencana Ve

➤ Geser pada kolom :

Bedasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 gaya geser desain, Veditentukan sebagai berikut :

$$V_e = \frac{(2 \times M_{pr})}{Ln}$$

M_{pr} adalah kekuatan lentur mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa bebanaksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka jointyang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit **1,25 fy**. Sehingga nilai fy untuk analisa geser sebesar :

$$1,25 \times fy = 1,25 \times 400 = 500 \text{ Mpa}$$

Dari hasil analisa *SpColumn* didapatkan nilai $\phi Mn = 900$ kNm dan $\phi = 0,65$

$$\text{Maka, } M_{pr} = Mn = \frac{\phi Mn}{\phi} = \frac{2340}{0,65} = 3600 \text{ kNm}$$

Panjang bentang bersih: $3 - 0,7 = 2,3$ m

$$V_e = \frac{(2 \times 3600)}{2,3} = 3130 \text{ kN}$$

➤ Geser pada balok :

Perhitungan M_{pr} pada balok:

$$M_{pr}^+ = 989,94 \text{ kNm}$$

$$M_{pr}^- = 464,28 \text{ kNm}$$

$$V_u = 2 \times \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{l_1} \times \frac{l_2}{l_1 + l_2}$$

$$- V_u = 2 \times \frac{464,28 + 989,94}{2,3} \times \frac{2,3}{(2,3 + 2,3)}$$

$$V_u = 632 \text{ kN}$$

$$V_e > V$$

$$3130 \text{ kN} > 632 \text{ kN}$$

Nilai gaya geser diambil nilai terbesar dari analisa SAP2000 dan kedua nilai di atas sehingga diambil nilai gaya geser sebesar 3130 kN.

A. Pengekang kolom

Bedasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1 panjang ℓ_o tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

a) $h = 700 \text{ mm}$

b) $\frac{1}{6} \times l_n = \frac{1}{6} \times 2300 = 383 \text{ mm}$

c) 450 mm

∴Maka, ℓ_o pakai adalah 700 mm

Untuk jarak sengkang (s) sepanjang panjang ℓ_o berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

a) $\frac{1}{4} \times b = \frac{1}{4} \times 950 = 237,5 \text{ mm}$

b) $6 \times dl = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

c) $s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$
 $= 100 + \left(\frac{350 - (0,5 \times (950 - 2 \times (40 + 16/2)))}{3} \right) = 74,3 \text{ mm}$

Dimana S_o tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Maka dipakai jarak sengkang (s) = 100 mm

Untuk Ash minimal sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai lebih besar dari hasil 2 rumus berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{sb_c f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \frac{sb_c f_c'}{f_{yt}}$$

Keterangan:

S = jarak spasi tulangan transversal (mm)

b_c = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

A_g = luasan penampang kolom (mm²)

A_{ch} = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm²)

f_{yt} = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

Dengan asumsi bahwa $s = 130$ mm, $f_{yt} = 400$ Mpa, selimut beton = 40 mm dan $D_s = 16$ mm. sehingga diperoleh:

$$b_c = 950 - 2(40 + \frac{1}{2} \times 16) = 854 \text{ mm}$$

$$A_g = 950 \times 950 = 902500 \text{ mm}^2$$

$$A_{ch} = (950 - 40)^2 = 828100 \text{ mm}^2$$

Maka:

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{100 \times 854 \times 35}{400} \left[\left(\frac{902500}{828100} \right) - 1 \right] = 201,41 \text{ mm}^2$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{100 \times 854 \times 35}{400} = 672,525 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 1206,85 \text{ mm}^2 > A_{sh} \text{ max} = 672,525 \text{ mm}^2$$

Untuk memenuhi syarat diatas dipasang 6D16 – 100mm ($A_{sh} = 672,525 \text{ mm}^2 < 1206,85 \text{ mm}^2$). Mengingat beban aksial

terfaktor kolom minimal $16230,775 \text{ kN} > 7034,71 \text{ kN}$, maka Nilai V_c diambil sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{7034710}{14 \times 902500} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 950 \times 881,5$$

$$V_c = 1311147 \text{ N} = 1311,147 \text{ kN}$$

Bedasarkan A_v 4D16 = $804,571 \text{ mm}^2$ dan s terpasang = 100 mm

$d = h \text{ kolom} - d' - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} dl$

$$d = 950 - 40 - 16 - \frac{1}{2} 25$$

$$d = 881,5 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{1206,85 \times 400 \times 881,5}{100} = 4255353 \text{ N} = 4255,353 \text{ kN}$$

Maka $\emptyset(V_c + V_s)$

$$= 0,75(1311,147 + 4255,353) = 4174,875 \text{ kN} > V_u = 3130 \text{ kN}$$

Maka A_{sh} yang terpasang di $\ell_o = 700 \text{ mm}$ cukup untuk menahan geser.

Bedasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5 spasi sengkang di luar panjang ℓ_o boleh melebihi yang lebih kecil dari:

$$\text{a) } 6 \times dl = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\text{b) } 150 \text{ mm}$$

\therefore Maka, dipakai sengkang di luar panjang 6D16 – 150 mm

4.4.3.7 Penulangan Kolom yang Terpasang

Penulangan Kolom yang terpakai atau yang akan dipasang adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari kedua keadaan diatas yang disajikan dalam tabel 4.27

Tabel 4. 27 Penulangan Kolom

Kode Kolom	Dimensi	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal	
	(cm)		l_o	Luar l_o
K1	95/95	24D25	6D16-100	6D16-150
K2	85/85	20D25	6D16-100	6D16-150
K3	80/80	16D25	6D16-100	6D16-150
K4	75/75	12D25	6D16-100	6D16-150

B. Panjang Lewatan pada Sambungan Tulangan Kolom

Sambungan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 berikut :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Dimana :

$$\Psi_t = 1 ; \Psi_e = 1 ; \Psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$K_{tr} = 0 \rightarrow$ penyederhanaan desain

$$c = 40 + ds + \frac{1}{2}dl$$

$$= 40 + 16 + \frac{1}{2} 25$$

$$= 68,5 \text{ mm}$$

$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{35}} \frac{1 \times 1 \times 1}{\left(\frac{68,5 + 0}{25} \right)} \right) \times 25$$

$$l_d = 562,82 \text{ mm}$$

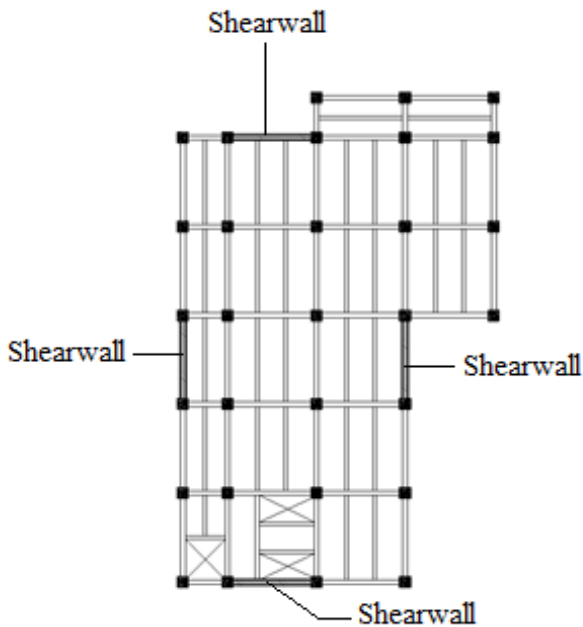
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.7.2 sambungan lewatan tulangan ulir dan kawat ulir $l_d \geq 200\text{mm}$, maka

$$l_d \geq 200 \text{ mm}$$

$$590,61 \geq 200 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

4.4.4 Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser (*Shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekuk maupun geser. Untuk dinding seperti itu, geser maksimum V_u dan momen maksimum M_u terjadi pada dasar dinding. Jika tegangan lentur diperhitungkan, besar tegangan lentur tersebut akan dipengaruhi oleh beban aksial N_u (kombinasi aksial lentur). Dalam struktur bangunan ini dipakai model section dinding geser dengan tebal 40 cm. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser berdasarkan hasil analisa SAP 2000 yang mempunyai gaya paling maksimum.



Gambar 4. 30 Denah penempatan shearwall

Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Mutu beton ($f'c$)	= 35 MPa
Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
Tebal dinding geser	= 40 cm
Bentang shearwall	= 8 m (Arah Y)
	= 8 m (Arah X)
Tinggi shearwall	= 24 m (keseluruhan)
Tebal selimut beton	= 40 mm

4.4.4.1 Gaya Geser Rencana Dinding Geser

Dinding geser harus mempunyai tulangan geser horisontal dan vertikal. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser pada lantai dasar. Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program SAP 2000 didapatkan kombinasi envelope beban maksimum sebagai berikut:

Tabel 4. 28 Output gaya dalam dinding geser (SAP2000)

Kombinasi	Arah X			Arah Y		
	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)
Envelope	11460	2223	316	12950	2240	357

4.4.4.2 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 14.5.2)

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

Dimana:

ℓ_c = panjang kolom

h = tebal dinding geser

k = factor panjang efektif, dimana $k = 0,8$

- Untuk arah X

$$P_u = 11460 \text{ kN}$$

$$A_g = 8000 \times 400 = 32 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_{nw} = 0,55 \times 0,75 \times 35 \times 32 \times 10^5 \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 3000}{32 \times 400} \right)^2 \right]$$

$$= 44575781 \text{ N}$$

$$= 44575,781 \text{ kN} > P_u = 11460 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

- Untuk arah Y

$$P_u = 12950 \text{ kN}$$

$$A_g = 8000 \times 400 = 32 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_{nw} = 0,55 \times 0,75 \times 35 \times 32 \times 10^5 \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 3000}{32 \times 400} \right)^2 \right]$$

$$= 44575781 \text{ N}$$

$$= 44575,781 \text{ kN} > P_u = 12950 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

4.4.4.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847:2013, pasal 11.9.3)

$$\phi V_n = \phi 0,83 \sqrt{f'c} h.d \geq V_u$$

Dimana:

h = tebal dinding geser

$$d = 0,8 \ell_w$$

- Untuk arah X

$$V_u = 2223 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 8000$$

$$= 6400 \text{ mm}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 0,83 \sqrt{35} \times 400 \times 6400$$

$$\begin{aligned}
 &= 9427864 \text{ N} \\
 &= 9427,864 \text{ kN} > V_u = 2223 \text{ kN} \dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Untuk arah Y

$$\begin{aligned}
 V_u &= 2240 \text{ kN} \\
 d &= 0,8 \times 8000 \\
 &= 6400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \times 0,83 \sqrt{35} \times 400 \times 6400 \\
 &= 9427864 \text{ N} \\
 &= 9427,864 \text{ kN} > V_u = 2240 \text{ kN} \dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

4.4.4.4 Kuat Geser Beton

Perhitungan kuat geser yang disumbangkan oleh beton dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.9.6.

$$V_c = 0,27\lambda\sqrt{f'_c} \times h \times d + \frac{N_u \times d}{4 \times \ell_w}$$

- Untuk arah X

$$N_u = P_u = 11460 \text{ kN}$$

$$\ell_w = 8000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 0,8 \times 8000 \\
 &= 6400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$V_c = 0,27 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 6400 + \frac{11460000 \times 6400}{4 \times 8000}$$

$$= 6381194 \text{ N}$$

$$= 6381,194 \text{ kN}$$

$$V_u < 0,5\phi V_c$$

$$2223 \text{ kN} < 0,5 \times 0,75 \times 6381,194 \text{ kN}$$

$$2223 \text{ kN} < 2392 \text{ kN}$$

Karena $V_u < 0,5\phi V_c$, maka $\phi V_n > V_u$.

Dimana:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

A_v = luas tulangan horizontal

s = jarak tulangan horizontal

Karena $V_u < 0,5\phi V_c$, maka pakai $\rho_{min} = 0,0025$

- Untuk arah Y

$$N_u = P_u = 2240 \text{ kN}$$

$$\ell_w = 8000 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times 8000$$

$$= 6400 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,27 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 6400 + \frac{11460000 \times 6400}{4 \times 8000}$$

$$= 6381194 \text{ N}$$

$$= 6381,194 \text{ kN}$$

$$V_u < 0,5\phi V_c$$

$$2240 \text{ kN} < 0,5 \times 0,75 \times 6381,194 \text{ kN}$$

$$2240 \text{ kN} < 2392 \text{ kN}$$

Karena $V_u < 0,5\phi V_c$, maka pakai $\rho_{min} = 0,0025$

4.4.4.5 Penulangan Geser Dinding Geser

Sedikitnya harus dipakai dua lapis tulangan bila gaya geser di dalam bidang dinding diantara 2 komponen batas melebihi $0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c} \times x \lambda$, dimana A_{cv} adalah luas netto yang dibatasi oleh tebal dan panjang penampang dinding (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2)

• Arah X

$$V_u = 2223 > 0,17 \times (8000 \times 400) \times \sqrt{35}$$

$$= 2223 \text{ kN} < 3218347 \text{ N}$$

$$= 2223 \text{ kN} < 3218,347 \text{ kN}$$

Maka tidak diperlukan dua lapis tulangan

- Arah Y

$$\begin{aligned} V_u &= 2240 \text{ kN} > 0,17 \times (8000 \times 400) \times \sqrt{35} \\ &= 2240 \text{ kN} < 3218347 \text{ N} \\ &= 2240 \text{ kN} < 3218,347 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka tidak diperlukan dua lapis tulangan

4.4.4.6 Penulangan Geser Horizontal

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9 rasio tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025

- Untuk arah X

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $\ell_w / 5 = 8000 / 5 = 1600 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- 450mm.

Dipakai tulangan horizontal dua lapis D18 ($A_v = 509,143 \text{ mm}^2$)

$$s < \frac{A_v}{h \times \rho_t} = \frac{509,143}{400 \times 0,0025} = 509,143 \text{ mm}$$

Pakai $s = 450 \text{ mm}$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D18 - 400mm.

- Untuk arah Y

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $\ell_w / 5 = 8000 / 5 = 1600 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$
- 450mm.

Dipakai tulangan horizontal dua lapis D13 ($A_v = 509,143 \text{ mm}^2$)

$$s < \frac{A_v}{h \times \rho_t} = \frac{509,143}{400 \times 0,0025} = 509,143 \text{ mm}$$

Pakai $s = 450 \text{ mm}$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D18 - 400mm.

4.4.4.7 Batas Kuat Geser Tiap Dinding Struktural

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9.4 rasio luas tulangan geser vertikal terhadap luas beton bruto penampang horizontal tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari:

$$\rho_\ell = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{h_w}{\ell_w} \right) (\rho_t - 0,0025) < \rho_t$$

dan $\rho_\ell = 0,0025$

- Untuk arah X

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{509,143}{400 \times 450} = 0,00283$$

$$\rho_\ell = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{3000}{8000} \right) (0,0028 - 0,0025) < \rho_t$$

$$\rho_\ell = 0,00282 < \rho_t = 0,00283$$

Maka, $\rho_{\ell \min} = 0,00283$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

a) $\ell_w / 3 = 8000 / 3 = 2666 \text{ mm}$

b) $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$

c) 450 mm .

Dipakai tulangan vertikal dua lapis 2D18 ($A_v = 509,143 \text{ mm}^2$)

$$s < \frac{A_s}{h \times \rho_t} = \frac{509,143}{400 \times 0,00283} = 449 \text{ mm}$$

Pakai $s = 400 \text{ mm}$

Maka, digunakan tulangan geser vertikal 2D18 - 400mm.

- Untuk arah Y

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{509,143}{400 \times 450} = 0,00283$$

$$\rho_\ell = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{3000}{8000} \right) (0,0028 - 0,0025) < \rho_t$$

$$\rho_\ell = 0,00282 < \rho_t = 0,00283$$

Maka, $\rho_{\ell \min} = 0,00283$

Spasi tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

d) $\ell_w / 3 = 8000 / 3 = 2666 \text{ mm}$

e) $3h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$

f) 450mm.

Dipakai tulangan vertikal dua lapis 2D13 ($A_s = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s < \frac{A_s}{h \times \rho_t} = \frac{509,143}{400 \times 0,00283} = 449 \text{ mm}$$

pakai $s = 400 \text{ mm}$.

Maka, digunakan tulangan geser vertikal 2D18 - 400mm.

4.5 Perencanaan Sambungan

4.5.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen 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 (*non topping*) seperti *mechanical connection* dan *welding connection* yang cukup rumit. Untuk sambungan basah dalam 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 dipakai stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat *topping* agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

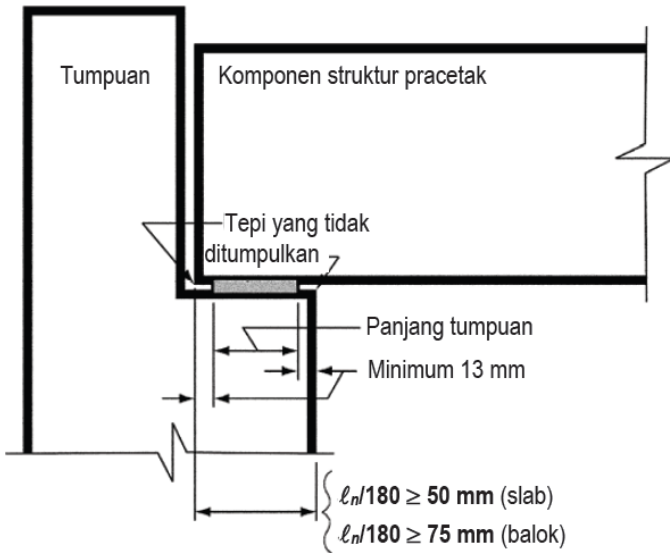
Dalam pelaksanaan kontruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga ditinjau *serviceability*, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut.

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*).

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 16.6.2.2, adalah

- $D = 1/180 L_n$
- Untuk slab masif atau inti berongga (*hollow-core*) 50 mm
- Untuk balok atau komponen struktur bertangkai (*stemmed*) 75 mm

Dimana L_n = bentang bersih elemen pracetak

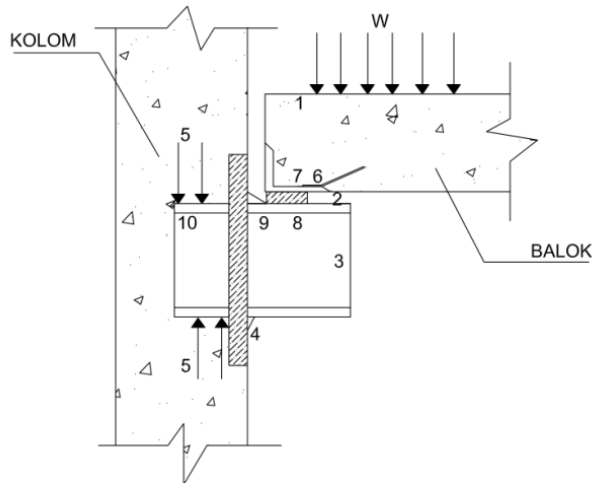


Gambar 4. 31 Panjang Tumpuan pada Tumpuan

4.5.2 Konsep Desain Sambungan

4.5.2.1 Mekanisme Pemindahan Beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam. Untuk menjelaskan mekanisme pemindahan beban, diambil contoh seperti Gambar 4.34 dimana pemindahan beban diteruskan ke kolom dengan melalui tahap sebagai berikut:



Gambar 4. 32Mekanisme Pemindahan Beban

1. Beban diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser
2. Perletakan ke *haunch* melalui gaya tekan *pads*
3. *Haunch* menyerap gaya vertical dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.
4. Gaya geser vertical dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las.
5. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Balok beton ke tulangan dengan lekatan/ikatan.
2. Tulangan baja siku di ujung balok diikat dengan las.
3. Baja siku di ujung balok ke *haunch* melalui gesekan di atas dan di bawah *bearing pads*. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada *pads*.
4. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
5. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh *stud* ke kolom beton melalui ikatan / lekatan.

4.5.2.2 Klasifikasi Sistem dan Sambungannya

Sistem pracetak didefinisikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambungan:

1. Lokasi penyambungan

Portal daktail dapat dibagi sesuai dengan letak penyambung dan lokasi yang diharapkan terjadi pelelehan atau tempat sendi daktailnya. Simbol-simbol di bawah ini digunakan untuk mengidentifikasi perilaku dan karakteristik pelaksanaannya.

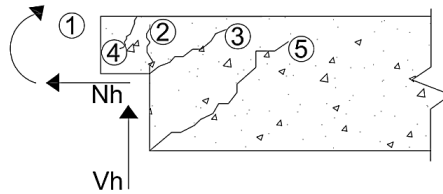
- *Strong*, sambungan elemen-elemen pracetak yang kuat dan tidak akan leleh akibat gempa-gempa yang besar.
- *Sendi*, sambungan elemen-elemen pracetak bila dilihat dari momen akibat beban lateral gempa dapat bersifat sebagai sendi.
- *Daktail*, sambungan elemen-elemen pracetak yang daktail dan berfungsi sebagai pemencar energi.
- Lokasi sendi plastis

2. Jenis alat penyambung

- *Shell pracetak* dengan bagian intinya di cor beton setempat
- *Cold joint* yang diberi tulangan biasa
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint digROUT.
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint tidak digROUT.
- *Sambungan-sambungan mekanik*

4.5.2.3 Pola-pola Kehancuran

Sebagian perencanaan diharuskan untuk menguji masing-masing pola-pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. Sebagai contoh pada kehancuran untuk sambungan sederhana dapat dilihat pada gambar 4.35

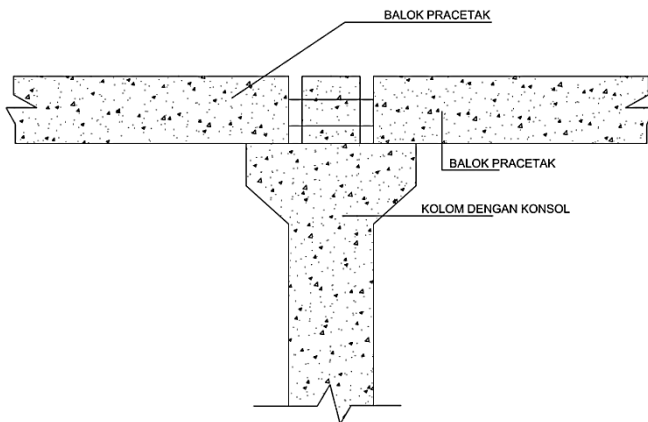


Gambar 4. 33Model keruntuhan

PCI desain handbook memberikan 5 pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan *dapped-end* dari balok yaitu sebagai berikut

- 1) lentur dan gaya tarik aksial pada ujung
- 2) Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung
- 3) Geser langsung antar tonjolan dengan bagian utama balok
- 4) Tarik diagonal pada ujung akhir
- 5) Perletakan pada ujung atau tonjolan

Pada tugas akhir ini penulis merencanakan sistem balok pracetak yang mampu menumpu pada kolom dengan bantuan konsol pendek pada saat proses pencapaian penyambungan sebelum komposit sehingga mencapai kekuatan yang benar-benar monolit (menyatu dan berkesinambungan). Berikut disajikan permodelannya dalam gambar 4.36 berikut ini:



Gambar 4. 34Model sambungan balok pada konsol kolom

4.5.3 Penggunaan Topping Beton

Penggunaan topping beton komposit disebabkan karena berbagai pertimbangan. Tujuan utamanya adalah:

- 1) Untuk menjamin agar lantai beton pracetak dapat bekerja sebagai satu kesatuan diafragma horizontal yang cukup kaku.
- 2) Agar penyebaran atau distribusi beban hidup vertical antar komponen pracetak lebih merata.
- 3) Meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau camber mereduksi kebocoran air.

Tebal topping umumnya berkisar antara 50 mm sampai 100 mm. Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak melampaui $5,50 \text{ kg/cm}^2$. Bila tegangan geser tersebut dilampaui, maka topping beton tidak boleh dianggap sebagai struktur komposit, melainkan harus dianggap sebagai beban mati yang bekerja pada komponen beton pracetak tersebut. Kebutuhan baja tulangan pada topping dalam menampung gaya geser horizontal tersebut dapat direncanakan dengan menggunakan geser friksi (*shear friction concept*).

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} \geq A_{vf} \text{ min}$$

dimana:

A_{vf} = luas tulangan geser friksi

V_n = luas geser nominal $< 0,2 f_c A_c$ (Newton)

$< 5,5 A_c$ (Newton)

A_c = luas penampang beton yang memikul penyaluran geser

F_y = kuat leleh tulangan

μ = koefisien friksi (1)

$A_{vf} \text{ min} = 0,018 A_c$ untuk baja tulangan mutu $< 400 \text{ Mpa}$

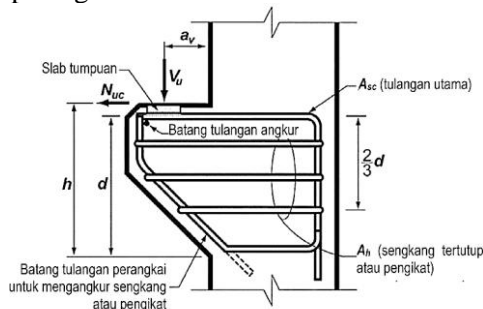
$= 0,018 \times 400/f_y$ untuk tulangan $f_y > 400 \text{ Mpa}$ diukur

pada tegangan leleh 0,35% dalam segala hal tidak boleh kurang dari $0,0014 A_c$

4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom

4.5.4.1 Perencanaan Konsol pada Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan 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 4.37 berikut ini:



Gambar 4. 35 Geometrik konsol pendek

Ketentuan SNI 2847:2013 pasal 11.8 tentang perencanaan konsol pendek yang diatur sebagai berikut:

1. Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi a_v/d tidak lebih besar dari satu, dan dikenai gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc} , tidak lebih besar daripada V_u . Tinggi efektif d harus ditentukan di muka tumpuan
2. Tinggi di tepi luar luas tumpuan tidak boleh kurang dari $0,5d$
3. Penampang di muka tumpuan harus didesain untuk menahan secara bersamaan V_u suatu momen terfaktor $V_{ua} + N_{uc} (h-d)$, dan gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc}
 - 1) Dalam semua perhitungan desain yang sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8, ϕ harus diambil sama dengan 0,75
 - 2) Desain tulangan geser-friksi A_{vf} untuk menahan V_u harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8:

- a) Untuk beton berat normal, V tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,2f_c' b_w d$, $(3,3+0,08f_c')$ $b_w d$, dan $11 b_w d$.
 - b) Untuk beton ringan atau ringan pasir, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari $(0,2 - 0,07 \frac{a}{d}) f_c' b_w d$ dan $(5,5 - 1,9 \frac{a}{d}) b_w d$
 - c) Tulangan A_f untuk menahan momen terfaktor
 - a. $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ harus dihitung menurut SNI 2847:2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3
 - d) Tulangan A_n untuk menahan gaya Tarik terfaktor N_{uc} harus ditentukan dari $\phi A_n f_y \geq N_{uc}$. Gaya tarik terfaktor, N_u tidak boleh diambil kurang dari $0,2V_u$ kecuali bila ketentuan dibuat untuk menghindari gaya Tarik. N_u harus dianggap sebagai beban hidup bahkan bilamana Tarik yang dihasilkan dari kekangan rangkai, susut, atau perubahan suhu.
 - e) Luas tulangan Tarik utama A_{sc} tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari $(A_f + A_n)$ dan $(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n)$
4. Luas total A_h , sengkang tertutup atau pengikat paralel terhadap tulangan Tarik utama tidak boleh kurang dari $0,5(A_{sc} - A_n)$. Distribusikan A_h secara merata dalam $(2/3)d$ bersebelahan dengan tulangan tarik utama
 5. $\frac{A_{sc}}{bd}$ tidak boleh kurang dari $0,04 \frac{f_r c}{f_y}$
 6. Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama A_s harus diangkur dengan salah satu dari berikut:
 - a) Dengan las struktur pada batang tulangan transversal dengan sedikit berukuran sama; las didesain untuk mengembangkan f_y tulangan Tarik utama
 - b) Dengan pembengkokan tulangan tarik utama menjadi bentuk tertutup horizontal atau
 - c) Dengan suatu cara pengankuran baik lainnya
 7. Luas tumpuan pada konsol pendek tidak boleh menonjol melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama A_s ,

ataupun menonjol melampaui muka dalam dari batang tulangan angkur transversal (bila batang tulangan tersebut disediakan)

4.5.4.2 Penulangan Konsol pada Kolom

a. Data perencanaan

V_u output analisis dengan software SAP2000 = 392890 N

Dimensi Balok = 50/70

Dimensi konsol:

b_w = 500 mm

h = 400 mm

d = 400 – 40 – 25 = 335 mm

f_c' = 35 MPa

f_y = 400 MPa

a_v = 150 mm

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a_v/d = 150 / 335 = 0,41 < 1 \dots \text{OK}$

- $N_{uc} \geq 0,2V_u$

$$N_{uc} = 0,2 \times 392890 = 78578 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser

V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{392890}{0,75} = 523853 \text{ N}$$

b. 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:

- a) $0,2 f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 500 \times 335$
 $= 1172500 \text{ N} > V_n = 523853 \text{ N} \dots \text{OK}$
- b) $(3,3 + 0,08 f_c') b_w d = (3,3 + 0,08 \times 35) 500 \times 335$
 $= 1021750 \text{ N} > V_n = 523853 \text{ N} \dots \text{OK}$
- c) $11 b_w d = 11 \times 500 \times 335$
 $= 1842500 \text{ N} > V_n = 523853 \text{ N} \dots \text{OK}$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu}$$

$$= \frac{523853}{400 \times 1,4}$$

$$= 935,452 \text{ mm}^2$$

c. Luas tulangan lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan Nuc minimum.

$$M_u = V_{ua} \times a + N_{uc} (h-d)$$

$$= (392890 \times 150) + (78578 \times (400-335))$$

$$= 64041070 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d x^2} = \frac{64041070}{0,8 \times 500 \times 335^2} = 1,43$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,43}{400}} \right) = 0,00366$$

$\rho = 0,00366 < \rho_{\text{min}} = 0,0037$, maka dipakai $\rho = 0,0037$

$$A_{f1} = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$A_{f1} = \frac{64041070}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 335} = 749,676 \text{ mm}^2$$

$$A_{f2} = \rho \times b \times d$$

$$A_{f2} = 0,0037 \times 500 \times 335$$

$$A_{f2} = 619,75 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_f = 749,676 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok A_s :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{78578}{0,75 \times 400} = 261,93 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_{sc} = A_f + A_n = 749,676 + 261,93 = 1011,606 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 935,452}{3} \right) + 261,93 = 885,565 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{sc \min} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{35}{400} \right) 500 \times 335 = 586,25 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_{sc} = 1011,606 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{sc}}{A_s D25} \\ &= \frac{1011,606}{490,874} = 2,06 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan utama 3D25 ($A_s = 1472,622 \text{ mm}^2$)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas total sengkang tertutup tidak boleh kurang dari:

$$A_h = 0,5 (A_{sc} - A_n) = 0,5 (1011,606 - 261,93) = 374,838 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan sengkang D13 ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$) dan dipasang sepanjang $(2/3) d = 233,33 = 250 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_h}{A_{sD13}} \\ &= \frac{374,838}{265,46} = 1,4 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

e. Luas pelat landasan:

$$V_u = \emptyset \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{392890}{0,85 \times 35 \times 0,75} = 17,61 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $200 \times 300 \text{ mm}^2 = 60000 \text{ mm}^2$ (tebal 15 mm)

4.5.4.3 Perhitungan Sambungan Balok Kolom

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

a. Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2 maka :

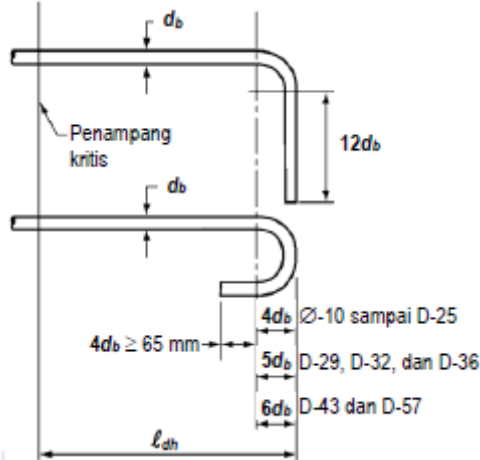
$$\begin{aligned} \ell_{dc} &\geq (0,24fy/\lambda\sqrt{f'c})db \\ &\geq (0,24 \times 400/1\sqrt{35})22 \\ &\geq 357 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc} &\geq (0,043f_y)db \\
 &\geq (0,043 \times 400)22 \\
 &\geq 378,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai $l_d = 378,4 \approx 380 \text{ mm}$.

b. Panjang penyaluran kait standar dalam tarik

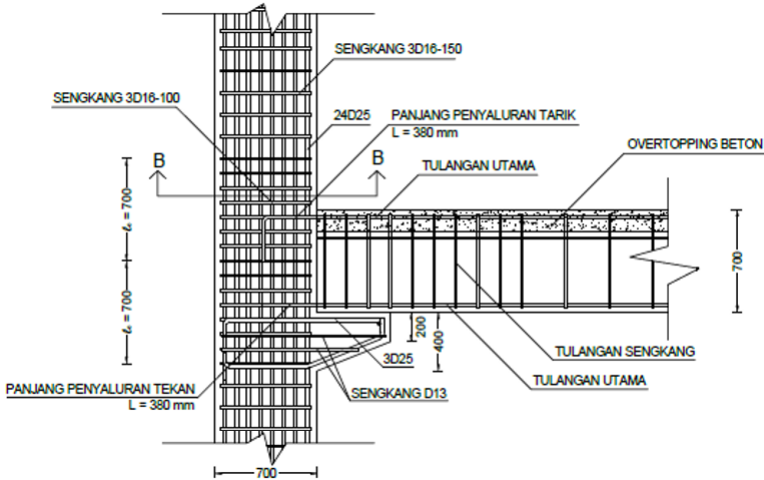
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1 panjang penyaluran dalam kondisi tarik dengan kait standar harus ditentukan sebagai berikut:



Gambar 4. 36 Detail batang tulangan dengan kait standar

- $l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$
- $l_{dh} = (0,24\psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'_c}) d_b$
 $= (0,24 \times 1 \times 400 / 1 \times \sqrt{35}) \times 22 = 357 \text{ mm}$

Maka dipakai $l_{dh} = 360 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 d_b = 12 \times 22 = 264 \text{ mm} \approx 270 \text{ mm}$



Gambar 4. 37 Panjang Penyaluran Balok Induk

4.5.5 Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

4.5.5.1 Perencanaan Konsol pada Balok

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan balok anak dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok anak diletakan pada konsol yang berada pada balok induk yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk tersebut tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek.

4.5.5.2 Penulangan Konsol pada Balok Anak ($h=150\text{mm}$)

a. Data perencanaan

V_u pada balok anak = 42959 N

Dimensi Balok Anak = 30/40

Dimensi konsol:

b_w = 300 mm

h = 150 mm

d = $150 - 40 - 10 = 100$ mm

$$\begin{aligned} f_c' &= 35 \text{ MPa} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ a_v &= 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a_v/d = 90 / 100 = 0,9 < 1 \dots \text{OK}$
- $N_{uc} \geq 0,2V_u$
 $N_{uc} = 0,2 \times 42959 = 8592 \text{ N}$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{42959}{0,75} = 57279 \text{ N}$$

b. 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:

- d) $0,2 f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 300 \times 100$
 $= 210000 \text{ N} > V_n \dots \text{OK}$
- e) $(3,3 + 0,08f_c') b_w d = (3,3 + 0,08 \times 35) 300 \times 100$
 $= 183000 \text{ N} > V_n \dots \text{OK}$
- f) $11 b_w d = 11 \times 300 \times 100$
 $= 330000 \text{ N} > V_n \dots \text{OK}$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{57420}{400 \times 1,4} \\ &= 102,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. Luas tulangan lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan N_{uc} minimum.

$$\begin{aligned} Mu &= V_{ua} \times a + N_{uc} (h-d) \\ &= (42959 \times 90) + (8592 \times (150-100)) \\ &= 4295910 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{4295910}{0,8 \times 300 \times 100^2} = 1,79$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,79}{400}} \right) = 0,0046 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0046$$

$$A_{f1} = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$A_{f1} = \frac{4295910}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 100} = 168,467 \text{ mm}^2$$

$$A_{f2} = \rho \times b \times d$$

$$A_{f2} = 0,0046 \times 300 \times 100$$

$$A_{f2} = 138 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi dipakai } A_f = 168,467 \text{ mm}^2$$

Tulangan pokok As:

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{8592}{0,75 \times 400} = 28,64 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_{sc} = A_f + A_n = 168,467 + 28,64 = 197,107 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 102,5}{3} \right) + 28,64 = 96,97 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{sc \min} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{35}{400} \right) 300 \times 100 = 105 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_{sc} = 197,107 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{sc}}{A_s D10} \\ &= \frac{197,107}{78,57} = 2,5 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan utama 3D10 ($A_s = 235,71 \text{ mm}^2$)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas total sengkang tertutup tidak boleh kurang dari:

$$A_h = 0,5 (A_{sc} - A_n) = 0,5 (197,107 - 28,64) = 84,233 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_h}{A_v D10} \\ &= \frac{84,233}{157,14} = 0,53 \approx 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan sengkang D10 ($A_v = 157,14 \text{ mm}^2$) dan dipasang sepanjang $(2/3) d = 66,7 = 70 \text{ mm}$

e. Luas pelat landasan:

$$V_u = \emptyset \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{42959}{0,85 \times 35 \times 0,75} = 1925,3 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $100 \times 100 \text{ mm}^2 = 10000 \text{ mm}^2$ (tebal 7,5 mm)

4.5.5.3 Penulangan Konsol pada Balok Induk (h=150mm)**a. Data perencanaan**

V_u pada balok anak = 101114 N

Dimensi Balok Anak = 40/55

Dimensi konsol:

$b_w = 400 \text{ mm}$

$h = 150 \text{ mm}$

$d = 150 - 40 - 10 = 100 \text{ mm}$

$f_c' = 35 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$

$a_v = 90 \text{ mm}$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a_v/d = 90 / 100 = 0,9 < 1 \dots \text{OK}$

- $N_{uc} \geq 0,2V_u$

$$N_{uc} = 0,2 \times 101114 = 20223 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser

V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{101114}{0,75} = 134819 \text{ N}$$

b. 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 dari pada:

$$\begin{aligned} \text{g) } 0,2 f_c' \times b_w \times d &= 0,2 \times 35 \times 400 \times 100 \\ &= 280000 \text{ N} > V_n \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h) } (3,3 + 0,08 f_c') b_w d &= (3,3 + 0,08 \times 35) 400 \times 100 \\ &= 244000 \text{ N} > V_n \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{i) } 11 b_w d &= 11 \times 400 \times 100 \\ &= 440000 \text{ N} > V_n \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{134819}{400 \times 1,4} \\ &= 240,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. Luas tulangan lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan N_{uc} minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_{ua} \times a + N_{uc} (h-d) \\ &= (101114 \times 90) + (20223 \times (150-100)) \\ &= 10111410 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{10111410}{0,8 \times 400 \times 100^2} = 3,16$$

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

$$= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 3,16}{400}} \right) = 0,0084$$

$\rho = 0,0084 > \rho_{\text{min}} = 0,0037$, maka dipakai $\rho = 0,0084$

$$A_{f1} = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$A_{f1} = \frac{10111410}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 100} = 396,526 \text{ mm}^2$$

$$A_{f2} = \rho \times b \times d$$

$$A_{f2} = 0,0084 \times 400 \times 100$$

$$A_{f2} = 336 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_f = 396,526 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok As:

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{20223}{0,75 \times 400} = 67,41 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_{sc} = A_f + A_n = 396,526 + 67,41 = 463,936 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 240,75}{3} \right) + 67,41 = 227,91 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{sc\text{min}} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{35}{400} \right) 400 \times 88 = 123,2 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_{sc} = 463,936 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{sc}}{A_s D_{10}} \\ &= \frac{463,936}{78,57} = 5,9 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan utama 6D10 ($A_s = 471,42 \text{ mm}^2$)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas total sengkang tertutup tidak boleh kurang dari:

$$A_h = 0,5 (A_{sc} - A_n) = 0,5 (463,936 - 67,41) = 198,263 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_h}{A_v D_{13}} \\ &= \frac{198,263}{265,571} = 0,746 \approx 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan sengkang D13 ($A_v = 265,571 \text{ mm}^2$) dan dipasang sepanjang $(2/3) d = 66,7 = 70 \text{ mm}$

e. Luas pelat landasan:

$$V_u = \emptyset \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{101114}{0,85 \times 35 \times 0,75} = 4531,72 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $100 \times 100 \text{ mm}^2 = 10000 \text{ mm}^2$ (tebal 7,5 mm)

4.5.5.4 Penulangan Konsol pada Balok Induk (h=200mm)

a. Data perencanaan

V_u pada balok anak = 90832 N

Dimensi Balok Anak = 30/50

Dimensi konsol:

$$b_w = 300 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d = 200 - 40 - 10 = 150 \text{ mm}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$a_v = 130 \text{ mm}$$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a_v/d = 130 / 150 = 0,87 < 1 \dots \text{OK}$
- $N_{uc} \geq 0,2V_u$
 $N_{uc} = 0,2 \times 90832 = 18167 \text{ N}$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{90832}{0,75} = 121110 \text{ N}$$

b. 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:

$$j) \quad 0,2 f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 35 \times 300 \times 150$$

$$= 315000 \text{ N} > V_n \dots \text{OK}$$

$$k) \quad (3,3 + 0,08f_c') b_w d = (3,3 + 0,08 \times 35) 300 \times 138$$

$$= 274500 \text{ N} > V_n \dots \text{OK}$$

$$l) \quad 11 b_w d = 11 \times 300 \times 150$$

$$= 495000 \text{ N} > V_n \dots \text{OK}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu}$$

$$= \frac{121110}{400 \times 1,4}$$

$$= 216,268 \text{ mm}^2$$

c. Luas tulangan lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:201 pasal 11.8.3.4, akan digunakan Nuc minimum.

$$\begin{aligned} Mu &= V_{ua} \times a + N_{uc} (h-d) \\ &= (90832 \times 130) + (18167 \times (200-150)) \\ &= 12716510 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,8 \times b \times d^2} = \frac{12716510}{0,8 \times 300 \times 150^2} = 2,35$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,35}{400}} \right) = 0,0061 \end{aligned}$$

$\rho = 0,0061 > \rho_{\text{min}} = 0,0037$, maka dipakai $\rho = 0,0061$

$$A_{f1} = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$A_{f1} = \frac{12716510}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 150} = 332,46 \text{ mm}^2$$

$$A_{f2} = \rho \times b \times d$$

$$A_{f2} = 0,0061 \times 300 \times 150$$

$$A_{f2} = 274,5 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_f = 332,46 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok As:

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{18167}{0,75 \times 400} = 60,56 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_{sc} = A_f + A_n = 332,46 + 60,56 = 393,02 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 216,268}{3} \right) + 60,56 = 204,74 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{sc \min} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{35}{400} \right) 300 \times 150 = 157,5 \text{ mm}^2$$

Maka, $A_{sc} = 393,02 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{sc}}{AsD10} \\ &= \frac{393,02}{78,57} = 5,002 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan utama 6D10 ($A_s = 471,42 \text{ mm}^2$)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 luas total sengkang tertutup tidak boleh kurang dari:

$$A_h = 0,5 (A_{sc} - A_n) = 0,5 (393,02 - 60,56) = 166,23 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan sengkang D13 ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$) dan dipasang sepanjang $(2/3) d = 150 = 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_h}{AsD13} \\ &= \frac{166,23}{265,46} = 0,63 \approx 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

e. Luas pelat landasan:

$$V_u = \emptyset \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{90832}{0,85 \times 35 \times 0,75} = 4071 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $100 \times 100 \text{ mm}^2 = 10000 \text{ mm}^2$ (tebal 7,5 mm)

4.5.5.5 Perhitungan Sambungan Las Balok induk dan Balok Anak

Sistem Sambungan antara balok induk dan balok anak pada perencanaan ini memanfaatkan sambungan Las sudut pada sisi balok bagian bawah

$$l \geq 2W \quad \mu = 1$$

$$2W > l \geq 1,5W \quad \mu = 0,87$$

$$1,5W > l \geq W \quad \mu = 0,75$$

$$\text{Bila } l < a \quad l_{\text{efektif}} = 0,25l$$

karena ujung las pembentukannya tidak sempurna

$$\text{Luas Las} = l \cdot t_e, \text{ dimana } t_e = 0,707a$$

Kekuatan nominal las sudut persatuan panjang :

$$\text{Kuat Nominal Las} : \quad R_n = 0,6 f_u t_e$$

$$\text{Kuat Nominal Logam Dasar} : \quad R_n = 0,6 f_u t$$

$$\text{Kuat Sambungan} : \quad R_u = \square R_n \quad \square = 0,75$$

Data perencanaan

Mu pada balok anak = 164897510 Nmm (analisa SAP2000)

Dimensi Balok Anak = 40/55

Dimensi pelat penyambung:

$$l = 100 \text{ mm}$$

$$w = 75 \text{ mm}$$

$$t = 7,5 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}, f_u = 370 \text{ MPa}$$

Dimensi pelat Landasan:

$$l = 100 \text{ mm}$$

$$w = 100 \text{ mm}$$

$$t = 7,5 \text{ mm}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}, f_u = 370 \text{ MPa}$$

Kawat Las F_{E70xx}

Panjang las $l_{te} = 100 \text{ mm}$

- Analisa gaya yang terjadi pada sambungan akibat momen
 $V_u = M_u / h = 164897510 / 550 = 299813 \text{ N}$
 $= 299,813 \text{ kN}$
- Kontrol Kekuatan pelat penyambung dan landasan
 - Pelat Penyambung
 - Leleh
 $R_y = \phi A_g f_y = 0,9 \cdot 7,5 \cdot 75 = 1215 \cdot 10^3 \text{ N}$
 $= 1215 \text{ kN} > V_u \text{ (ok)}$
 - Putus
 $R_u = \phi A_e f_u = 0,75 \cdot 0,75 \cdot 7,5 \cdot 75 \cdot 3700$
 $= 1170703 \text{ N} = 1170,703 \text{ kN} > V_u \text{ (ok)}$
 - Pelat Landasan
 - Leleh
 $R_y = \phi A_g f_y = 0,9 \cdot 7,5 \cdot 100 = 1620 \cdot 10^3 \text{ N}$
 $= 1620 \text{ kN} > V_u \text{ (ok)}$
 - Putus
 $R_u = \phi A_e f_u = 0,75 \cdot 0,75 \cdot 7,5 \cdot 100 \cdot 3700$
 $= 1560973 \text{ N} = 1560,973 \text{ kN} > V_u \text{ (ok)}$
- Perhitungan ketebalan Las
 Missal $a = 0,75 \text{ cm}$
 $t_e = 0,75 \cdot a = 0,75 \cdot 0,707 = 0,53 \text{ cm}$

$$A = 2 \cdot t_e \cdot l_{te} = 2 \cdot 0,53 \cdot 10 = 10,6 \text{ cm}^2$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned} R_n &= 0,6 \cdot \phi \cdot F_{E70xx} \cdot 703 \cdot A = 0,6 \cdot 0,75 \cdot 70 \cdot 703 \cdot 10,6 \\ &= 234431,7 \text{ kg} = 2344,317 \text{ kN} > V_u \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan sambungan las dengan dimensi $a = 0,75 \text{ cm}$ dan panjang pengelasan $l_{te} = 10 \text{ cm}$

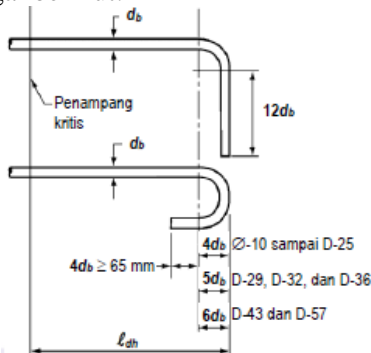
4.5.5.6 Perhitungan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Sistem sambungan antara balok induk dengan balok anak pada perencanaan ini memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok anak, terutama tulangan pada bagian atas yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke bawah.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

Panjang penyaluran kait standar dalam tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1 panjang penyaluran dalam kondisi tarik dengan kait standar harus ditentukan sebagai berikut:

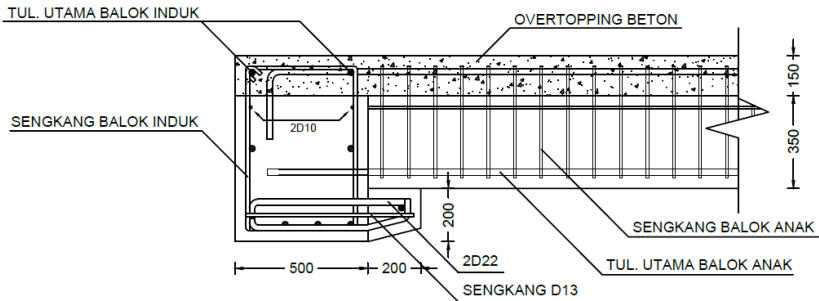


Gambar 4. 38 Detail batang tulangan dengan kait standar

- $l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$

- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$
- $l_{dh} = (0,24 \psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'c}) d_b$
 $= (0,24 \times 1 \times 400 / 1 \times \sqrt{35}) \times 22 = 357 \text{ mm}$

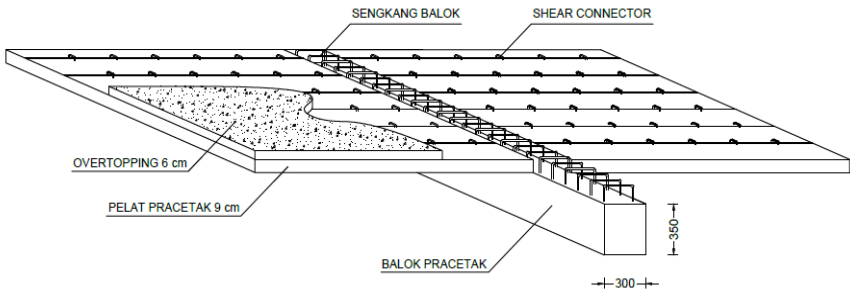
Maka dipakai $l_{dh} = 360 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 180° sebesar $4 d_b = 4 \times 22 = 88 \text{ mm} \approx 90 \text{ mm}$



Gambar 4.39 Panjang Penyaluran Balok Anak

4.5.6 Perencanaan Sambungan Pelat dan Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan tumpuan yang dipasang memanjang melintang tegak lurus di atas balok (menghubungkan stud – stud pelat). Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan stud-studnya tersebut diberi overtopping dengan cor setempat.



Gambar 4. 40 Panjang Penyaluran Pelat

4.5.6.1 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Type A

Berdasarkan perhitungan pada bab sebelumnya, didapatkan hasil penulangan pada pelat type A sebagai berikut:

$$d_b = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Arah X} - \text{As perlu} : 462,194 \text{ mm}^2$$

$$\text{As terpasang} : 471,43 \text{ mm}^2$$

$$\text{Arah Y} - \text{As perlu} : 425,218 \text{ mm}^2$$

$$\text{As terpasang} : 471,43 \text{ mm}^2$$

a. Penyaluran Arah X

- Kondisi tarik

$$\ell_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12 f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$$

$$\alpha \beta \leq 1,7 \dots \dots \text{SNI 2847 : 2013 Pasal 12.2.4}$$

Dengan:

$$\alpha : \text{faktor lokasi penulangan} = 1$$

$$\beta : \text{faktor pelapis} = 1$$

$$\lambda : \text{faktor beton normal} = 1$$

$$\frac{\ell_d}{10} = \frac{12 \times 400 \times 1 \times 1 \times 1}{25 \sqrt{35}}$$

$$\ell_d = 324,54 \text{ mm}$$

Dipakai $\ell_d = 330 \text{ mm}$

- Kondisi tekan

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 12.3

$$\ell_d = \ell_{db} \frac{\text{As perlu}}{\text{As pasang}}$$

$$\ell_d \geq 200 \text{ mm}$$

$$\ell_d \geq 0,043 d_b f_y$$

$$\geq 0,043 \times 10 \times 400 = 172 \text{ mm}$$

$$\ell_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{10 \times 400}{4 \times \sqrt{35}} = 169 \text{ mm}$$

$$\ell_d = 169 \times \frac{462,194}{471,43} = 165,72 \text{ mm}$$

Dipakai $\ell_d = 200 \text{ mm}$

b. Penyaluran Arah Y

- Kondisi tarik

$$\ell_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12 f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$$

$$\alpha \beta \leq 1,7 \dots \dots \text{SNI 03 - 2847 - 2013 Pasal 12.2.4}$$

Dengan:

α : faktor lokasi penulangan = 1

β : faktor pelapis = 1

λ : faktor beton normal = 1

$$\frac{\ell_d}{10} = \frac{12 \times 400 \times 1 \times 1 \times 1}{25 \sqrt{35}}$$

$$\ell_d = 324,54 \text{ mm}$$

Dipakai $\ell_d = 330 \text{ mm}$

- Kondisi tekan

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 12.3

$$\ell_d = \ell_{db} \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}}$$

$$\ell_d \geq 200 \text{ mm}$$

$$\ell_d \geq 0,043 d_b f_y$$

$$\geq 0,043 \times 10 \times 400 = 172 \text{ mm}$$

$$\ell_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{10 \times 400}{4 \times \sqrt{35}} = 169 \text{ mm}$$

$$\ell_d = 169 \times \frac{425,218}{471,43} = 152,43 \text{ mm}$$

Dipakai $\ell_d = 200 \text{ mm}$

4.6 Perencanaan Pondasi

4.6.1 Umum

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagaikomponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ketanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasitiang pancang jenis *Prestessed Concrete Spun Piles* produk dari PT Wijaya Karya Beton. Pembahasan pada bab perencanaan pondasimeliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, perencanaan poer (*pile cap*) dan perencanaan sloof(*Tie beam*).

4.6.2 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 Skysyiutes SOHO adalah data tanah daerah Kenjeran Surabaya.

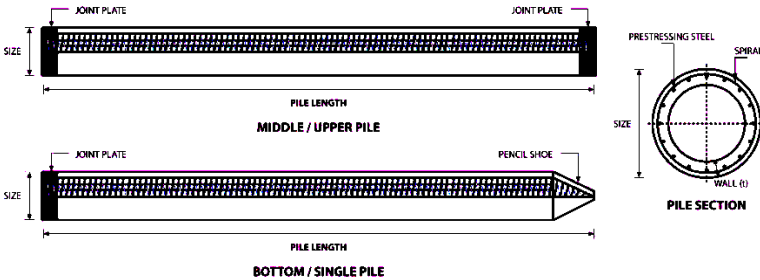
4.6.3 Kriteria Design

4.6.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestessed 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 $f_c' = 52 \text{ MPa}$ atau K-600 ($\text{Cube } 600\text{kg/cm}^2$).



Gambar 4. 41 *Prestressed Concrete Spun Pile*

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan,

- *Size* : 600 mm
- *Thickness Wall* : 100 mm
- *Cross Section* : 15780,8 cm²
- *Class* : A1
- *Bending momen crack* : 17 tm
- *Bending momen ultimate* : 25,5 tm
- *Allowable Compression* : 252,7 ton
- *Length of Pile* : 6 – 24 m

4.6.4 Daya Dukung

4.6.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Di samping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang ditanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut.

Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri dan daya dukung tiang pancang dalam kelompok. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *SPT* menurut Luciano Decourt.

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana:

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_p = *Resistance ultime* di dasar pondasi

Q_s = *Resistance ultime* akibat lekatan lateral

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

Dimana :

A_p = Luas penampang ujung tiang

N_p = Harga rata-rata *SPT* 4B diatas dasar pondasi dan 4B dibawah dasar pondasi.

K = Koefisien karakteristik tanah

$$12 \text{ t/m}^2 = 117,7 \text{ kPa,} \quad (\text{untuk lempung})$$

$$20 \text{ t/m}^2 = 196 \text{ kPa,} \quad (\text{untuk lanau berlempung})$$

$$25 \text{ t/m}^2 = 245 \text{ kPa,} \quad (\text{untuk lanau berpasir})$$

$$40 \text{ t/m}^2 = 392 \text{ kPa,} \quad (\text{untuk pasir})$$

Q_p = Tegangan di ujung tiang

$$Q_s = q_s \cdot A_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s$$

Dimana :

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

N_s = Harga rata-rata *SPT* sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan ; $3 \leq N \leq 50$

A_s = Keliling x panjang tiang yang terbenam

Harga N di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' berdasarkan perumusan sebagai berikut (Terzaghi & Peck):

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

Dimana:

N = Jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah

4.6.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Untuk daya dukung pondasi group, terlebih dahulu dikoreksi dengan apa yang disebut dengan koefisien efisiensi C_e .

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times \eta$$

dengan n = jumlah tiang dalam group

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

Efisiensi :

$$(\eta) = 1 - \arctg\left(\frac{D}{S}\right) \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right]$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group

4.6.4.3 Repartisi Beban di Atas Tiang Berkelompok

Bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertical ekuivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y_i^2} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x_i^2}$$

Dimana :

P_i = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

y_{\max} = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah y

x_{\max} = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah x

$\sum x_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah x

$\sum y_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah y

y

nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e , dan negatif bila berlawanan dengan arah e .

4.6.5 Perhitungan Tiang Pancang

Untuk perencanaan pondasi diambil gaya-gaya dalam yang paling maksimum pada perletakan kolom sehingga untuk pondasi kolom yang lain direncanakan tipikal.

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000 didapat gaya-gaya dalam pada perletakan kolom dengan kombinasi **1,0D + 1,0L** sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_u &= 566,7 \text{ t} \\ M_{ux} &= 8,086 \text{ tm} \\ M_{uy} &= 11,7 \text{ tm} \\ H_x &= 37,28 \text{ t} \\ H_y &= 38,74 \text{ t} \end{aligned}$$

4.6.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Dari data tanah didapatkan hasil perhitungan untuk kedalaman 24 m dengan diameter tiang pancang 600 mm (lihat Tabel 9.1). Dari data tanah tersebut kemudian dihitung menggunakan persamaan *Luciano Decourt*:

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Q_p &= (N_p \times K) \times A_p \\ &= (32,167 \times 25 \times 0,283) = 227,579 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= q_s \times A_s \\ &= 5,111 \times 39,584 = 202,4 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= Q_p + Q_s \\ &= 227,579 + 202,4 = 429,979 \text{ t} \end{aligned}$$

$$Q_u = \frac{Q_L}{S_f} = \frac{429,979}{3} = 143,326 \text{ t}$$

Dari hasil Q_u yang didapatkan dan P_u dari hasil analisa SAP2000 maka rencana jumlah tiang pancang adalah:

$$\begin{aligned} P_u &= 566,7 \text{ t} \\ n &= \frac{P_u}{Q_u} = \frac{559,86}{143,326} = 3,9 \approx 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

Secara lengkap perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal disajikan dalam tabel 4.29 berikut ini:

Tabel 4. 29Daya dukung tiang pancang tunggal

D (m)	N- SPT	N koreksi	Jenis Tanah	N _p	K t/m ²	q _p t/m ²	q _s t/m ²	Q _p Ton	Q _s Ton	Q _l Ton	Q _{ijin} ton	n _{min} Tiang
0	1	8	PL	8	40	320	0	90,560	0	90,560	30,187	19,625
3	1	8	LL	8	20	160	0	45,280	0	45,280	15,093	39,249
6	1	8	PL	8	20	160	0	45,280	0	45,280	15,093	39,249
9	1	8	LL	8	20	160	0	45,280	0	45,280	15,093	39,249
12	1	8	LL	13,167	20	263,333	0	74,523	0	74,523	24,841	23,848
15	32	23,5	LP	18,833	25	470,833	4,528	133,246	128,071	261,317	87,106	6,801
18	35	25	LP	27,5	25	687,5	4,611	194,563	156,514	351,077	117,026	5,062
21	53	34	LP	32,167	25	804,167	5,111	227,579	202,4	429,979167	143,326	4,133
24	60	37,5	LP	35	25	875	5,306	247,625	240,114	487,739286	162,580	3,644
27	52	33,5	PL	35,167	25	879,167	5,083	248,804	258,814	507,618452	169,206	3,501
30	54	34,5	LP	34	25	850	5,139	240,550	290,714	531,264286	177,088	3,345

Keterangan:

LL = Lanau berlempung

PL = Pasir berlanau

LP = Lanau berpasir

P = Pasir

4.6.5.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Pondasi tiang pancang direncanakan dengan diameter 60cm. Jarak dari as ke as antar tiang pancang direncanakan seperti pada perhitungan di bawah ini:

- Untuk jarak antar tiang pancang:

$$2 D \leq S \leq 3 D$$

$$2 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$$

$$120 \text{ cm} \leq S \leq 180 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar tiang = 120 cm

- Untuk jarak tiang pancang:

$$1 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1 \times 60 \leq S_1 \leq 2 \times 60$$

$$60 \text{ cm} \leq S_1 \leq 120 \text{ cm}$$

Digunakan jarak tiang ke tepi = 60 cm

Dimana : S = jarak antar tiang pancang

S_1 = jarak tiang pancang ke tepi

Dipakai : jarak antar tiang pancang (S) = 120 cm

Jarak tepi tiang pancang (S_1) = 60 cm

Pada pondasi tiang grup/kelompok, terlebih dahulu dikoreksi dengan suatu faktor yaitu faktor efisiensi, yang dirumus pada persamaan di bawah ini:

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

$$(\eta) = 1 - \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right]$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam 1 baris

n = jumlah kolom tiang pancang

Efisiensi :

$$(\eta) = 1 - \arctg \left(\frac{600}{1200} \right) \left[\frac{(3-1)2 + (3-1)3}{90 \times 3 \times 3} \right] = 0,6$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{ijin\ grup} &= \eta \times Q_u \times n \\ &= 0,6 \times 143,326 \times 9 \\ &= 876,374\ t > P_u = 566,7\ t \end{aligned}$$

$$Q_{ijin\ tiang} = \eta \times Q_u = 0,6 \times 143,326 = 85,996\ t$$

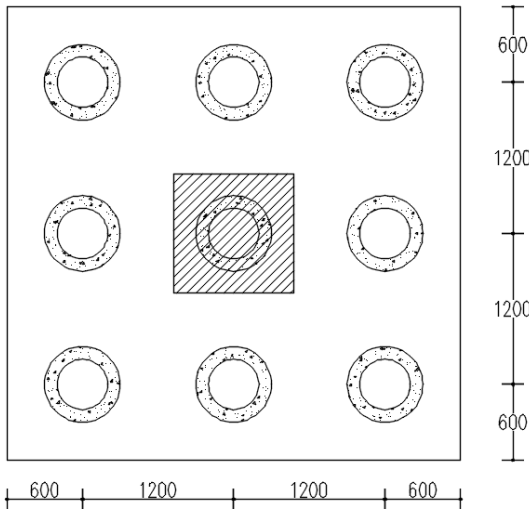
Perhitungan Beban Aksial Maksimum Pada Pondasi Kelompok

$$P_u = 566,7\ ton$$

$$Q_{L\ (groups)} = 3,6 \times 3,6 \times 0,8 \times 2,4 = 24,9\ ton +$$

$$\text{Berat total} = 591,6\ ton$$

$$Q_{L\ (groups)} = 876,374\ ton > P = 591,6\ ton \dots\dots\text{OK!!}$$



Gambar 4. 42Konfigurasi rencana tiang pancang

4.6.5.3 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang (P_{\max})

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x \times y_{\max}}{\sum y_i^2} + \frac{M_y \times x_{\max}}{\sum x_i^2} \leq P_{ijin(1tiang)}$$

Perhitungan Beban Aksial Maksimum Pada Pondasi Kelompok
 Berat total $P_u = 604,097 \text{ t}$

Momen yang bekerja:

$$M_x = M_{ux} + (H_y \times t_{poer}) = 8,086 + (38,74 \times 0,8) = 39,078 \text{ tm}$$

$$M_y = M_{uy} + (H_x \times t_{poer}) = 11,7 + (37,28 \times 0,8) = 41,524 \text{ tm}$$

Sehingga didapatkan :

$$P_{\max} = \frac{566,7}{9} + \frac{(39,078 \times 1,2)}{(6 \times 1,2^2)} + \frac{(41,524 \times 1,2)}{(6 \times 1,2^2)} = 76,926 \text{ t} \leq Q_{ijin} = 85,996 \text{ t} \quad (\text{OK})$$

$$P_{\max} = \frac{566,7}{9} - \frac{(39,078 \times 1,2)}{(6 \times 1,2^2)} - \frac{(41,524 \times 1,2)}{(6 \times 1,2^2)} = 54,537 \text{ t} \leq Q_{ijin} = 85,996 \text{ t} \quad (\text{OK})$$

4.6.5.4 Kontrol Kekuatan Tiang

Sesuai dengan spesifikasi dari PT. WIKA BETON direncanakan tiang pancang beton dengan:

- Diameter : 600 mm
- Tebal : 100 mm
- Type : A1
- Allowable compression : 252,7 t

- *Bending moment crack* : 17 tm
- *Bending moment ultimate* : 25,5 tm

Tiang pancang yang direncanakan di kontrol terhadap beberapa kriteria berikut ini:

a. Kontrol terhadap gaya aksial

Tiang pancang yang direncanakan dengan diameter 60 cm type A1 sesuai dengan spesifikasi dari PT.WIKA BETON, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 235,4 Ton.

$$P_{\max} = 76,926 \text{ t} < P_{\text{ijin}} = 162,58 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

b. Kontrol terhadap gaya lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat multilayer

$$L_e = \text{panjang penjepitan} \\ = 3 \times 0,6 \text{ m} = 1,8 \text{ m} > 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Dipakai } L_e = 1,8 \text{ m} \\ M_y = L_e \times H_y / n \\ = 1,8 \times 38,74 / 9 \\ = 7,748 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots\dots\text{OK}$$

$$M_x = L_e \times H_x / n \\ = 1,8 \times 37,28 / 9 \\ = 7,456 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots\dots\text{OK}$$

Dari kedua perhitungan momen yang telah dilakukan maka untuk tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* dengan diameter 600 mm kelas A1 memenuhi persyaratan kontrol gaya lateral terhadap *Bending moment ultimate* tiang pancang.

4.6.6 Perencanaan Poer Satu Kolom

Perencanaan Poer dirancang untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Berdasarkan hal tersebut poer direncanakan harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

Data-data perencanaan :

- Dimensi poer (B × L) = 3,6 × 3,6 m
- Tebal poer (t) = 0,8 m
- Diameter tulangan utama = 25 mm
- Diameter sengkang = 13 mm
- Dimensi kolom = 950 × 950 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Tinggi efektif balok poer
 - Arah x (d_x) = 800 – 40 – 13 – ½ × 25 = 734,5 mm
 - Arah y (d_y) = 800 – 40 – 13 – 25 – ½ × 25 = 709,5 mm

4.6.6.1 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$\text{Berat poer } (q_u) = 3,6 \times 0,8 \times 2,4 = 6,912 \text{ t/m}$$

$$P_t = 3P_{\text{maks}} = 3 \times 76,926 \text{ t} = 230,779 \text{ t}$$

$$a = \text{jarak as tiang pancang ke as poer} = 1,2 \text{ m}$$

$$b = \text{jarak as tiang pancang ke tepi poer} = 0,6 \text{ m}$$

Penulangan arah x

Penulangan lentur:

Momen – momen yang bekerja:

$$\begin{aligned} M_{ux} &= (P_t \times a) - (1/2 \times q \times (a + b)^2) \\ &= (230,779 \times 1,2) - (1/2 \times 6,912 \times (1,2 + 0,6)^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 265,737 \text{ tm} = 2657370000 \text{ Nmm} \\
 \beta_1 &= 0,85 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 35}{390} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357 \\
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,027 \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0037 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445 \\
 R_n &= \frac{M_u}{0,8 \times 3600 \times d x^2} = \frac{2657370000}{0,8 \times 3600 \times 734,5^2} = 1,71 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 2,07}{400}} \right) = 0,0044 \\
 \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} \\
 &\text{maka dipakai } \rho = 0,0044
 \end{aligned}$$

Tulangan lentur yang dibutuhkan:

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,0044 \times 3600 \times 734,5 = 11651,16 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_s \text{ D25}} \\
 &= \frac{11651,16}{490,87} = 23,726 \approx 24 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = 3600/24 = 150 \text{ mm}$$

Maka untuk arah X digunakan tulangan D25-150mm

Penulangan arah y

Penulangan lentur:

Momen – momen yang bekerja:

$$\begin{aligned} M_{uy} &= (P_l \times a) - (1/2 \times q \times (a + b)^2) \\ &= (230,779 \times 1,2) - (1/2 \times 6,912 \times (1,2 + 0,6)^2) \\ &= 265,737 \text{ tm} = 2657370000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0357 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0357 = 0,027$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0037$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 2900 \times d_y^2} = \frac{2657370000}{0,8 \times 4800 \times 709,5^2} = 1,83$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,445} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 1,83}{400}} \right) = 0,0047 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$$

maka dipakai $\rho = 0,0047$

Tulangan lentur yang dibutuhkan:

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,0047 \times 3600 \times 709,5 = 12089,06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ D25}}$$

$$= \frac{12089,06}{490,87} = 24,62 \approx 25 \text{ buah}$$

Jarak tulangan, $S = 3600/25 = 144 \text{ mm}$

Maka untuk arah Y digunakan tulangan D25-140 mm

4.6.6.2 Kontrol Geser Pons Pada Pile Cap

Perencanaan pile cap harus memenuhi 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 11.11.2.1 Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari:

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

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.a

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

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.b

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

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.c

Dimana:

β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi = 1

b_o = keliling dari penampang kritis pada pile cap

$$b_o = 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana:

b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif pile cap

$$\begin{aligned} b_o &= 2(950 + 734,5) + 2(950 + 709,5) \\ &= 6688 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\beta_c = \frac{700}{700} = 1$$

$\alpha_s = 40$, untuk kolom interior

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 6688 \times 734,5 = 14821503 \text{ N}$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 734,5}{6688}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 6688 \times 734,5 = 10596335 \text{ N}$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{35} \times 6688 \times 734,5 = 9590384 \text{ N}$$

Diambil yang terkecil $V_c = 9590384 \text{ N} = 959,038 \text{ t}$

$$\phi V_c = 0,75 \times 959,038 \text{ t} = 719,279 \text{ t}$$

$$= 719,279 \text{ ton} > (8/9 \text{ berat total}) = 8/9 \times 591,583 \text{ t}$$

$$= 719,279 \text{ ton} > 525,852 \text{ ton} \dots\dots \text{OK}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran pile cap tidak perlu tulangan geser terhadap beban geser ponds.

4.6.6.3 Kontrol Geser Pond Tiang Pancang

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

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

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.a

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.b

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

SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1.c

Dengan :

Dimensi poer : $4,8 \times 4,8 \times 0,8 \text{ m}^3$

Selimit beton : 40 mm

Ø tul utama : D25

Tinggi efektif : $d = 800 - 40 - \frac{1}{2} \times 25 = 747,5 \text{ mm}$

dimana :

$$\begin{aligned} \beta_c &= \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada} \\ &\text{pondasi tiang pancang} \\ &= \frac{600}{600} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling dari penampang kritis pada poer} \\ &= [2\pi \times (d + D_{\text{tiang}})] \\ &= [2\pi \times (734,5 + 600)] \\ &= 8388 \text{ mm} \end{aligned}$$

$\alpha_s = 30$, untuk kolom eksterior

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 8388 \times 734,5 = 18589564 \text{ N}$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 734,5}{8388}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 8388 \times 734,5 = 7947251 \text{ N}$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{35} \times 8388 \times 734,5 = 12028541 \text{ N}$$

Diambil yang terkecil $V_c = 7947251 \text{ N} = 794,725 \text{ t}$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 794,725 \text{ t} = 596,043 \text{ t} \\ &= 596,043 \text{ ton} > (1/9 \text{ berat total}) = 1/9 \times 591,583 \text{ t} \\ &= 596,043 \text{ ton} > 65,731 \text{ ton} \dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran poer tidak perlu tulangan geser untuk menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial tiang tepi.

4.6.7 Perencanaan Balok Sloof Interior

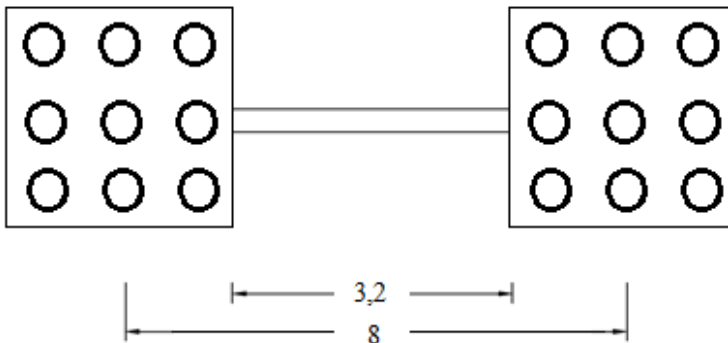
Struktur sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi: berat

sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

4.6.7.1 Data Perencanaan

Data-data perancangan perhitungan sloof adalah sebagai berikut:

P kolom	= 566,7 ton
Panjang Sloof L	= 4,4 m
Mutu Beton f_c'	= 35 MPa
Mutu Baja f_y	= 400 MPa
Decking	= 40 mm
Diameter Tulangan Utama	= 25 mm
Diameter Senggang	= 13 mm
Dimensi Sloof	= 500 mm x 700 mm
Tinggi Efektif	= $700 - 40 - 13 - (1/2 \times 25)$
	= 634,5 mm



Gambar 4. 43 Sloof yang ditinjau

4.6.7.2 Dimensi Sloof Interior

Pada perancangan *sloof* ini, penulis mengambil ukuran *sloof* berdasarkan *sloof* yang berhubungan dengan kolom yang mempunyai gaya aksial terbesar yaitu $P_u = 559,86$ ton. Penentuan

dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin beton (modulus keruntuhan) yaitu sebesar:

$$f_r = 0,62 \times \sqrt{f'_c}$$

Maka perhitungannya:

Tegangan tarik ijin:

$$f_{r \text{ ijin}} = 0,62 \times \sqrt{35} = 3,668 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi

$$\begin{aligned} P_u &= 10\% \times P_{u \text{ kolom}} \\ &= 10\% \times 566,7 \text{ ton} \\ &= 56,67 \text{ ton} = 566,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$f_r = \frac{P_u}{0,8 \times b \times h} = \frac{559860}{0,8 \times 500 \times 700} = 1,995 \text{ Mpa} < f_r \text{ ...OK}$$

4.6.7.3 Penulangan Sloof

a. Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom. Adapun beban sloof adalah:

$$\begin{aligned} \text{Berat aksial } N_u &= 10\% \times 559,86 \text{ ton} \\ &= 55,986 \text{ ton} = 559,86 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat yang diterima sloof:

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 0,5 \times 0,7 \times 2,4 = 0,84 \text{ t/m} \\ \text{Berat dinding} &= 3 \times 0,12 = 0,36 \text{ t/m} \\ \text{Berat Shearwall} &= 24 \times 0,4 \times 2,4 = \underline{23,04 \text{ t/m}} + \\ &= 24,24 \text{ t/m} \\ Q_u &= 1,2 \times 24,24 = 29,088 \text{ t/m} \\ &= 290,88 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi (tumpuan menerus)

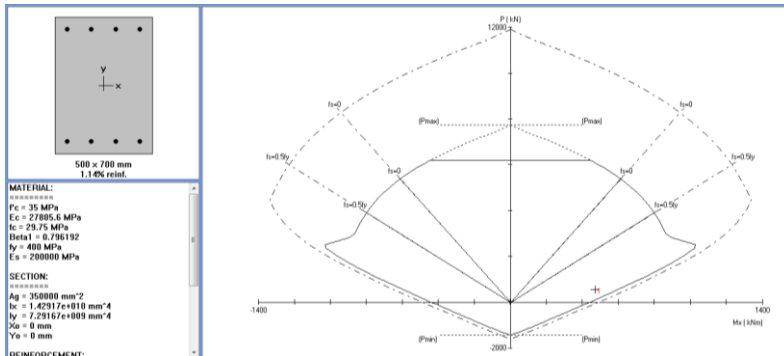
$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\ &= 1/12 \times 290,88 \times 4,4^2 \\ &= 469,286 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Lalu menggunakan program PCACol dengan memasukkan beban:

$$P = 566,7 \text{ kN}$$

$$M = 469,286 \text{ kNm}$$

Sehingga didapatkan diagram interaksi seperti pada **Gambar 4.46** di bawah ini :



Gambar 4. 44Diagram Interaksi Balok Sloof 50/70

Dari diagram interaksi untuk:

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} \text{ didapat } \rho = 1,14\%$$

$$\text{Dipasang Tulangan atas 8 D25 (As = 4077,41 mm}^2\text{)}$$

b. Penulangan Geser Sloof

Dari diagram interaksi didapat momen balance M_{pr} sebesar = 750 kNm

$$V_u = \frac{M_{pr} + M_{pr}}{h_n} = \frac{850 + 850}{4,4} = 386,363 \text{ kN} = 386363 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f_c} x b w x dx \left[1 + \frac{N_u}{14. Ag} \right]$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 500 \times 634,5 \left[1 + \frac{566700}{14 \times 500 \times 700} \right]$$

$$= 348990 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 348990 \text{ N} = 261742 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 261742 \text{ N} = 130871 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

Maka, ϕV_s perlu = ϕV_s min

$$V_{s \text{ min}} = 1/3 \times b_w \times d$$

$$= 1/3 \times 500 \times 634,5$$

$$= 105750 \text{ N}$$

Kuat geser sengkang

$$\phi V_s = 0,75 \times 105750 = 79312,5 \text{ N}$$

Jarak minimum

Jika dipakai begel 2 kaki dengan D13 mm ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 400 \times 634,5}{79312,5} = 849,47 \text{ mm}$$

Kontrol jarak sengkang

$$S \leq 1/2 \times d$$

$$S \leq 1/2 \times 634,5 \text{ mm} = 317,25 \text{ mm}$$

Maka Dipasang tulangan sengkang D13 – 300mm

4.7 Metode Pelaksanaan

4.7.1 Umum

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, metode pelaksanaan merupakan item penting yang tidak bisa dipisahkan. Apalagi menyangkut struktur beton pracetak. Untuk merencanakan beton pracetak, terlebih dahulu harus diketahui apakah struktur tersebut bisa dilaksanakan. Tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item-item pekerjaan konstruksi dan pembahsan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan

material-material beton pracetak. Proses pekerjaan yang dilakukan di proyek ini adalah ;

- Proses pencetakan secara pabrikasi di Industri pracetak. Hal – hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah:
 - a. Perlunya standart khusus sehingga hasil parcetak 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.

4.7.2 Pengangkatan dan Penempatan Crane

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 POTAIN MC 310
- Jarak jangkau maksimum 70 m dengan beban maksimum 9,6 ton
- Tower crane yang digunakan 1 buah

4.7.2.1 Kontrol Kapasitas Crane

Elemen struktur pracetak

1. Balok induk 50/70 (terpanjang 8 m)

$$W = 0,50 \times (0,70 - 0,15) \times 8 \times 2,4 = 5,28 \text{ ton}$$

Kapasitas crane mampu mengangkat balok induk pracetak dengan beban 5,28 ton dengan beban maksimum 6,7 ton dengan jarak jangkau maksimum 40 m.

2. Balok anak 40/55 (terpanjang 8 m)

$$W = 0,4 \times (0,55 - 0,15) \times 8 \times 2,4 = 3,072 \text{ ton}$$

Kapasitas crane mampu mengangkat balok anak pracetak dengan beban 3,072 ton dengan beban maksimum 3,2 ton dengan jarak jangkau maksimum 70 m.

3. Pelat

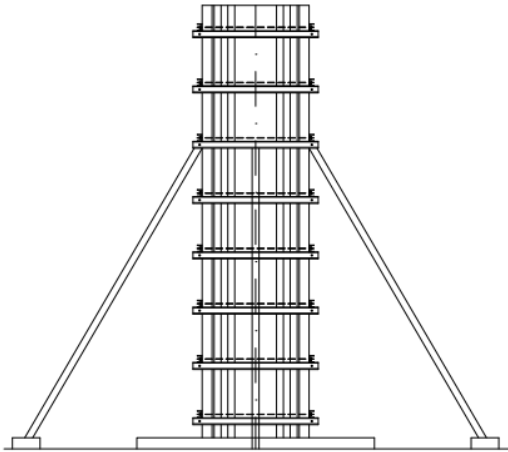
Ukuran Pelat $2,67 \times 8 \text{ m}$ ($t = 9 \text{ cm}$)

$$W = 2,67 \times 8 \times 0,09 \times 2,4 = 4,614 \text{ ton}$$

Kapasitas crane mampu mengangkat pelat pracetak dengan beban 4,614 ton dengan beban maksimum 6,7 ton dengan jarak jangkau maksimum 40 m.

4.7.3 Pekerjaan Elemen Kolom

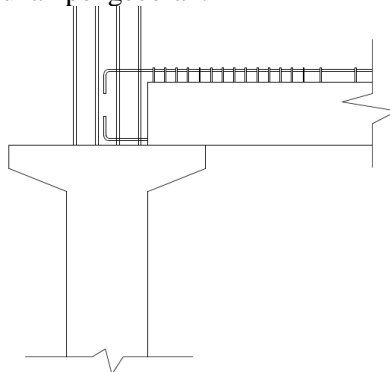
Setelah dilakukan pemancangan, pembuatan pile cap dan sloof, maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pendimensian pile cap. Tulangan kolom bersamaan dengan tulangan konsol yang telah disiapkan dicor sampai batas yang sudah ditentukan. Dalam hal ini sampai ketinggian permukaan bawah balok induk yang menumpang pada kolom.



Gambar 4. 45Pemasangan Bekisting untuk Pembuatan Kolom

4.7.4 Pemasangan Elemen Balok Induk

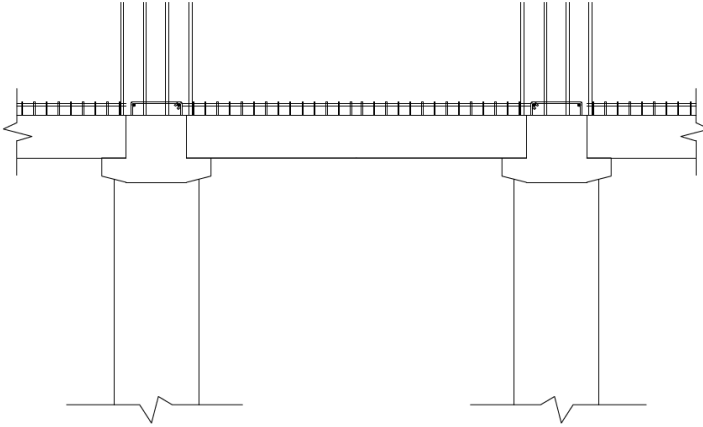
Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu di atas konsol kolom kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Lalu setelah itu baru dilakukan pengecoran.



Gambar 4. 46Pemasangan Balok Induk Pracetak

4.7.5 Pemasangan Elemen Balok Anak

Pemasangan balok anak pracetak di bagian tengah balok induk. Konsol tempat bertumpunya balok anak pun terbuat dari beton pracetak yang terdapat pada balok induk.

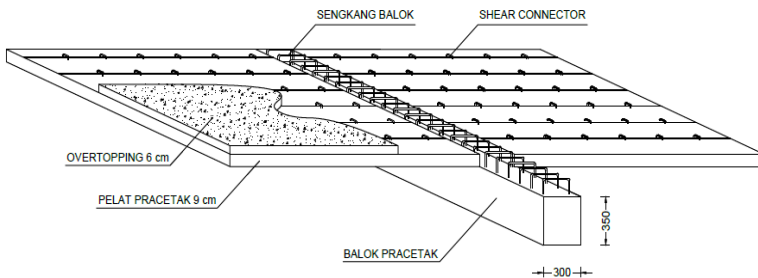


Gambar 4. 47Pemasangan Balok Anak Precetak

Setelah balok anak dan balok induk terpasang, maka dilanjutkan dengan pemasangan pelat dan kemudian dilakukan pengecoran *overtopping*.

4.7.6 Pemasangan Elemen Pelat

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Kemudian dilakukan pemasangan tulangan bagian atas yaitu tulangan tumpuan untuk pelat.



Gambar 4. 48Pemasangan Tulangan Atas

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas pelat, 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. Topping digunakan setinggi 6 cm.

Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.

4.7.7 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. Pemindahan 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 area lokasi proyek diperlukan sarana untuk pemindahan komponen beton pracetak mempergunakan tower crane dan area penyimpanan (*storage*) untuk menyimpan elemen pracetak sebelum dilaksanakan pemasangan (*erection*)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Perencanaan Ulang Gedung Skysuites SOHO kedung baruk Surabaya dengan metode pracetak sistem rangka gedung” maka dapat ditarik beberapa poin kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam Dimensi struktur utama didapatkan dari SNI 2847:2013 pasal 9.5.2. Yang meliputi ketentuan tebal minimum balok non prategang dapat disesuaikan pada table 9.5(a) dan dimensi kolom yang didapat dari perhitungan sebesar 95/95 cm, 85/85 cm, 80/80 cm dan 75/75 cm. Dimensi struktur sekunder didapatkan dari SNI 2847:2013 pasal 9.5.2. Yang meliputi ketentuan tebal minimum balok non prategang dapat disesuaikan pada table 9.5(a). Sedangkan untuk dimensi pelat digunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2 dengan melihat tabel 9.5(c). adapun hasil perancangan adalah sebagai berikut :

a. Struktur Sekunder

- Dimensi balok anak = 25/35 cm
= 30/40 cm
= 35/50 cm
= 40/55 cm
- Dimensi balok bordes = 20/30 cm
- Dimensi pengantung lift = 30/50 cm
- Dimensi penumpu lift = 40/60 cm
- Tebal pelat = 15 cm

b. Struktur Primer

- Dimensi balok induk = 30/35 cm
= 35/50 cm

- | | |
|--------------------|-----------------|
| | = 40/55 cm |
| | = 50/70 cm |
| ▪ Dimensi kolom | = 75x75 cm |
| | = 80x80 cm |
| | = 85x85 cm |
| | = 95x95 cm |
| ▪ Pile cap | = 3,6x3,6x0,8 m |
| ▪ Tiang pancang | = D60, H=24m |
| ▪ Tebal shear wall | = 40 cm |
2. Komponen pracetak disambung dengan menggunakan sambungan basah dan konsol pendek agar bangunan tersebut menjadi bangunan pracetak yang monolit. Ukuran konsol pendek kolom adalah 500x400 mm, konsol pendek balok anak 180x150, Konsol pendek balok induk 180x150 dan 200x200.
 3. Detailing sambungan pracetak dirancang bersifat monolit antar elemennya dengan tulangan-tulangan dan shear connector yang muncul dari setiap elemen pracetak untuk menyatukan dengan elemen cor di tempat. Sambungan didesain sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

5.2 Saran

Bedasarkan analisa selama proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah diantaranya :

1. Perlu pengawasan dengan baik pada saat pelaksanaan sambungan antar elemen beton pracetak karena sambungan beton pracetak tentu tidak semonolit seperti pada sambungan dengan cor setempat agar nantinya pada saat memikul beban tidak terjadi gaya-gaya tambahan yang tidak diinginkan pada daerah sambungan akibat dari kurang sempurnanya pengerjaan sambungan

2. Sambungan tipe elemen pracetak sedapat mungkin dibuat semaksimal mungkin untuk lebih menyeragamkan bentuk cetakan dan detail tulangan tulangan sehingga tujuan dari konstruksi dengan metode pracetak dapat terlaksana
3. Masih perlu lagi pengembangan teknologi Pracetak agar lebih efisien lagi dalam penggunaannya, serta lebih mudah dalam pengaplikasiannya.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut perihal pengembangan teknologi pracetak agar lebih efisien dalam penggunaannya, sehingga para pelaku dunia konstruksi lebih mudah dalam mengaplikasikan metode beton pracetak.

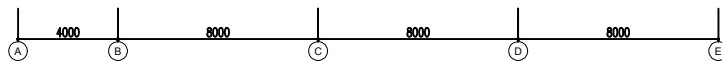
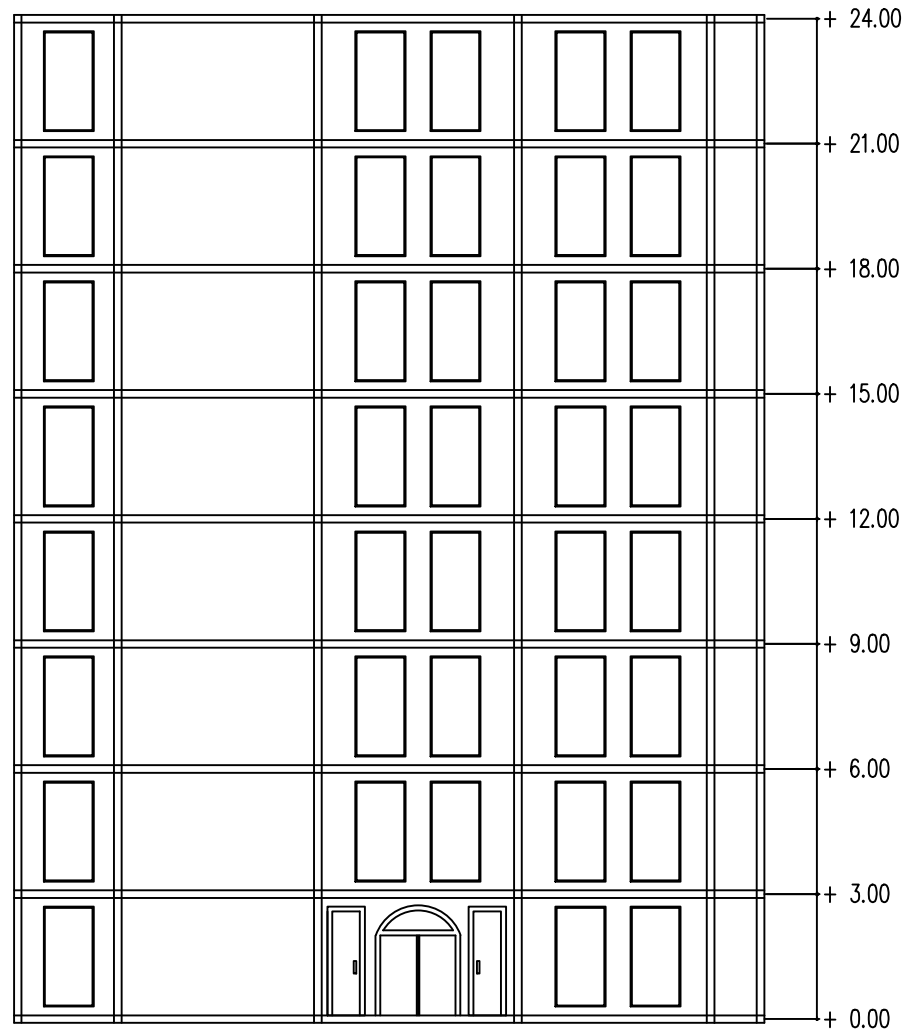
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 2847:2013 Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
2. Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
3. Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 1727:2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
4. Purwono, Rachmat . 2006.**Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**. Surabaya : ITS Press
5. Ervianto, Wulfram. 2006. **Teknologi Pracetak dan Bekisting**. Bandung
6. PCI. Fourth Edition. **PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete**. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.
7. Elliot, Kim S. 2002. **Precast Concrete Structure**. India: Butterwoth Heinemann.
8. Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
9. Nawy, Erdward G. 1998. **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar** Diterjemahkan : Bambang Suryoatmono. Bandung: PT Rafika Aditama.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



Tampak Depan Setelah Modifikasi
 SKALA 1:100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP – ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

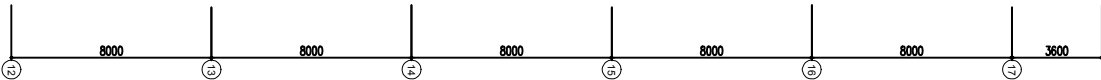
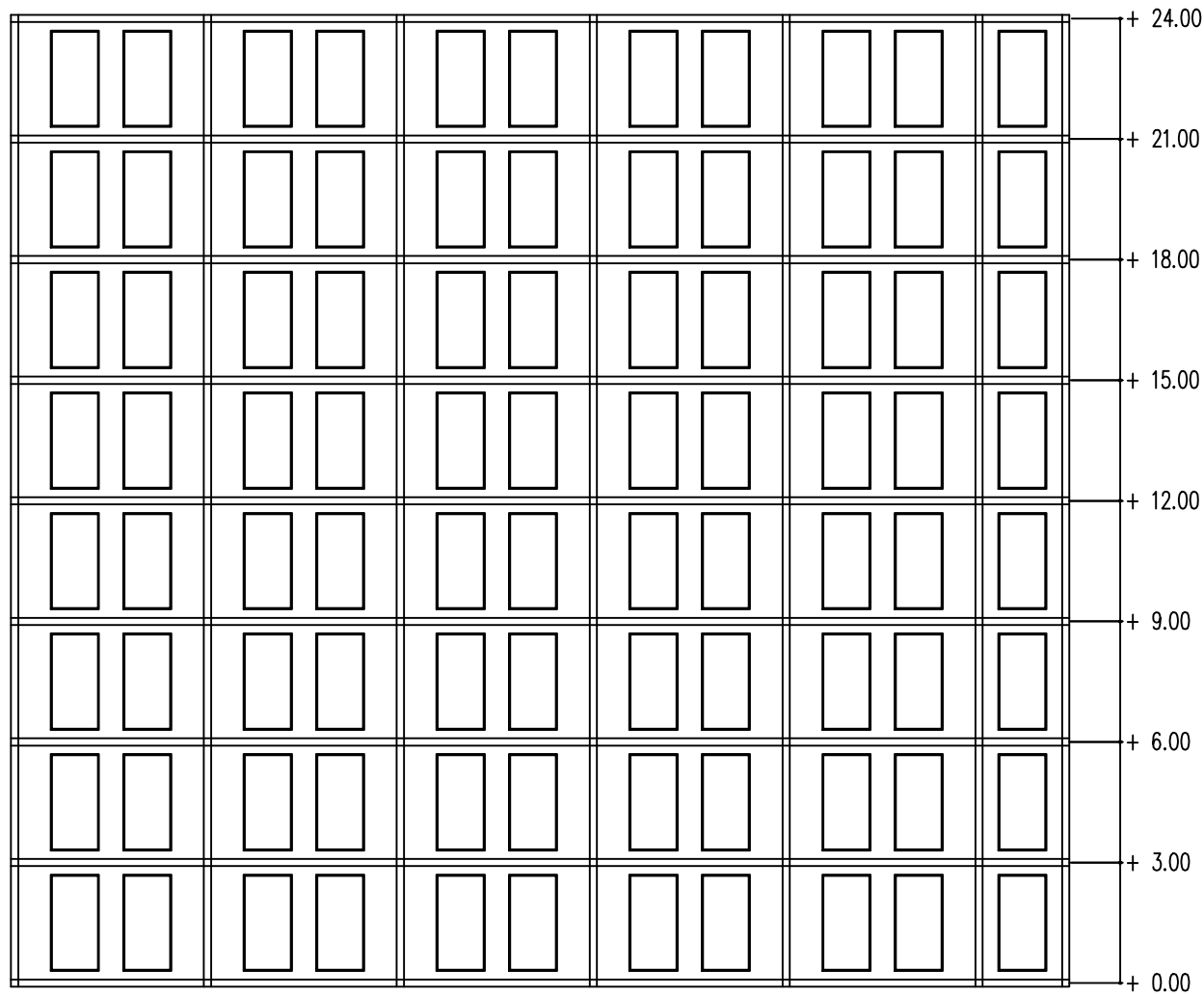
Denah Pembalokan
 setelah Modifikasi

NO GAMBAR

1

83

CATATAN



Tampak Samping Setelah Modifikasi
 SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP – ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

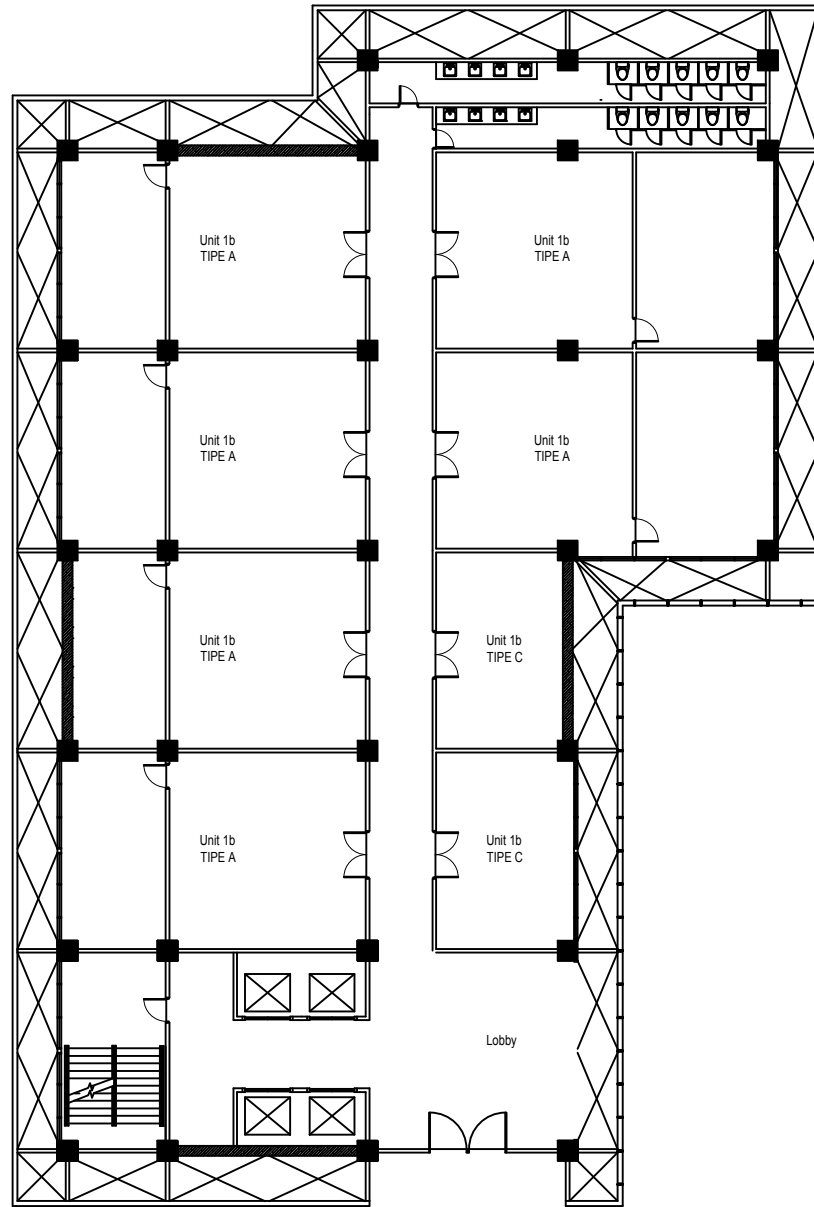
Denah Pembalokan
 setelah Modifikasi

NO GAMBAR

2

83

CATATAN



Denah Arsitektur Setelah Modifikasi 1 st FLOOR (SOHO)

SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

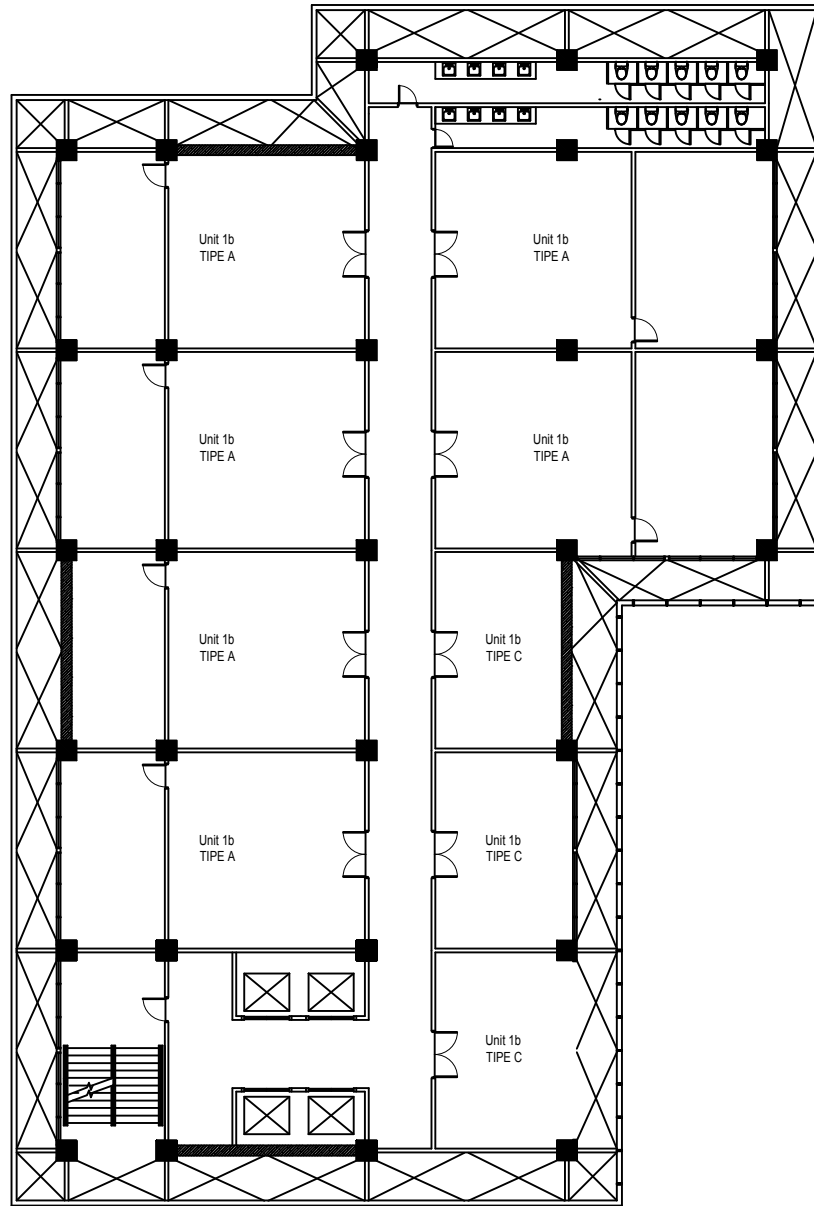
Denah Arsitektur
setelah Modifikasi

NO GAMBAR

3

83

CATATAN



Denah Arsitektur Setelah Modifikasi 2-8 TH FLOOR (SOHO)
 SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP – ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

Denah Arsitektur
 setelah Modifikasi

NO GAMBAR

4

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

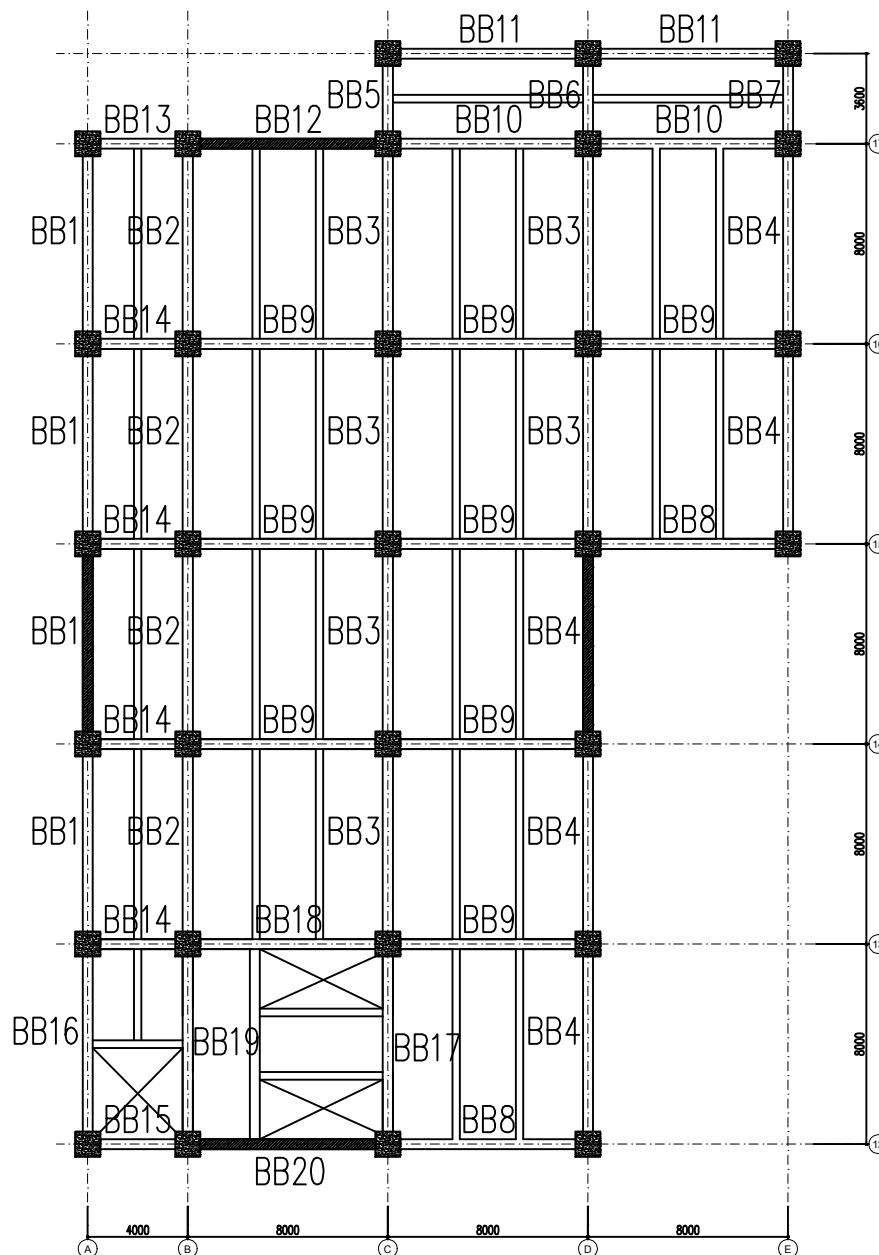
Denah Pembalokan
setelah Modifikasi

NO GAMBAR

5

83

CATATAN



Tabel Balok		
No.	Tipe Balok	Dimensi
1	BB1	35/50
2	BB2	35/50
3	BB3	35/50
4	BB4	35/50
5	BB5	50/70
6	BB6	50/70
7	BB7	50/70
8	BB8	50/70
9	BB9	50/70
10	BB10	50/70
11	BB11	35/50
12	BB12	50/70
13	BB13	50/70
14	BB14	50/70
15	BB15	30/35
16	BB16	50/70
17	BB17	40/55
18	BB18	50/70
19	BB19	50/70
20	BB20	50/70

Denah Pembalokan pracetak Modifikasi 1-8 TH FLOOR (SOHO)

SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

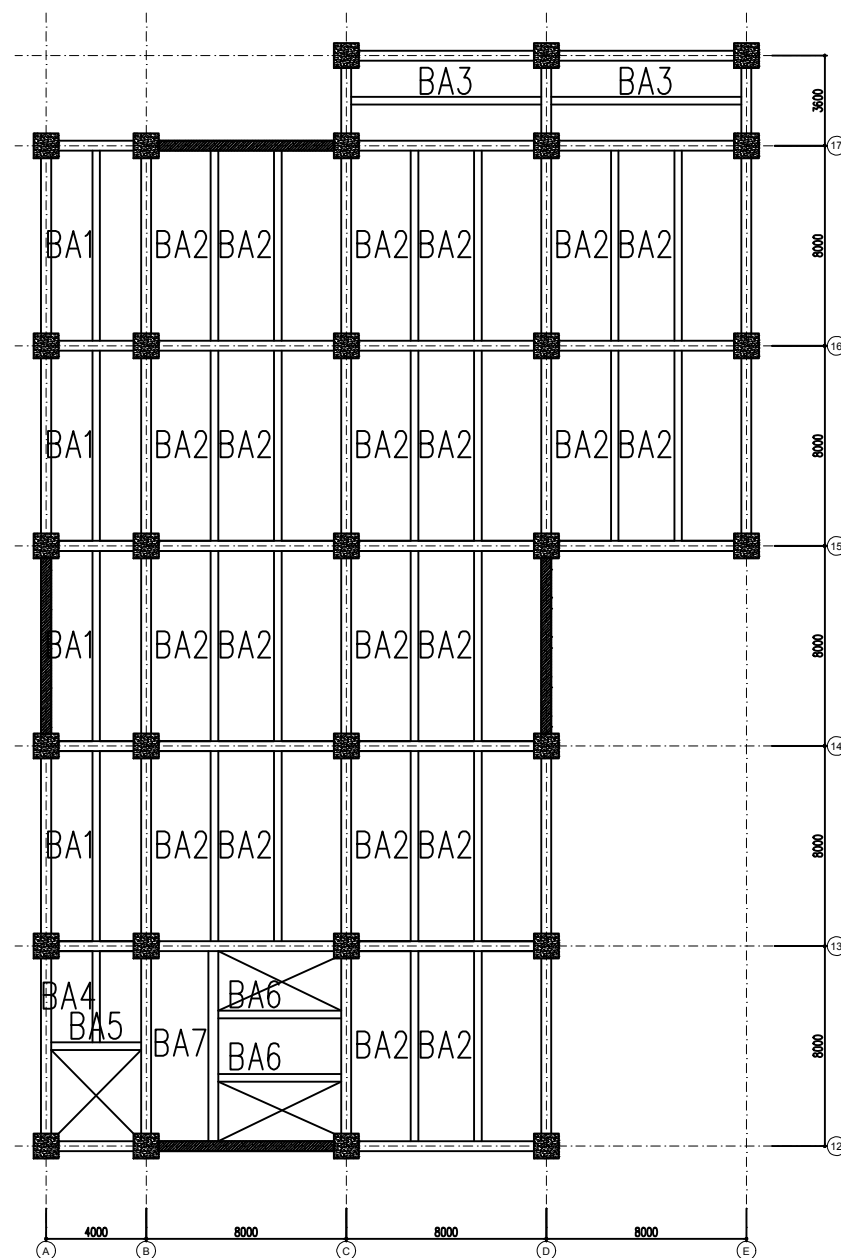
Denah Pembalokan
setelah Modifikasi

NO GAMBAR

6

83

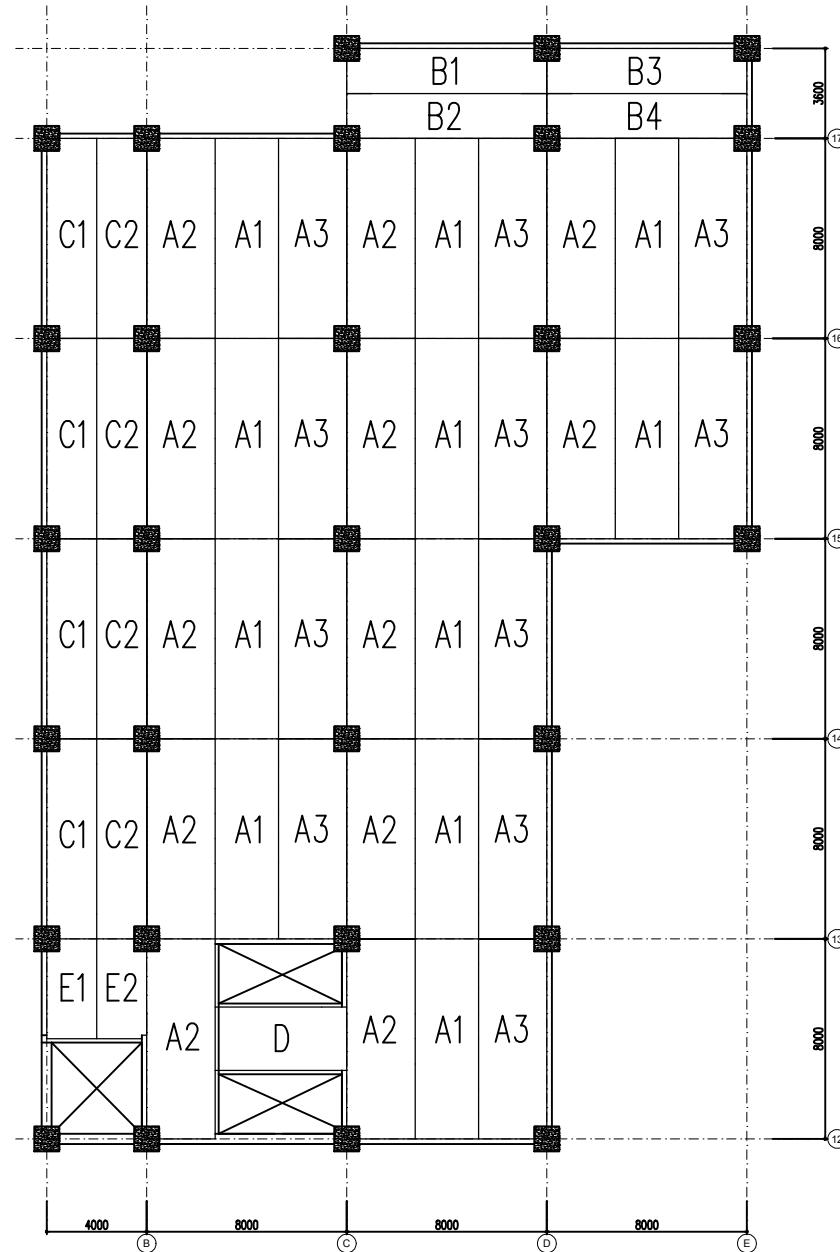
CATATAN



Tabel Balok		
No.	Tipe Balok	Dimensi
1	BA1	35/50
2	BA2	35/50
3	BA3	35/50
4	BA4	25/35
5	BA5	35/50
6	BA6	30/40
7	BA7	40/55

Denah Pembalokan pracetak Modifikasi 1-8 TH FLOOR (SOHO)

SKALA 1 : 300



Denah Pelat pracetak Modifikasi 1-8 TH FLOOR (SOHO)
 SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP – ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

Denah Pelat
 setelah Modifikasi

NO GAMBAR

7

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

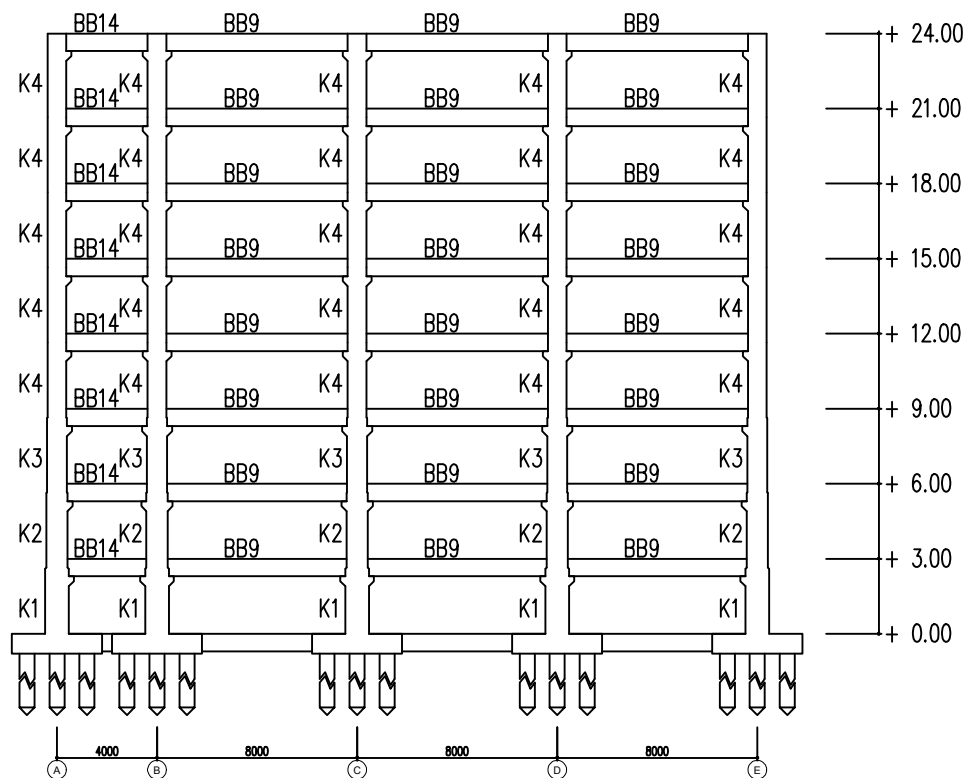
Denah Kolom Melintang
setelah Modifikasi

NO GAMBAR

8

83

CATATAN



Tabel Kolom		
No.	Tipe Kolom	Dimensi
1	K1	95/95
2	K2	85/85
3	K3	80/80
4	K4	75/75

Denah Kolom Melintang
SKALA 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

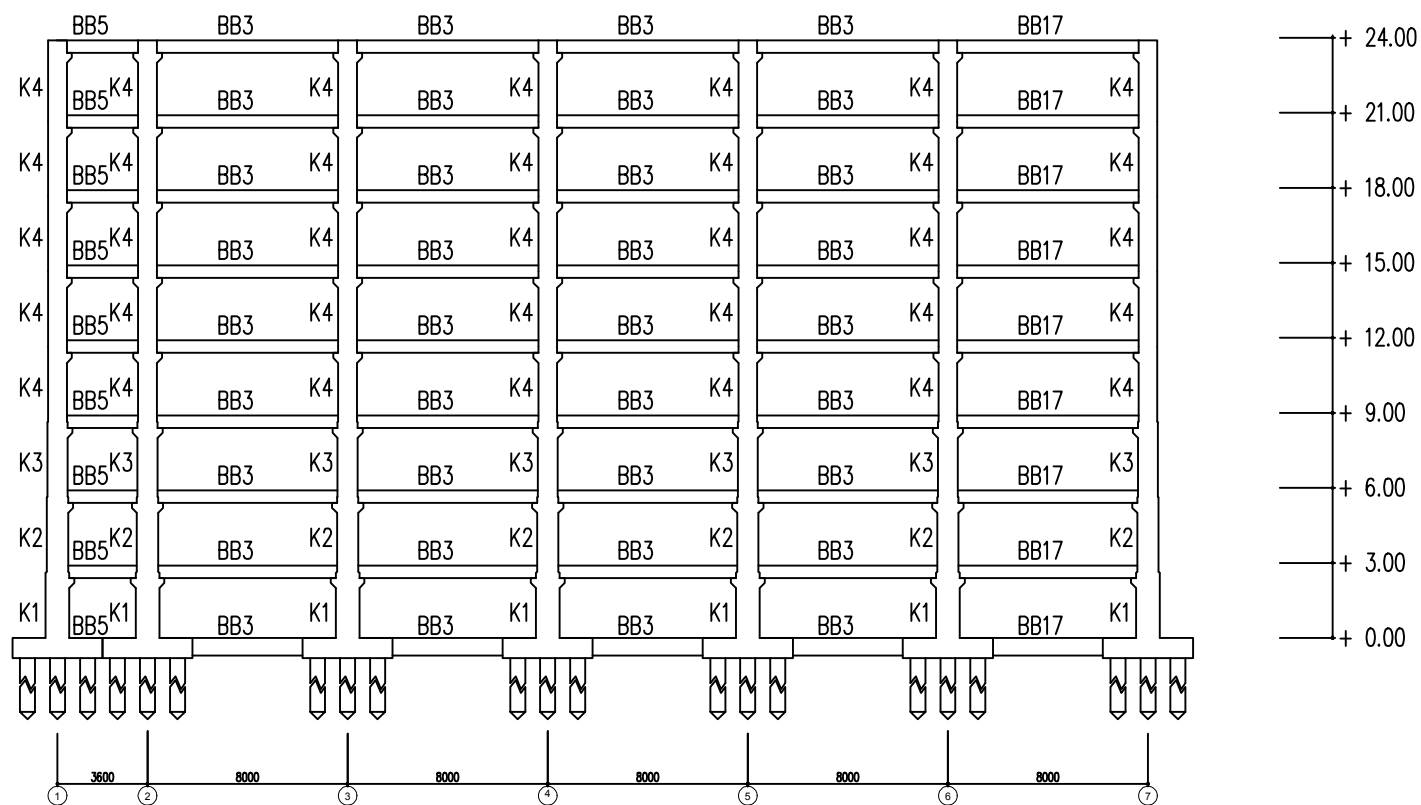
Denah Kolom Memanjang
setelah Modifikasi

NO GAMBAR

9

83

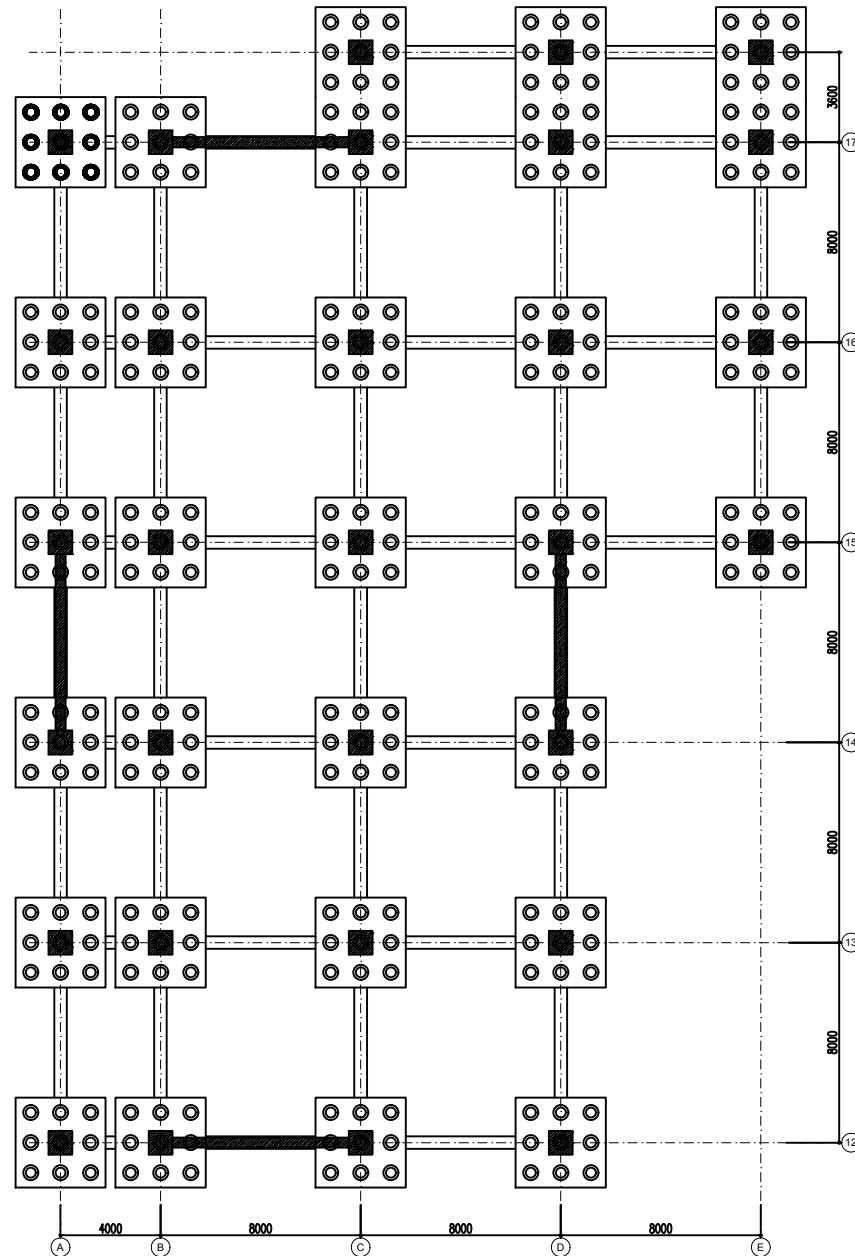
CATATAN



No.	Tipe Kolom	Dimensi
1	K1	95/95
2	K2	85/85
3	K3	80/80
4	K4	75/75

Denah Kolom Memanjang

SKALA 1 : 300



Denah Pondasi
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

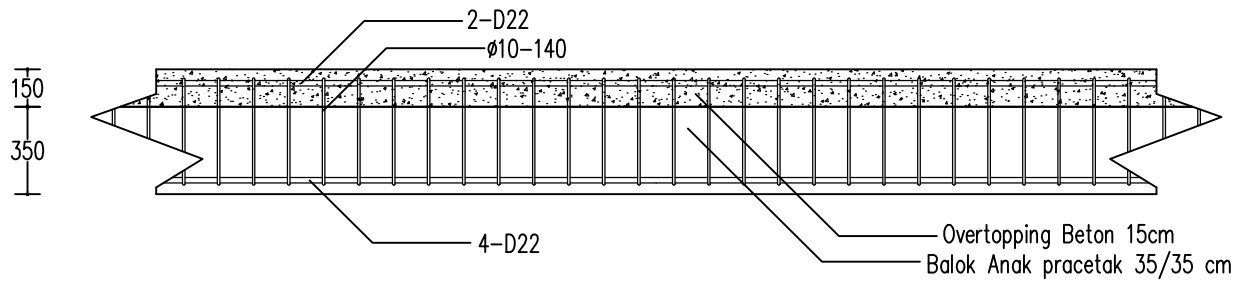
Denah Pondasi
setelah Modifikasi

NO GAMBAR

10

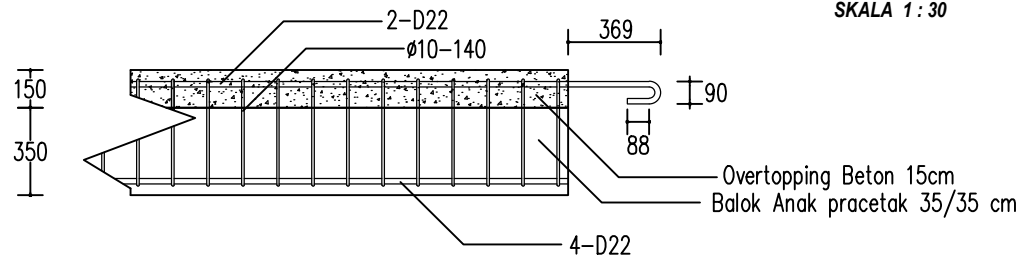
83

CATATAN



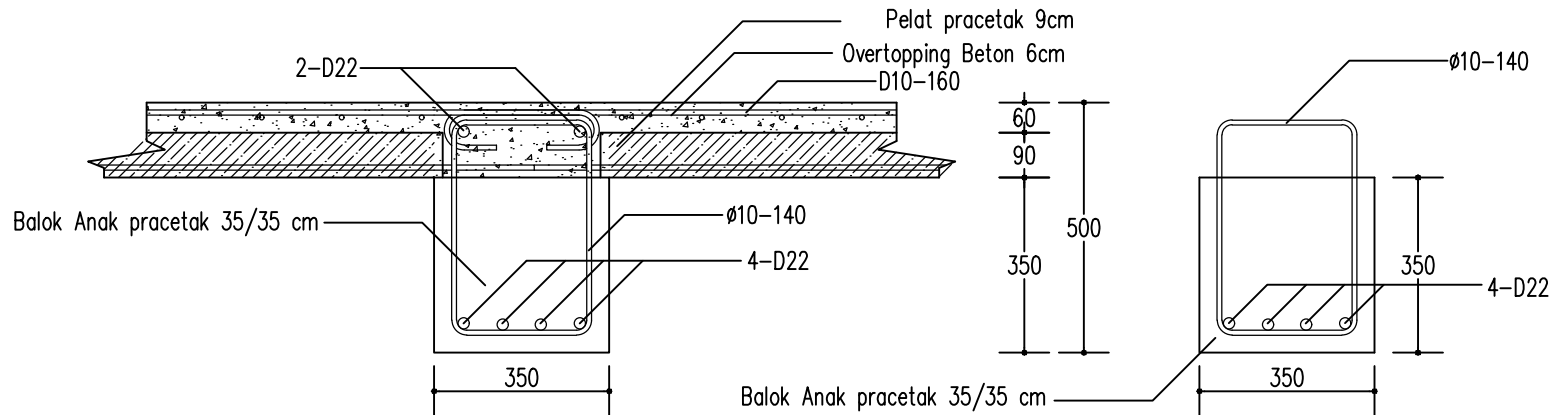
Balok BA 1 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



Balok BA 1 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BA 1 setelah komposit

SKALA 1 : 15

Balok BA 1 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Anak BA1

NO GAMBAR

11

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

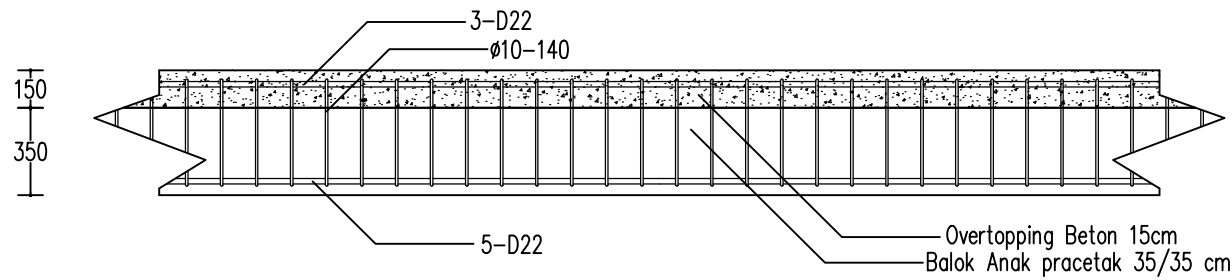
Detail Balok
Anak BA2

NO GAMBAR

12

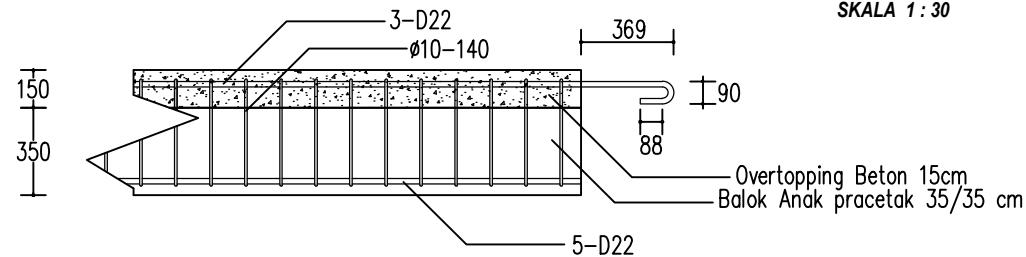
83

CATATAN



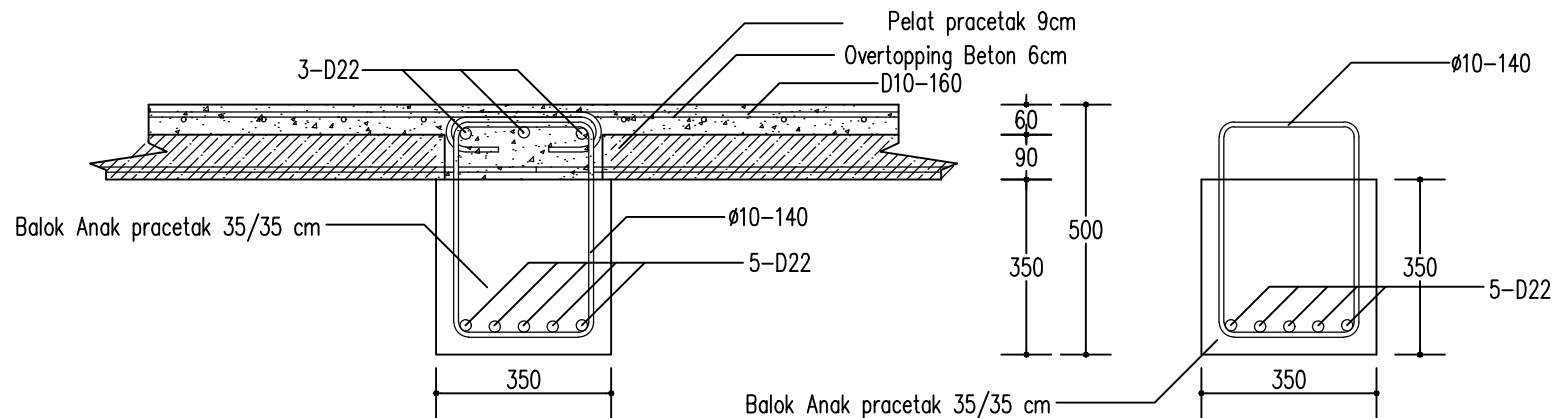
Balok BA 2 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



Balok BA 2 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30

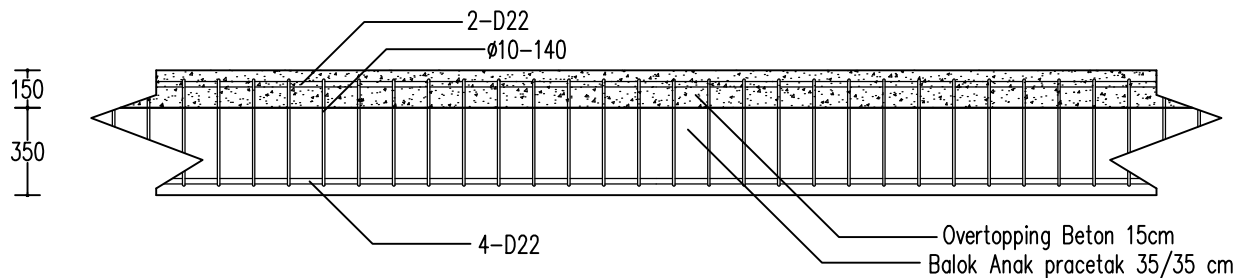


Balok BA 2 setelah komposit

SKALA 1 : 15

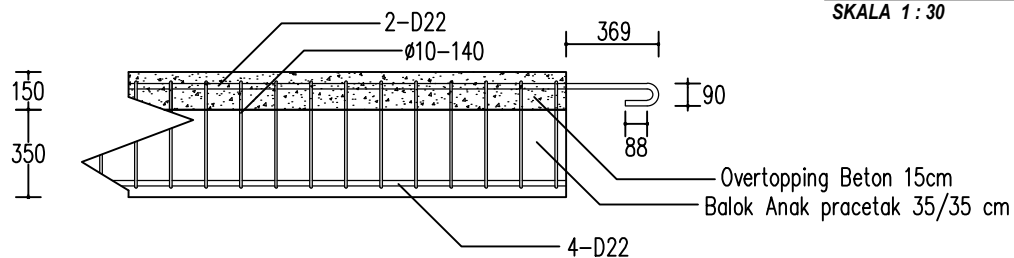
Balok BA 2 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



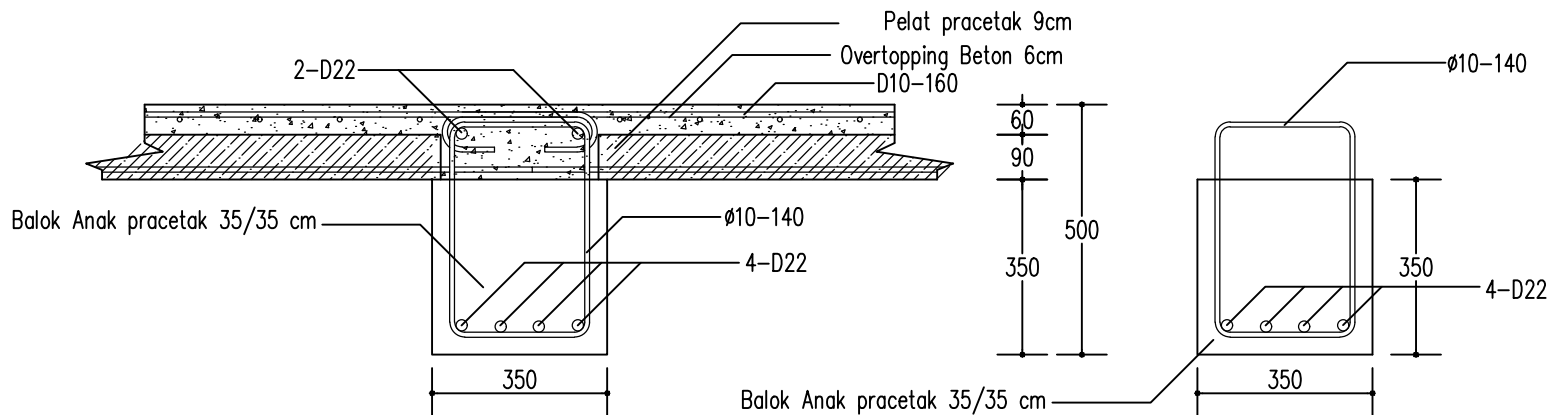
Balok BA 3 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



Balok BA 3 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BA 3 setelah komposit

SKALA 1 : 15

Balok BA 3 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Anak BA3

NO GAMBAR

13

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

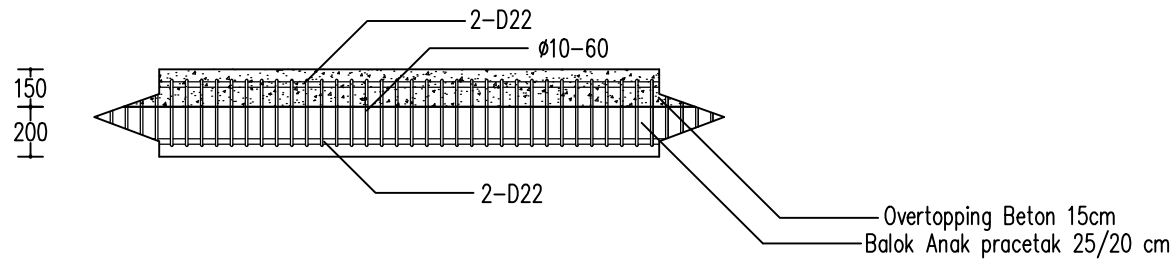
Detail Balok
Anak BA4

NO GAMBAR

14

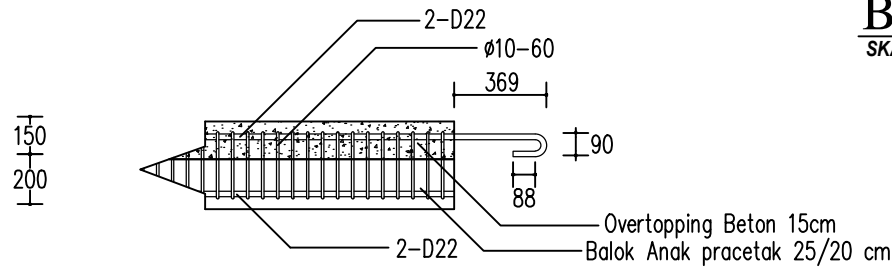
83

CATATAN



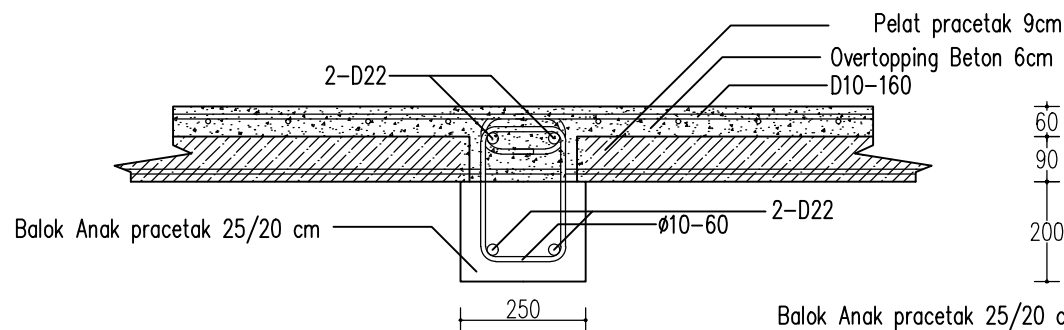
Balok BA 4 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



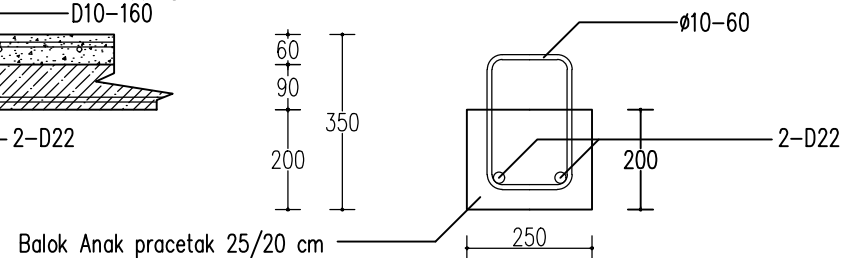
Balok BA 4 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BA 4 setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BA 4 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

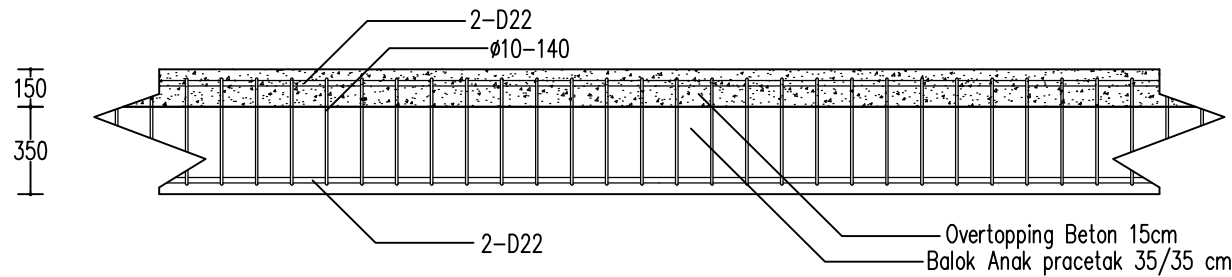
Detail Balok
Anak BA5

NO GAMBAR

15

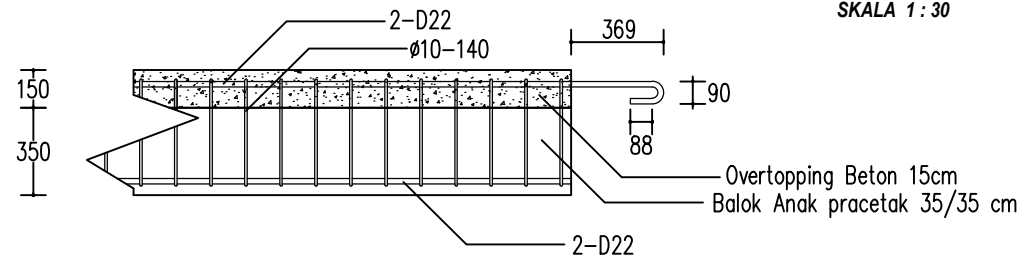
83

CATATAN



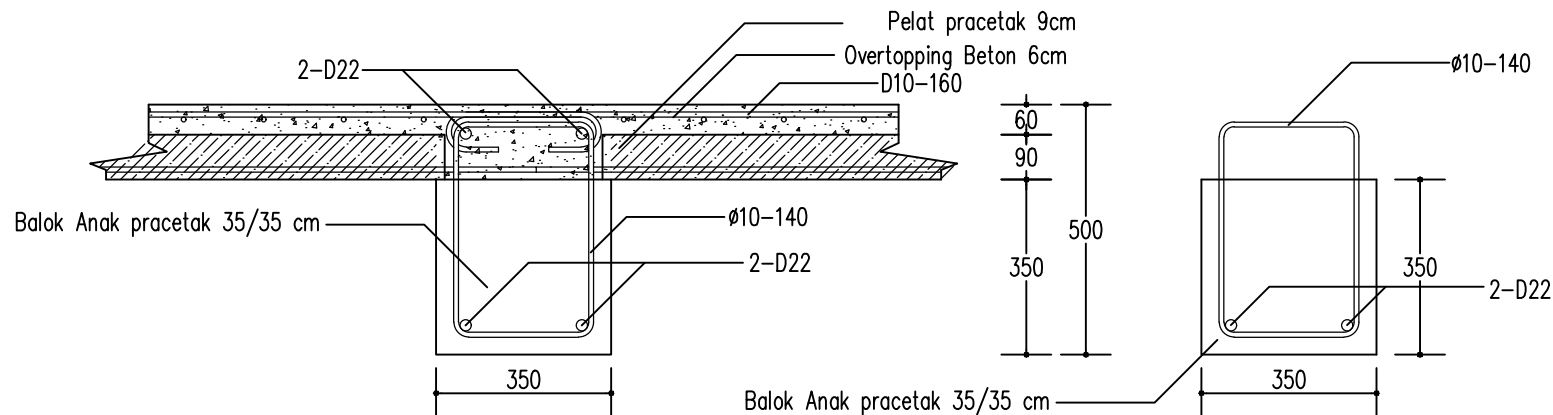
Balok BA 5 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



Balok BA 5 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BA 5 setelah komposit

SKALA 1 : 15

Balok BA 5 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

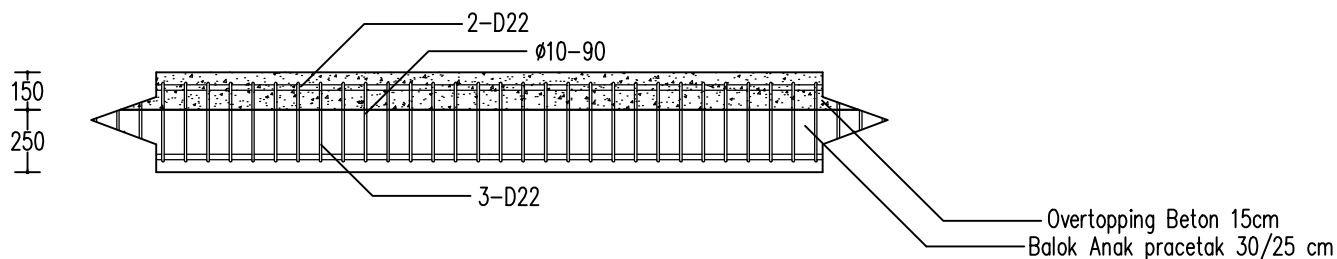
Detail Balok
Anak BA6

NO GAMBAR

16

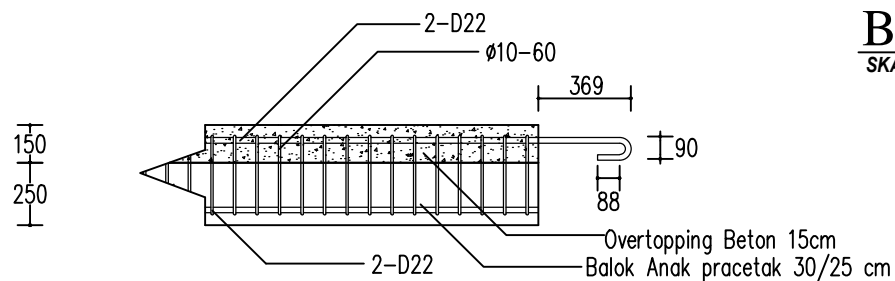
83

CATATAN



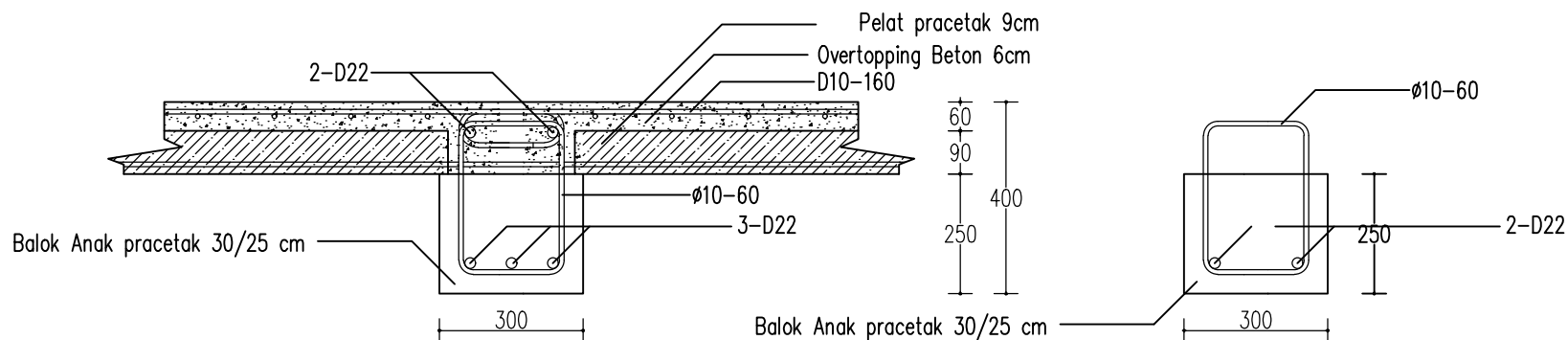
Balok BA 6 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



Balok BA 6 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BA 6 setelah komposit

SKALA 1 : 15

Balok BA 6 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

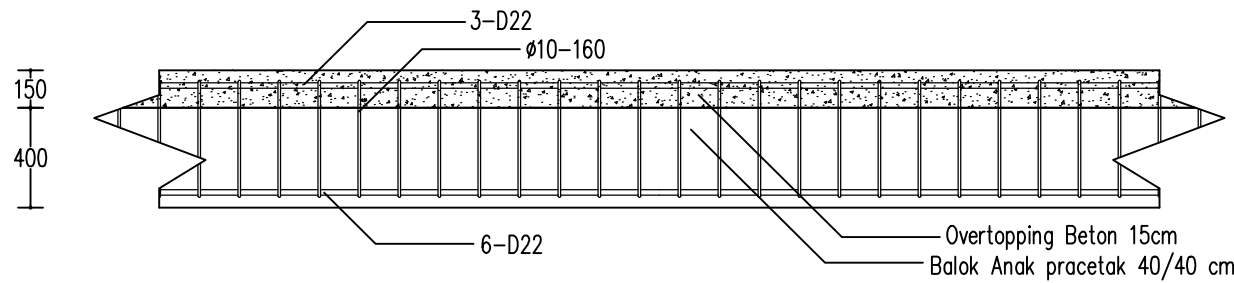
Detail Balok
Anak BA7

NO GAMBAR

17

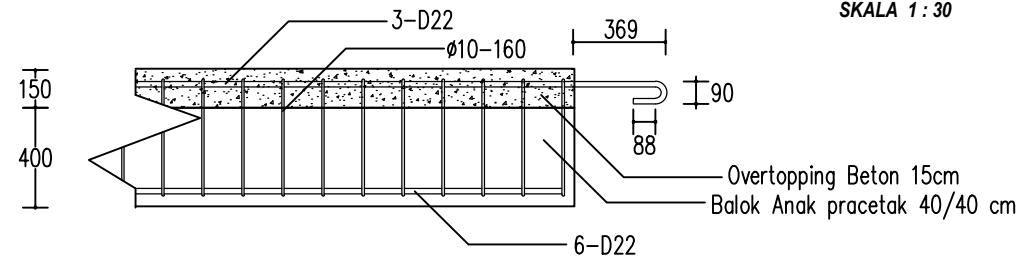
83

CATATAN



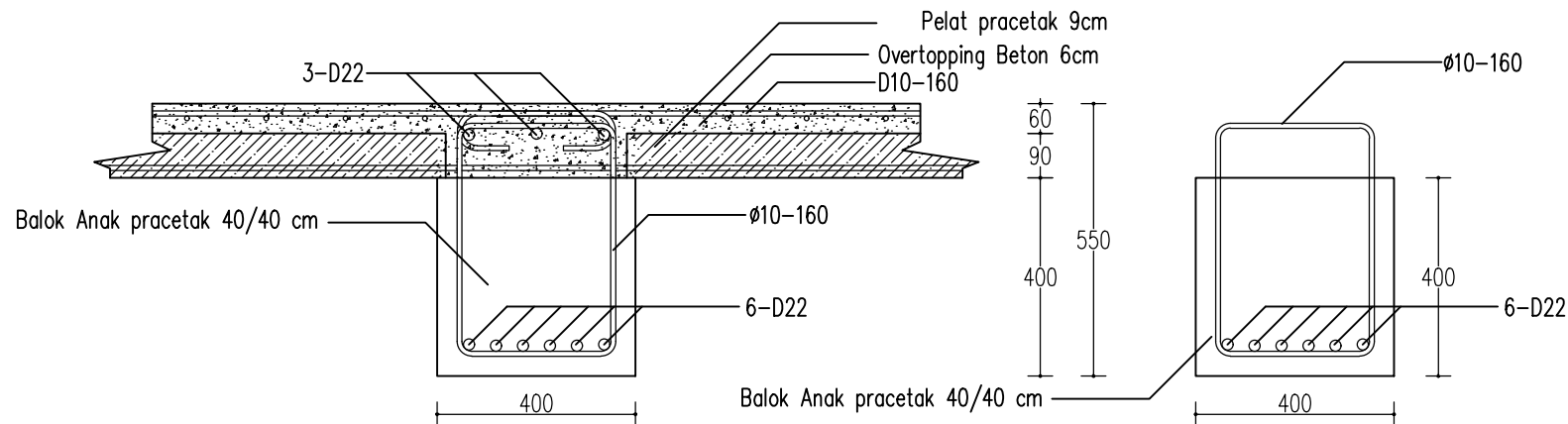
Balok BA 7 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



Balok BA 7 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BA 7 setelah komposit

SKALA 1 : 15

Balok BA 7 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

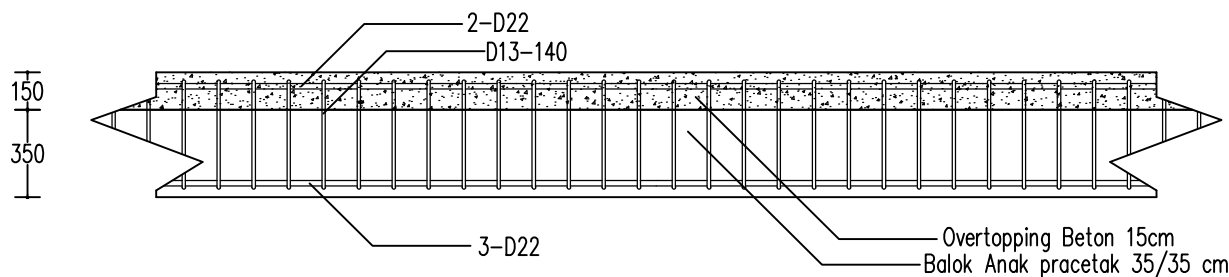
Detail Balok
Induk BB1

NO GAMBAR

18

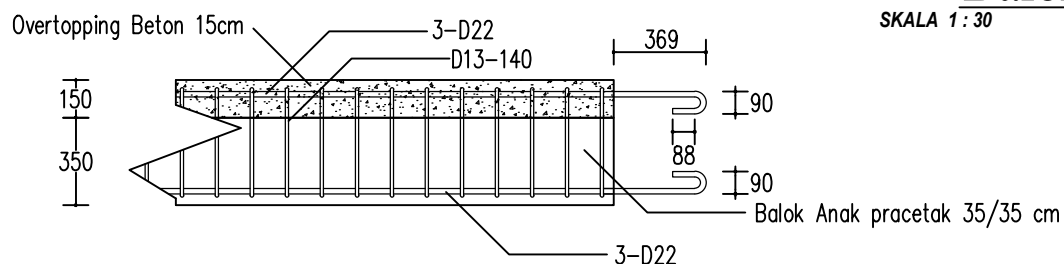
83

CATATAN



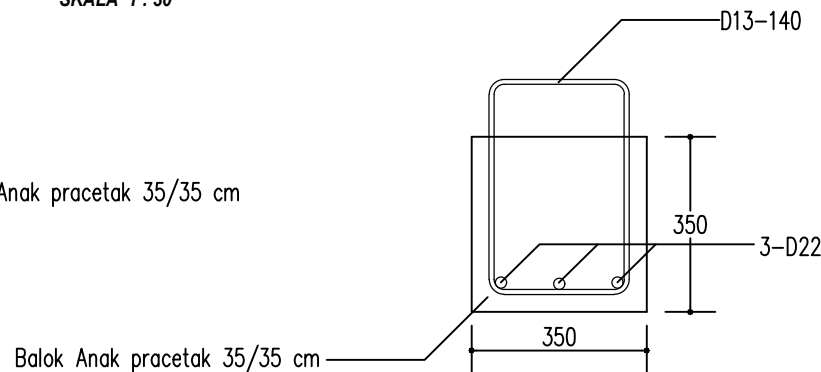
Balok BB 1 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



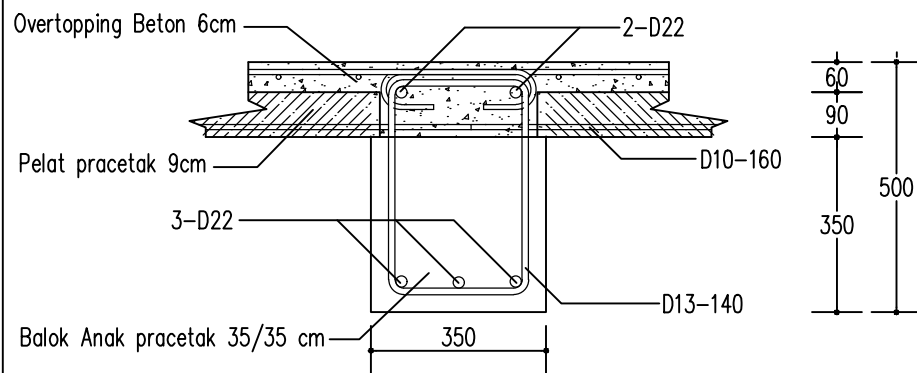
Balok BB 1 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



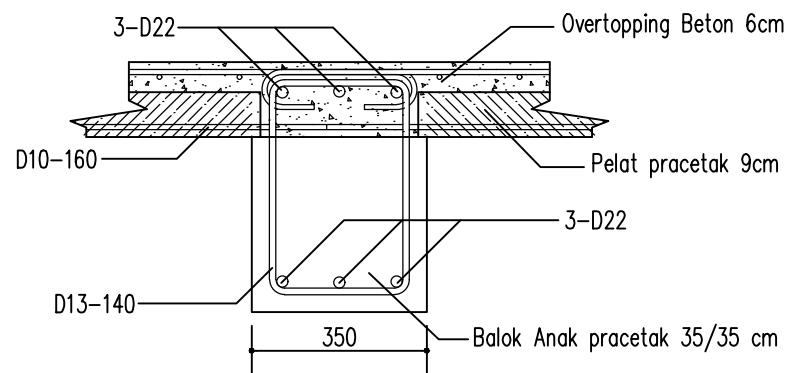
Balok BB 1 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 1 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 1 Tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

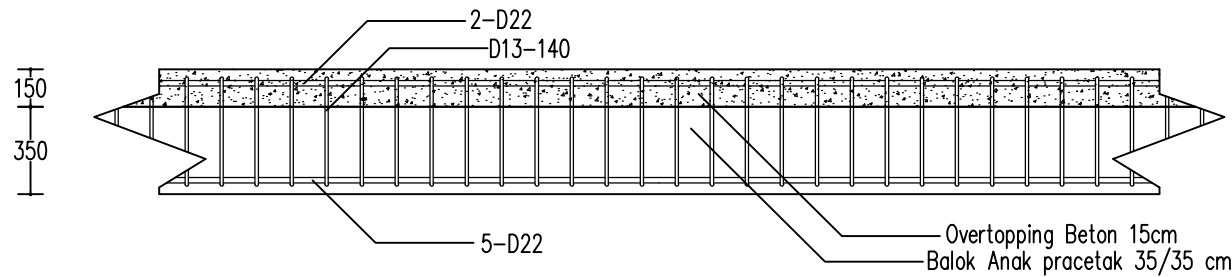
Detail Balok
Induk BB2

NO GAMBAR

19

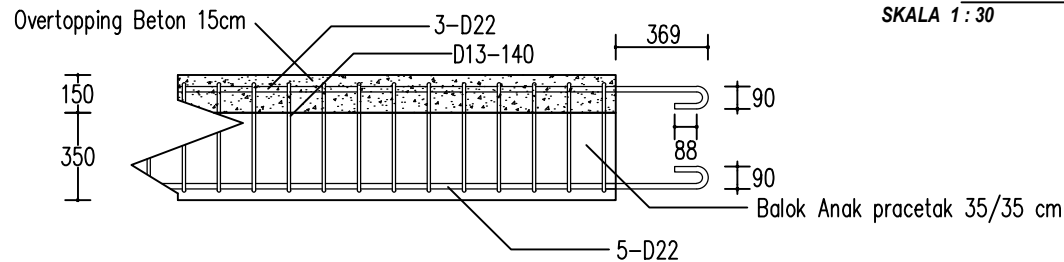
83

CATATAN



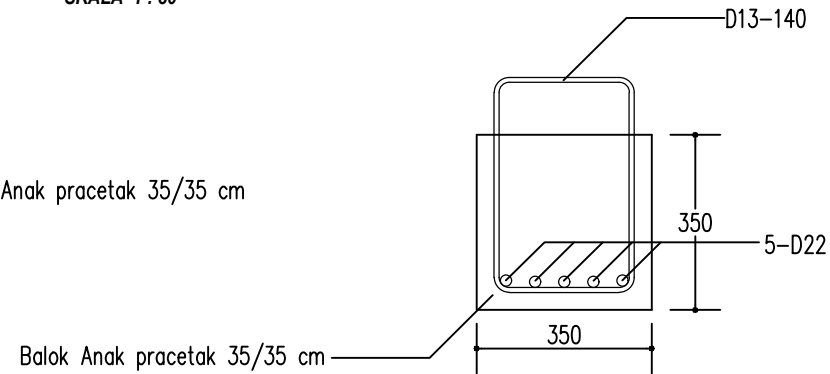
Balok BB 2 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



Balok BB 2 daerah tumpuan

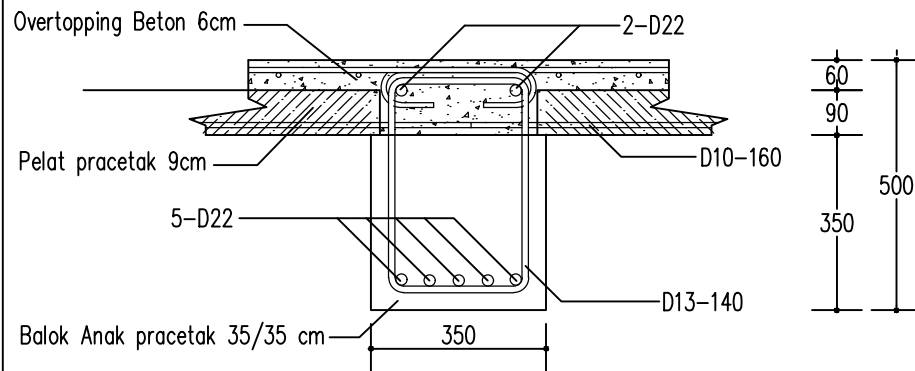
SKALA 1 : 30



Balok Anak pracetak 35/35 cm

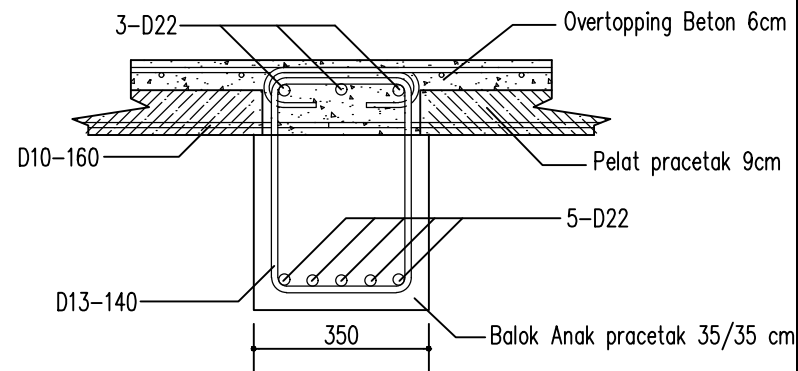
Balok BB 2 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 2 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 2 Tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

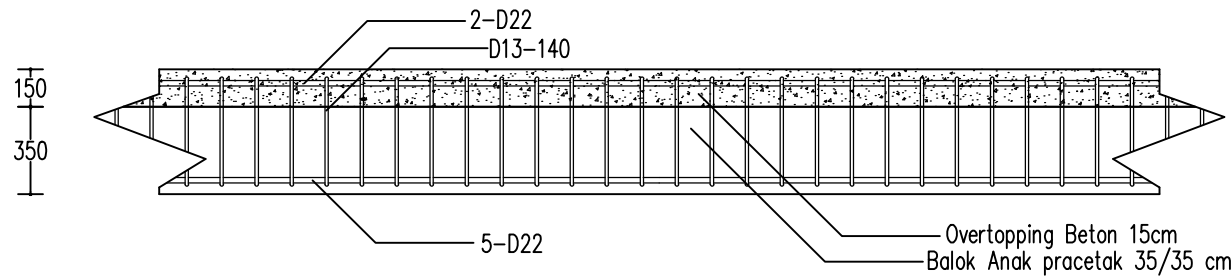
Detail Balok
Induk BB3

NO GAMBAR

20

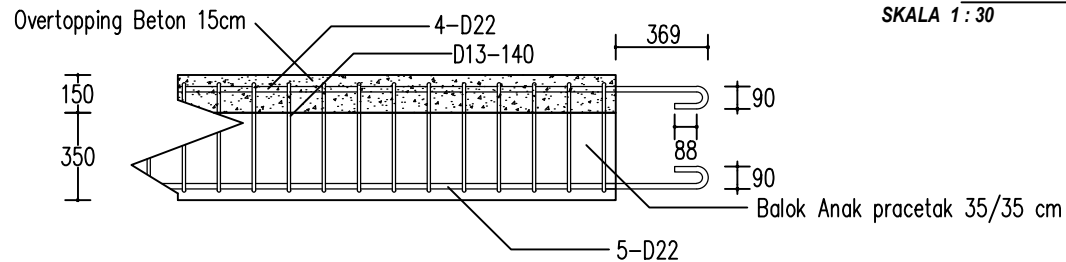
83

CATATAN



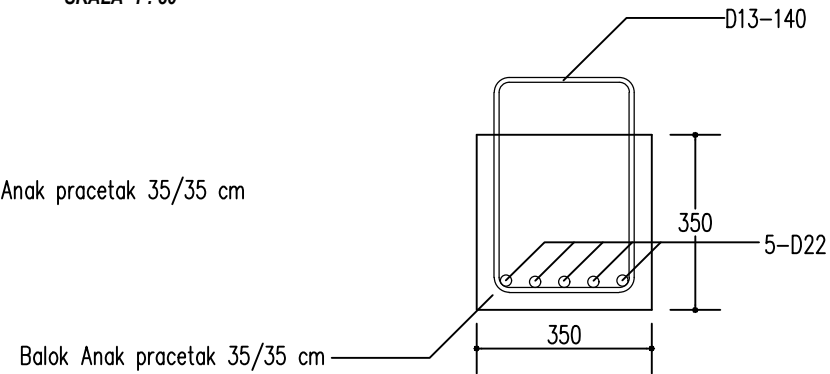
Balok BB 3 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



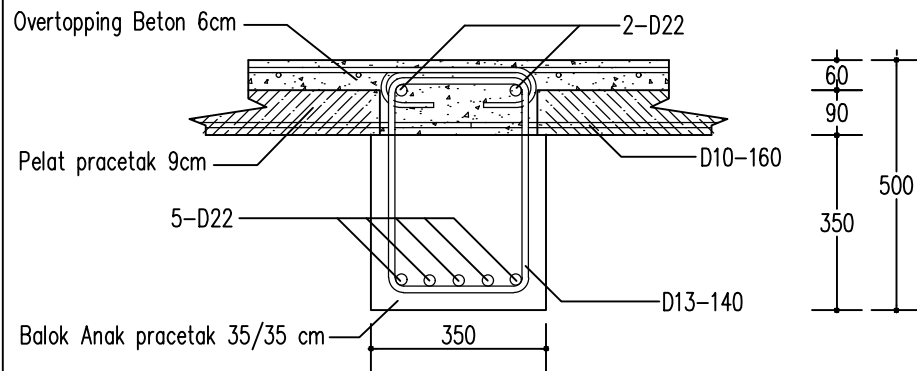
Balok BB 3 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



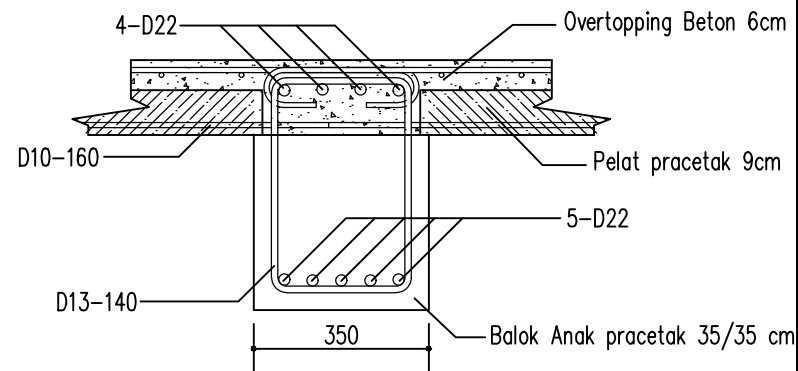
Balok BB 3 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 3 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 3 Tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

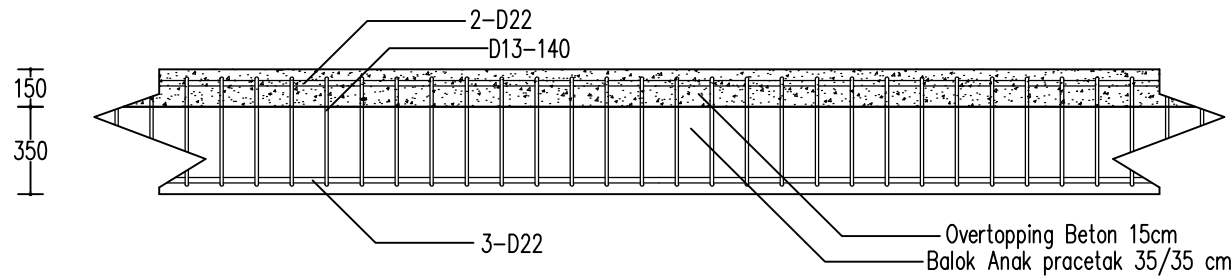
Detail Balok
Induk BB4

NO GAMBAR

21

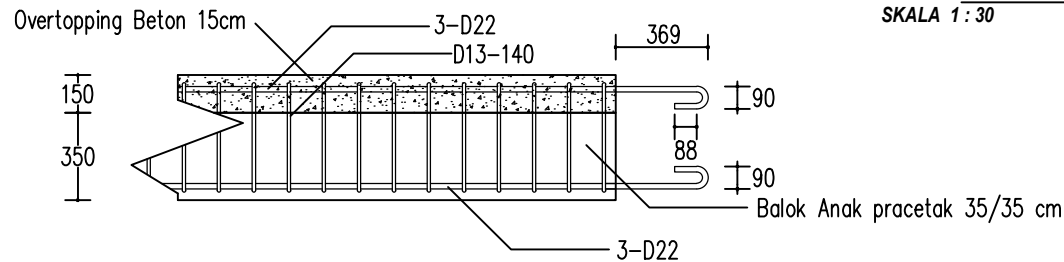
83

CATATAN



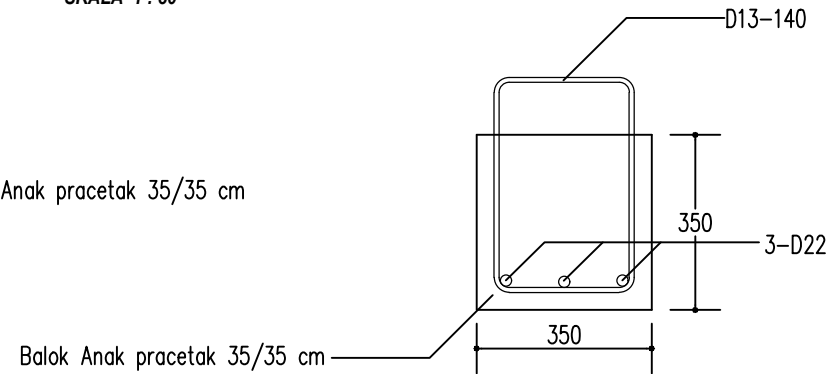
Balok BB 4 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



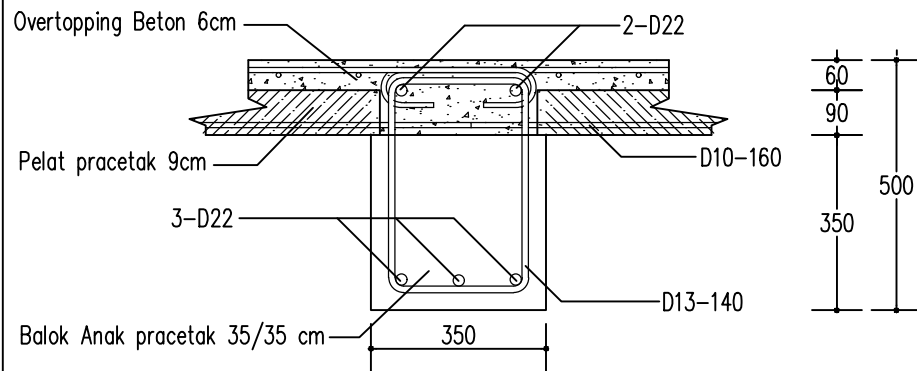
Balok BB 4 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



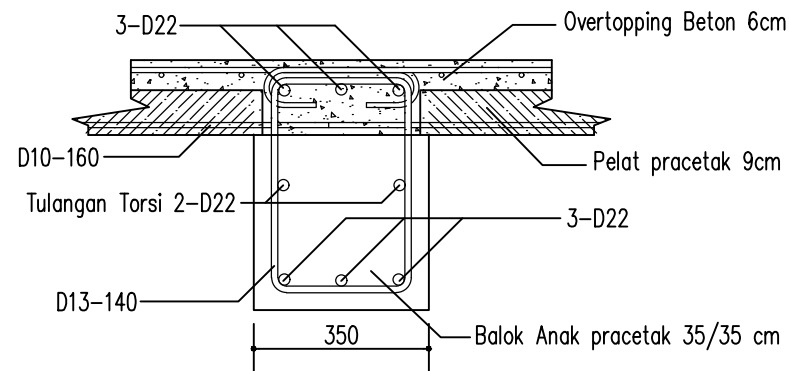
Balok BB 4 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



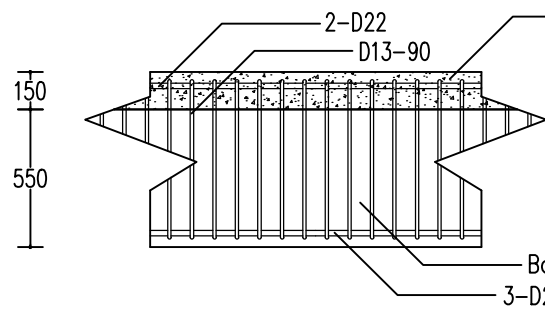
Balok BB 4 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15

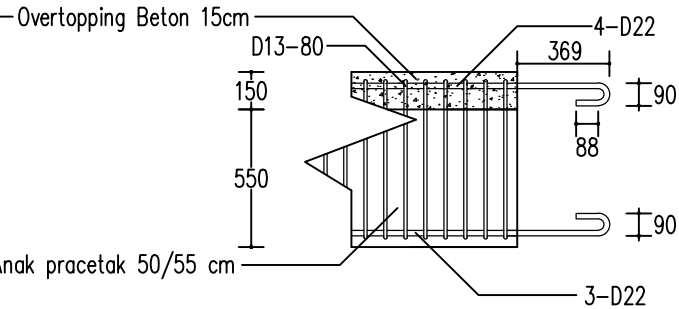


Balok BB 4 Tumpuan setelah komposit

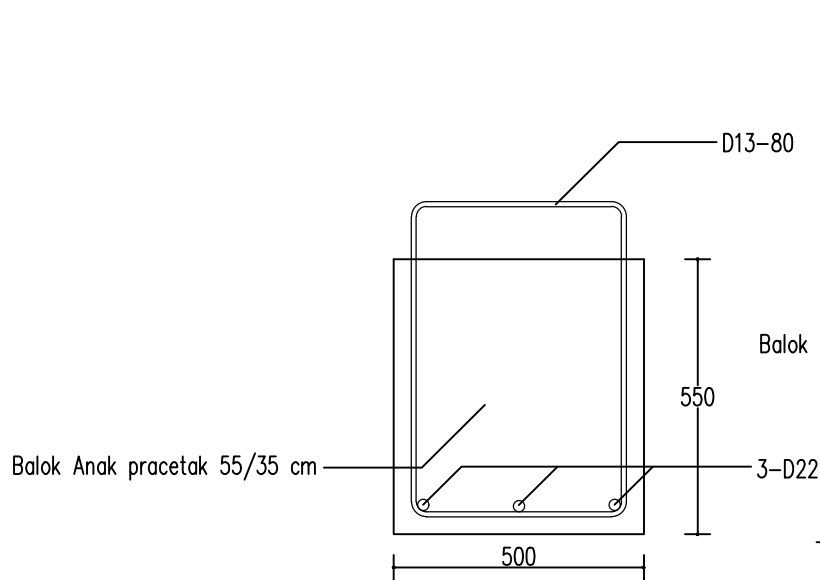
SKALA 1 : 15



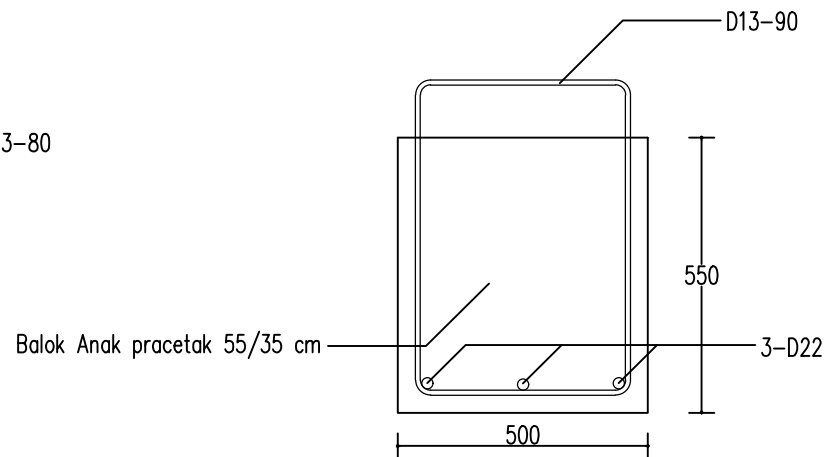
Balok BB 5 daerah lapangan
SKALA 1 : 30



Balok BB 5 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 5 sebelum komposit tumpuan
SKALA 1 : 15



Balok BB 5 sebelum komposit lapangan
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB5

NO GAMBAR

22

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

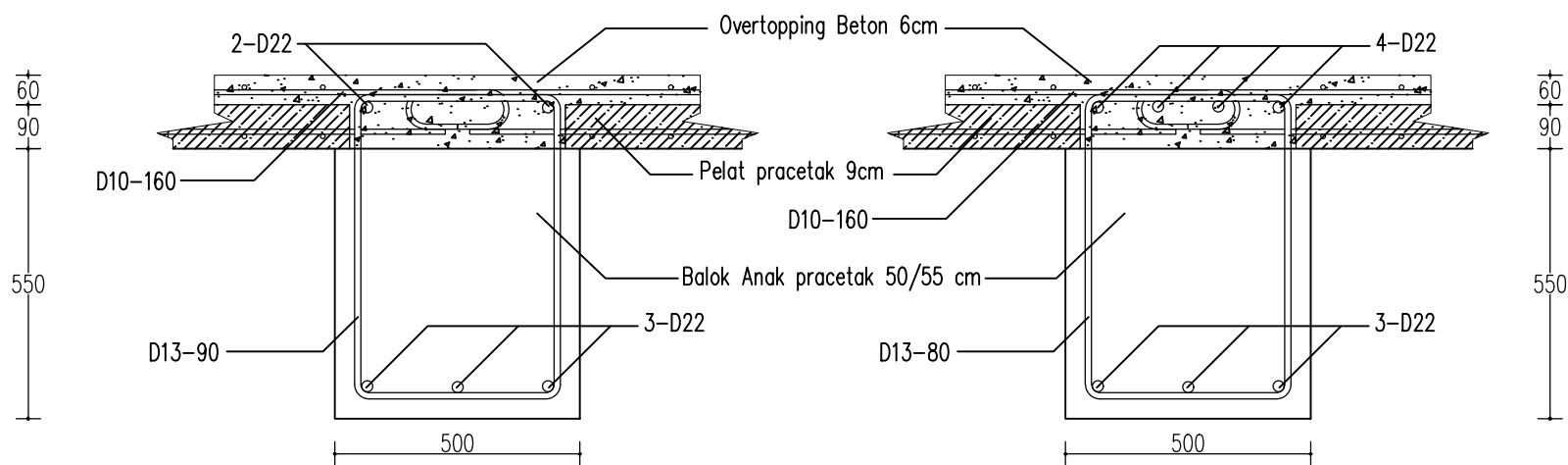
Detail Balok
Induk BB5

NO GAMBAR

23

83

CATATAN

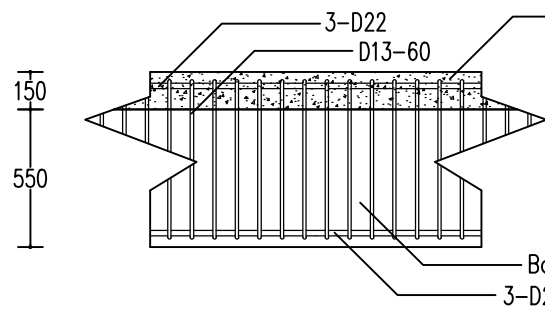


Balok BB 5 lapangan setelah komposit

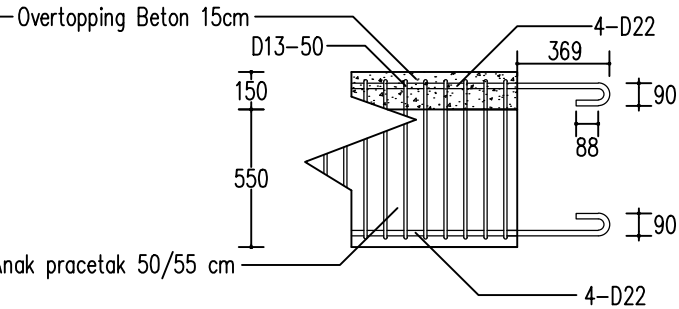
SKALA 1 : 15

Balok BB 5 Tumpuan setelah komposit

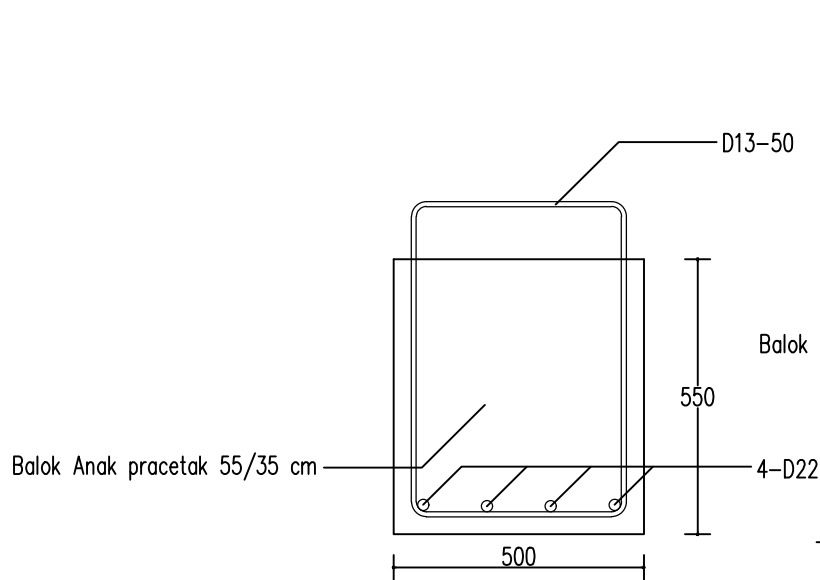
SKALA 1 : 15



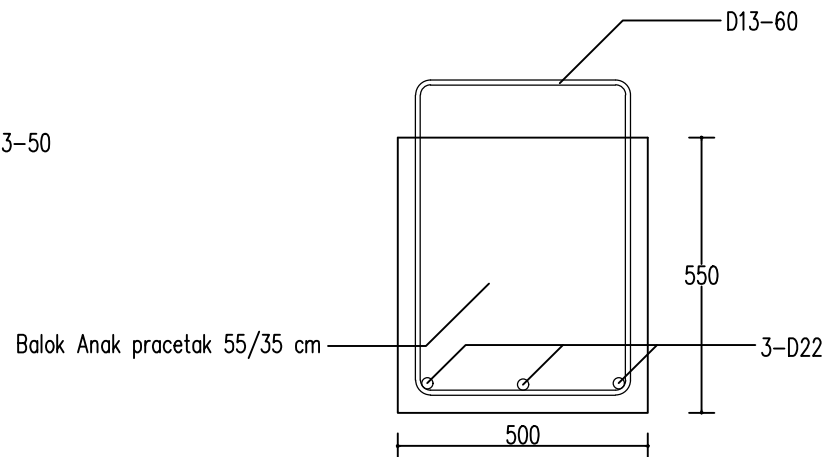
Balok BB 6 daerah lapangan
SKALA 1 : 30



Balok BB 6 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 6 sebelum komposit tumpuan
SKALA 1 : 15



Balok BB 6 sebelum komposit lapangan
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB6

NO GAMBAR

24

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

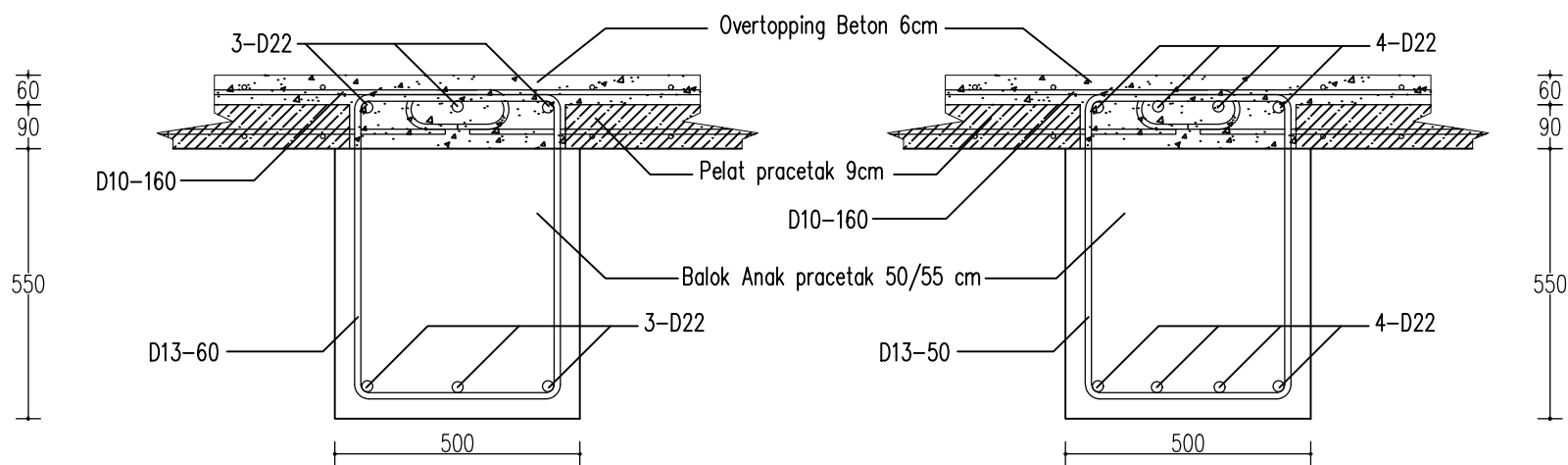
Detail Balok
Induk BB6

NO GAMBAR

25

83

CATATAN

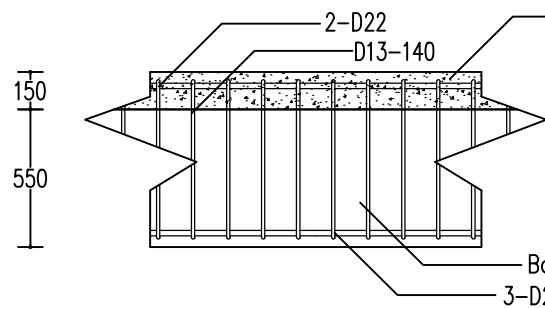


Balok BB 6 lapangan setelah komposit

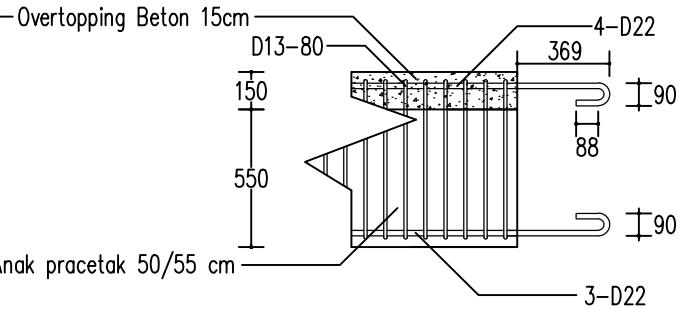
SKALA 1 : 15

Balok BB 6 Tumpuan setelah komposit

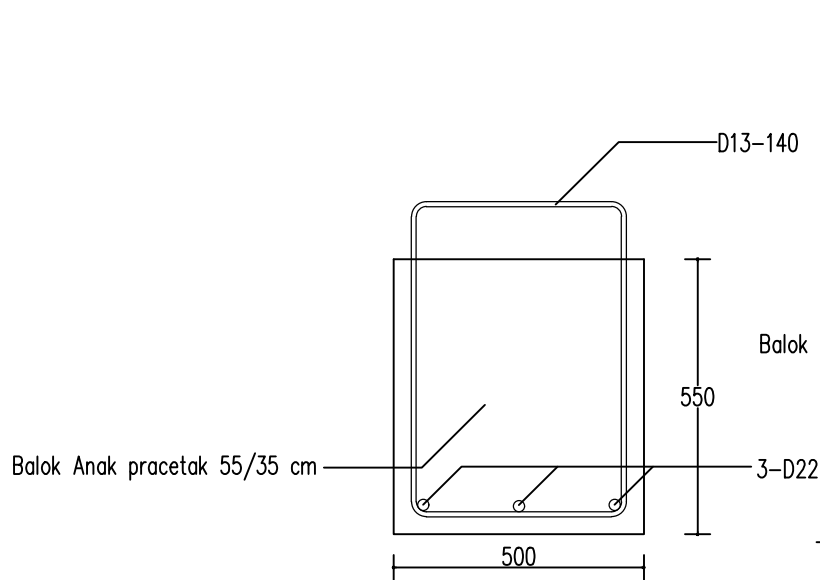
SKALA 1 : 15



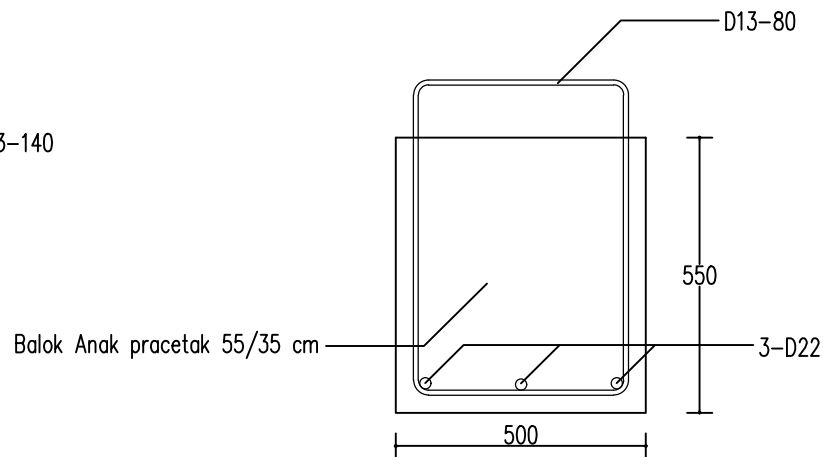
Balok BB 7 daerah lapangan
SKALA 1 : 30



Balok BB 7 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 7 sebelum komposit tumpuan
SKALA 1 : 15



Balok BB 7 sebelum komposit lapangan
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB7

NO GAMBAR

26

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

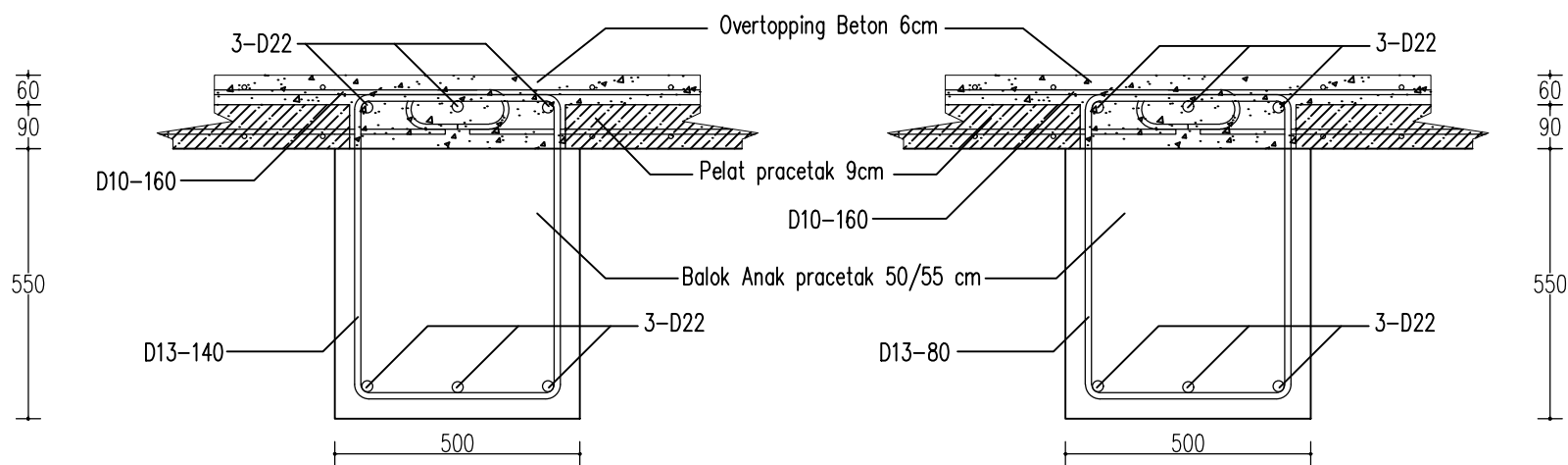
Detail Balok
Induk BB7

NO GAMBAR

27

83

CATATAN



Balok BB 7 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15

Balok BB 7 Tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

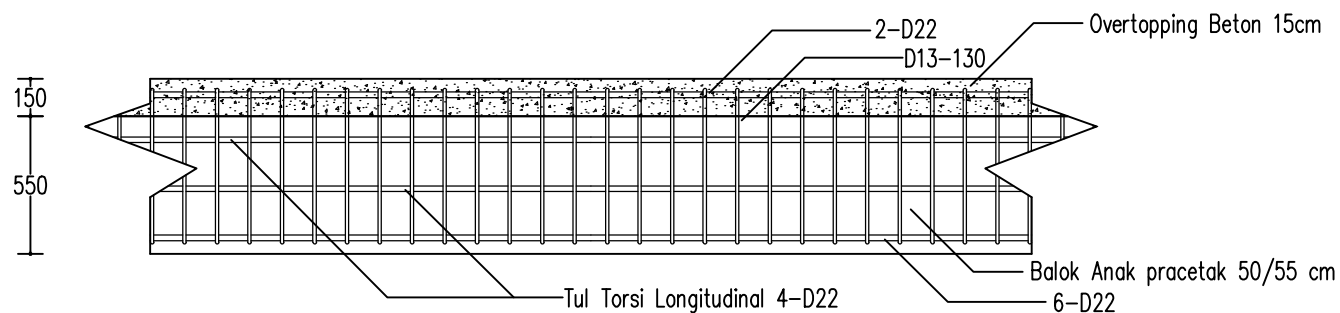
Detail Balok
Induk BB8

NO GAMBAR

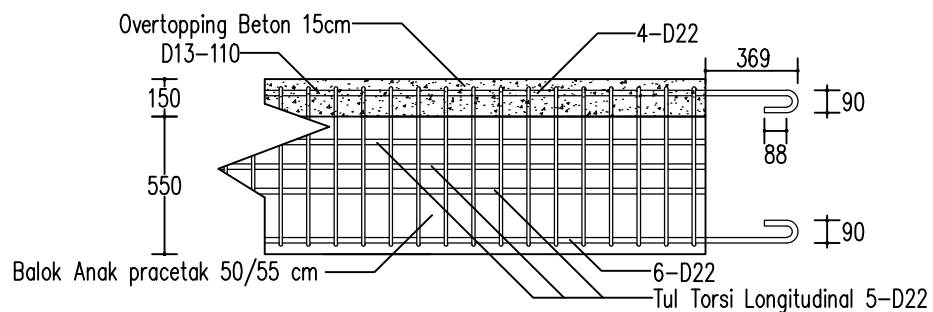
28

83

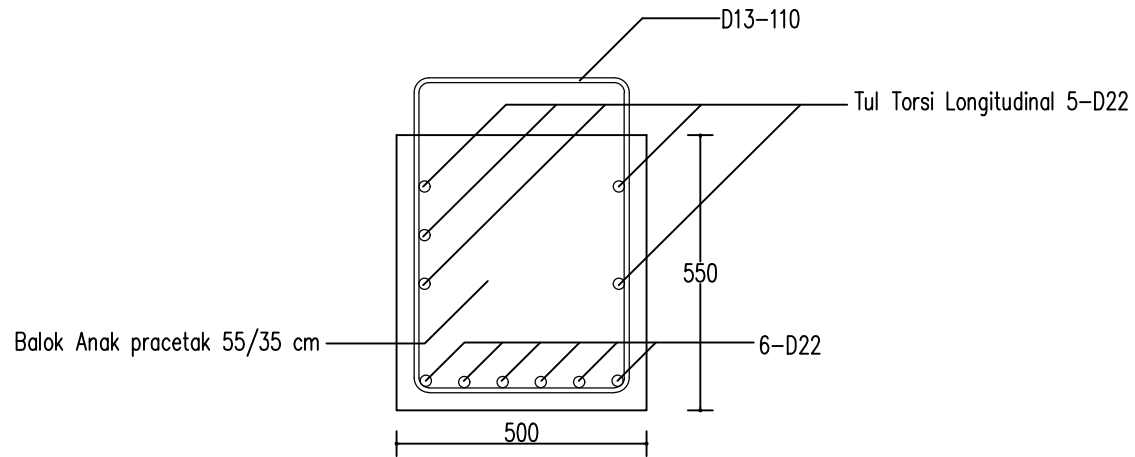
CATATAN



Balok BB 8 daerah lapangan
SKALA 1 : 30

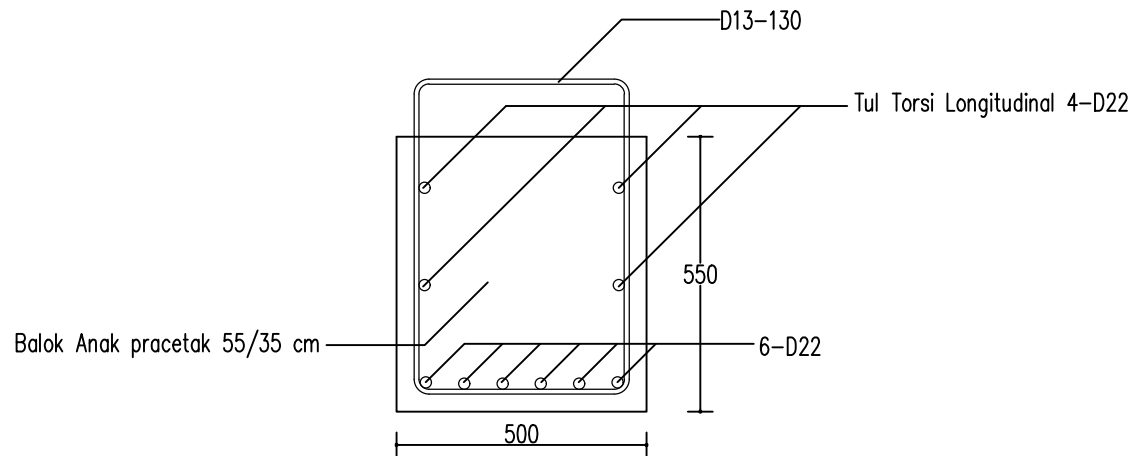


Balok BB 8 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 8 sebelum komposit tumpuan

SKALA 1:15



Balok BB 8 sebelum komposit lapangan

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

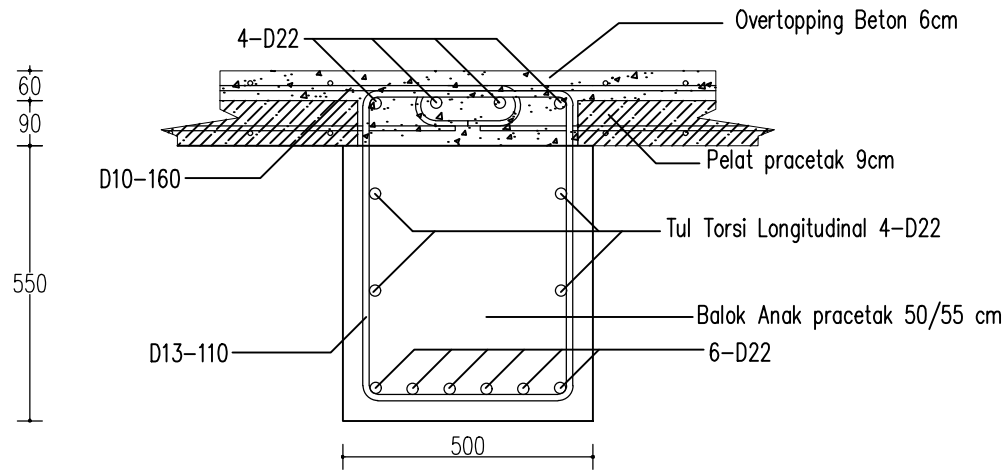
Detail Balok
Induk BB8

NO GAMBAR

29

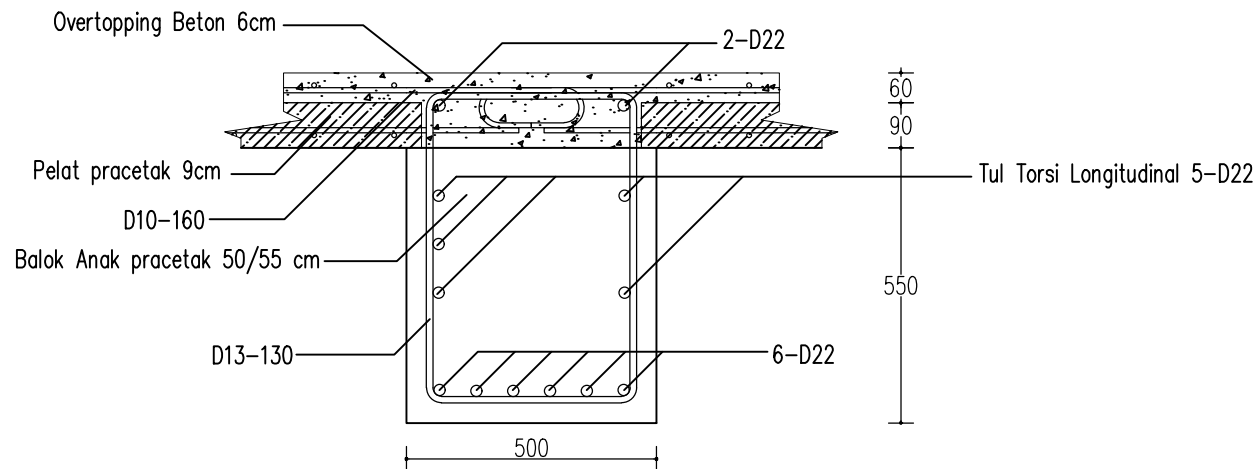
83

CATATAN



Balok BB 8 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 8 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB8

NO GAMBAR

30

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

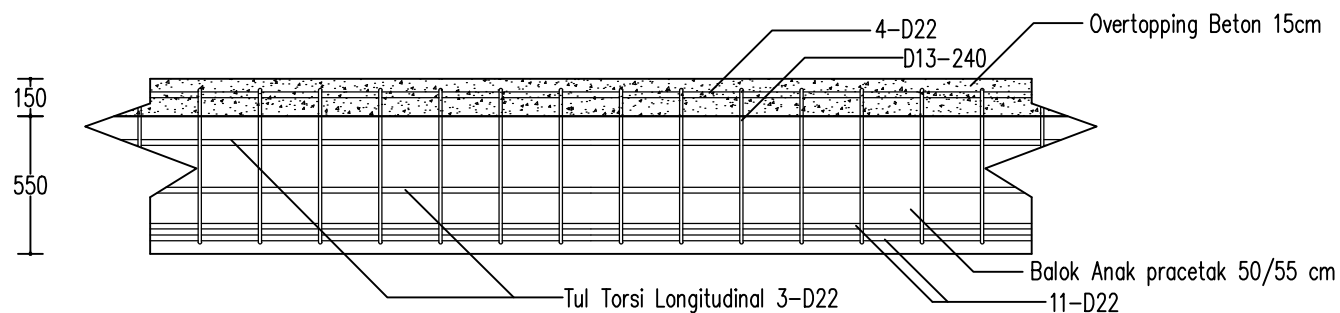
Detail Balok
Induk BB9

NO GAMBAR

31

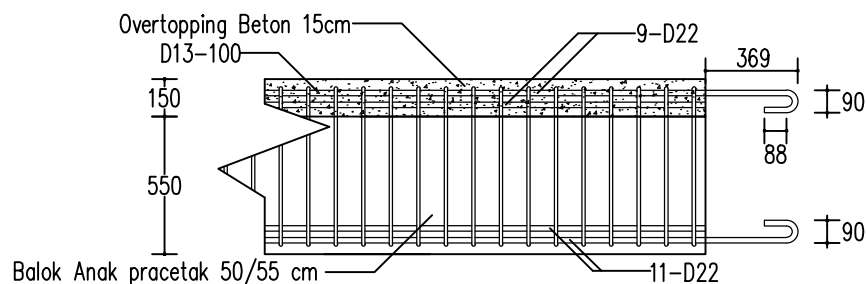
83

CATATAN



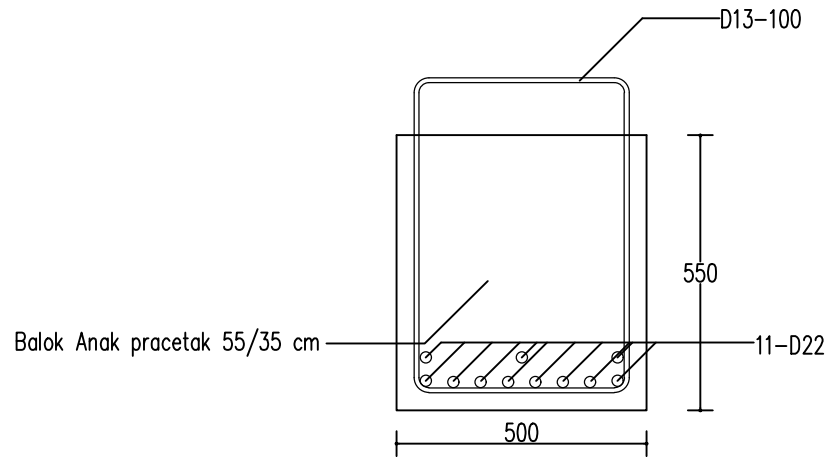
Balok BB 9 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



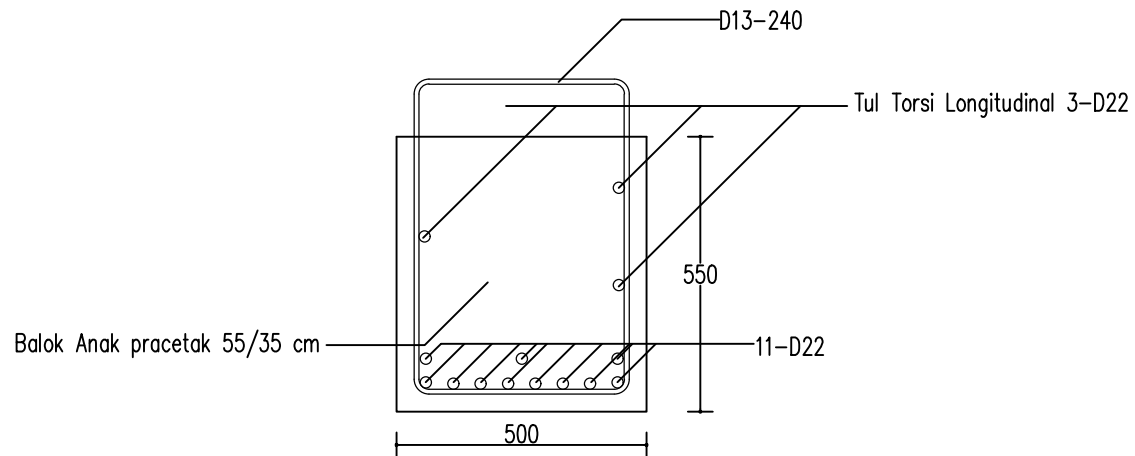
Balok BB 9 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BB 9 sebelum komposit tumpuan

SKALA 1:15



Balok BB 9 sebelum komposit lapangan

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

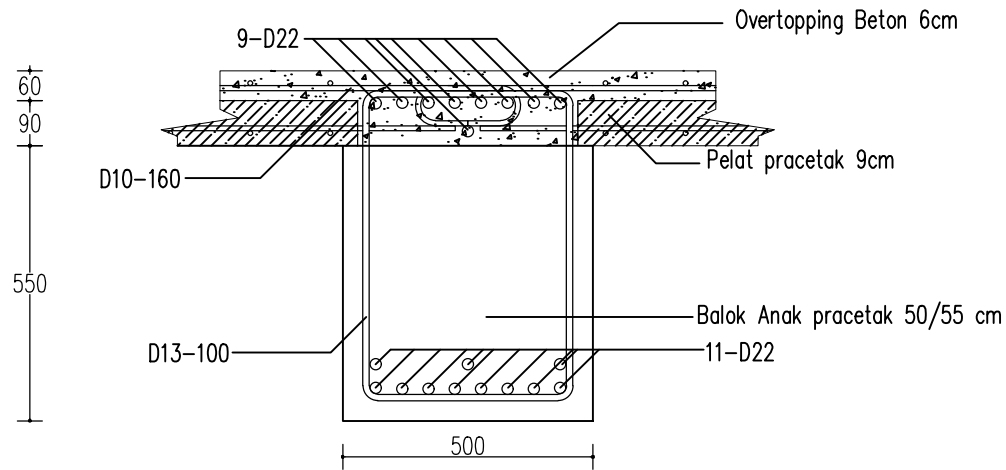
Detail Balok
Induk BB9

NO GAMBAR

32

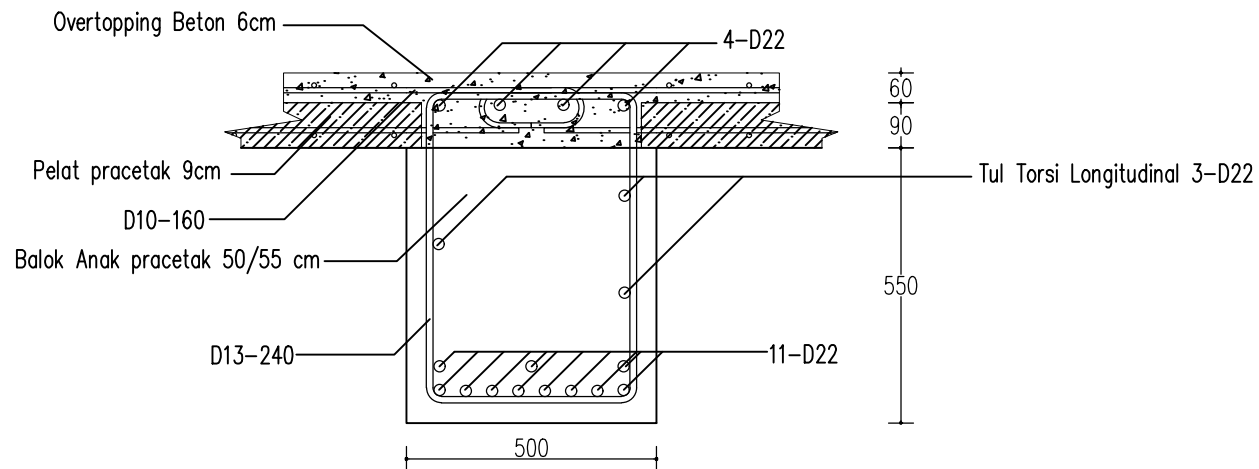
83

CATATAN



Balok BB 9 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 9 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB9

NO GAMBAR

33

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

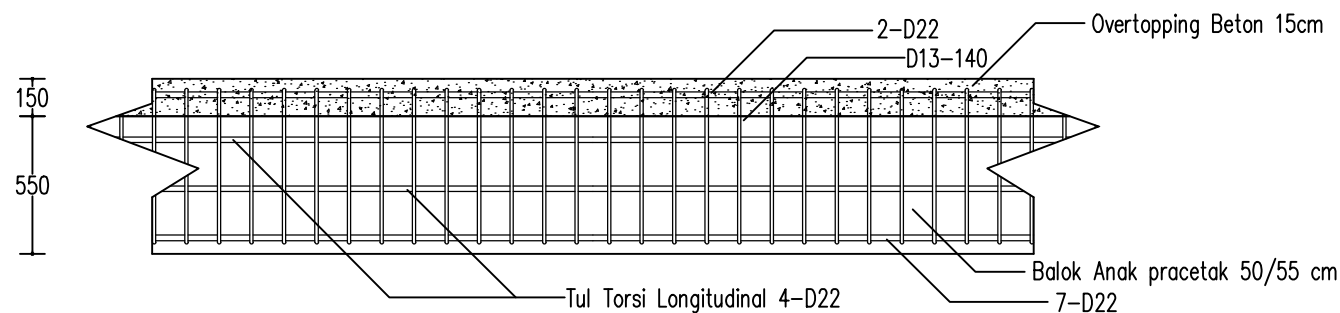
Detail Balok
Induk BB10

NO GAMBAR

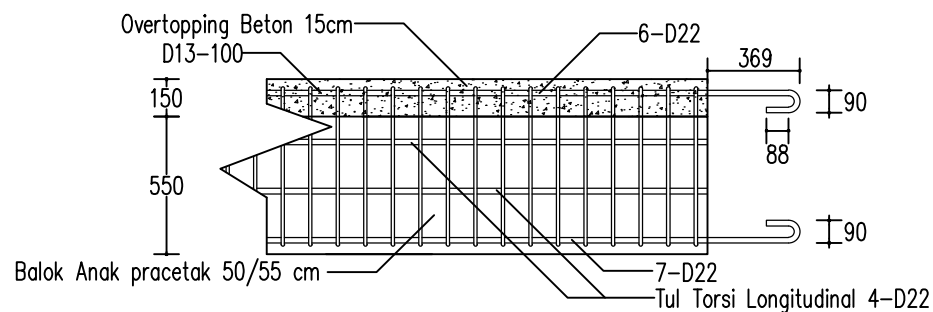
34

83

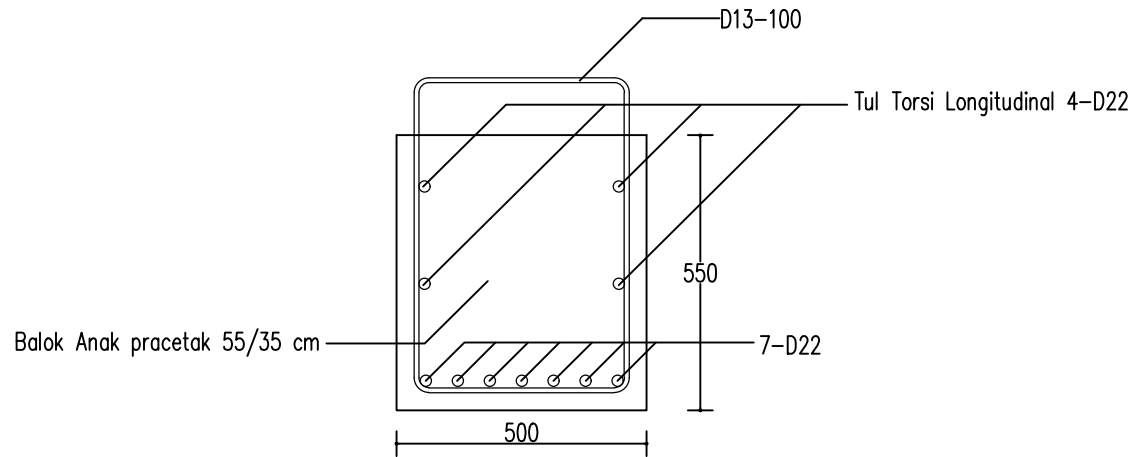
CATATAN



Balok BB 10 daerah lapangan
SKALA 1 : 30

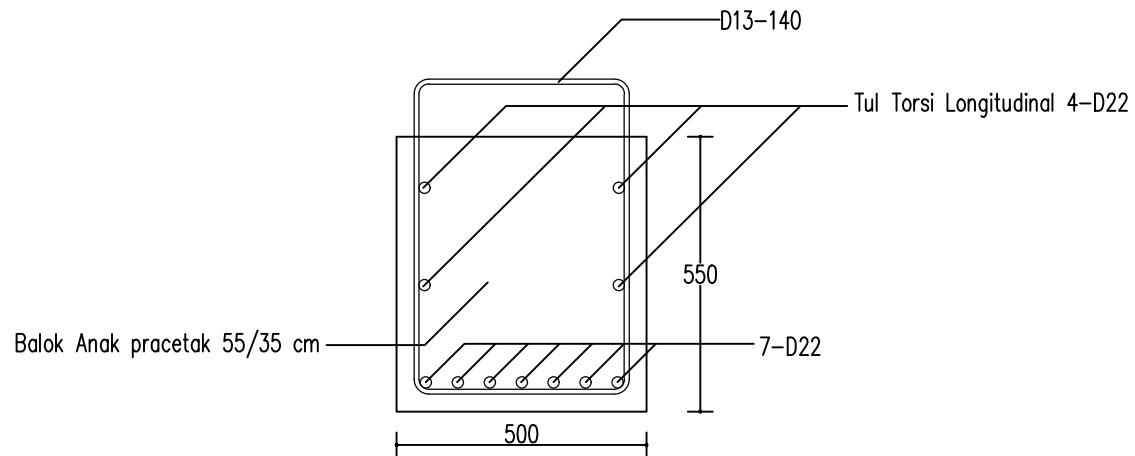


Balok BB 10 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 10 sebelum komposit tumpuan

SKALA 1:15



Balok BB 10 sebelum komposit lapangan

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

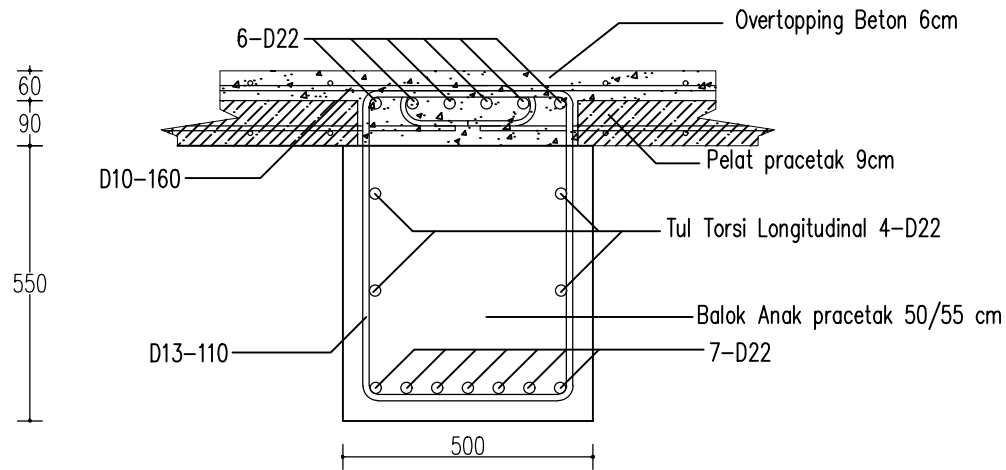
Detail Balok
Induk BB10

NO GAMBAR

35

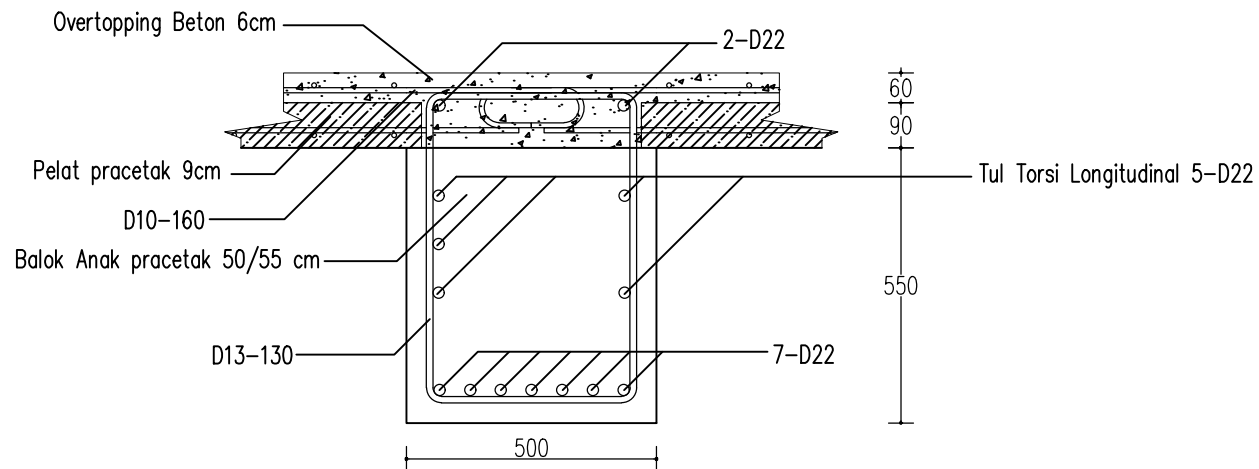
83

CATATAN



Balok BB 10 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 10 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB10

NO GAMBAR

36

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

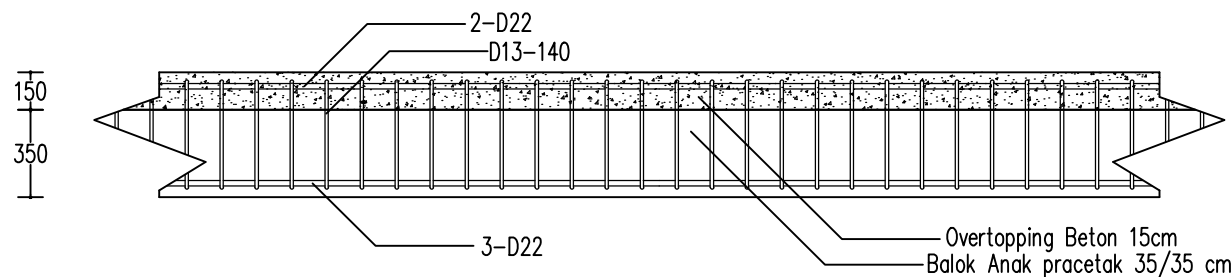
Detail Balok
Induk BB11

NO GAMBAR

37

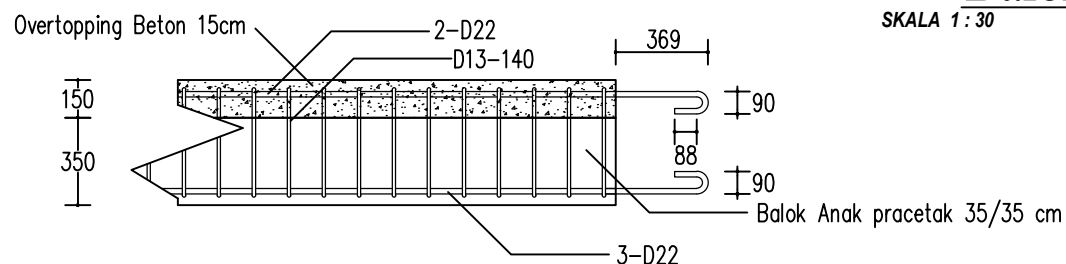
83

CATATAN



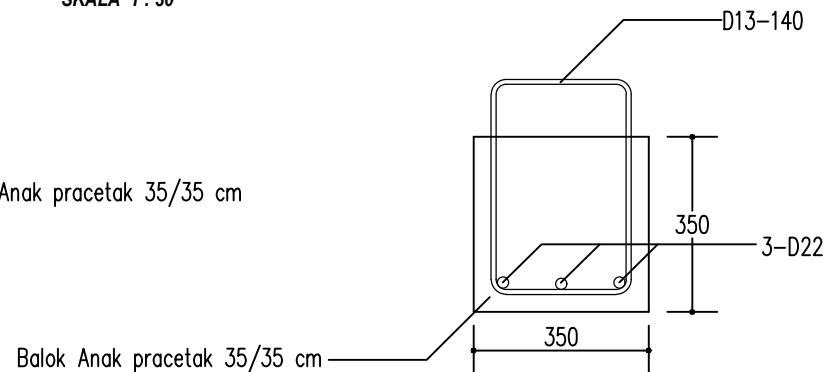
Balok BB 11 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



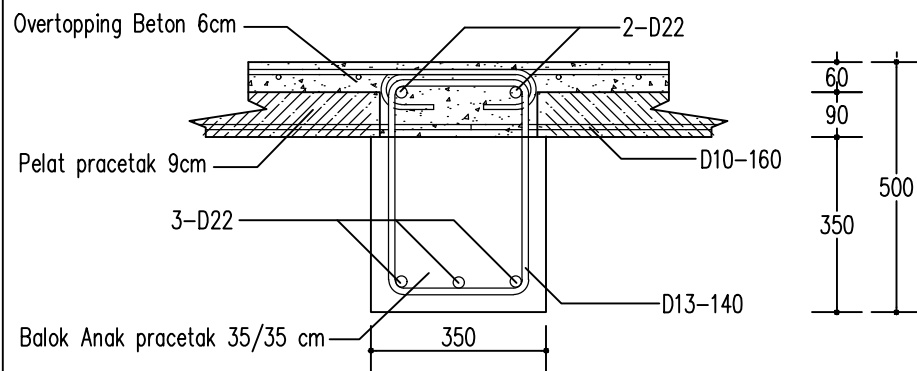
Balok BB 11 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



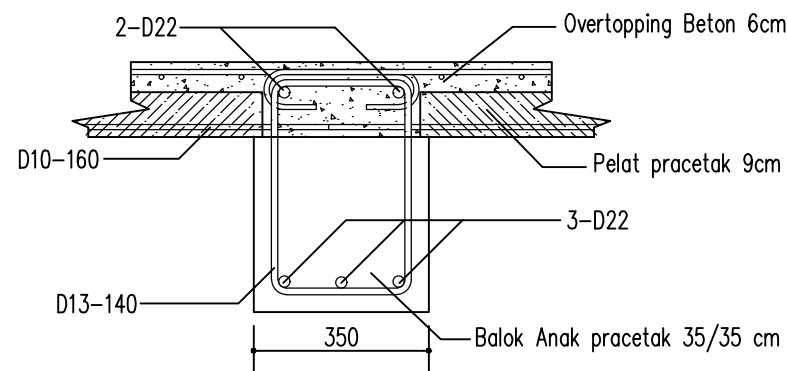
Balok BB 11 sebelum komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 11 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 11 Tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

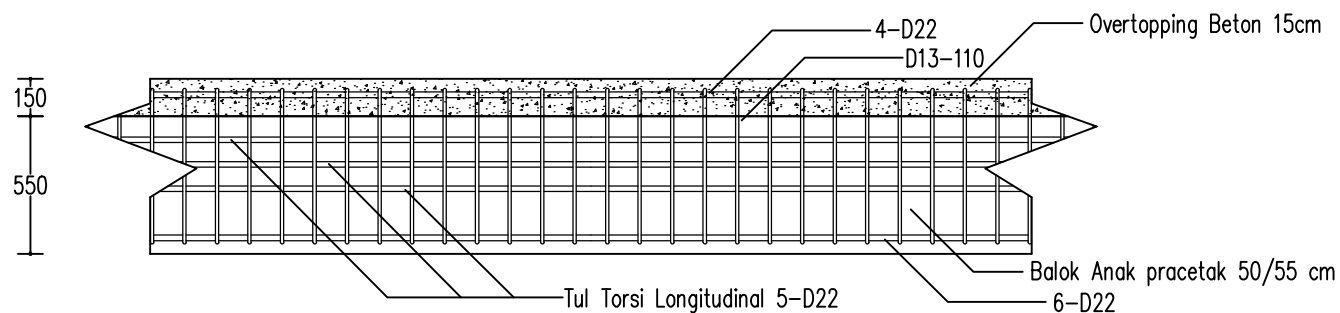
Detail Balok
Induk BB12

NO GAMBAR

38

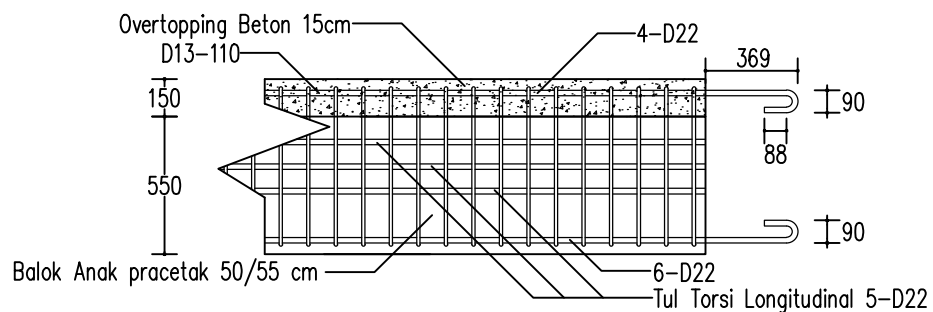
83

CATATAN



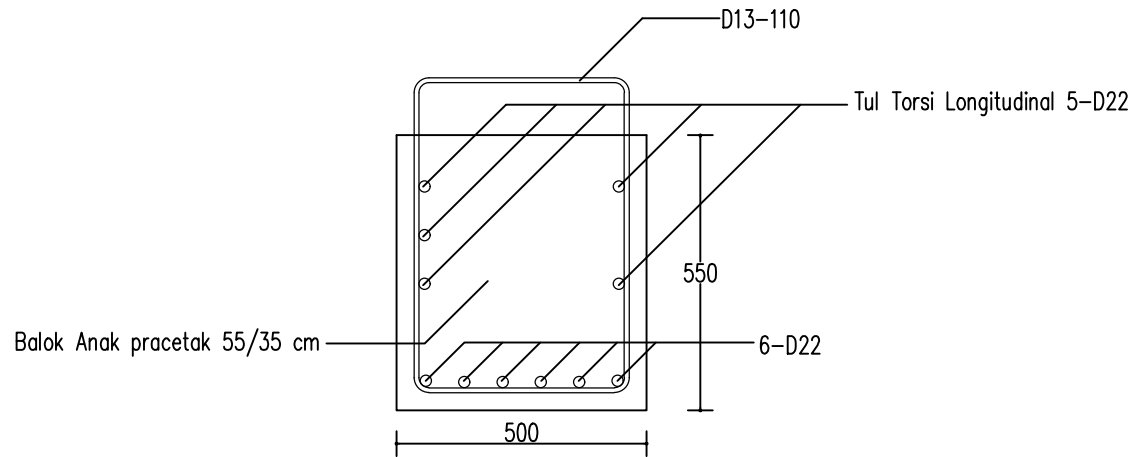
Balok BB 12 daerah lapangan

SKALA 1 : 30



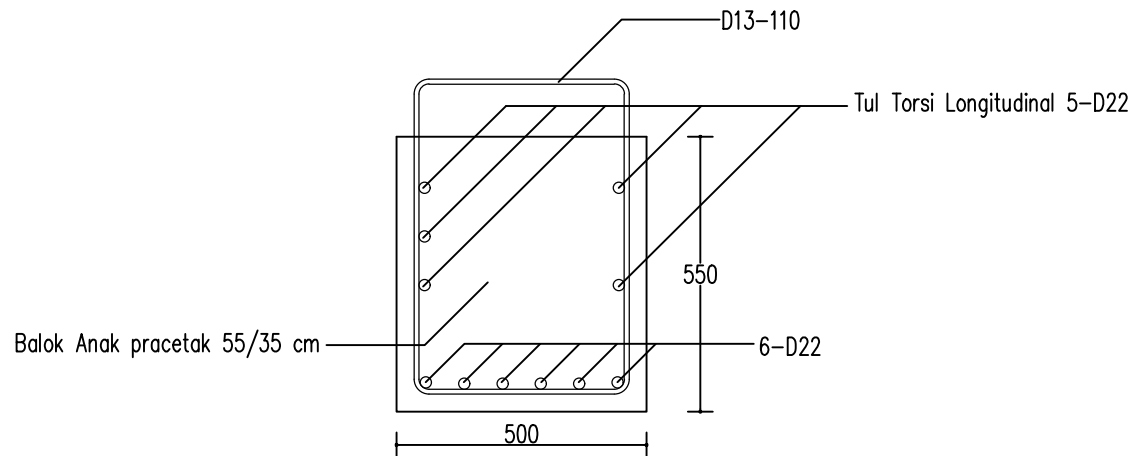
Balok BB 12 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BB 12 sebelum komposit tumpuan

SKALA 1:15



Balok BB 12 sebelum komposit lapangan

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

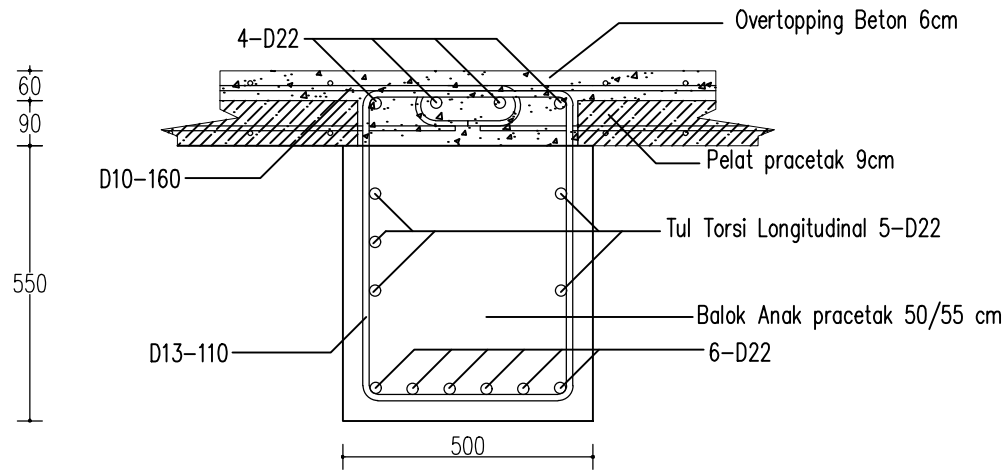
Detail Balok
Induk BB12

NO GAMBAR

39

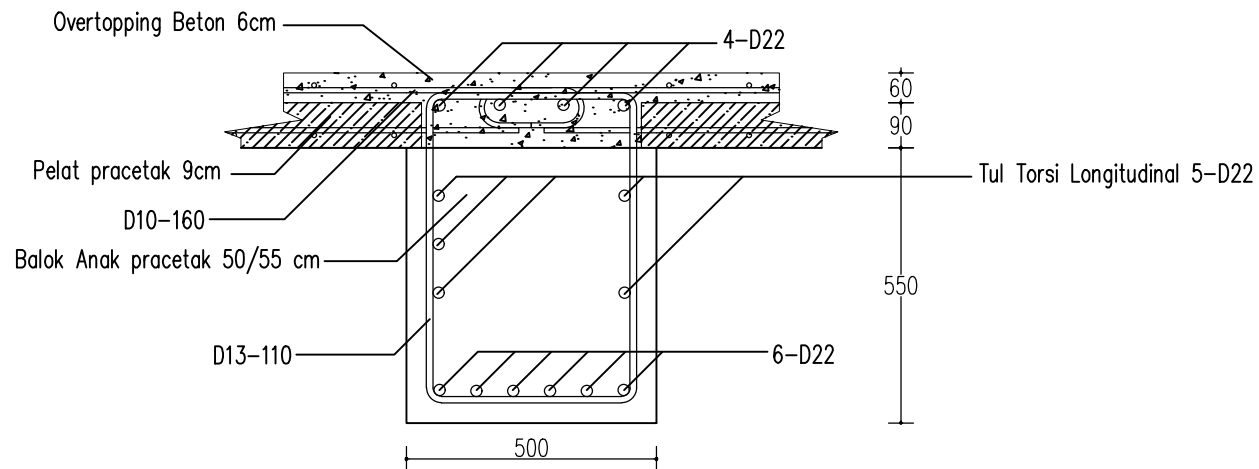
83

CATATAN



Balok BB 12 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 12 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

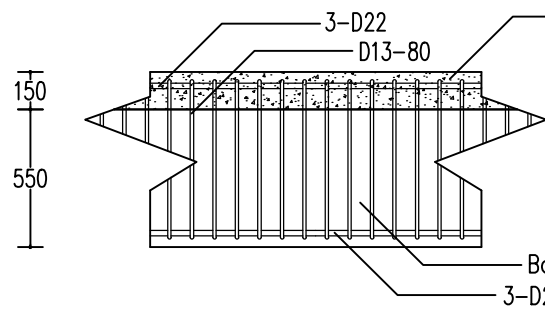
Detail Balok
Induk BB12

NO GAMBAR

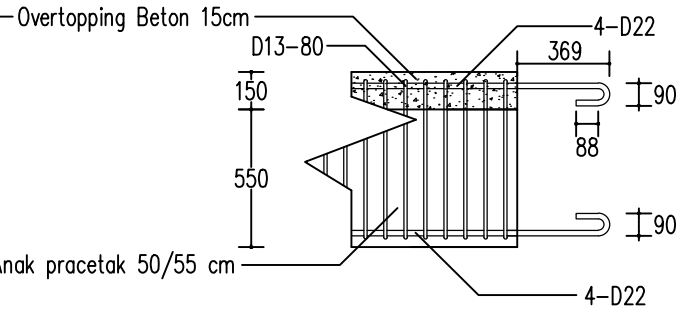
40

83

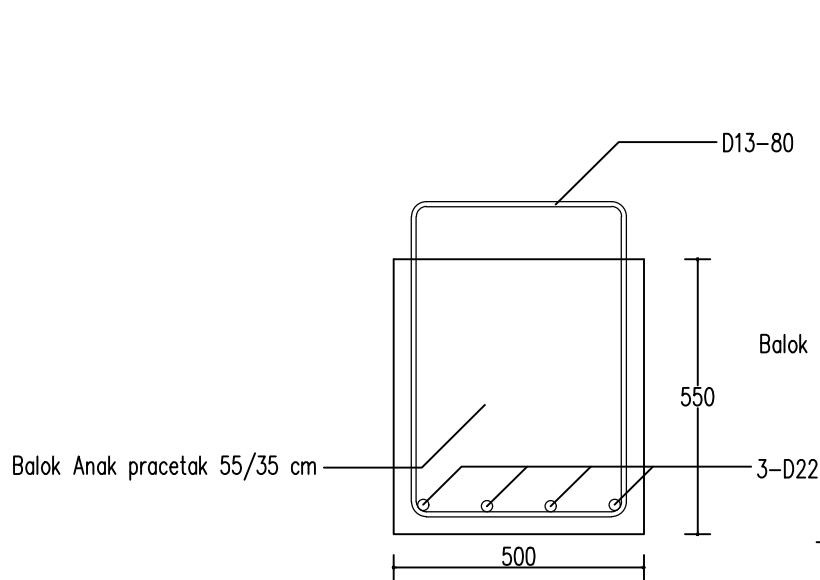
CATATAN



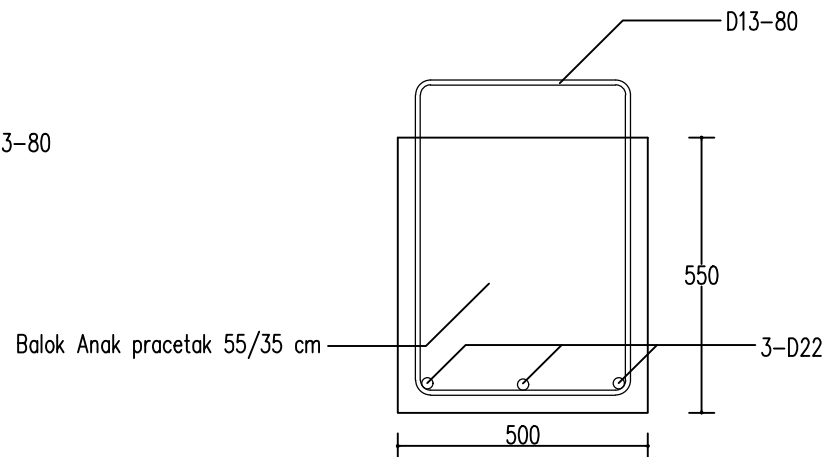
Balok BB 13 daerah lapangan
SKALA 1 : 30



Balok BB 13 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 13 sebelum komposit tumpuan
SKALA 1 : 15



Balok BB 13 sebelum komposit lapangan
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB13

NO GAMBAR

41

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

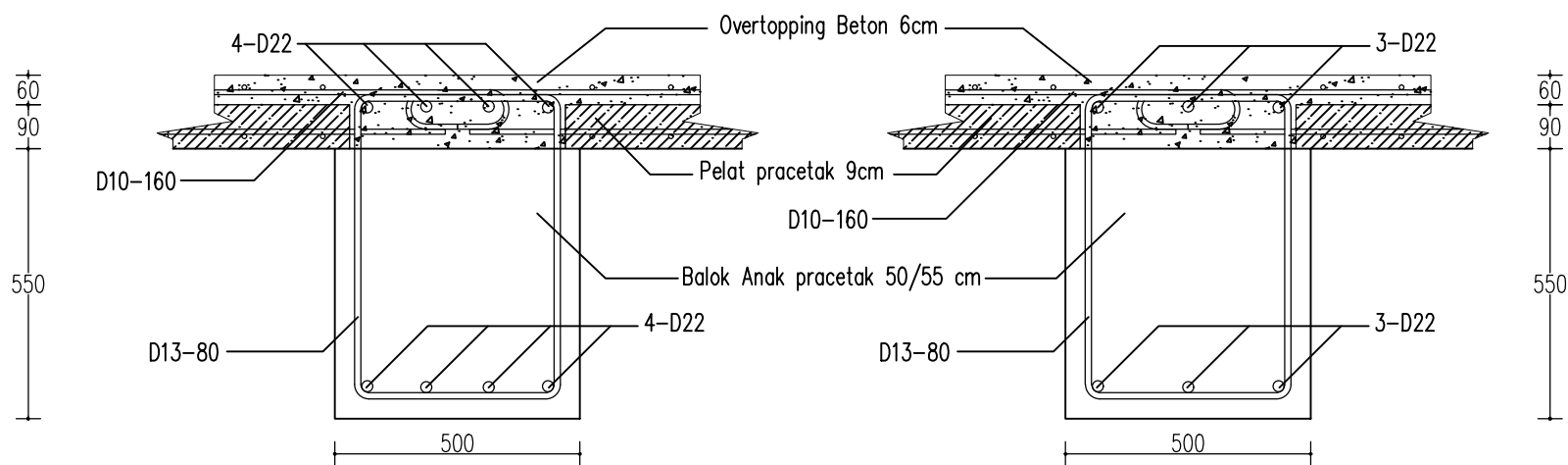
Detail Balok
Induk BB13

NO GAMBAR

42

83

CATATAN

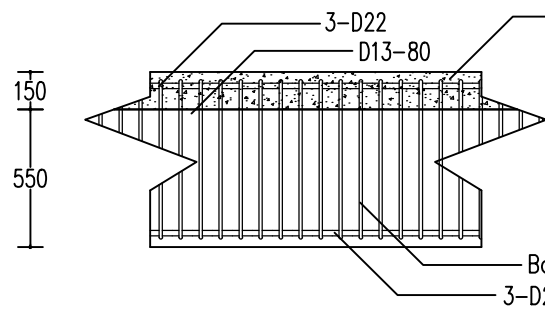


Balok BB 13 tumpuan setelah komposit

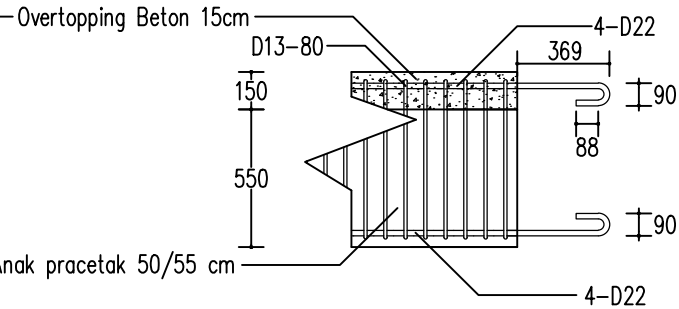
SKALA 1 : 15

Balok BB 13 lapangan setelah komposit

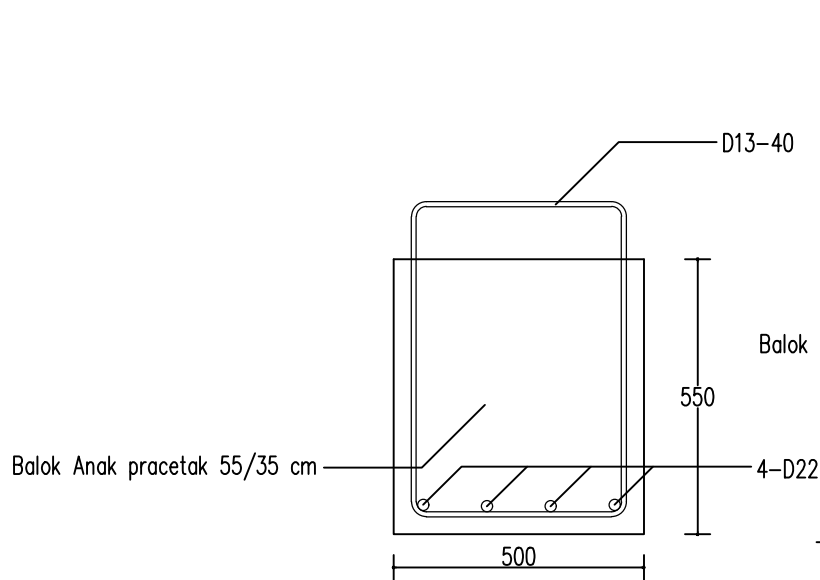
SKALA 1 : 15



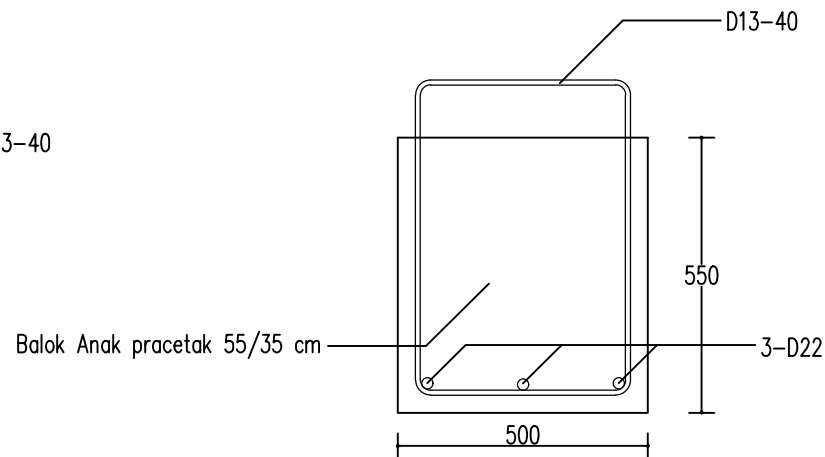
Balok BB 14 daerah lapangan
SKALA 1 : 30



Balok BB 14 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 14 sebelum komposit tumpuan
SKALA 1 : 15



Balok BB 14 sebelum komposit lapangan
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB14

NO GAMBAR

43

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

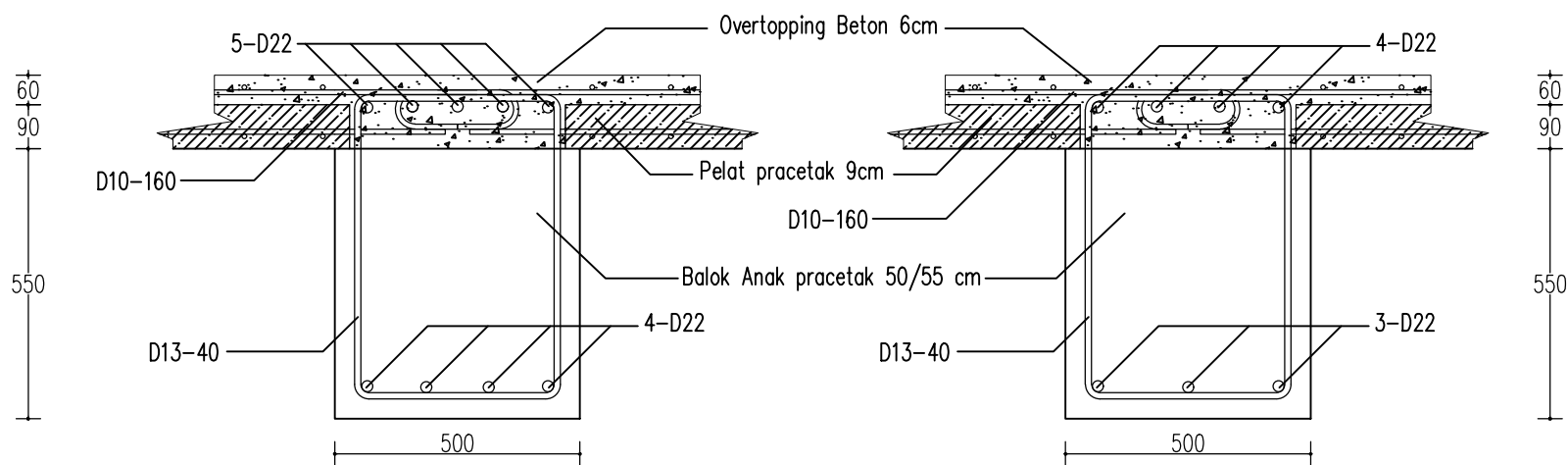
Detail Balok
Induk BB14

NO GAMBAR

44

83

CATATAN

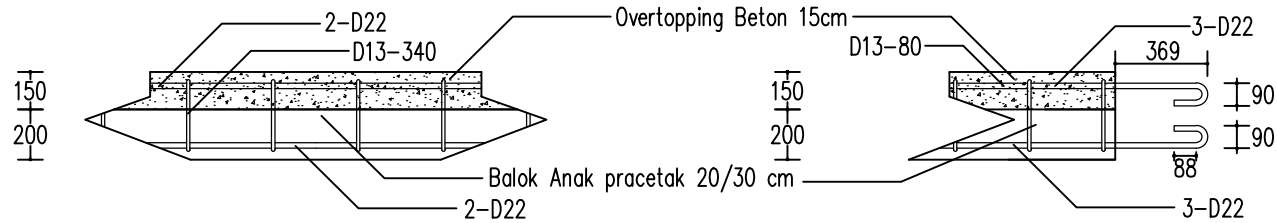


Balok BB 14 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15

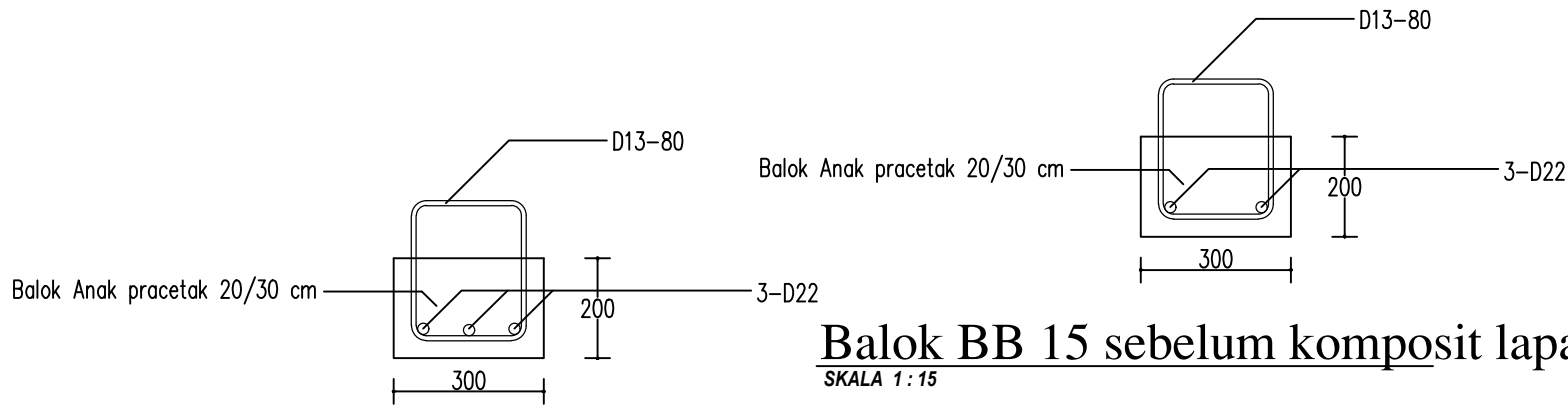
Balok BB 14 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 15 daerah lapangan
SKALA 1 : 30

Balok BB 15 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 15 sebelum komposit tumpuan
SKALA 1 : 15

Balok BB 15 sebelum komposit lapangan
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Anak BB15

NO GAMBAR

45

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

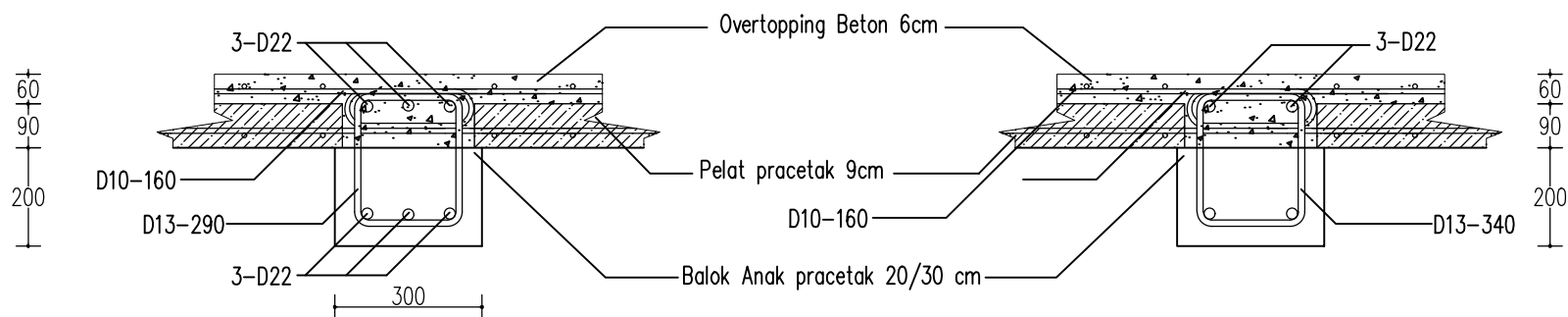
Detail Balok
Anak BB15

NO GAMBAR

46

83

CATATAN



Balok BB 15 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15

Balok BB 15 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

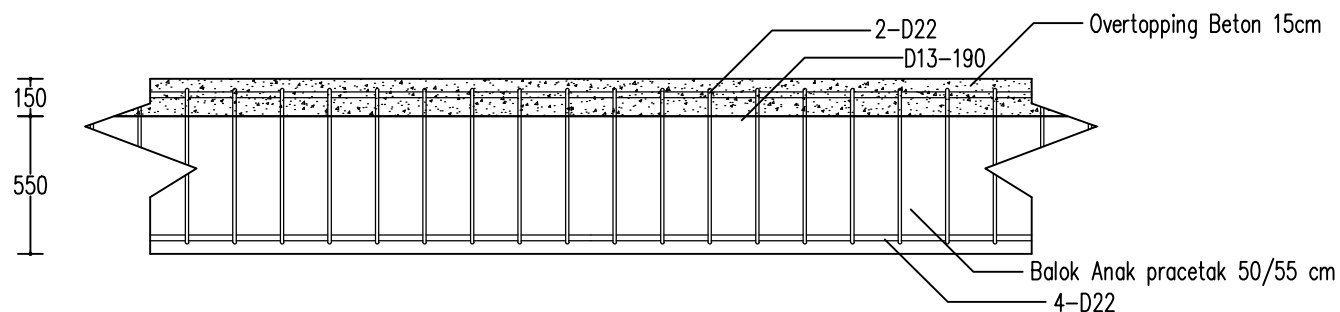
Detail Balok
Induk BB16

NO GAMBAR

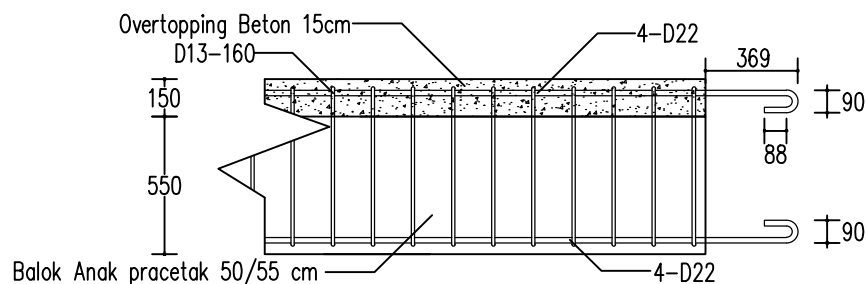
47

83

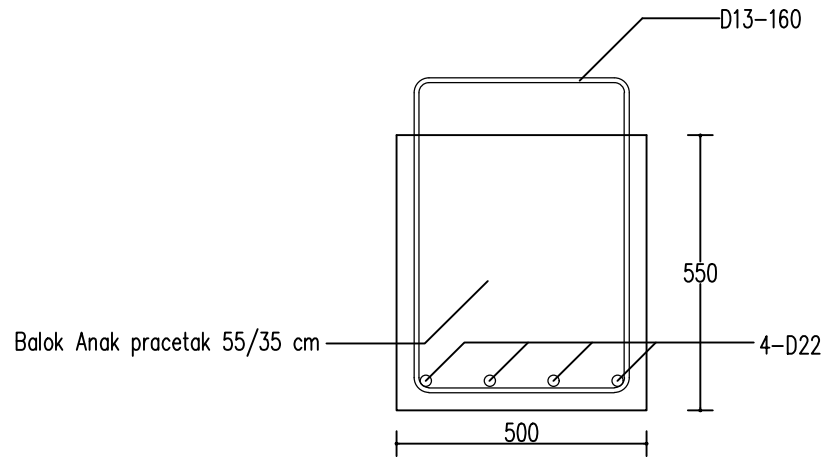
CATATAN



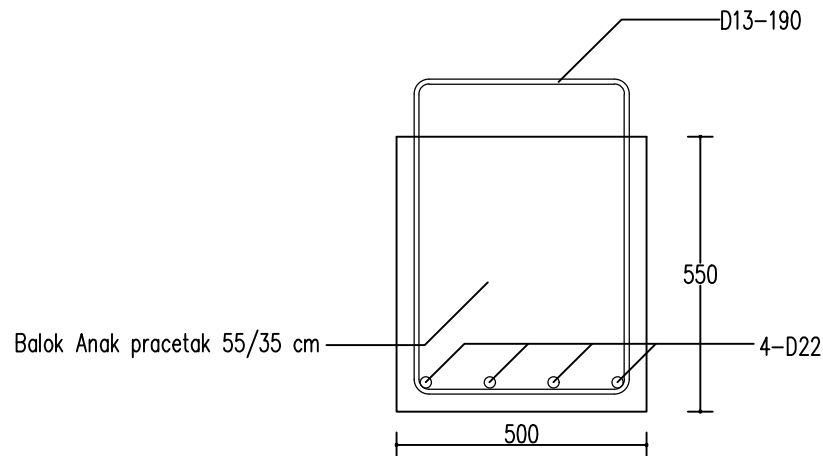
Balok BB 16 daerah lapangan
SKALA 1 : 30



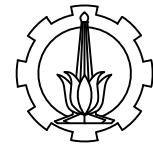
Balok BB 16 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 16 sebelum komposit tumpuan
 SKALA 1 : 15



Balok BB 16 sebelum komposit lapangan
 SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP – ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

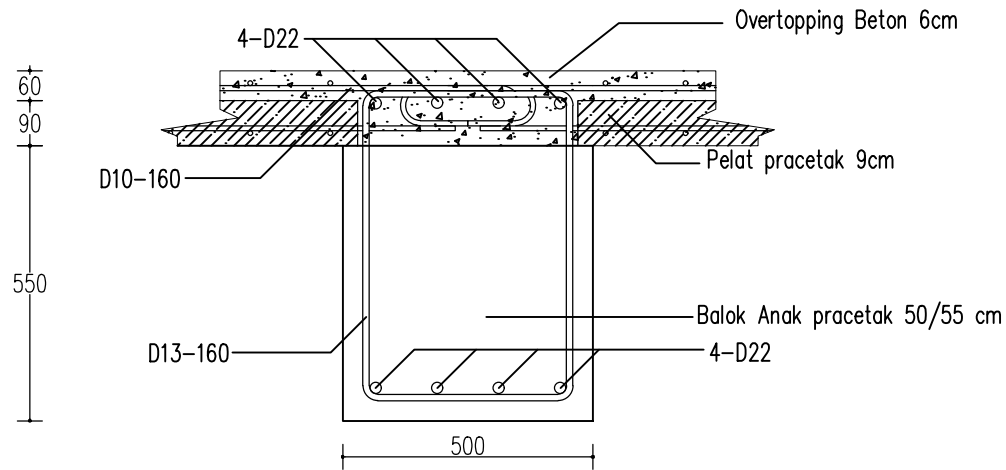
Detail Balok
 Induk BB16

NO GAMBAR

48

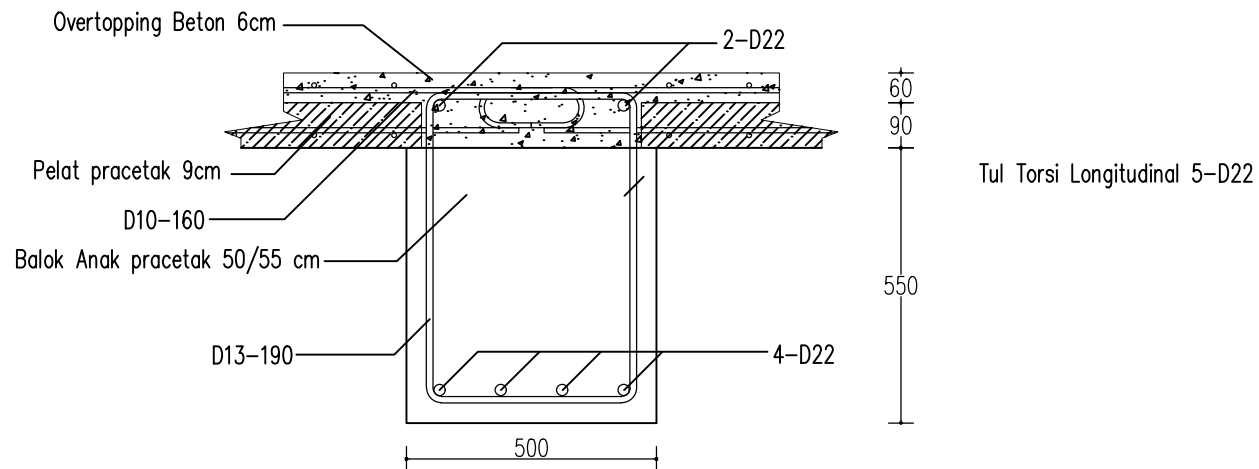
83

CATATAN



Balok BB 16 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 16 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB16

NO GAMBAR

49

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

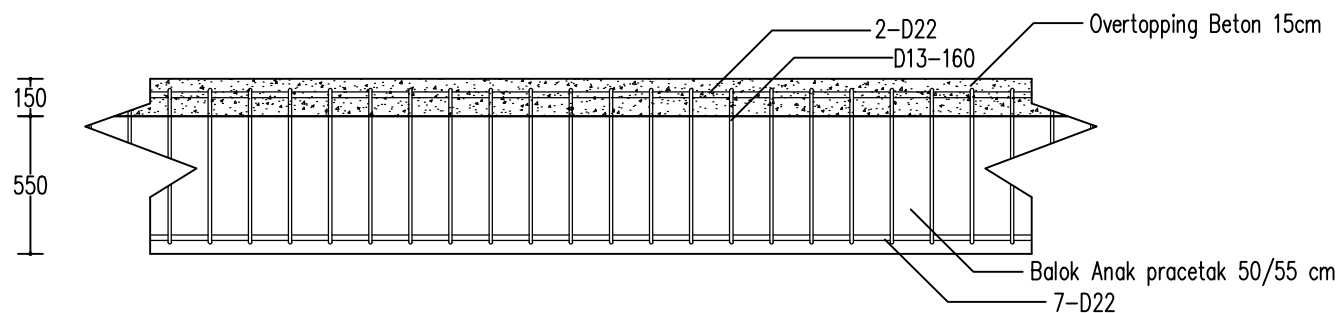
Detail Balok
Induk BB17

NO GAMBAR

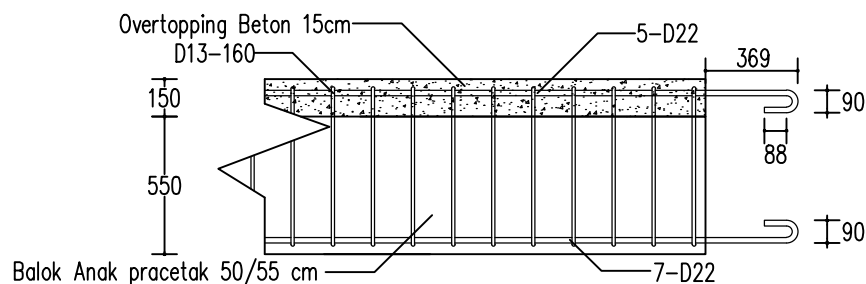
50

83

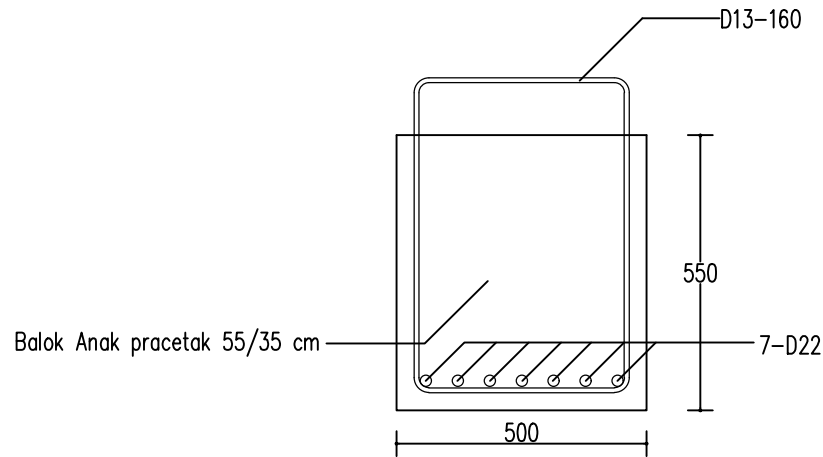
CATATAN



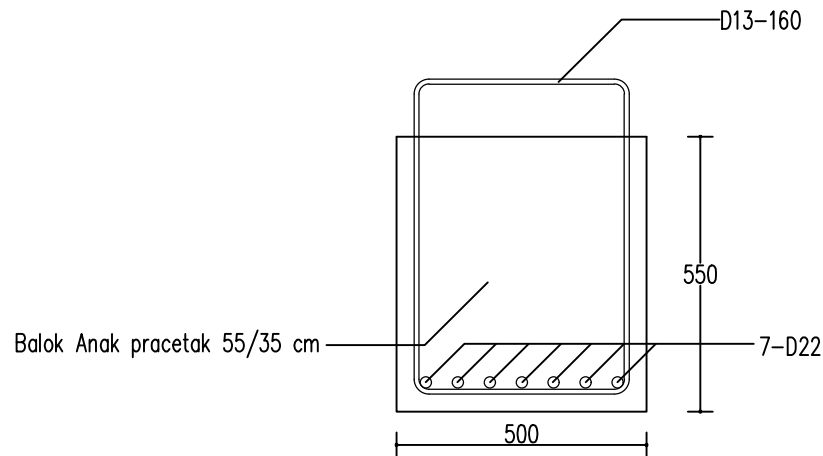
Balok BB 17 daerah lapangan
SKALA 1 : 30



Balok BB 17 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 17 sebelum komposit tumpuan
 SKALA 1 : 15



Balok BB 17 sebelum komposit lapangan
 SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP - ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

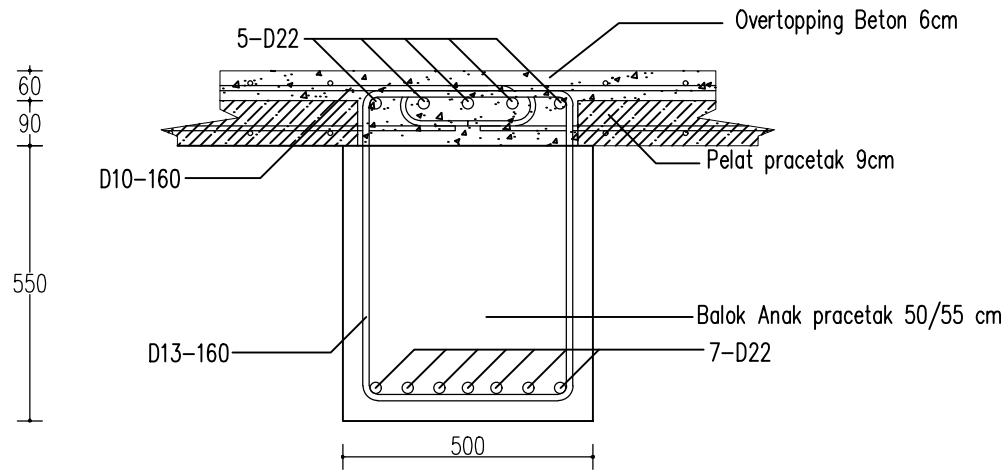
Detail Balok
 Induk BB17

NO GAMBAR

51

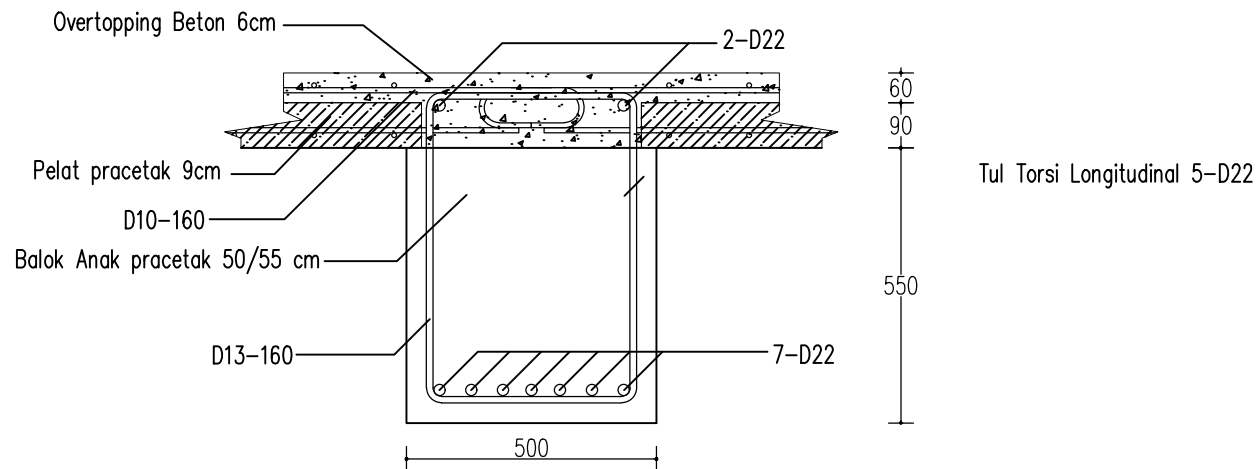
83

CATATAN



Balok BB 17 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 17 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB17

NO GAMBAR

52

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

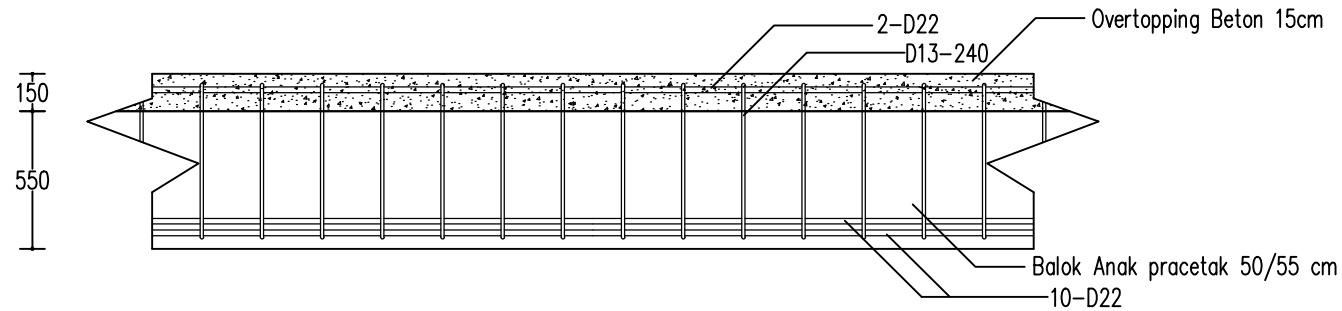
Detail Balok
Anak BA2

NO GAMBAR

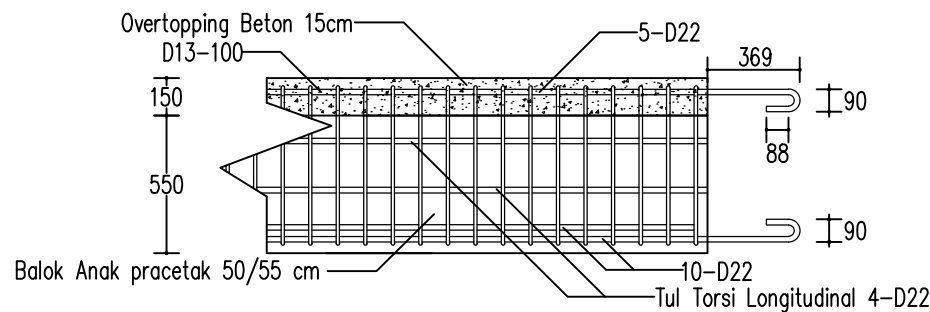
53

83

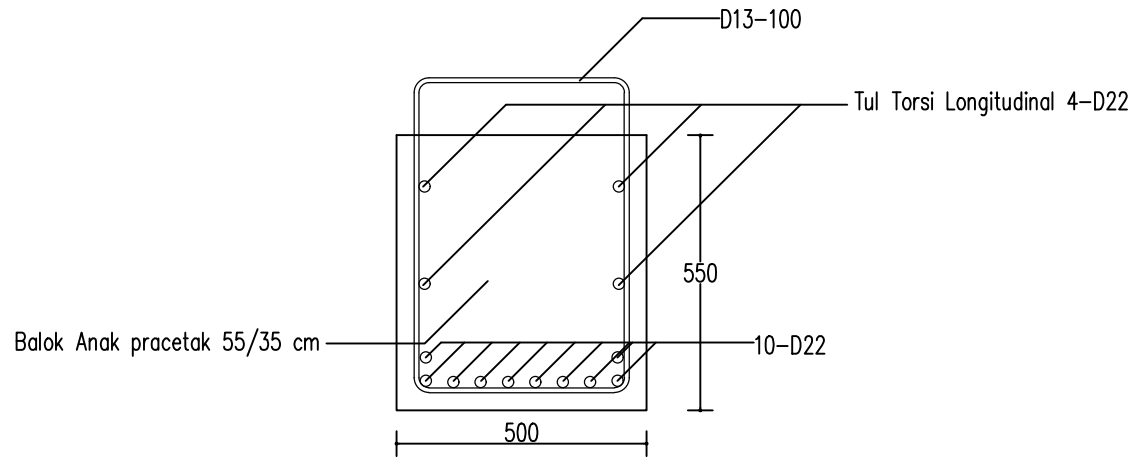
CATATAN



Balok BB 18 daerah lapangan
SKALA 1 : 30

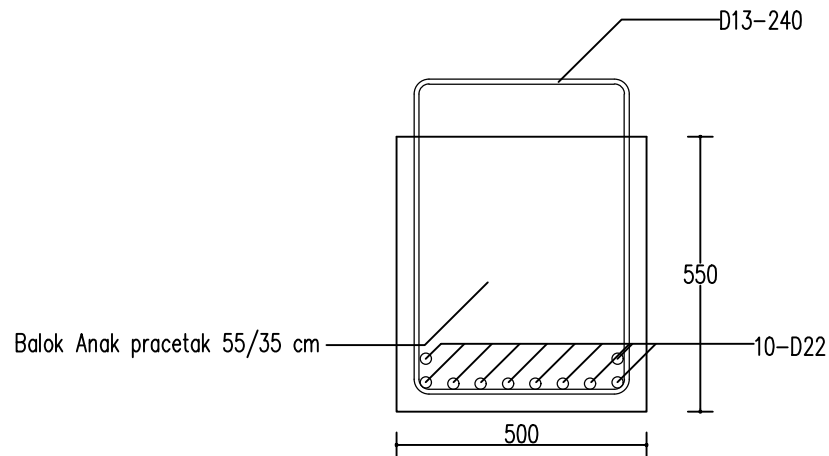


Balok BB 18 daerah tumpuan
SKALA 1 : 30



Balok BB 18 sebelum komposit tumpuan

SKALA 1:15



Balok BB 18 sebelum komposit lapangan

SKALA 1:15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

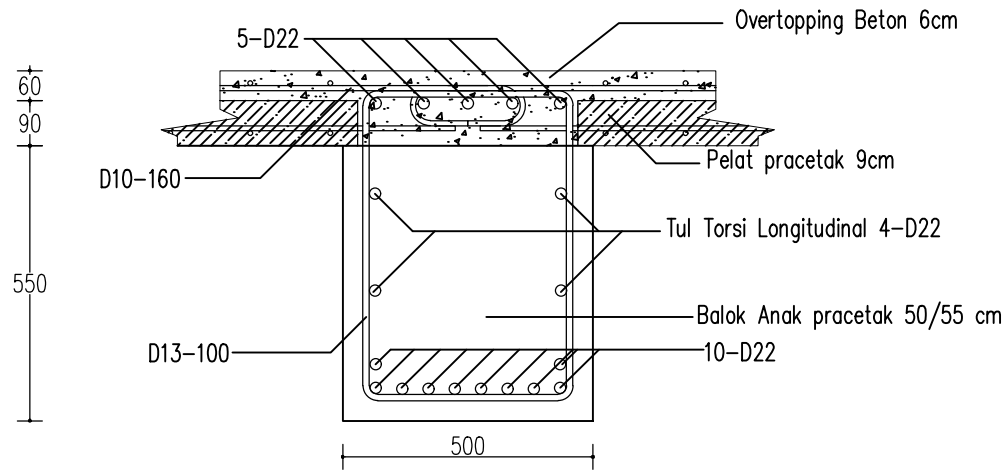
Detail Balok
Anak BA2

NO GAMBAR

54

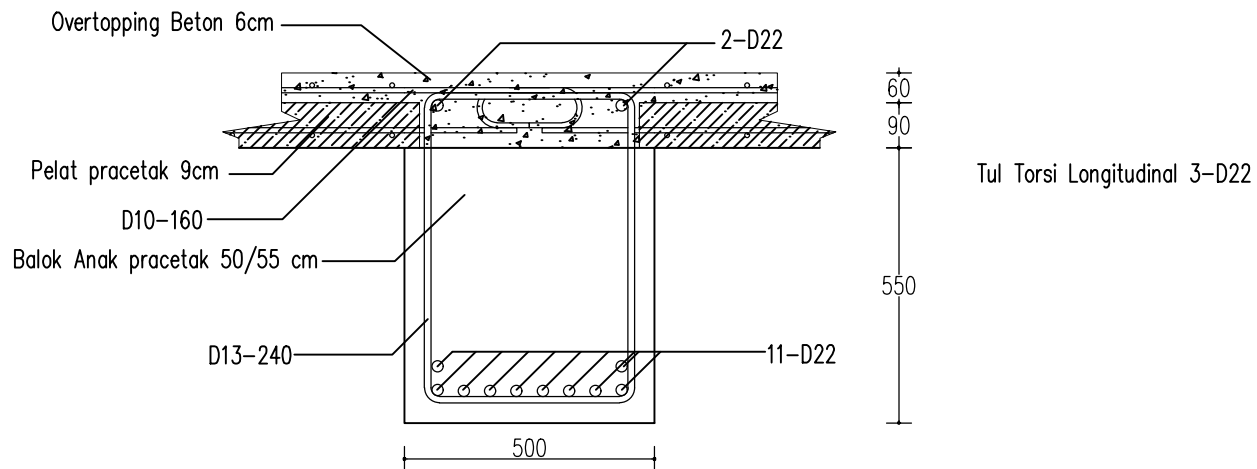
83

CATATAN



Balok BB 18 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 18 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB12

NO GAMBAR

55

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

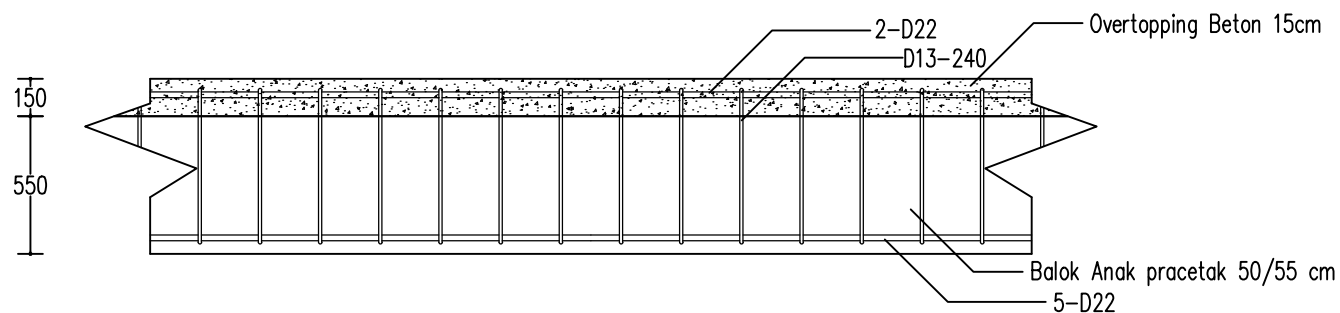
Detail Balok
Induk BB19

NO GAMBAR

56

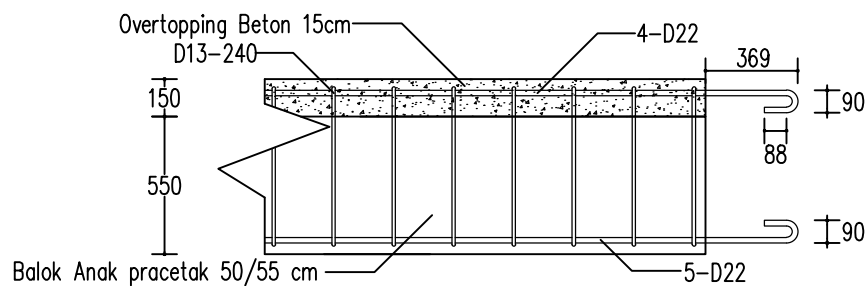
83

CATATAN



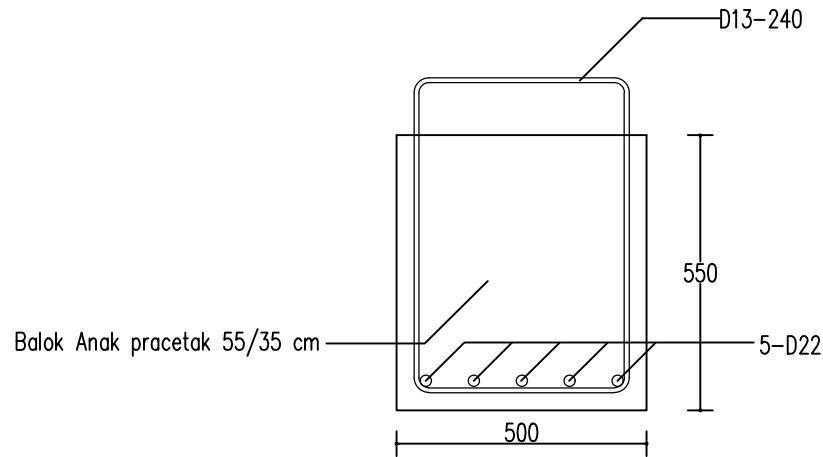
Balok BB 19 daerah lapangan

SKALA 1 : 30

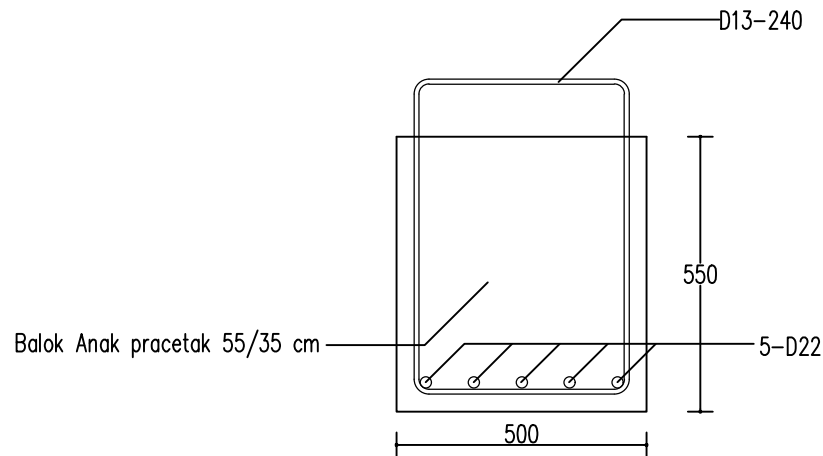


Balok BB 19 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BB 19 sebelum komposit tumpuan
 SKALA 1 : 15



Balok BB 19 sebelum komposit lapangan
 SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP – ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

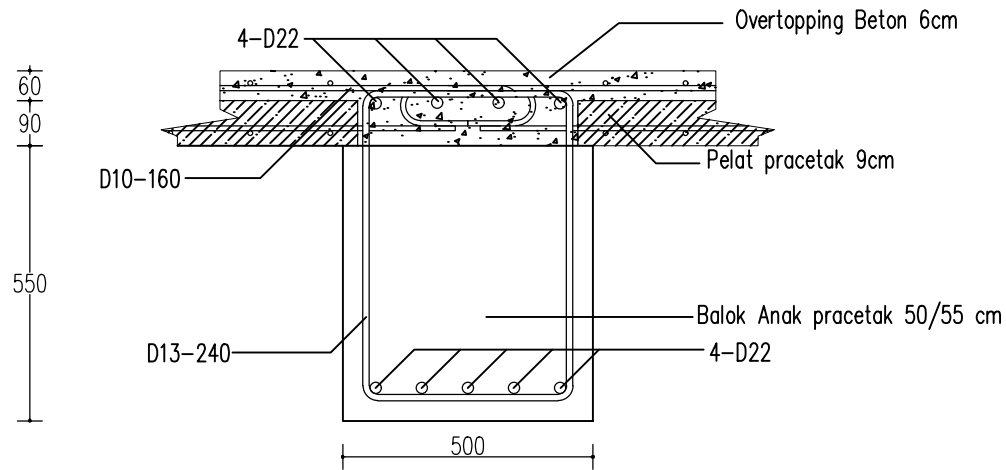
Detail Balok
 Induk BB19

NO GAMBAR

57

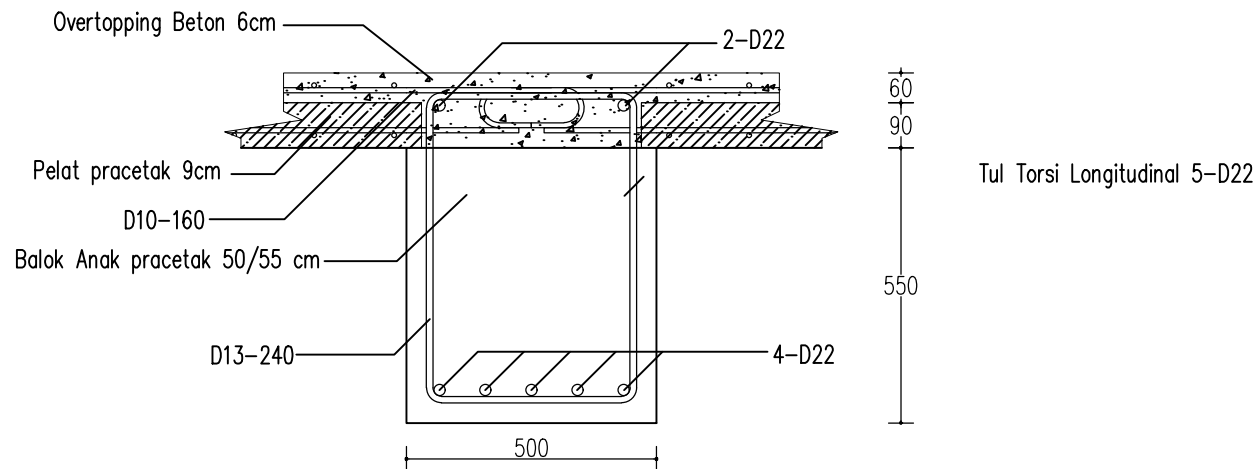
83

CATATAN



Balok BB 19 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 19 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Balok
Induk BB19

NO GAMBAR

58

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

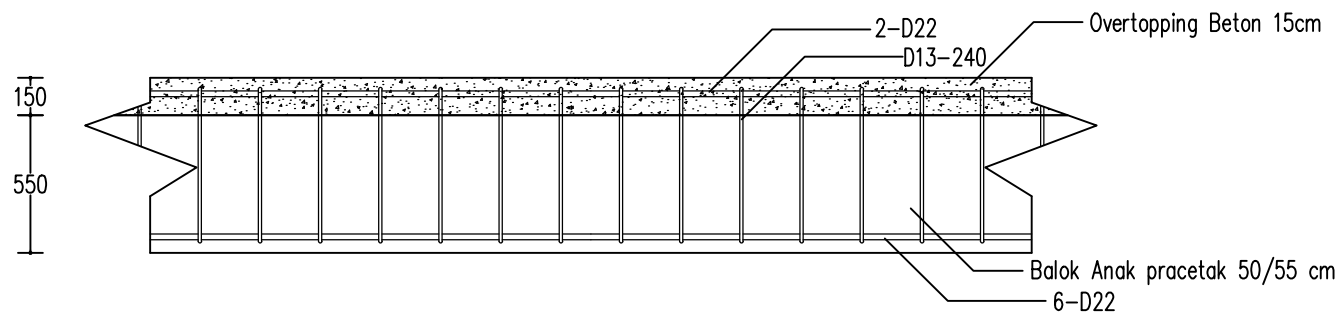
Detail Balok
Induk BB20

NO GAMBAR

59

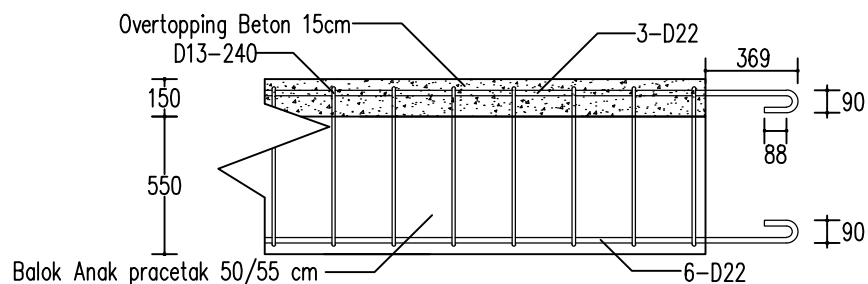
83

CATATAN



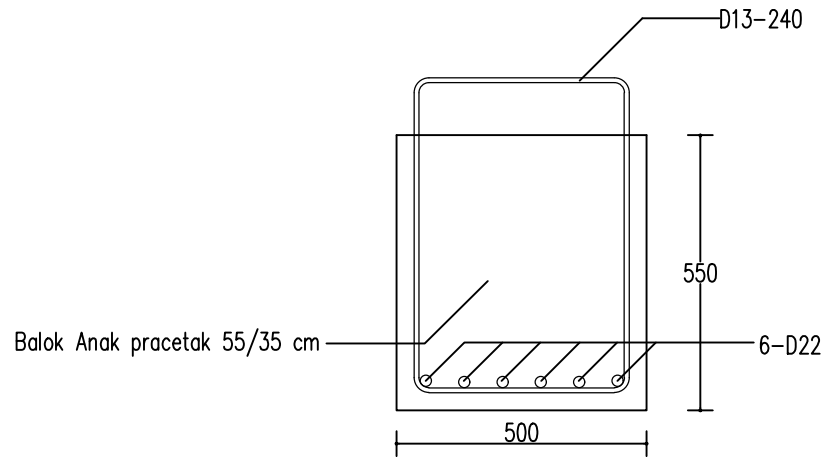
Balok BB 20 daerah lapangan

SKALA 1 : 30

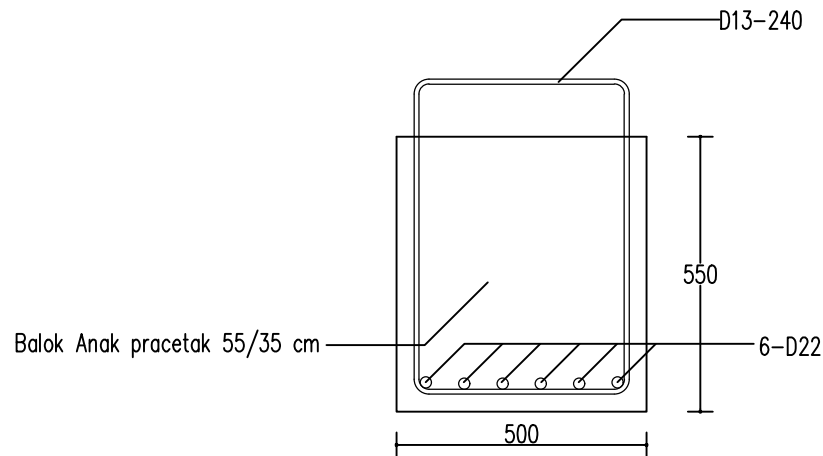


Balok BB 20 daerah tumpuan

SKALA 1 : 30



Balok BB 20 sebelum komposit tumpuan
 SKALA 1 : 15



Balok BB 20 sebelum komposit lapangan
 SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP – ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

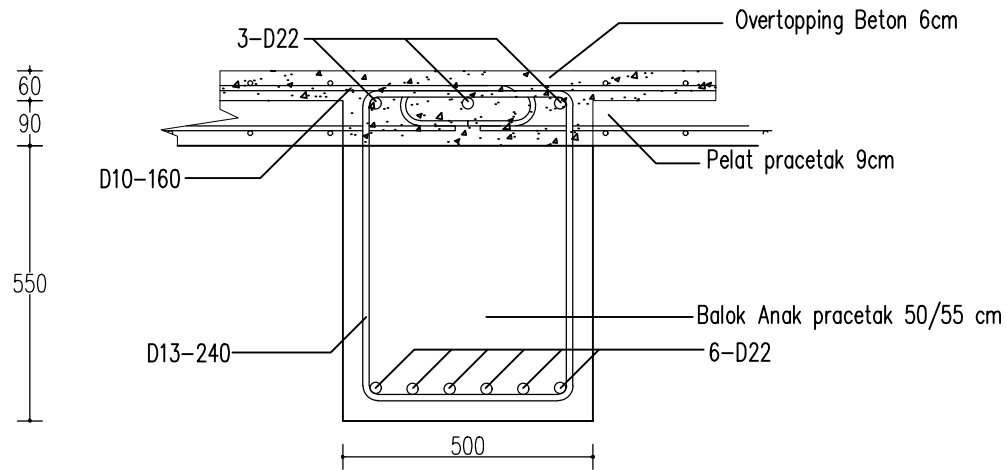
Detail Balok
 Induk BB20

NO GAMBAR

60

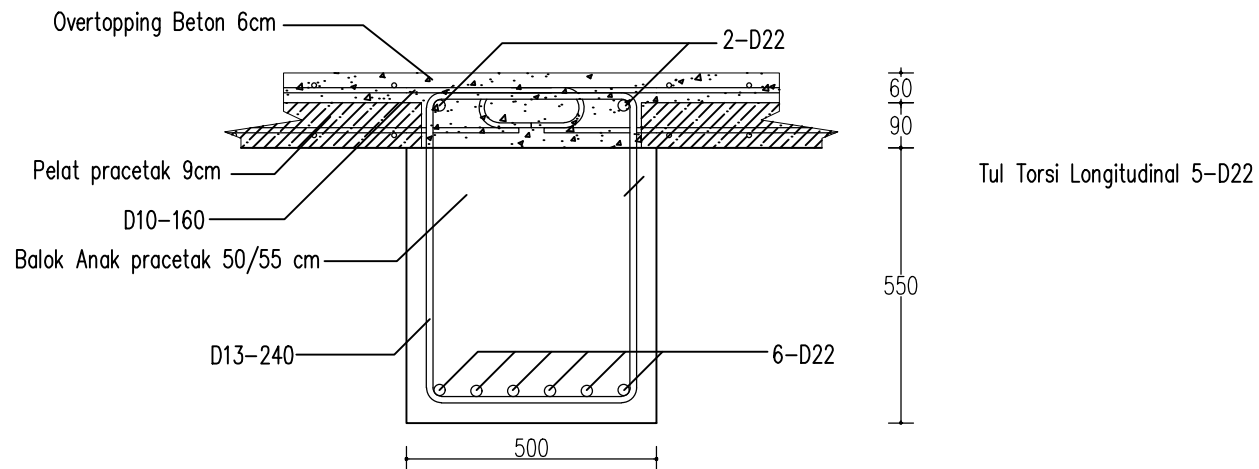
83

CATATAN



Balok BB 20 tumpuan setelah komposit

SKALA 1 : 15



Balok BB 20 lapangan setelah komposit

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

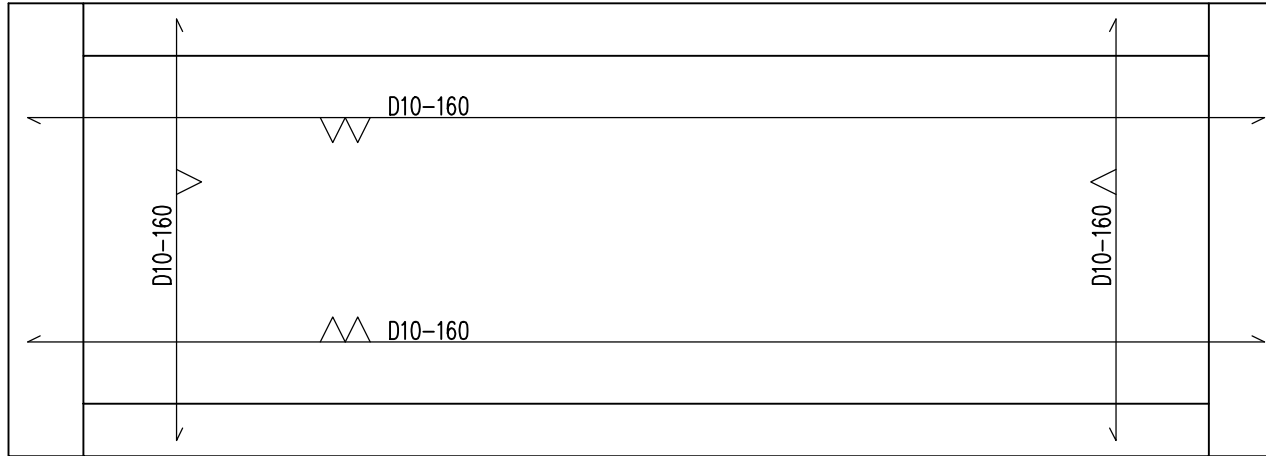
Detail Balok
Induk BB20

NO GAMBAR

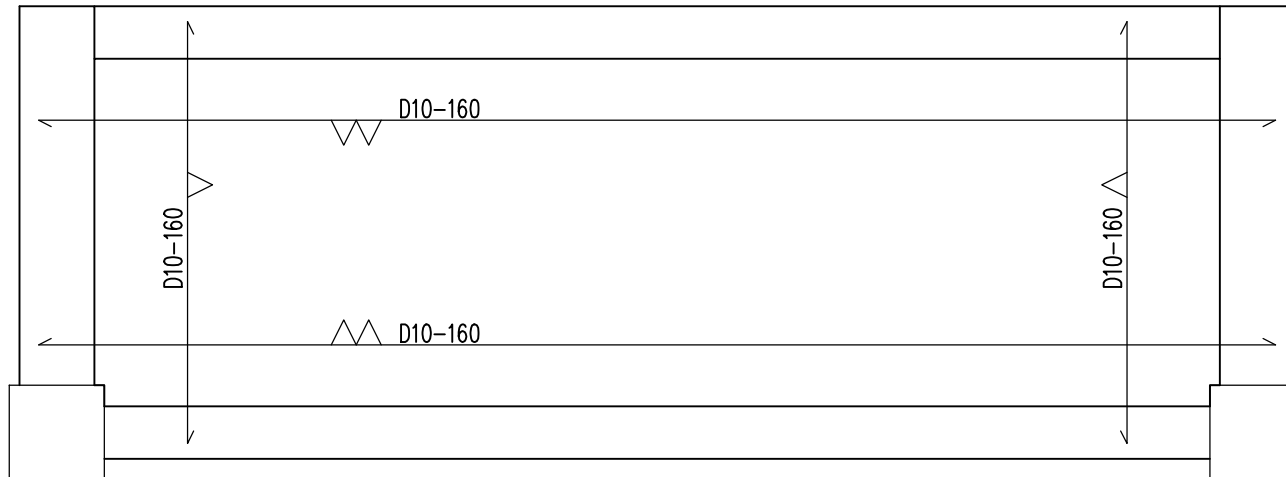
61

83

CATATAN



Detail Pelat Pracetak A1
SKALA 1 : 50



Detail Pelat Pracetak A2
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

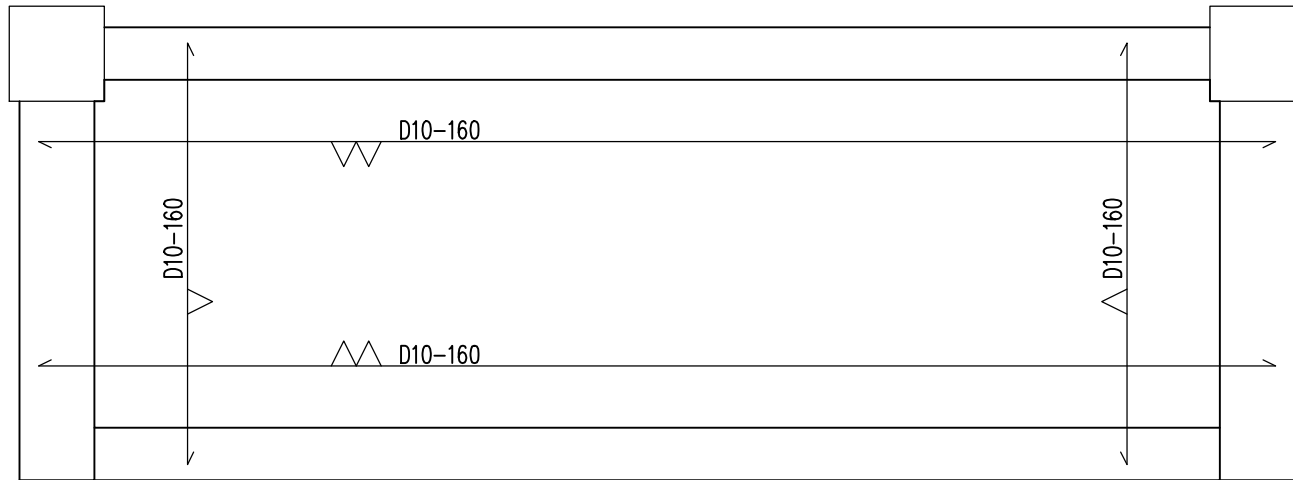
Detail Pelat Pracetak

NO GAMBAR

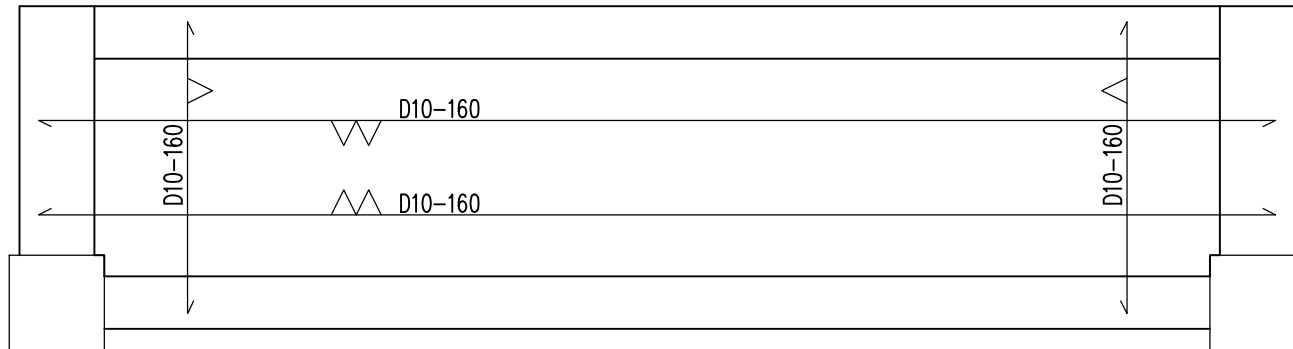
62

83

CATATAN



Detail Pelat Pracetak A3
 SKALA 1 : 50



Detail Pelat Pracetak B1
 SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP - ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

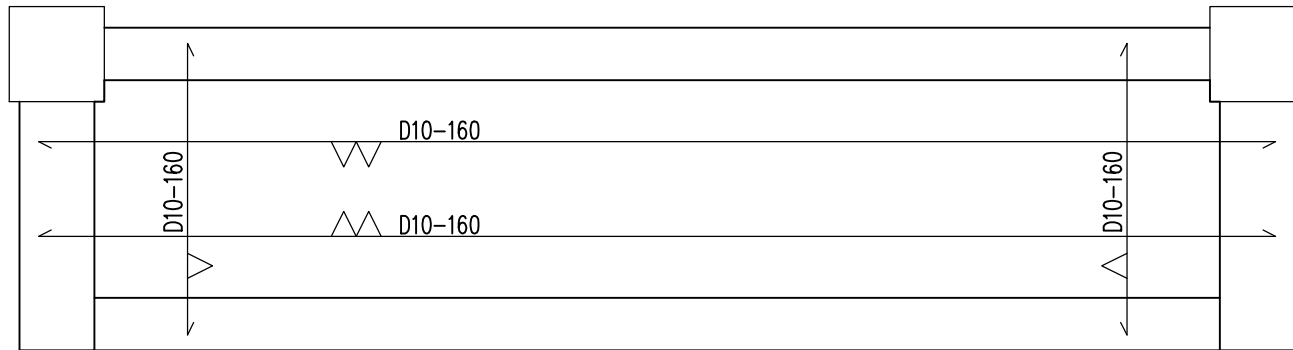
Detail Pelat Pracetak

NO GAMBAR

63

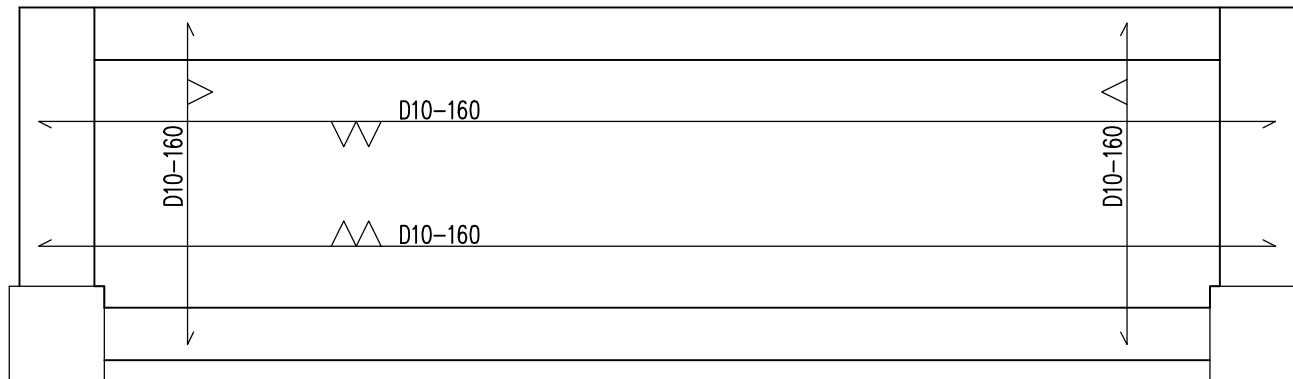
83

CATATAN



Detail Pelat Pracetak B2

SKALA 1 : 50



Detail Pelat Pracetak C1

SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

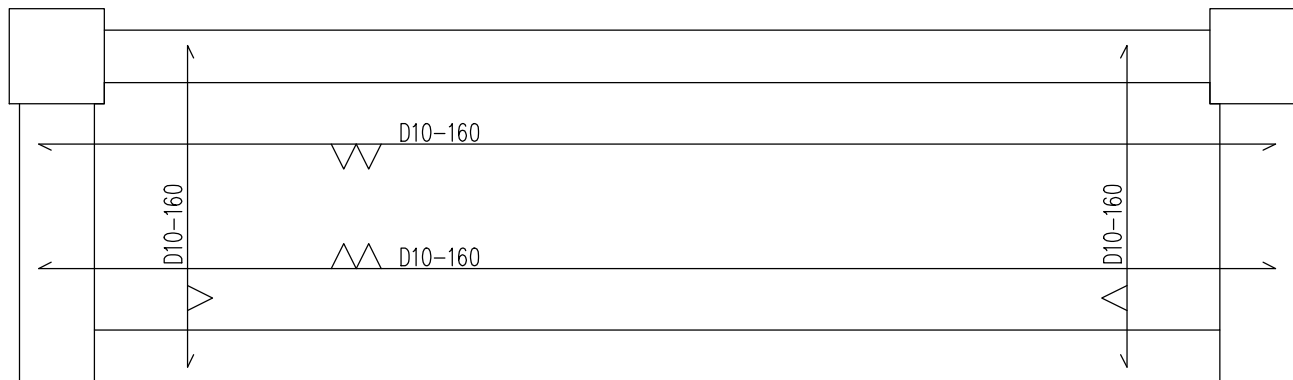
Detail Pelat Pracetak

NO GAMBAR

64

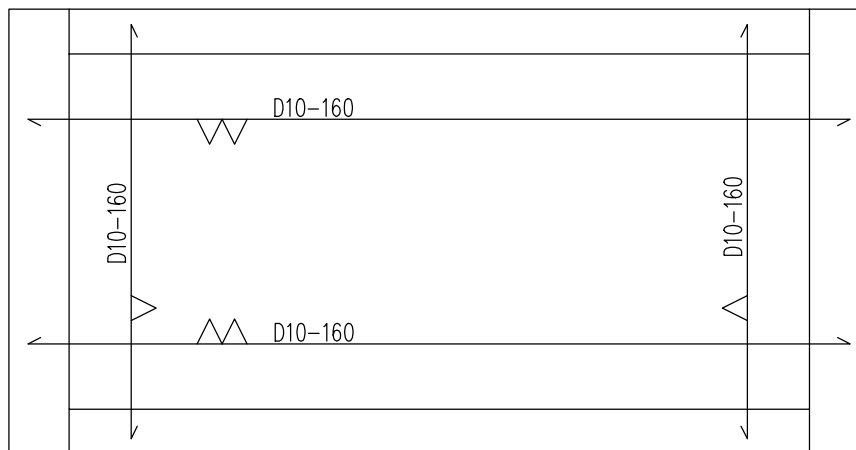
83

CATATAN



Detail Pelat Pracetak C2

SKALA 1 : 50



Detail Pelat Pracetak D

SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

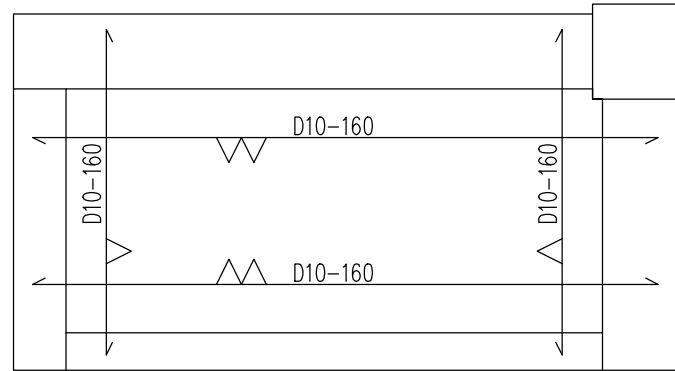
Detail Pelat Pracetak

NO GAMBAR

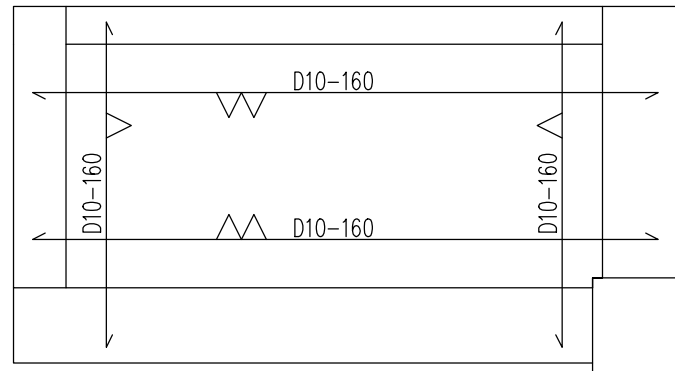
65

83

CATATAN



Detail Pelat Pracetak E1
 SKALA 1 : 50



Detail Pelat Pracetak E2
 SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP - ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

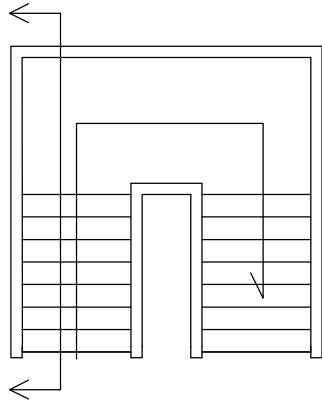
Detail Pelat Pracetak

NO GAMBAR

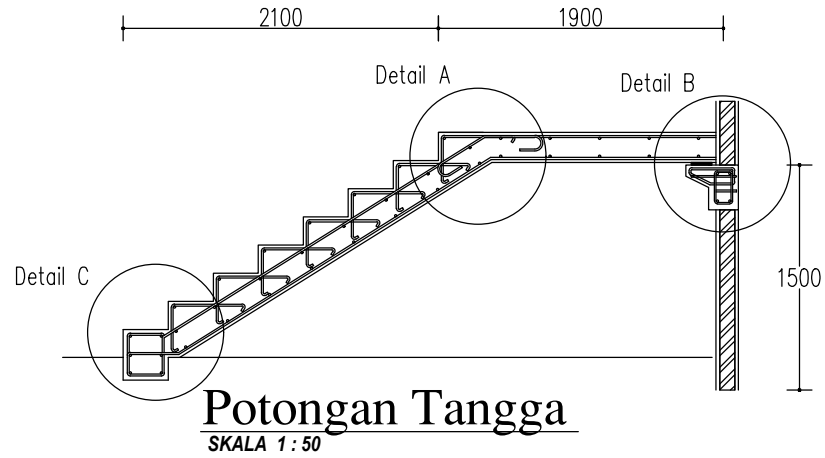
66

83

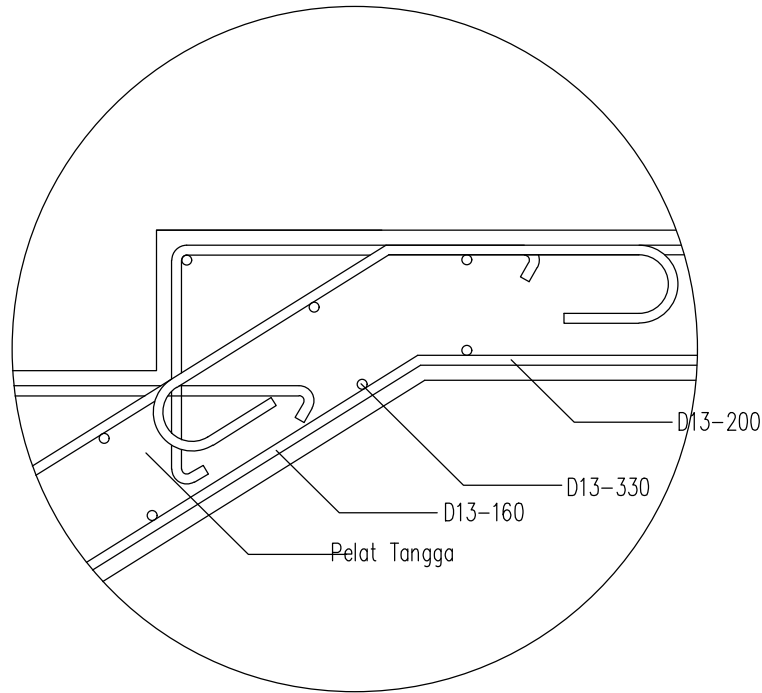
CATATAN



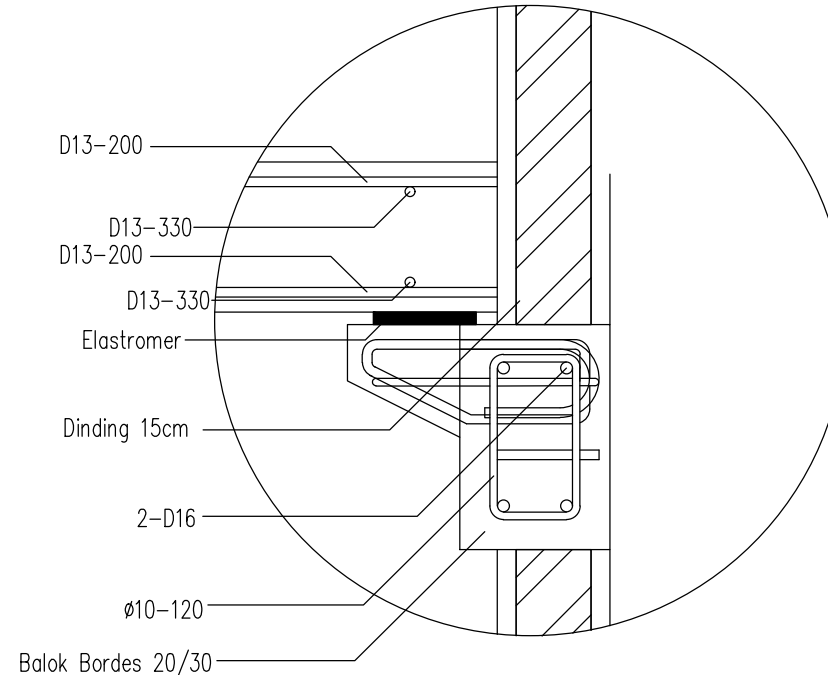
Tampak Atas Tangga
SKALA 1:100



Potongan Tangga
SKALA 1:50



Detail A
SKALA 1:10



Detail B
SKALA 1:10



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Tangga

NO GAMBAR

67

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

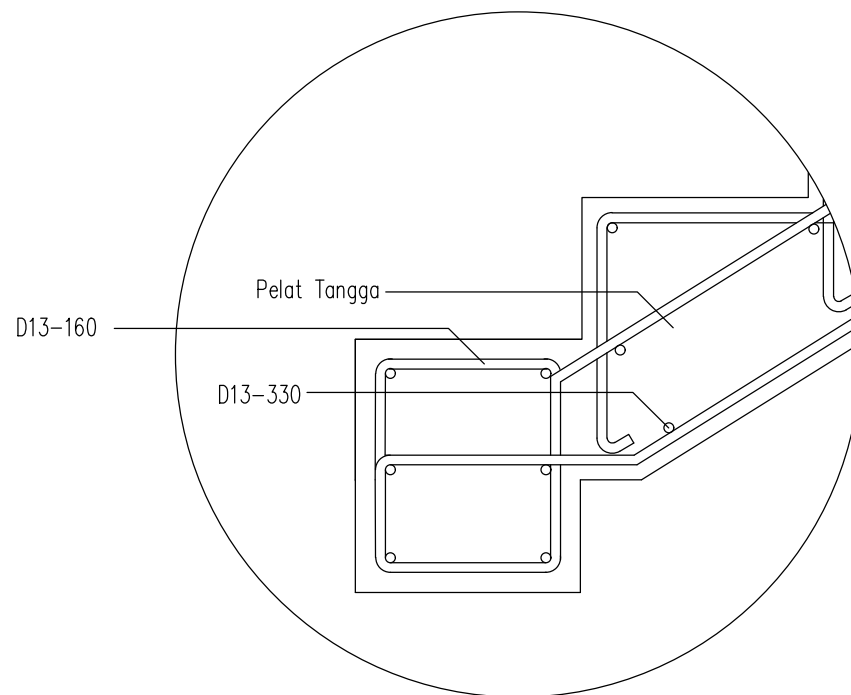
Detail Tangga

NO GAMBAR

68

83

CATATAN



Detail C
SKALA 1:10



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

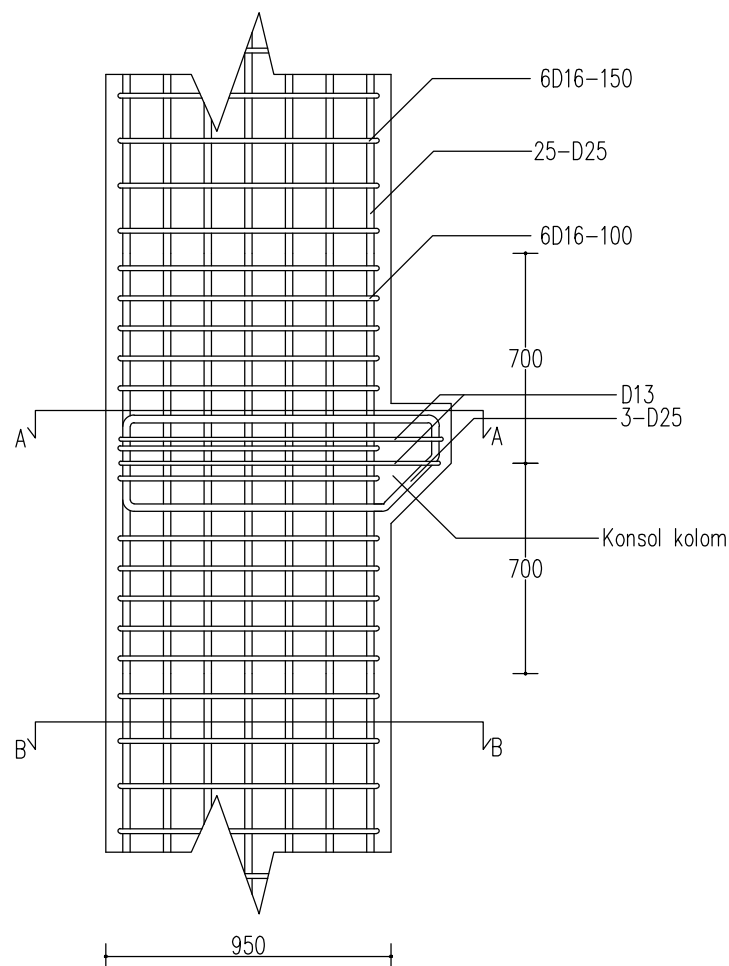
Detail Kolom K1

NO GAMBAR

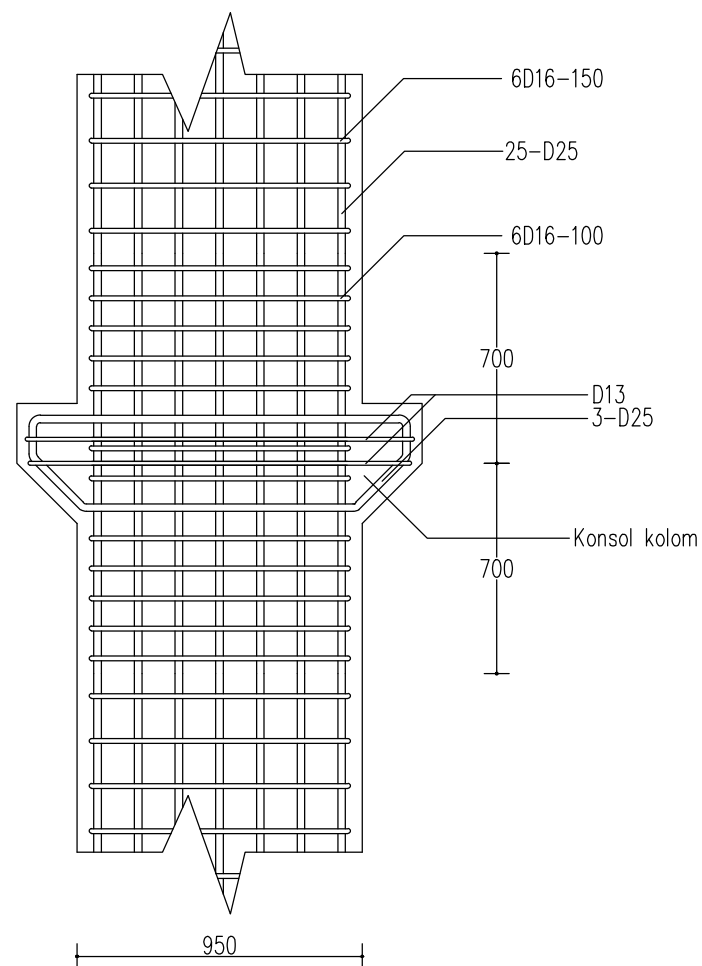
69

83

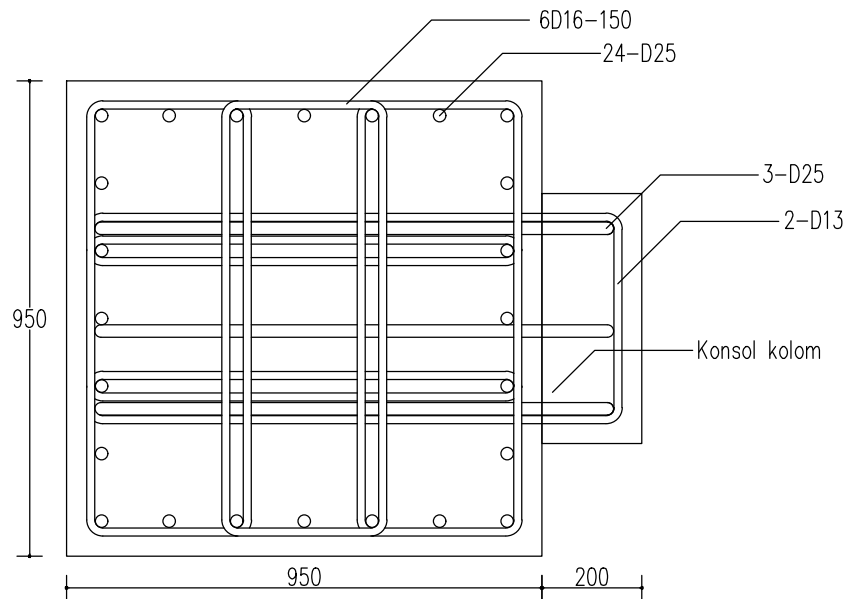
CATATAN



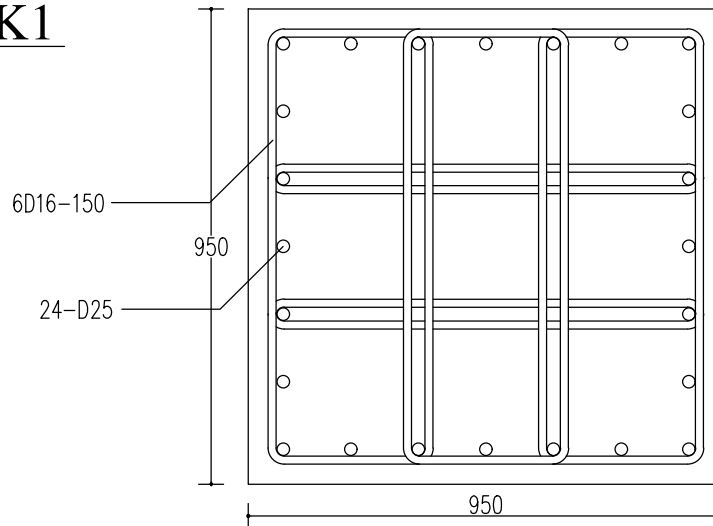
Penulangan Kolom K1 Eksterior
SKALA 1 : 25



Penulangan Kolom K1 Interior
SKALA 1 : 25



Detail Potongan A-A Kolom K1
 SKALA 1 : 15



Detail Potongan B-B Kolom K1
 SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP - ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

Detail Kolom K1

NO GAMBAR

70

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

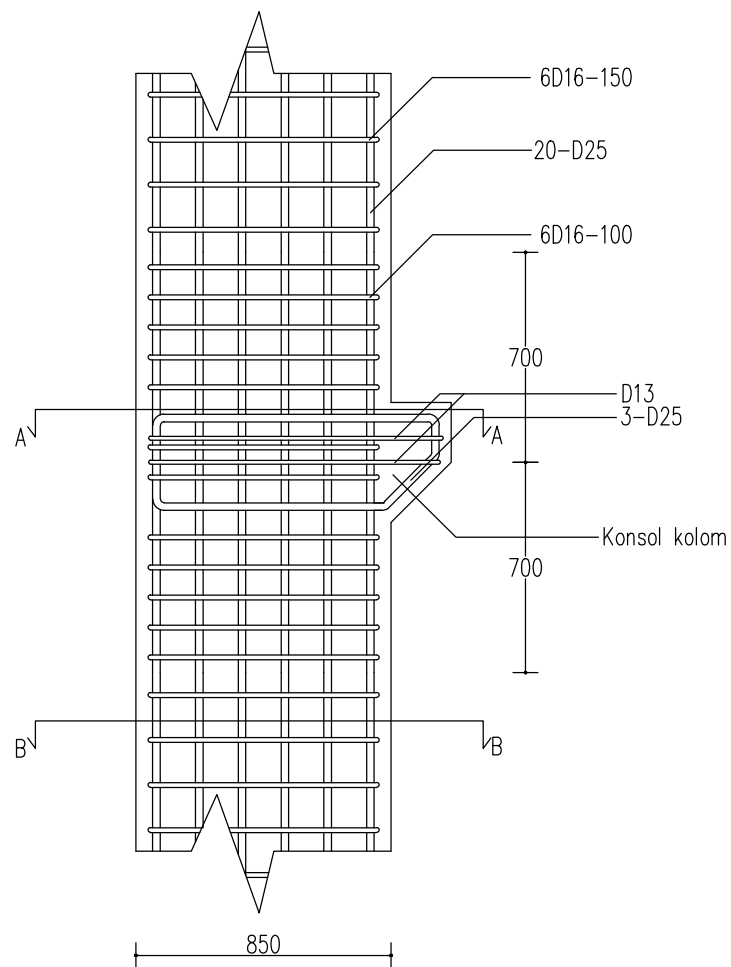
Detail Kolom K2

NO GAMBAR

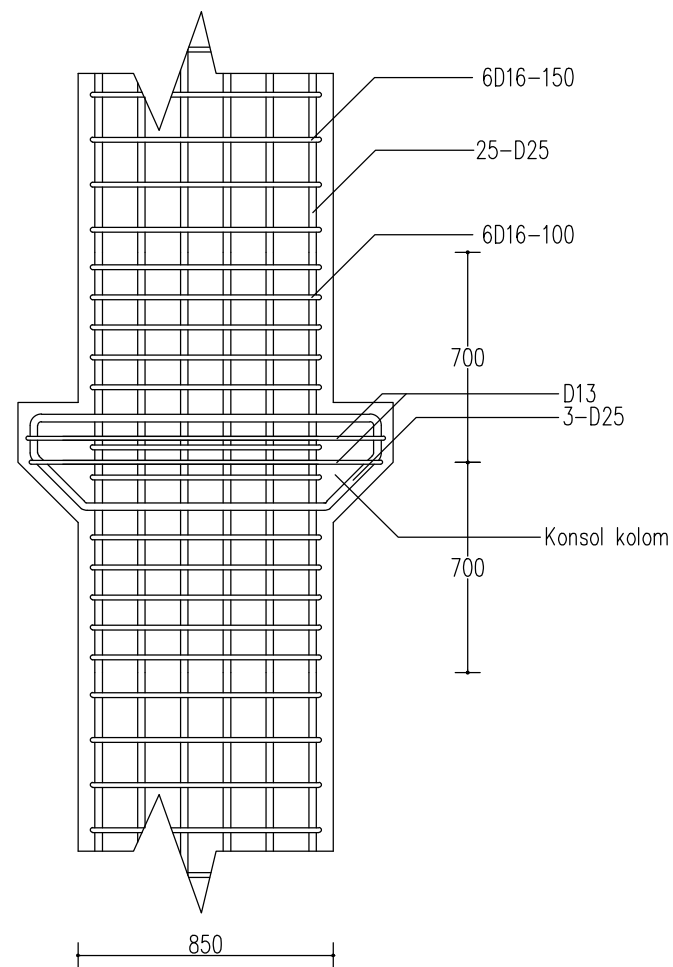
71

83

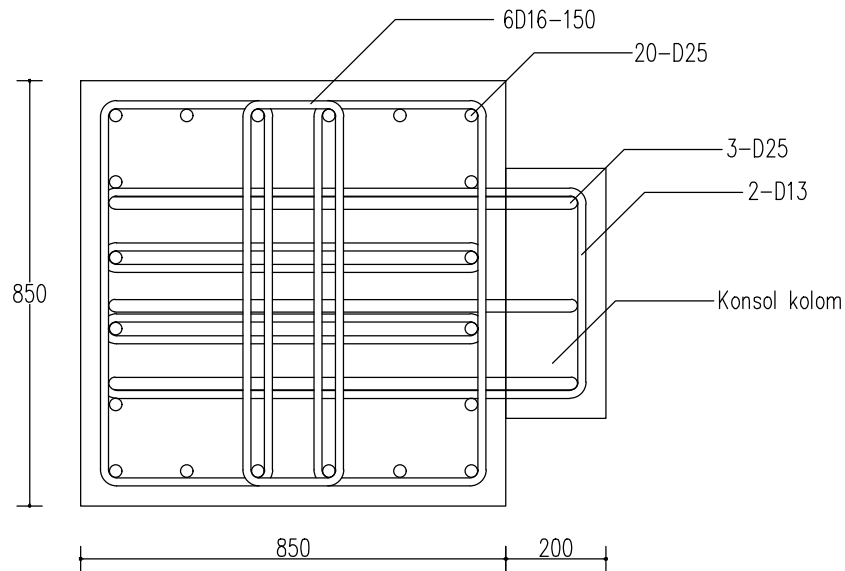
CATATAN



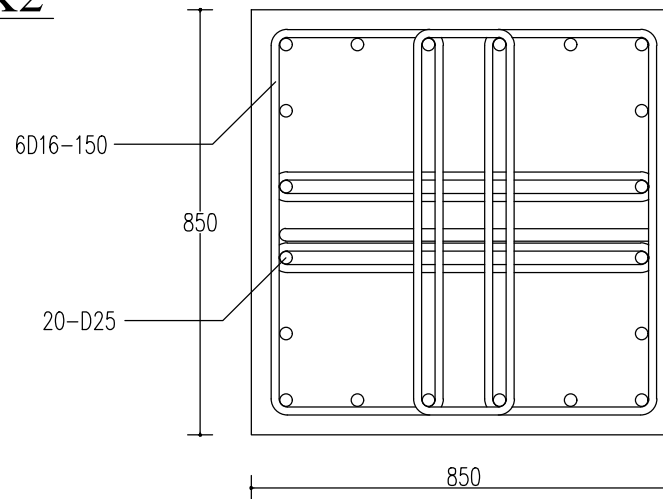
Penulangan Kolom K2 Eksterior
SKALA 1 : 25



Penulangan Kolom K2 Interior
SKALA 1 : 25



Detail Potongan A-A Kolom K2
 SKALA 1 : 15



Detail Potongan B-B Kolom K2
 SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP - ITS
 SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

Detail Kolom K2

NO GAMBAR

72

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

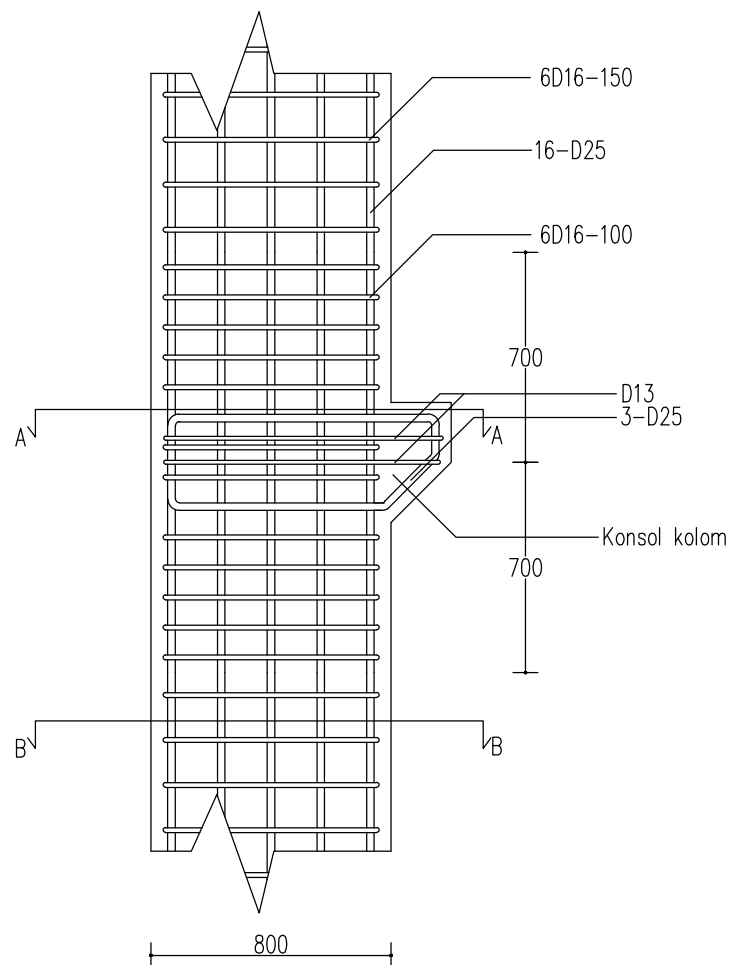
Detail Kolom K3

NO GAMBAR

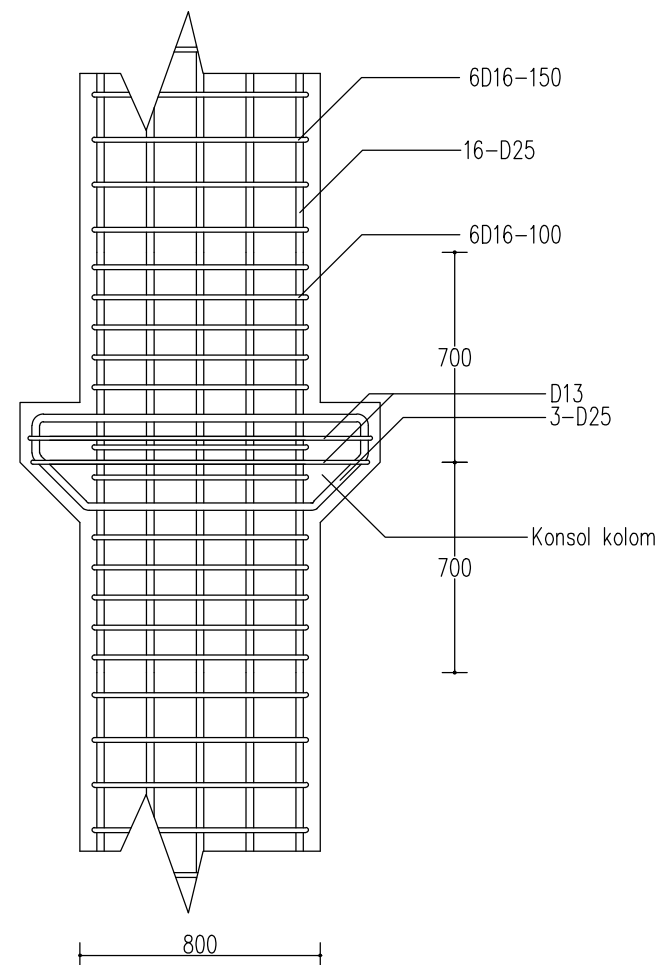
73

83

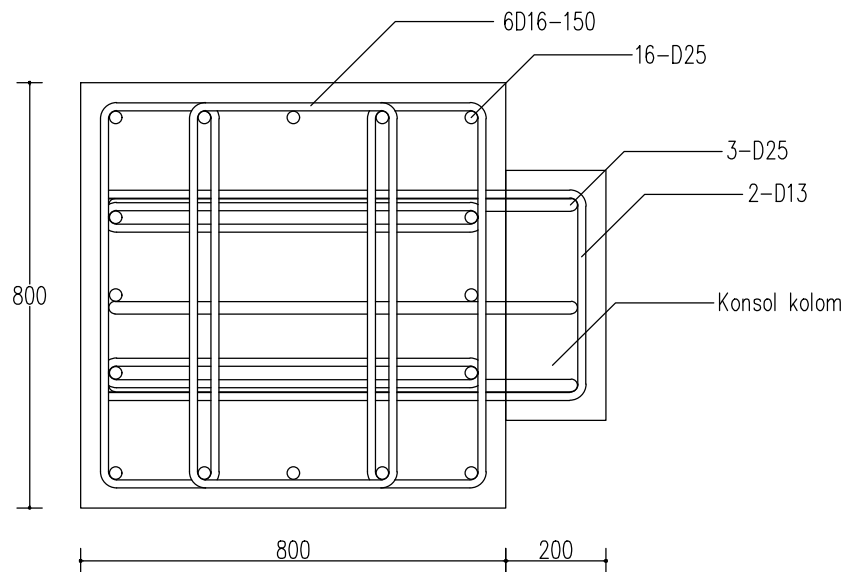
CATATAN



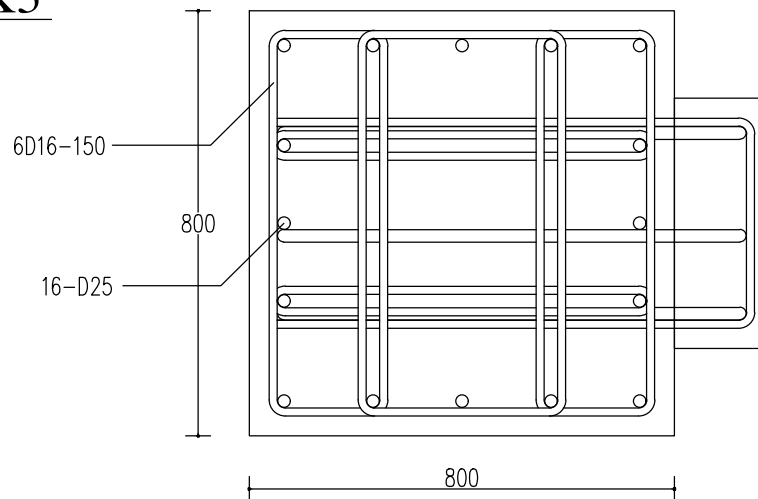
Penulangan Kolom K3 Eksterior
SKALA 1 : 25



Penulangan Kolom K3 Interior
SKALA 1 : 25



Detail Potongan A-A Kolom K3
 SKALA 1 : 15



Detail Potongan B-B Kolom K3
 SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP - ITS
 SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

Detail Kolom K3

NO GAMBAR

74

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

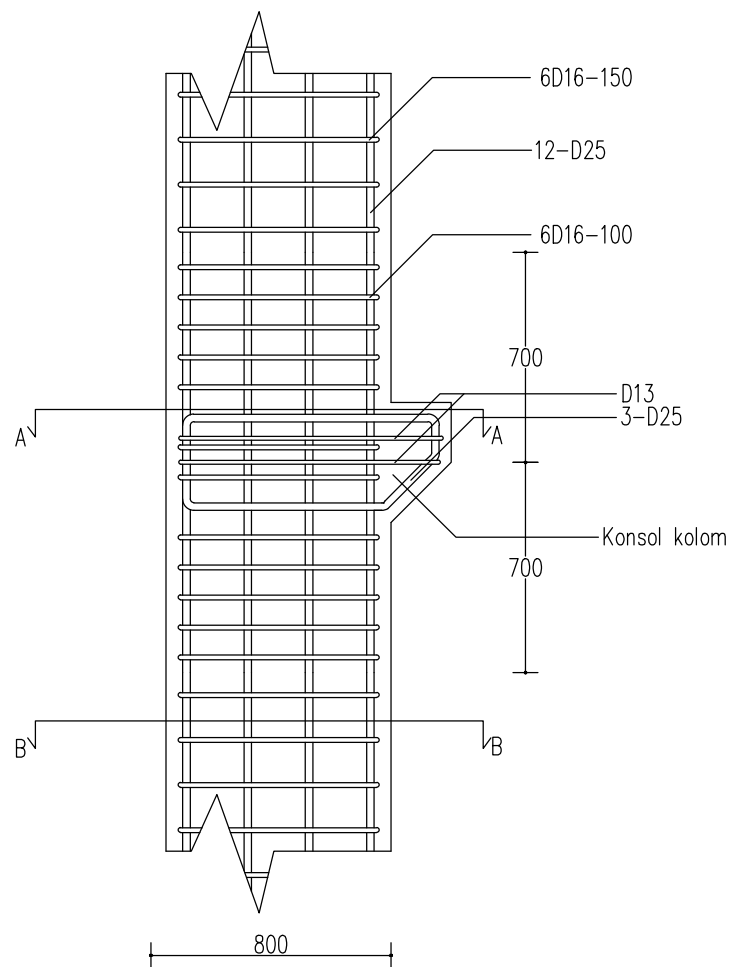
Detail Kolom K4

NO GAMBAR

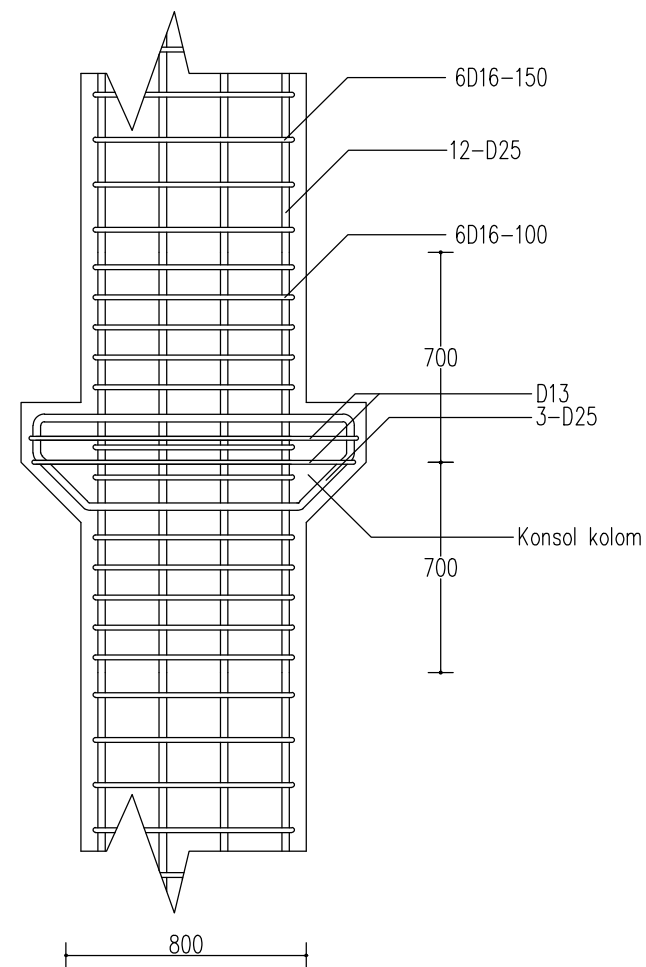
75

83

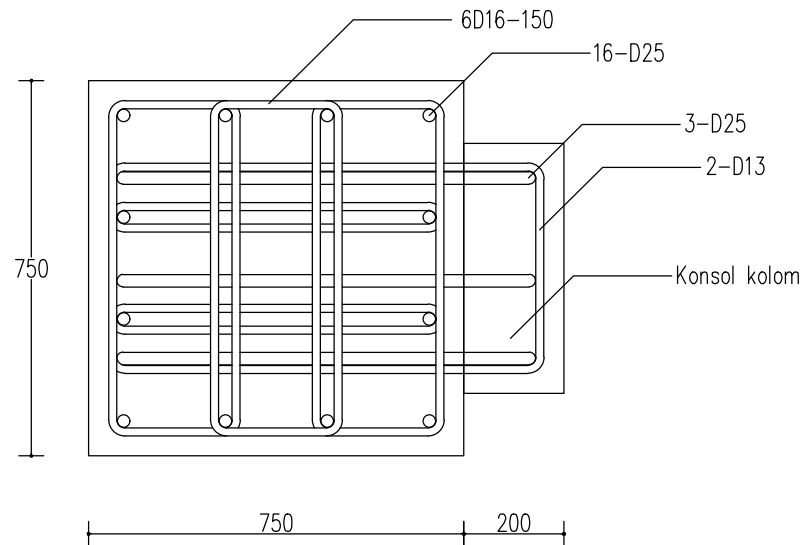
CATATAN



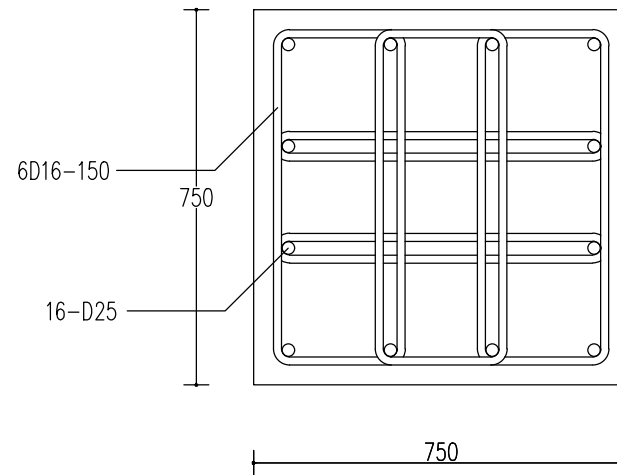
Penulangan Kolom K4 Eksterior
SKALA 1 : 25



Penulangan Kolom K4 Interior
SKALA 1 : 25



Detail Potongan A-A Kolom K4
 SKALA 1 : 15



Detail Potongan B-B Kolom K4
 SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP - ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

Detail Kolom K4

NO GAMBAR

76

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

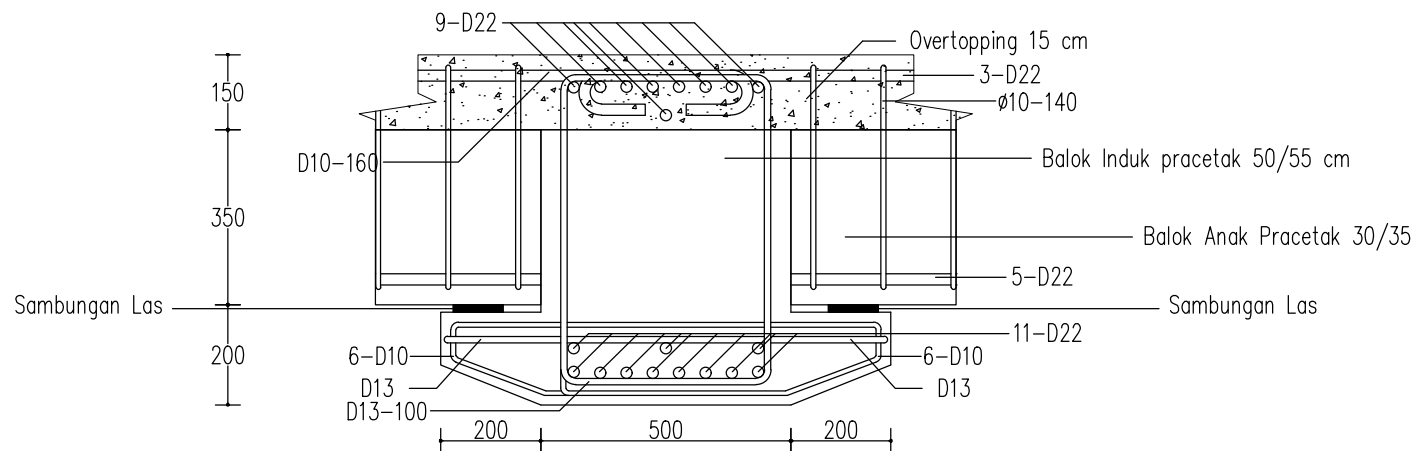
Detail Sambungan Balok Induk
dan Balok Anak

NO GAMBAR

77

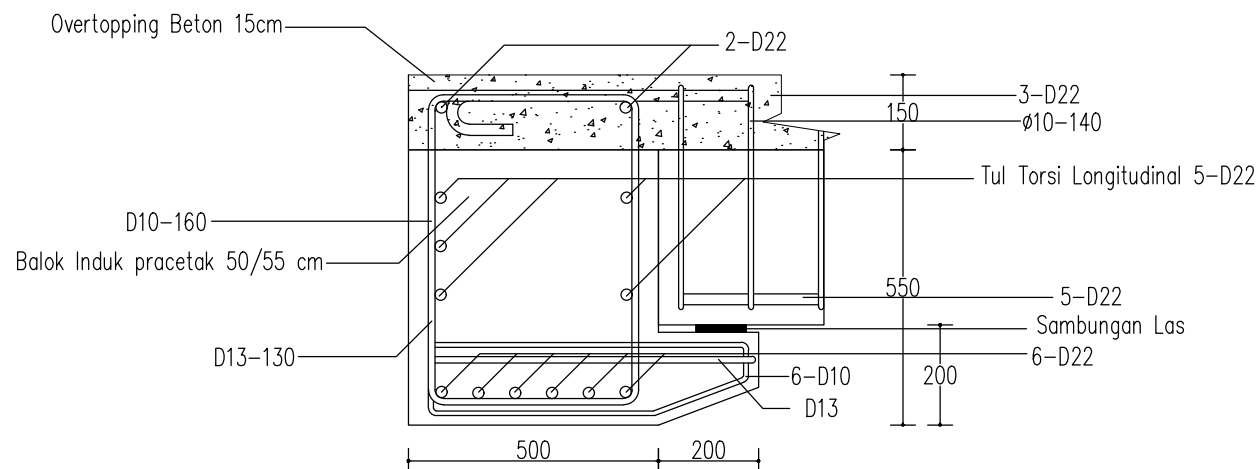
83

CATATAN



Sambungan Balok Induk BB9 dan Balok Anak BA2

SKALA 1 : 15



Sambungan Balok Induk BB8 dan Balok Anak BA2

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP – ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

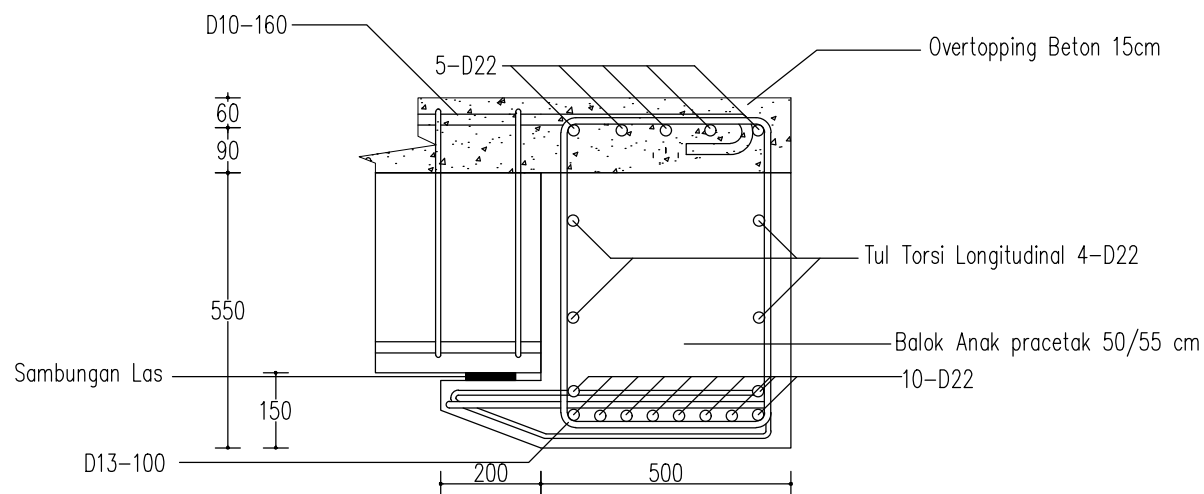
Detail Sambungan Balok Induk
dan Balok Anak

NO GAMBAR

78

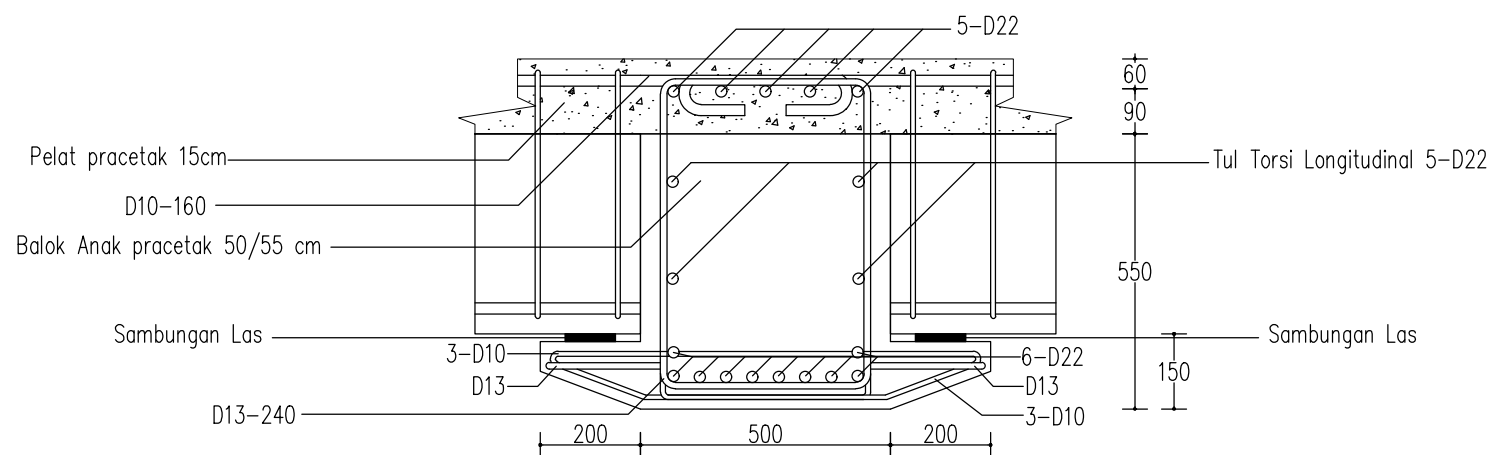
83

CATATAN



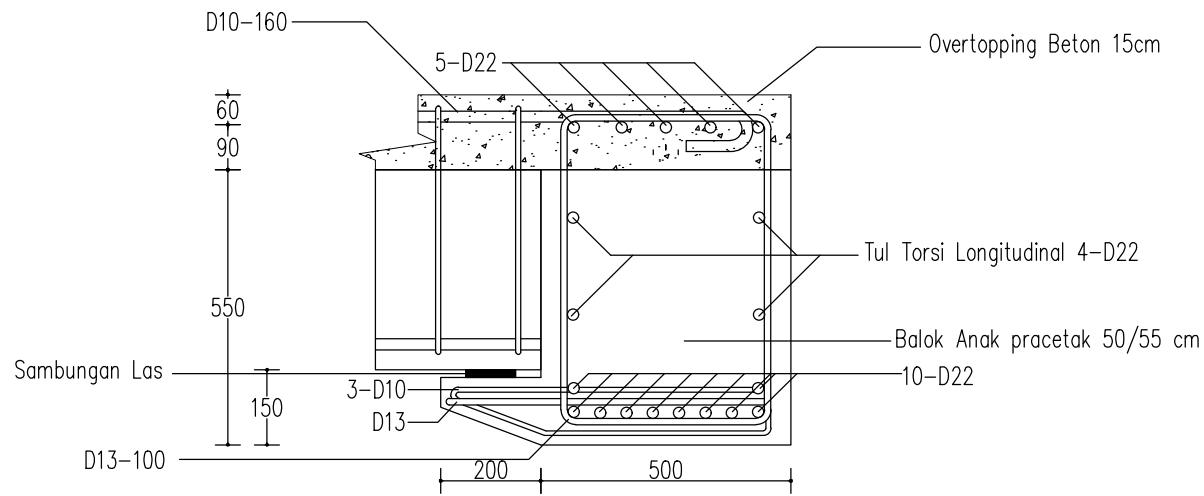
Sambungan Balok Induk BB20 dan Balok Anak BA7

SKALA 1 : 15



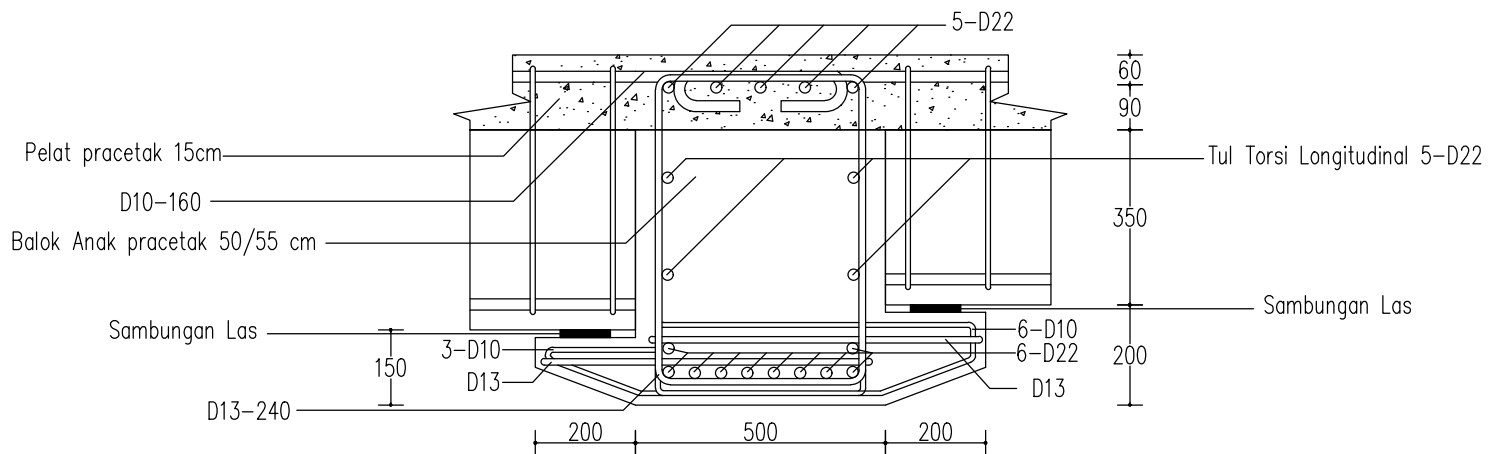
Sambungan Balok Induk BB18 dan Balok Anak BA7

SKALA 1 : 15



Sambungan Balok Induk BB20 dan Balok Anak BA7

SKALA 1 : 15



Sambungan Balok Induk BB18 dan Balok Anak BA7 & BA2

SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

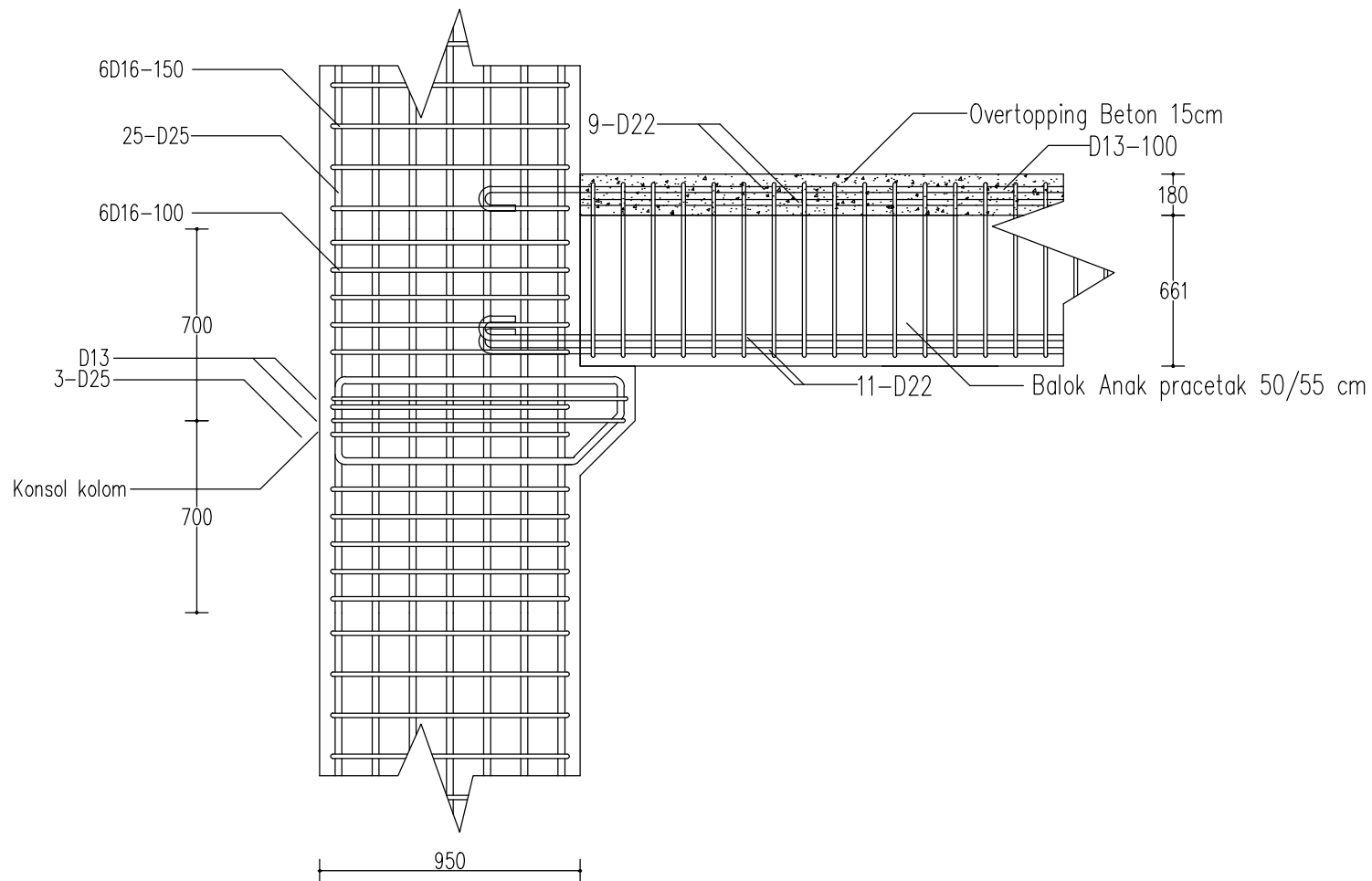
Detail Sambungan Balok Induk
dan Balok Anak

NO GAMBAR

79

83

CATATAN



Sambungan Kolom K1 dengan balok induk BB9

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

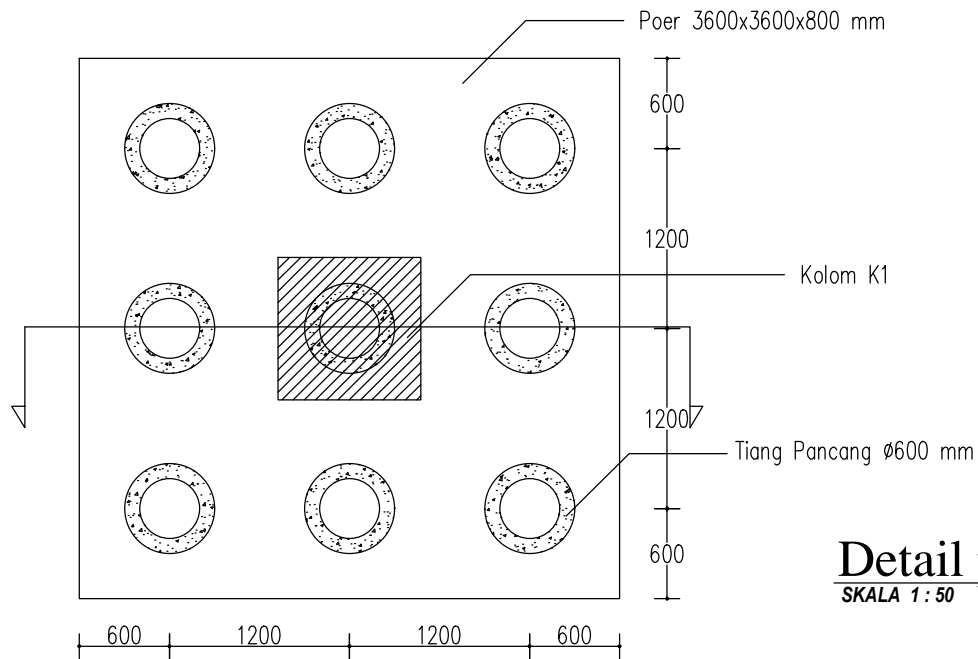
Detail Balok
Induk BB12

NO GAMBAR

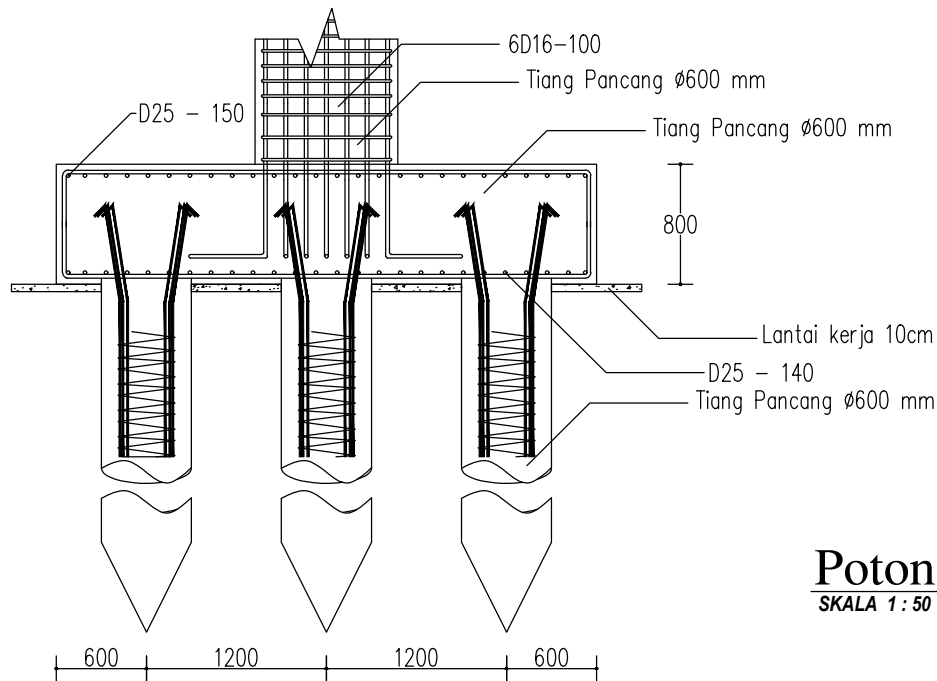
80

83

CATATAN



Detail penulangan Poer
SKALA 1 : 50



Potongan penulangan Poer
SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

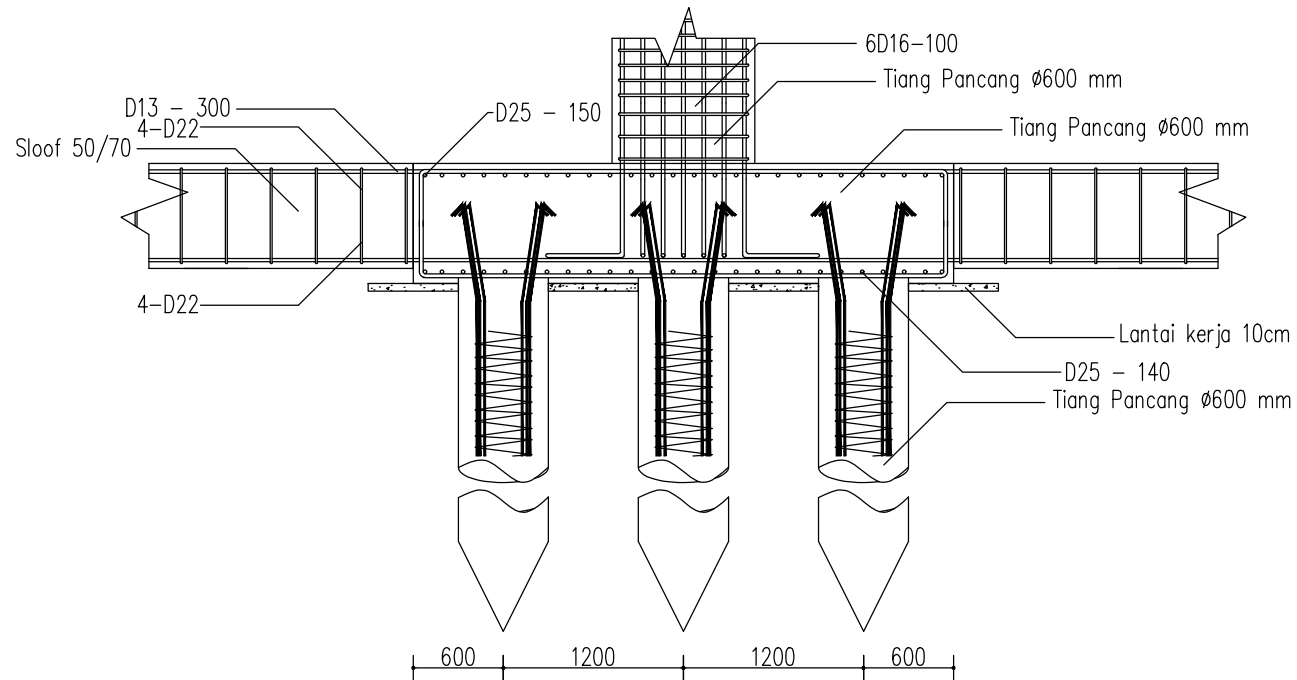
Detail Pondasi tiang pancang

NO GAMBAR

81

83

CATATAN



Detail sambungan Sloof dan Poer
 SKALA 1 : 50



JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FTSP - ITS
 SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
 SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
 SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
 BETON PRACETAK DENGAN
 SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
 3112100054

GAMBAR

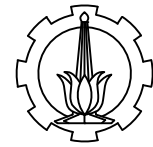
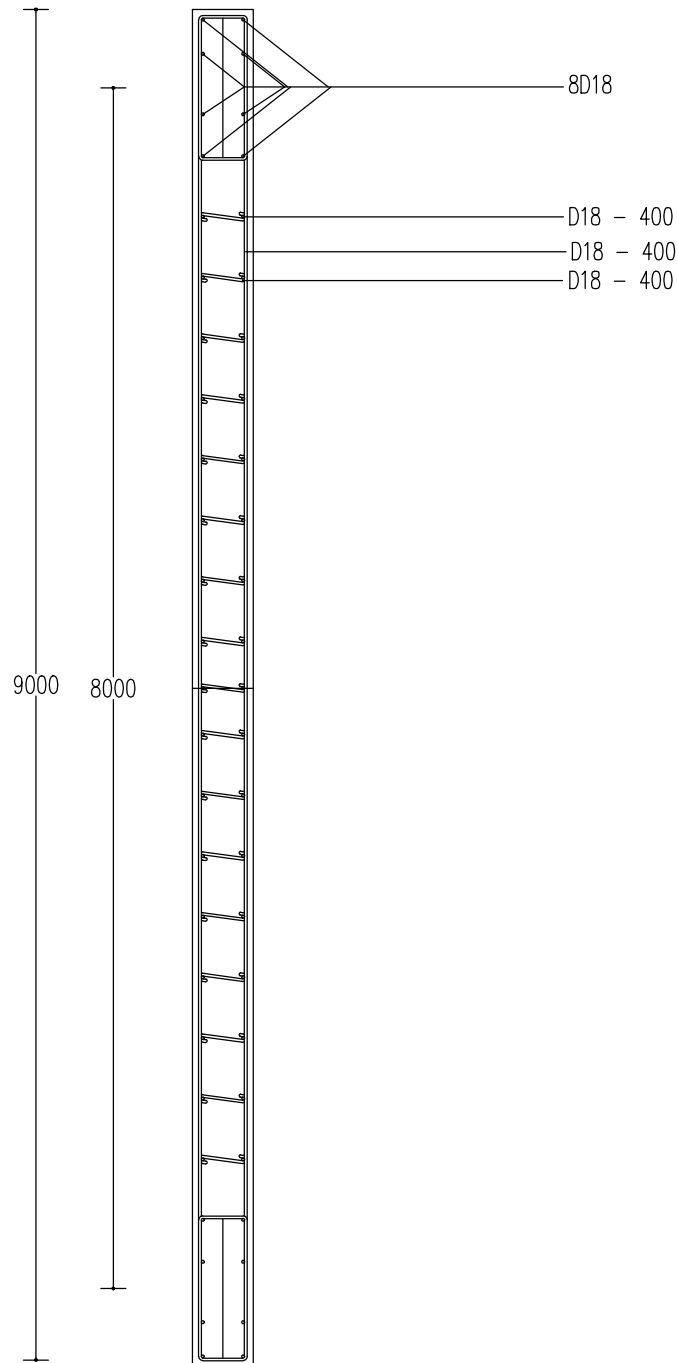
Detail Sambungan
 Sloof dan Poer

NO GAMBAR

82

83

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL

PERANCANGAN ULANG GEDUNG
SKYSUITES SOHO KEDUNG BARUK
SURABAYA MENGGUNAKAN METODE
BETON PRACETAK DENGAN
SISTEM RANGKA GEDUNG

DOSEN KONSULTASI

Budi Suswanto, ST., MT., PhD

MAHASISWA

Galih Priyonggo S
3112100054

GAMBAR

Detail Shearwall

NO GAMBAR

83

83

CATATAN



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

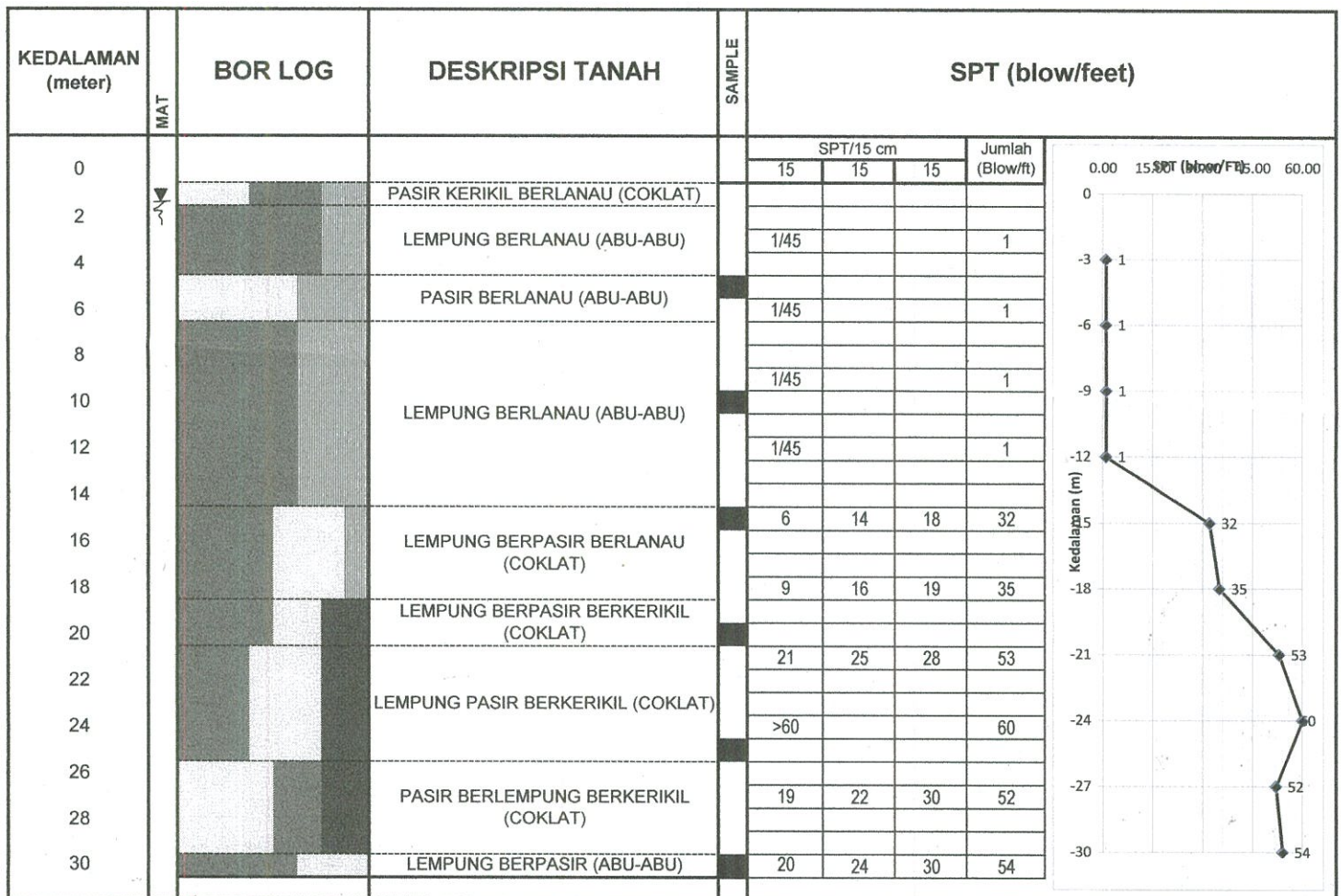
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN : PT. KOPPELLAND
PROYEK : Perencanaan Pembangunan Apartemen
LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya
TITIK BOR No. : BH - 5 (Lima)

TANGGAL : 22 - 23 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ±0.00 m - MT
MAT : - 1,0 m





REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
 PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
 LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 5
 MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC						CONSOLIDATION				
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.637	1.567	100.00	59.42	61.04	1.638	1.027	1.638	1.07	0.841	5.20E-03
-15.00	2.597	1.197	100.00	46.09	54.48	1.727	1.182	1.727	*	*	*
-21.50	2.615	0.879	100.00	33.61	46.78	1.859	1.392	1.859	*	*	*
-30.00	2.729	0.772	100.00	28.29	43.57	1.976	1.540	1.976	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	S _u	C _u	
-7.50	0.00	11.09	88.91	63.45	28.65	34.80	*	*	*	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	32.77	67.23	53.28	30.75	22.53	*	*	1.53	0	*	*	*	*	*
-21.50	12.35	30.87	56.78	42.87	29.68	13.19	*	*	2.61	0	*	*	*	*	*
-30.00	0.00	29.45	70.55	59.37	31.25	28.12	*	*	2.55	0	*	*	*	*	*

REMARK
 G = Gravel (%)
 S = Sand (%)
 S + Cl = Silt + Clay (%)
 e = Void ratio
 Gs = Specific Gravity
 n = Porosity (%)
 Sr = Degree of saturation (%)
 W_c = Water content (%)
 γ_t = Moisture density (gr/cc)
 γ_{sat} = Saturated density (gr/cc)
 γ_d = Dry density (gr/cc)
 LL = Liquid Limit (%)
 PL = Plastic Limit (%)
 IP = Plastic Index (%)
 Cc = Compression Index
 Cv = Coefficient of Consolidation (cm²/det)
 Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm²)
 * = Not test
 k = Coefficient of permeability (cm/sec)
 C = Cohesion of direct shear (kg/cm²)
 C_d = Drained cohesion triaxial test(kg/cm²)
 C_u = Undrained cohesion (kg/cm²)
 S_u = Strength of vane test (kg/cm²)
 ϕ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
 ϕ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
 ϕ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)



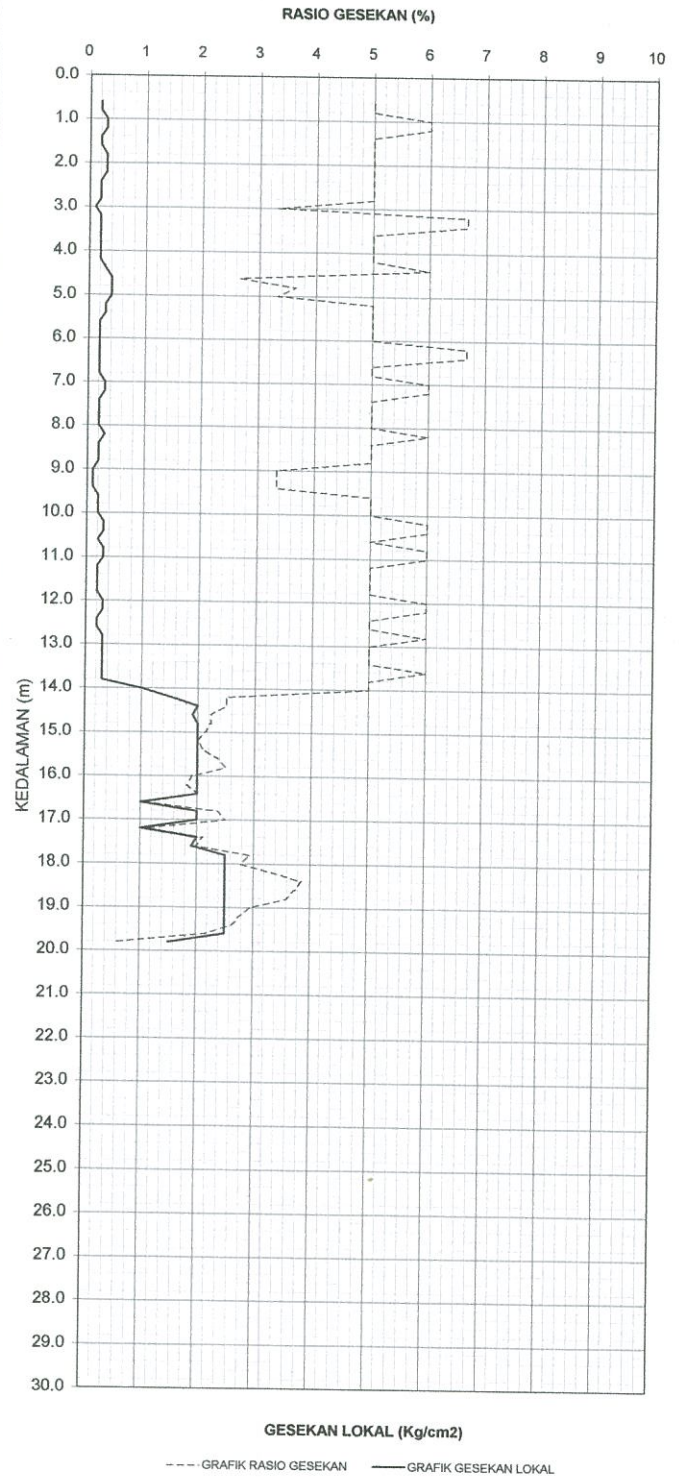
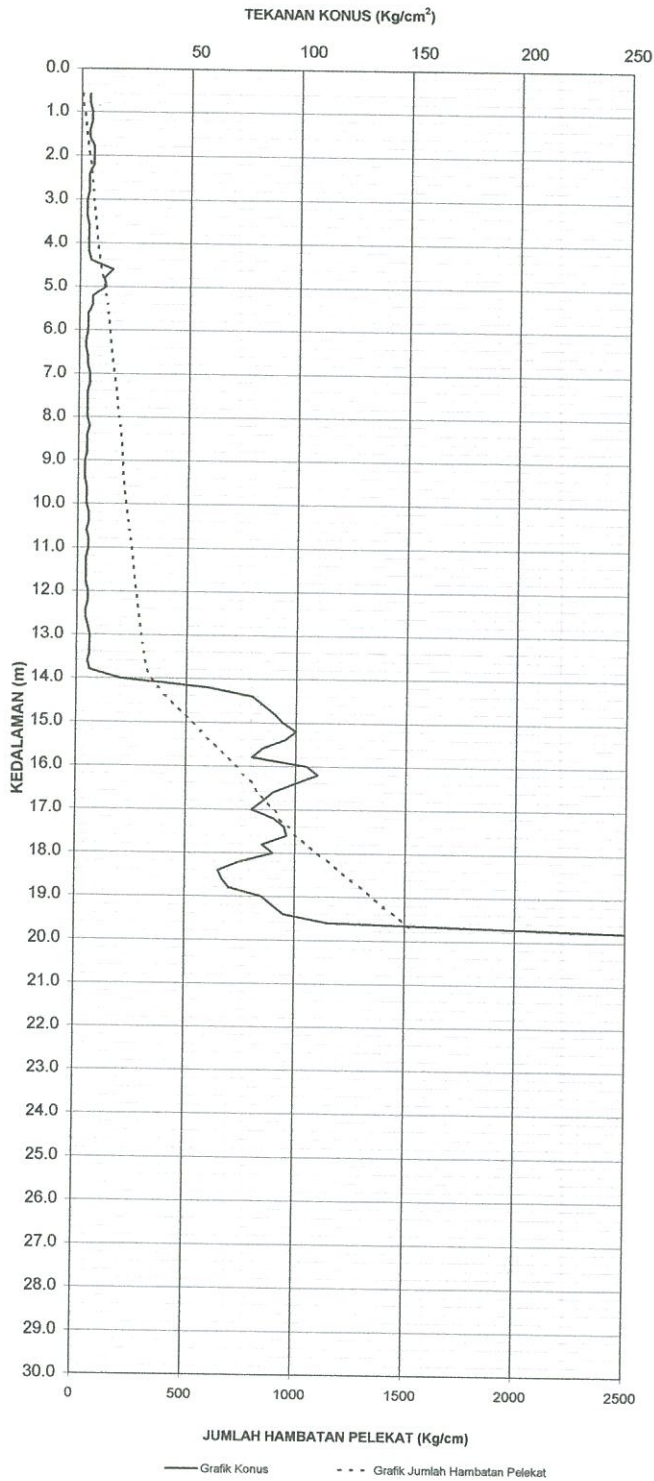
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,
Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

GRAFIK SONDIR

TITIK : S-3
LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya
ELEVASI : ± 0,00 (dari muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Agus Cs
TANGGAL : 19-Aug-2016





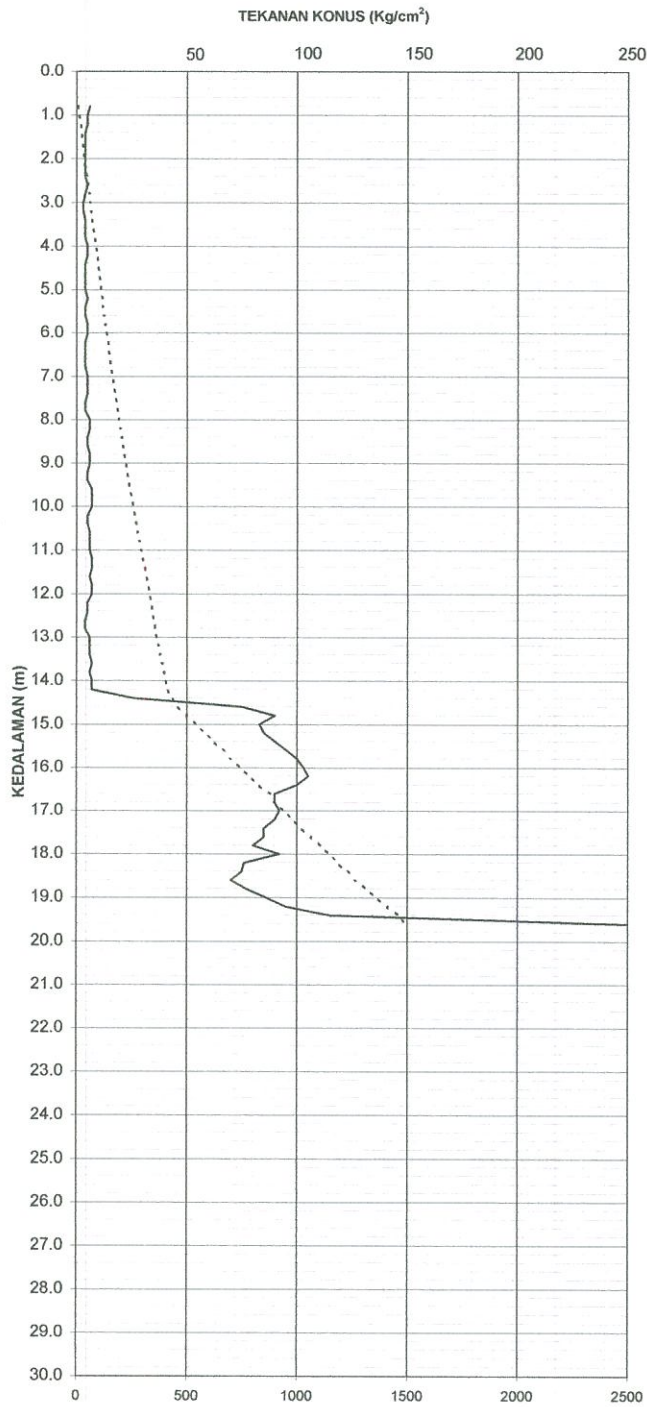
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,
Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

GRAFIK SONDIR

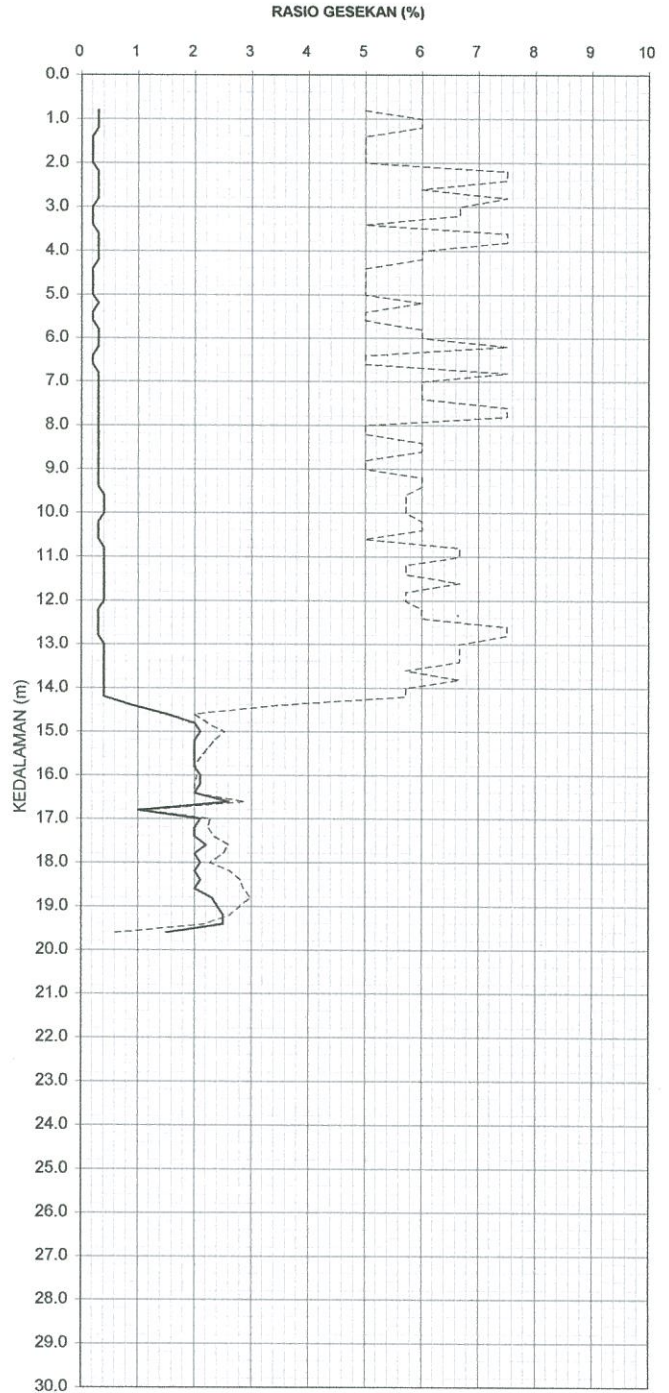
TITIK : S-4
LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri., Surabaya
ELEVASI : ± 0,00 (dari muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Agus Cs
TANGGAL : 19-Aug-2016



JUMLAH HAMBATAN PELEKAT (Kg/cm)

— Grafik Konus - - - Grafik Jumlah Hambatan Pelekat



GESEKAN LOKAL (Kg/cm²)

- - - GRAFIK RASIO GESEKAN — GRAFIK GESEKAN LOKAL



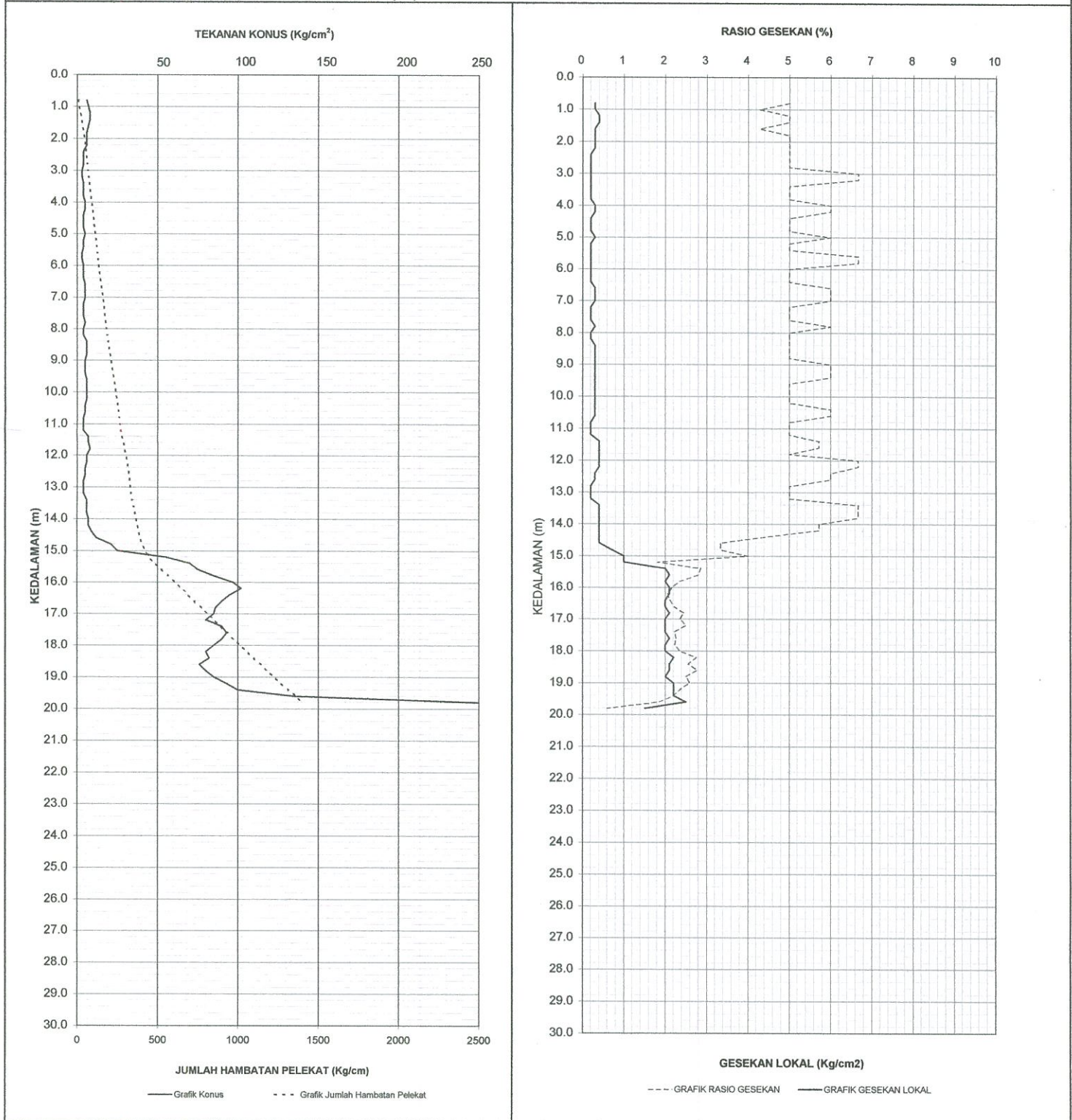
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

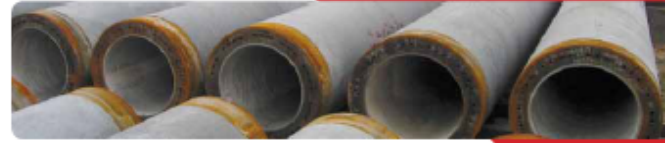
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,
Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

GRAFIK SONDIR

TITIK : S-5
LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya
ELEVASI : ± 0,00 (dari muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Agus Cs
TANGGAL : 20-Aug-2016





PROPERTIES OF ICP PILES

CLASS A (EFFECTIVE PRESTRESS > 4.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.5mm	16.7mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm ²	x1000 mm ⁴	kNm	kNm	ton	N/mm ²
300	60	6-12	118	6	-	-	45,239	3,373	31.3	34.9	87	4.9
350	60	6-12	142	8	-	-	54,664	3,885	37.8	42.1	104	5.3
400	65	6-12	179	8	-	-	68,408	5,106	42.9	61.8	149	4.3
450	70	6-12	217	10	-	-	83,566	7,113	60.4	86.9	161	4.5
500	80	6-12	294	12	-	-	105,558	9,880	82.3	115.9	234	4.3
600	90	6-12	375	-	12	-	144,199	14,586	148.8	222.5	276	5.0

CLASS B (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 5.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.5mm	16.7mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm ²	x1000 mm ⁴	kNm	kNm	ton	N/mm ²
350	55	6-12	88	6	-	-	33,694	1,435	14.9	29.0	63	5.4
300	60	6-12	118	7	-	-	45,239	3,383	32.9	46.6	86	5.6
350	70	6-12	160	9	-	-	61,575	3,770	35.6	60.8	117	5.4
400	80	6-12	209	12	-	-	80,229	5,243	53.7	91.7	151	5.5
450	80	6-15	243	-	8	-	93,991	7,624	76.0	111.3	177	5.3
500	90	6-15	301	-	10	-	118,935	10,918	95.8	154.8	231	5.3
600	100	6-15	408	-	14	-	157,080	17,546	163.1	259.6	299	5.3
700	110	6-18	550	-	20	-	203,889	27,121	226.1	423.6	388	5.3
800	120	6-18	667	-	24	-	256,354	39,455	292.8	593.5	489	5.4
900	130	6-18	818	-	30	-	314,493	54,943	370.3	798.7	595	5.3
1000	140	6-18	983	-	-	24	378,248	74,926	488.9	1041.8	720	5.3
1200	150	6-18	1286	-	-	26	494,801	120,188	639.5	1877.1	934	6.0

CLASS C (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 7.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.5mm	16.7mm			12.5mm	Cracking			Ultimate
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm ²	x1000 mm ⁴	kNm	kNm	ton	N/mm ²
350	55	6-12	88	6	-	-	33,694	1,443	15.3	33.8	63	7.3
300	60	6-12	118	7	-	-	45,239	1,415	16.7	37.9	84	7.3
350	70	6-15	160	-	8	-	61,575	3,826	43.0	86.5	114	7.3
400	80	6-15	209	-	12	-	80,425	5,248	60.7	148.3	147	8.1
450	80	6-15	243	-	12	-	93,991	7,224	85.9	166.9	179	7.3
500	90	6-18	301	-	15	-	118,935	10,620	120.3	231.7	215	7.3
600	100	6-30	408	-	14	-	157,080	17,761	196.4	365.0	292	7.0
700	110	6-48	550	-	20	-	203,889	27,226	269.8	508.4	378	7.0
800	120	6-48	667	-	24	-	256,354	39,566	354.7	834.3	475	7.4
900	130	6-48	818	-	30	-	314,493	55,613	477.9	1095.0	584	7.1
1000	140	6-48	983	-	36	-	378,248	75,188	644.5	1564.3	697	7.3
1200	150	6-36	1286	-	46	-	494,801	121,561	859.6	2256.6	916	7.3
1000	140	6-48	983	-	-	24	378,248	75,188	641.1	1557.9	683	8.6
1200	150	6-36	1286	-	-	46	494,801	121,437	851.1	2311.3	895	8.8

CLASS A (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 4.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.5mm	16.7mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm ²	x1000 mm ⁴	kNm	kNm	ton	N/mm ²
300	60	6-12	118	6	-	-	45,239	3,373	31.9	34.9	90	4.9
350	60	6-12	142	8	-	-	54,664	3,885	37.8	42.1	108	5.3
400	65	6-12	179	8	-	-	68,408	5,106	42.9	61.8	149	4.3
450	70	6-12	217	10	-	-	83,566	7,113	60.2	86.9	162	4.3
500	80	6-12	294	12	-	-	105,558	9,880	84.0	115.9	231	4.3
600	90	6-12	375	-	12	-	144,199	14,586	153.9	222.5	313	5.0

CLASS B (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 5.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.5mm	16.7mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm ²	x1000 mm ⁴	kNm	kNm	ton	N/mm ²
350	55	6-12	88	6	-	-	33,694	1,435	15.3	29.0	72	6.4
300	60	6-12	118	7	-	-	45,239	3,383	32.9	46.6	97	6.6
350	70	6-12	160	9	-	-	61,575	3,770	35.6	60.8	133	6.4
400	80	6-12	209	12	-	-	80,229	5,243	53.7	91.7	153	6.5
450	80	6-15	243	-	8	-	93,991	7,624	71.9	111.3	201	6.3
500	90	6-15	301	-	10	-	118,935	10,918	98.5	154.5	251	6.3
600	100	6-15	408	-	14	-	157,080	17,546	167.3	259.6	332	6.3

FORMULA FOR AXIAL LOAD

Based on BS 8006:1986, the maximum allowable axial stress that may be applied to a pile acting as a short strut should be one quarter of (specified work cube strength at 28 days less the prestress after losses)

$N = \frac{1}{4} (f_{cu} - f_{pe}) \times A$

Where, N = maximum allowable axial load
 A = cross section area of concrete
 f_{cu} = permissible compressive strength of concrete
 f_{pe} = specified compressive strength of concrete
 f_{pe} = effective prestress in concrete

(Subject to change without prior notice)

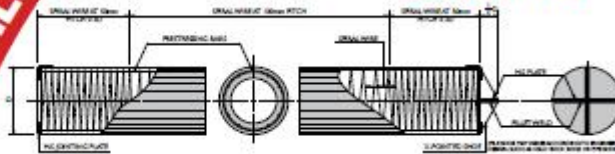
GRADE 80 PILES

GRADE 90 PILES

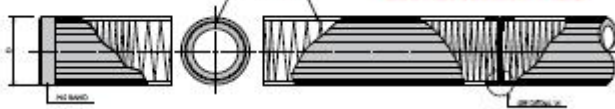
SECTIONAL DETAILS & BONDING INTO PILE CAP

SECTIONAL DETAILS OF ICP PILES

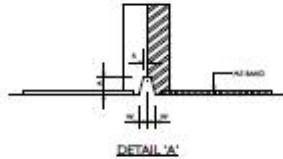
STARTER PILE



EXTENSION PILE



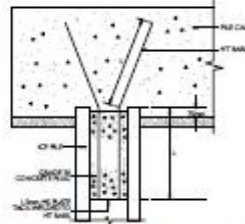
JOINT WELDING DETAILS



Dia Of Pile D	Throat Thickness A	W	Root R
250	8.5	4.0	2.0
300	8.5	4.0	2.0
350	8.5	4.0	2.0
400	10	4.5	2.0
450	10	4.5	2.0
500	12	5.0	2.0
600	12	5.0	2.0
700	14	5.0	2.0
800	14	5.0	2.0
900	14	5.0	2.0
1000	14	5.0	2.0
1200	14	5.0	2.0

BONDING ICP PILES INTO PILE CAP

Dia Of Pile	HT Bars		
	Quantity	Dia.	L
250	4	12	500
300	4	12	500
350	4	12	500
400	5	12	500
450	5	12	500
500	6	12	500
600	8	12	500
700	8	16	1000
800	10	16	1000
900	10	20	1000
1000	12	25	1500
1200	15	25	1500



As the PC bars are bonded with concrete, ICP Piles may be cut off at any point. The piles need not be stripped down to expose the bars and can be bonded to the pile cap as shown in the above sketch. If the piles are not subjected to tensile loads, the recommended H.T. bars are considered adequate.



CAGE MAKING/ MOULD SETTING

PC bars in coil form are straightened and cut to correct lengths. The ends are warm-headed to form button heads. The bars are passed through the cage forming machine where spiral wire is automatically spot-welded at the correct spacings. End plates are fitted to the cage. The whole cage is then placed onto the bottom half mould.



CONCRETE FEEDING

Concrete from the computerised batching plant is discharged into a feeding hopper. Concrete is then fed into the bottom half mould. The top half mould is then bolted to the bottom half.



STRESSING

The PC bars are stressed against the mould through a central shaft and stressing plate. The stressing is being carried out in a single operation. This ensures uniformity of stress in all the PC bars and hence straightness of the pile.



PILE SPINNING

The pile is then compacted by the centrifugal spinning machine. Spinning process squeezes out excess water, thus increases the concrete strength.



STEAM CURING

The pile is sent to the steam tank for rapid curing process in order to achieve the required transfer strength for early demoulding.



DEMouldING

After demoulding final QC inspection is carried out according to the specification.

MANUFACTURING PROCESS

1.1. SPECIFICATIONS

1.1.1. CRANE 18 t

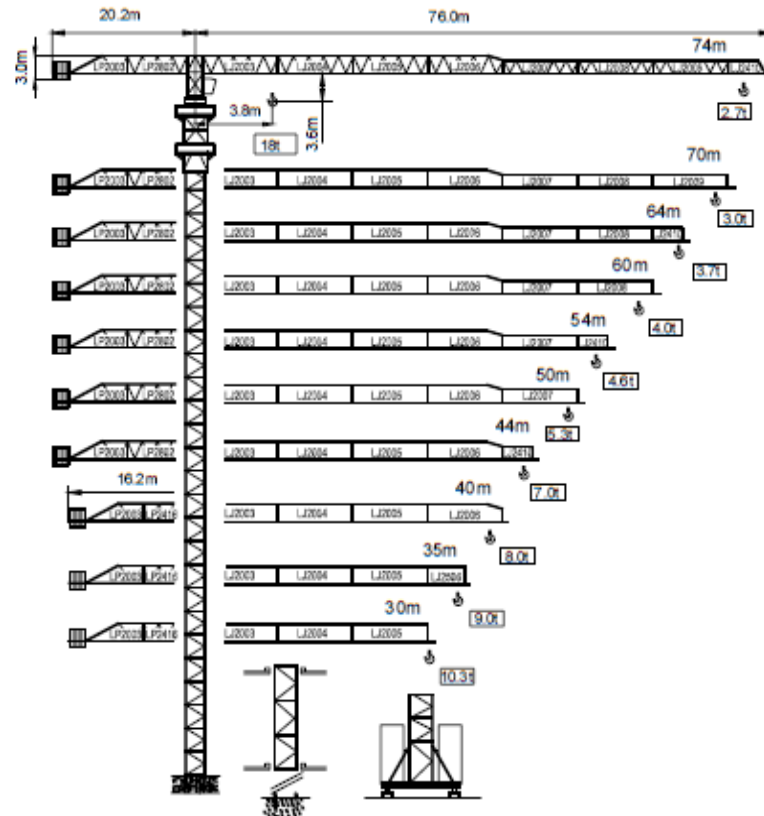


Fig. 1.1.1-1

NOTE: The mast sections are also available in 5500-mm or standard 3000-mm lengths



Technical Data

I Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load (kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
1.5 ~ 1.75	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	600	800	1400	1130	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
24	1600	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	2450	11500	8700	18550	13300	
		2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[EN Code]

1.5 ~ 1.75	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	16	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
21	1600	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	2450	11500	8700	18550	13300	
		2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300						

[Malaysia]

1.5 ~ 1.75	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4500	3100	7500	5500
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	6150	4300	10550	7300
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450				
	20	1365	1000	1800	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	11500	8700	18550	13300	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO , ST. , MT. , PhD
NAMA MAHASISWA	: GALIH PRIYONGGO SUATMADJI
NRP	: 3112100054
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perancangan Ulang Gedung Sky Suites Soho Kedung Baruk Surabaya Menggunakan Metode Beton PraCetak dengan Sistem Rangka Gedung
TANGGAL PROPOSAL	: 11 Oktober 2016
NO. SP-MMTA	: 068890

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.		Preliminary design	Perencanaan pelat	
2.		Perencanaan Pelat	Perencanaan Balok Anak	
3.		Perencanaan Balok Anak	Perencanaan tangga	
4		Perencanaan tangga	perencanaan balok Lift	
5		Perencanaan balok Lift	perencanaan Permodelan Struktur	
6		Perencanaan Permodelan Struktur	Perencanaan Balok induk	
7		Perencanaan Balok induk	Perencanaan kolom	
8		Perencanaan kolom	Perencanaan dinding geser dan Jambangan	
9		Perencanaan dinding geser dan Jambangan	Perencanaan Pondasi	
10		Perencanaan pondasi		



Form AK/TA-07
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS
LAPORAN KEMAJUAN TUGAS AKHIR (WAJIB TIAP 2 BULAN)
Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Nama Mahasiswa : _____
 NRP : _____
 Judul Tugas Akhir : _____

 Nama Dosen Pembimbing I : _____
 Nama Dosen Pembimbing II : _____
 Nama Dosen Pembimbing III : _____

Catatan :

- Lampirkan Lembar Kegiatan Asistensi Tugas Akhir
- Bila tempat untuk menjelaskan dirasa kurang, bisa menambahkan di lembar tersendiri

1. Pekerjaan yang telah dilakukan :	
2. Pekerjaan yang sedang dilakukan :	
3. Pekerjaan yang belum dilakukan :	
4. Kendala-kendala yang dihadapi :	
5. Kapan prediksi TA selesai :	

Surabaya,
Mahasiswa yang mengambil TA

(.....)

Dosen Pembimbing I

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing III

(.....)

(.....)

(.....)

BIODATA PENULIS



Galih Priyonggo S lahir di malang pada tanggal 16 April 1993, merupakan anak tunggal dari pasangan dr. Gatot Purnomo A dan Sukmawarni.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN mengganti 3 gresik (1998-2002), SDN Kaliasin I surabaya (2002-2004), SMPN 6 Surabaya (2004-2007), dan SMAN 4 Surabaya (2007-2010).

Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya angkatan 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112100054. Bagi penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya merupakan suatu kesempatan yang tidak akan datang untuk kedua kalinya, sekaligus merupakan suatu kebanggaan. Penulis dapat dihubungi melalui email doctordjie@gmail.com