



TUGAS AKHIR – RC141501

PERENCANAAN BANGUNAN KILN MENGUNAKAN METODE PRACETAK

JODY INGGIL PAMBUDI
NRP 3113 100 004

Dosen Pembimbing :
Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., P.hD
Ir. Ananta Sigit Sidharta, M.Sc., P.hD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERENCANAAN BANGUNAN KILN MENGGUNAKAN
METODE PRACETAK**

JODY INGGIL PAMBUDI
NRP 3113 100 004

Dosen Pembimbing
ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., P.hD
Ir. ANANTA SIGIT SIDHARTA, M.Sc., P.hD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT-RC14-1501

**PLANNING OF KILN MACHINE BUILDING WITH
PRECAST METHOD**

JODY INGGIL PAMBUDI
NRP 3113 100 004

Supervisor

ENDAH WAHYUNI, S.T., M.Sc., P.hD

Ir. ANANTA SIGIT SIDHARTA, S.T., M.Sc., P.hD

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

PERENCANAAN BANGUNAN KILN MENGUNAKAN METODE PRACETAK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Struktur

Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

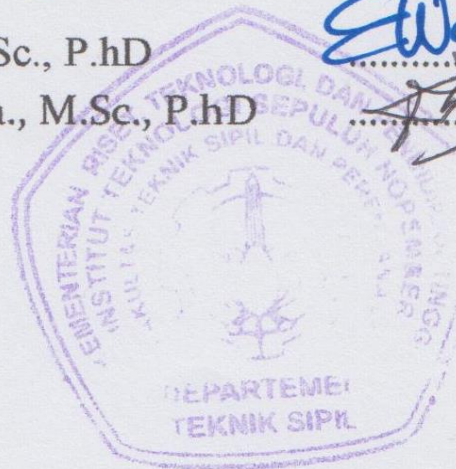
Oleh :

JODY INGGIL PAMBUDI

Nrp. 3113 100 004

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Endah Wahyuni, ST., M.Sc., P.hD
2. Ir. Ananta Sigit Sidharta., M.Sc., P.hD



SURABAYA, JULI 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCANAAN BANGUNAN KILN MENGUNAKAN METODE PRACETAK

Nama Mahasiswa : Jody Inggil Pambudi
NRP : 3113 100 004
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing: Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., P.hD
Ir. Ananta Sigit Sidharta, M.Sc., P.hD

Abstrak

Bangunan mesin kiln merupakan bangunan mesin yang berfungsi untuk mengolah material mentah menjadi material siap pakai. Material yang diolah pada mesin kiln ini adalah material batu kapur yang diolah menjadi senyawa kimia untuk keperluan industri. Bangunan mesin kiln ini meliputi mesin kiln pembakaran dan mesin blower. Setiap mesin pada bangunan kiln ini mempunyai beban sendiri mesin dan beban gaya rotary yang bekerja. Sehingga perlu ditinjau beban dinamis struktur akibat beban gaya mesin yang bekerja.

Perencanaan pondasi apabila harus menopang beban berupa mesin, maka pondasi tersebut dipengaruhi oleh beban yang bergetar, beban ini disebabkan oleh gaya-gaya mesin yang tidak seimbang dan beban statis sistem (pondasi dan mesin). Mengingat bekerjanya beban yang bergetar tersebut berubah berdasarkan fungsi waktu dan tempo yang relative lama dan bekerja secara berulang-ulang, maka hal ini menyebabkan kelakuan struktur akan berbeda apabila dibandingkan dengan struktur yang menerima beban statis saja. Tipe pondasi yang dipakai dalam perencanaan ini adalah tipe pondasi pedestal untuk mesin kiln pembakaran dan tipe pondasi blok untuk mesin

blower. Secara umum berat pondasi adalah sekian kali dari berat mesin.

Pada mesin kiln pembakaran digunakan pondasi dinamis tipe pedestal, pondasi ini berupa struktur beton bertulang dengan ketinggian tertentu yang terdiri dari balok dan kolom yang ditumpu oleh pondasi slab. Bagian atas dari kolom dihubungkan dengan top slab sehingga membentuk lantai untuk meletakkan mesin. Metode pekerjaan untuk membangun pondasi tipe pedestal ini adalah metode cast in situ.

Pada tugas akhir ini akan dimodifikasi metode pekerjaannya dengan metode pracetak, diharapkan tugas akhir ini mendapatkan hasil yang lebih efisien dan tepat guna, ditinjau dari kondisi lapangan yang ada. Melihat kondisi di lapangan yang berada di daerah pegunungan, membuat akses untuk menuju area proyek sulit dijangkau. Penggunaan alat berat, perancah, dan bekesting dapat diminimalkan dengan penggunaan metode pracetak. Mutu dari struktur juga terjamin karena proses pembuatan elemen struktur pracetak dapat dihindarkan dari kondisi alam dilapangan.

Kata kunci : Bangunan, Mesin Kiln, Beban Dinamis, Pondasi, Pracetak.

PLANNING OF KILN MACHINE BUILDING WITH PRECAST METHOD

Name : Jody Inggil Pambudi
NRP : 3113 100 004
Department : Civil Engineering, ITS
Supervisor : Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., P.hD
Ir. Ananta Sigit Sidharta, M.Sc., P.hD

Abstrac

Building a kiln machine is a machine building that serves to process raw materials into ready-made materials. Materials processed in this kiln machine is a limestone material which is processed into chemical compounds for industrial purposes. The building of this kiln machine includes a kiln kiln and blower engine. Each machine in this kiln building has its own machine load and a rotary force load that works. So we need to review the dynamic load of the structure due to the load of the working force.

Planning the foundation if it should support the load of a machine, the foundation is affected by the vibrating load, this load is caused by unbalanced machine forces and static load of the system (foundation and machine). Given the work of the vibrating load is changed based on the function of time and tempo are relatively long and work repeatedly, then this causes the behavior of the structure will be different when compared with the structure that receives the static load only. The type of foundation used in this plan is the type of pedestal foundation for the kiln kiln and the block type foundation for the blower engine. Generally the weight of the foundation is a few times the weight of the machine.

In combustion kiln engine used pedestal type dynamic foundation, this foundation in the form of reinforced concrete

structure with a certain height consisting of beams and columns that are supported by slab foundation. The top of the column is connected to the top slab so as to form the floor to place the machine. The method of work to build this type of pedestal foundation is the method of cast in situ.

In this final project will be modified its work method with precast method, it is hoped that this final project will get more efficient and efficient result, in view of the existing field condition. Seeing the conditions in the field located in the mountains, making access to the project area difficult to reach. The use of heavy equipment, scaffolding, and bekesting can be minimized by the use of precast methods. The quality of the structure is also guaranteed because the process of preparing precast structural elements can be avoided from natural conditions in the field.

Keywords: Building, Kiln Machine, Dynamic Load, Foundation

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan Bangunan Kiln Menggunakan Metode Pracetak”. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung dan membantu atas terselesaikannya Proposal Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ibu Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., P.hD. dan Bapak Ir. Ananta Sigit Sidharta, M.Sc., P.hD. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan serta bimbingannya dalam proses penyusunan Proposal Tugas Akhir ini. Serta orang tua saya, Bapak Slamet Hariyadi, Ibu Lilik Purwaningsih, yang selalu mendukung dan mendoakan selama saya menjalani masa perkuliahan ini.
2. Seluruh dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya selama masa perkuliahan penulis
3. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil yang memberikan motivasi dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa tugas akhir yang penulis buat masih sangat jauh dari kesempurnaan. Jadi dengan rasa hormat penulis mohon petunjuk, saran, dan kritik terhadap tugas akhir ini. Sehingga kedepannya, diharapkan ada perbaikan terhadap tugas akhir ini serta dapat menambah pengetahuan bagi penulis.

Surabaya, 19 Januari 2017
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Sistem Struktur Gedung.....	5
2.3 Pondasi Mesin	6
2.3.1 Pondasi Dangkal	6
2.3.2 Pondasi Dalam.....	8
2.3.3 Derajat Kebebasan Pondasi	8
2.3.4 Metode Analisa Akibat Beban Dinamis.....	10
2.4 Teori Getaran.....	11
2.5 Persyaratan Pondasi Mesin	12

2.6	Konstruksi Tahan Gempa	16
2.7	Sistem Pracetak untuk Bangunan Gedung	18
2.7.1	Elemen Pracetak	18
2.7.2	Pelat	18
2.7.3	Balok	20
2.7.4	Kolom.....	21
2.7.5	Perencanaan Sambungan	22
2.7.6	Sambungan dengan Cor Setempat	22
2.7.7	Sambungan dengan Las	23
2.7.8	Sambungan dengan Baut	24
2.7.9	Titik-Titik Angkat dan Sokongan	25
BAB III		31
METODOLOGI		31
3.1	Pengumpulan Data dan Studi Literatur	32
3.2	Desain Variabel	34
3.3	Preliminary Design	34
3.4	Pembebanan Struktur.....	36
3.5	Permodelan Struktur Utama.....	39
3.6	Analisa Struktur.....	40
3.7	Kontrol Persyaratan	40
3.8	Perencanaan Penulangan Struktur.....	41
3.9	Perencanaan Sambungan	46
3.10	Perencanaan Pondasi	53
3.10.1	Analisa Beban Statis Pada Pondasi	53

3.10.2.1	Analisa Beban Dinamis Pada Pondasi	57
3.11	Gambar Rencana	74
3.12	Kesimpulan.....	74
BAB IV	75
PEMBAHASAN	75
4.1	Preliminary Design.....	75
4.1.1	Umum.....	75
4.1.2	Data Perencanaan	75
4.1.3	Pembebanan.....	76
4.1.4	Perencanaan Dimensi Balok	76
4.1.5	Perencanaan Tebal Pelat	80
4.1.6	Perencanaan Dimensi Kolom.....	92
4.2	Pembebanan dan Analisa Struktur	95
4.3.1	Umum.....	95
4.3.2	Permodelan Struktur	95
4.3.3	Pembebanan Gravitasi	96
4.2.4	Pembebanan Dinamis Mesin.....	98
4.2.5	Pembebanan Gempa Dinamis	98
4.2.6	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental	102
4.1.	Kontrol Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>)	105
4.2.	Kontrol Partisipasi Massa	110
4.3.	Kontrol Simpangan.....	112
4.3.	Struktur Sekunder.....	116
4.3.1	Perencanaan Pelat	116

4.3.2	Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	136
4.4	Struktur Primer	153
4.4.1	Perencanaan Balok Induk	153
4.4.2	Perencanaan Kolom	175
4.5	Perencanaan Sambungan	182
4.5.1	Umum.....	182
4.5.2	Konsep Desain Sambungan	184
4.5.3	Penggunaan Topping Beton.....	187
4.5.4	Perencanaan Sambungan Balok-Kolom.....	188
4.5.5	Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak	195
4.5.6	Perencanaan Sambungan Pelat Pracetak dan Balok Pracetak	197
4.6	Perencanaan Pondasi	199
4.6.1	Umum.....	199
4.6.2	Beban Struktur	200
4.6.3	Kriteria <i>Design</i>	201
4.7	Perencanaan Pondasi Dinamis	220
4.7.1	Umum.....	220
4.7.2	Beban Struktur	220
4.7.3	Kriteria Design	220
4.8	Metode Pelaksanaan	238
4.8.1	Umum.....	238
4.8.2	Fabrikasi Beton Pracetak	238
4.8.3	Pengangkatan dan Penempatan Crane	238

4.8.4	Transportasi Elemen Beton Pracetak	239
4.8.5	Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak	240
BAB V		243
PENUTUP.....		243
5.1	Kesimpulan.....	243
5.2	Saran.....	246
DAFTAR PUSTAKA		249

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pondasi Mesin Tipe Telapak (<i>Mat Foundation</i>)	7
Gambar 2. 2 Pondasi Mesin Tipe Pedestal (<i>Elevated Foundation</i>)	7
Gambar 2. 3 Pondasi Mesin Tipe Blok (<i>Block Foundation</i>).....	8
Gambar 2. 4 Derajat Kebebasan Pondasi Mesin Tipe Blok	9
Gambar 2. 5 Lumped Parameter System(Wood,1997)	11
Gambar 2. 6 Kurva Getaran Harmonik (Bowles, 1977)	12
Gambar 2. 7 Batasan Amplitudo Vertikal (Richart, 1962)	13
Gambar 2. 8 Batasan Kecepatan dan Percepatan Amplitudo (Blake, 1964).....	14
Gambar 2. 9 Respon Spektrum untuk Limit Getaran.....	15
Gambar 2. 10 Pelat Pracetak Berlubang (<i>Hollow Core Slab</i>)	19
Gambar 2. 11 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (<i>Solid Slab</i>).....	19
Gambar 2. 12 Pelat Pracetak (a) <i>Single Tee</i> dan (b) <i>Double Tees</i>	20
Gambar 2. 13 Balok Berpenampang Persegi (<i>Rectangular Beam</i>)	20
Gambar 2. 14 Balok Berpenampang L (<i>L-Shaped Beam</i>).....	21
Gambar 2. 15 Balok T Terbalik (<i>Inverted Tee Beam</i>)	21
Gambar 2. 16 Sambungan dengan Cor Setempat	23
Gambar 2. 17 Sambungan dengan Las	24
Gambar 2. 18 Sambungan dengan Menggunakan Baut	25
Gambar 2. 19 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat) .	26
Gambar 2. 20 Posisi Titik Angkat Pelat (8 Buah Titik Angkat) .	26
Gambar 2. 21 Model Pembebanan Balok Pracetak Saat Pangkatan	27
Gambar 2. 22 Titik-titik Angkat dan Sokongan Sementara untuk Produk Pracetak Balok	28
Gambar 3. 1 Diagram Alir pengerjaan Tugas Akhir	31
Gambar 3. 2 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di Hubungan Balok Kolom.....	44
Gambar 3. 3 Sambungan Balok dan Kolom	47

Gambar 3. 4 Hubungan Balok Kolom	48
Gambar 3. 5 Sambungan antara Balok dengan Pelat	48
Gambar 3. 6 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	49
Gambar 3. 7 Detail Kaitan untuk Penyaluran Kait Standar	51
Gambar 3. 8 Faktor Kekakuan dan Redaman	60
Gambar 3. 9 Vibration Peformance of Rotating Machines	71
Gambar 3. 10 General Limits of Vibration Amplitude for Particular Frequency (Suresh, Michael, George,1979)	72
Gambar 4. 1 Denah Pembalokan Blower Room	77
Gambar 4. 2 Denah Pembalokan Mesin Kiln	77
Gambar 4. 3 Potongan Penampang Balok Induk Interior 40/60 ..	82
Gambar 4. 4 Potongan Penampang Balok Induk Eksterior	83
Gambar 4. 5 Tipe Pelat Blower Room.....	83
Gambar 4. 6 Tipe Pelat Mesin Kiln	84
Gambar 4. 7 Potongan Penampang Balok Induk Eksterior 40/60	85
Gambar 4. 8 Potongan Penampang Balok Anak Interior 20/30 ..	86
Gambar 4. 9 Potongan Penampang Balok Induk eksterior 40/60	88
Gambar 4. 10 Potongan Penampang Balok Induk Interior 40/60	89
Gambar 4. 11 Permodelan 3D Struktur Blower Room	95
Gambar 4. 12 Permodelan 3D Struktur Blower Room	96
Gambar 4. 13 Peta untuk Menentukan Perioda 0.2 detik (S_s)	99
Gambar 4. 14 Peta untuk Menentukan Perioda 1 detik (S_1).....	99
Gambar 4. 15 Grafik Respon Spektrum Desain.....	102
Gambar 4. 16 Simpangan Gedung (a) Arah X (b) Arah Y.....	114
Gambar 4. 17 Simpangan Gedung (a) Arah X (b) Arah Y.....	115
Gambar 4. 18 Pelat tipe P1	120
Gambar 4. 19 Potongan Pelat tipe P1	120
Gambar 4. 20 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	124
Gambar 4. 21 Diagram gaya geser horizontal penampang komposit.....	129
Gambar 4. 22 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	131
Gambar 4. 23 Momen pengangkatan pelat arah i	132
Gambar 4. 24 Momen pengangkatan pelat arah j	132

Gambar 4. 25 Dimensi Balok Anak Sebelum Komposit	137
Gambar 4. 26 Dimensi balok anak saat pengecoran dan balok anak saat komposit	137
Gambar 4. 27 Distribusi Beban pada Balok Anak 30/40 Sebelum Komposit.....	138
Gambar 4. 28 Momen saat pengangkatan balok anak.....	148
Gambar 4. 29 Letak titik pengangkatan.....	150
Gambar 4. 30 Denah Pembalokan Blower Room	154
Gambar 4. 31 Denah Pembalokan Mesin Kiln	154
Gambar 4. 32 Pembebanan BI 40/60 Sebelum Komposit.....	157
Gambar 4. 33 Potongan Balok T BI 40/60	162
Gambar 4. 34 Penentuan Jarak x di Luar Sendi Plastik.....	169
Gambar 4. 35 Momen saat pengangkatan BI 40/60	171
Gambar 4. 36 Letak Titik Pengangkatan BI 40/60	172
Gambar 4. 37 (1) Profil BSA dan Perkuatan (2) Profil Kait JL	174
Gambar 4. 38 <i>JENKA Lifter</i>	174
Gambar 4. 39 Denah Kolom (K1)	175
Gambar 4. 40 Output spColumn Kolom 80x50 cm Arah X.....	177
Gambar 4. 41 Output spColumn Kolom 80x50 cm Arah Y.....	177
Gambar 4. 42 Output spColumn (setelah Mpr) Kolom 80x80 cm Arah X.....	179
Gambar 4. 43 Output spColumn (setelah Mpr) Kolom 80x80 cm Arah Y.....	179
Gambar 4. 44 Panjang Tumpuan pada Tumpuan.....	183
Gambar 4. 45 Mekanisme Pemindahan Beban	184
Gambar 4. 46 Model keruntuhan	186
Gambar 4. 47 Model sambungan balok pada konsol kolom	186
Gambar 4. 48 Geometrik konsol pendek	188
Gambar 4. 49 Detail batang tulangan dengan kait standar.....	194
Gambar 4. 50 Detail batang tulangan dengan kait standar.....	196
Gambar 4. 51 Panjang Penyaluran Pelat.....	197
Gambar 4. 52 Konfigurasi Tiang Pancang pada <i>Pilecap</i> Tipe 1204	
Gambar 4. 53 Area Kritis Geser pons dua arah	207
Gambar 4. 54 Area Kritis Geser pons satu arah.....	208
Gambar 4. 55 Area Geser Akibat tiang pancang Individu	209

Gambar 4. 56 Daerah Tulangan Lentur Lentur Sisi Panjang	210
Gambar 4. 57 Daerah Tulangan Lentur Lentur Sisi Panjang	212
Gambar 4. 58 Perencanaan Poer Blower Room.....	214
Gambar 4. 59 Perencanaan Poer Mesin Kiln	215
Gambar 4. 60 Sloof yang ditinjau.....	216
Gambar 4. 61 Diagram Interaksi Balok Sloof 50/75.....	218
Gambar 4. 62 Vibration Peformance of Rotating Machines	232
Gambar 4. 63 Daerah Tulangan Lentur Lentur Sisi Panjang	233
Gambar 4. 64 Daerah Tulangan Lentur Lentur Sisi Panjang	234
Gambar 4. 65 Gambar Isolasi Aktif.....	236
Gambar 4. 66 Isolasi Aktif Tampak Samping	237
Gambar 4. 67 Pemasangan Tulangan Atas	240
Gambar 4. 68 Pengecoran Topping	241
Gambar 4. 69 Pemasangan Balok Induk Pracetak	241
Gambar 4. 70 Pemasangan Balok Anak Pracetak	242

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Kecepatan Amplitudo.....	16
Tabel 2. 2 Kriteria Cek Keamanan Pondasi Mesin.....	16
Tabel 2. 3 Perbedaan Metode Penyambungan.....	22
Tabel 2. 4 Angka Pengali Beban Statis Ekvivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis.....	28
Tabel 3. 1 Beban mati pada struktur.....	36
Tabel 3. 2 Beban hidup pada struktur.....	37
Tabel 3. 3 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik.....	50
Tabel 3. 4 Faktor pengali penyaluran tulangan berkait dalam Tarik.....	52
Tabel 3. 5 Koefisien α_p	54
Tabel 3. 6 Koefisien α_s	54
Tabel 3. 7 Koefisien $\alpha_{s'}$	55
Tabel 3. 8 Hubungan plasticity index dan k.....	58
Tabel 3. 9 Hubungan antara poisson ratio dengan S_1 , S_2	61
Tabel 3. 10 Hubungan antara poisson ratio dengan S_1 , S_2	64
Tabel 3. 11 General Machinery-Vibration Severity.....	70
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	79
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak.....	80
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi Pelat.....	91
Tabel 4. 4 Beban Hidup Lantai Atap.....	92
Tabel 4. 5 Beban Mati Lantai Atap.....	92
Tabel 4. 6 Beban Hidup Lantai 1.....	93
Tabel 4. 7 Beban Mati Lantai 1.....	93
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Beban Mati dan Hidup Lantai.....	93
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Dimensi Kolom.....	94
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Pembebanan Gravitasi.....	97
Tabel 4. 11 Pembebanan Gravitasi pada SAP2000.....	97
Tabel 4. 12 Respon Spektrum Desain.....	101
Tabel 4. 13 Koefisien Batas Atas Periode Gedung.....	103
Tabel 4. 14 Modal Periode dan Frekuensi Mesin Kiln.....	104

Tabel 4. 15 Modal Periode dan Frekuensi Blower Room	105
Tabel 4. 16 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y	107
Tabel 4. 17 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Setelah diberikan Faktor Skala.....	108
Tabel 4. 18 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y	109
Tabel 4. 19 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Setelah diberikan Faktor Skala.....	110
Tabel 4. 20 Modal Partisipasi Massa Mesin Kiln	111
Tabel 4. 21 Modal Partisipasi Massa Blower Room.....	112
Tabel 4. 22 Batas Simpangan Gedung.....	113
Tabel 4. 23 Gempa Arah X.....	114
Tabel 4. 24 Gempa Arah Y.....	114
Tabel 4. 25 Gempa Arah X.....	115
Tabel 4. 26 Gempa Arah Y.....	116
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Pelat Blower Room	135
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Pelat Mesin Kiln	135
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Balok Anak Blower Room	152
Tabel 4. 30 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Balok Anak Mesin Kiln.....	153
Tabel 4. 31 Perhitungan Mpr BI.1	167
Tabel 4. 32 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Balok Induk Blower Room	174
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Balok Induk Mesin Kiln.....	175
Tabel 4. 34 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Kolom Blower Room dan Mesin Kiln.....	181
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Perhitungan Konsol Pendek pada Kolom	193
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Sambungan Kolom dan Balok Induk	194
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk dan Balok Anak.....	197
Tabel 4. 38 Beban Pada Satu Kolom Saat Service.....	200

Tabel 4. 39 Data Tanah SPT dan Nilai N Koreksi (N')	202
Tabel 4. 40 Rekapitulasi Gaya Dalam Kolom	205
Tabel 4. 41 Data Tanah dan Data Pondasi Mesin	221
Tabel 4. 42 Data Tanah SPT dan Nilai N Koreksi (N')	222
Tabel 4. 43 Hubungan antara poisson ratio dengan S_1 , S_2	224
Tabel 4. 44 Amplitudo Vertikal	229
Tabel 4. 45 Amplitudo Lateral	230
Tabel 4. 46 Amplitudo Uncoupled Rocking	231
Tabel 4. 47 v dengan V	235
Tabel 5. 1 Struktur Sekunder Blower Room	243
Tabel 5. 2 Struktur Sekunder Mesin Kiln	244
Tabel 5. 3 Struktur Primer Blower Room	244
Tabel 5. 4 Struktur Primer Blower Room	245

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Tuban adalah salah satu kabupaten di Jawa Timur yang terletak di pantai utara Jawa Timur. Terdapat banyak sektor perekonomian di Kabupaten Tuban, salah satunya adalah pengolahan batu kapur, yang banyak terdapat di kecamatan plumpang. Teknologi pengolahan batu kapur disana masih menggunakan pengolahan tradisional, dari bangunan dan mesin pembakarannya. Kebutuhan olahan batu kapur semakin hari semakin meningkat, dan pengolahan tradisional dirasa tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tersebut. PT Pentawira Agraha Sakti merupakan perusahaan pengolahan batu kapur yang terdapat di kecamatan Plumpang yang berencana meningkatkan teknologi pengolahan batu kapur dengan membangun mesin kiln berteknologi modern.

Bangunan kiln merupakan bangunan pembakaran untuk mengolah material mentah menjadi material olahan siap pakai. Bangunan kiln ini merupakan bangunan yang menampung mesin kiln yang bekerja membakar batu kapur. Batu kapur dibakar di mesin kiln untuk mengolahnya menjadi olahan batu kapur. Dengan menggunakan mesin kiln dengan teknologi modern ini dirasa dapat memenuhi kebutuhan terhadap olahan batu kapur.

Perencanaan bangunan kiln memperhatikan getaran yang disebabkan oleh beban statis dan beban dinamis yang terjadi pada saat mesin beroperasi. Getaran yang berlebihan dapat menyebabkan struktur utama dan pondasi, sehingga diperlukan perencanaan untuk meredam getaran yang berlebihan.

Pengaruh temperatur ke beton akibat pembakaran batu kapur tidak diperhitungkan karena proses pembakaran terjadi pada bagian atas dan tengah mesin. Selanjutnya material olahan diteruskan ke mesin *blower room*. Pada mesin pembakaran bagian bawah yang berdekatan dengan struktur mesin pembakaran sudah mengalami penurunan temperatur. Sehingga pada struktur mesin

pembakaran tidak mendapatkan pengaruh dari temperatur hasil pembakaran.

Pembangunan bangunan kiln tersebut menggunakan metode *cast in situ*. Pembangunan dirasa kurang cepat dan efisien. Dalam proses pengerjaan kondisi baja tulangan yang sedang dilakukan proses pembesian mengalami perkaratan pada permukaannya. Terjadi penambahan biaya akibat sewa alat untuk pekerjaan yang terlambat akibat kondisi lapangan yang sering hujan.

Dari permasalahan yang ada, maka pada tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi pada bangunan mesin kiln PT Pentawira Aghara Sakti dengan metode pracetak (*precast*) yang sebelumnya menggunakan metode *cast in situ*. Pembangunan diharapkan dapat lebih efisien dan cepat dari proses pembangunan sebelumnya. Mutu dari elemen struktur bangunan juga lebih terjamin.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan Utama:

Bagaimana merencanakan struktur bangunan kiln PT Pentawira Aghara Sakti di Tuban menggunakan metode beton pracetak?

Detail Permasalahan:

1. Bagaimana merencanakan bangunan mesin kiln yang mampu menopang beban statis dan dinamis dari mesin yang beroperasi ?
2. Bagaimana merencanakan dimensi yang efisien dari balok dan pelat beton pracetak?
3. Bagaimana perencanaan detail penulangan pada elemen pracetak sesuai peraturan?
4. Bagaimana perencanaan detail sambungan pada elemen pracetak sesuai peraturan?
5. Bagaimana merencanakan pondasi akibat beban statis dan dinamis berdasarkan kedalaman tanah di daerah Tuban ?
6. Bagaimana merancang gambar teknik dari hasil modifikasi perancangan dan perhitungan struktur?

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari modifikasi perencanaan struktur bangunan kiln PT Pentawira Aghara Sakti di Tuban, meliputi

Tujuan Utama:

Perencanaan struktur bangunan kiln PT Pentawira Aghara Sakti di Tuban menggunakan metode beton pracetak.

Detail Tujuan:

1. Dapat merencanakan bangunan mesin kiln yang mampu menopang beban statis dan dinamis dari mesin yang beroperasi.
2. Dapat merencanakan dimensi elemen beton pracetak yang efisien.
3. Dapat merencanakan detail penulangan pada elemen beton pracetak sesuai peraturan.
4. Dapat merencanakan detail sambungan pada elemen beton pracetak sesuai peraturan.
5. Dapat merencanakan pondasi akibat beban statis dan dinamis berdasarkan kedalaman tanah di daerah Tuban.
6. Dapat merancang gambar teknik dari hasil modifikasi perancangan dan perhitungan struktur.

1.4 Batasan Masalah

Batasan dalam modifikasi perencanaan struktur bangunan kiln PT Pentawira Aghara Sakti, meliputi

1. Dalam perancangan struktur ini direncanakan penggunaan teknologi pracetak hanya pada bagian balok induk, balok anak, dan pelat, sedangkan untuk kolom menggunakan sistem cor setempat (*cast in situ*).
2. Tidak menghitung RAB bangunan.
3. Perancangan tidak meliputi utilitas bangunan, mekanikal, instalasi listrik, dan *finishing*.
4. Program bantu yang dipakai meliputi SAP2000, PCACol, dan AutoCAD.

1.5 Manfaat

Modifikasi perencanaan struktur ini memiliki manfaat, meliputi

1. Memahami perancangan pada struktur gedung bertingkat menggunakan metode beton pracetak (*precast*).
2. Dapat memberikan contoh yang konkret penggunaan beton pracetak dalam pembangunan suatu gedung dengan berbagai kelebihan yang dimiliki dibandingkan struktur pada umumnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bangunan mesin merupakan bangunan yang memikul beban statis dan beban dinamis dari mesin yang bekerja. Dalam perancangan tugas akhir ini Bangunan Mesin Kiln PT Pentawira Aghara Sakti dimodifikasi agar struktur kuat dalam menahan beban yang terjadi dan tepat guna dengan kebutuhan daerah di Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Pada bab ini akan dibahas mengenai acuan yang digunakan saat proses perancangan dan perhitungan. Pembahasan mengenai sistem struktur bangunan mesin kiln, pondasi dinamis mesin, konstruksi tahan gempa, dan sistem pracetak untuk bangunan mesin kiln.

2.2 Sistem Struktur Gedung

Bangunan mesin kiln menopang beban lateral dari berat statis mesin dan juga menerima beban dinamik akibat gerak mesin yang bekerja. Pada mesin pembakaran terdapat beban dinamik yang besar akibat sistem *rotary* mesin *vibrating extractor*. Struktur bangunan ini diharapkan mampu menahan beban mesin yang bekerja dan juga mampu menahan beban aksial serta beban gempa yang terjadi.

Pada proses pembakaran terjadi perpindahan panas dari temperature tinggi mesin ke temperature rendah pada bangunan, pemilihan bahan beton diharapkan mampu menahan perpindahan panas mesin agar struktur tidak mengalami penurunan kekuatan.

Pada mesin *blower room* juga mengalami beban dinamik mesin tetapi tidak sebesar beban dinamik yang dialami mesin pembakaran. Diperlukan perencanaan pondasi dinamis untuk menopang beban dinamis yang bekerja pada bangunan mesin kiln pembakaran dan *blower room*.

2.3 Pondasi Mesin

Pada dasarnya fungsi pondasi adalah untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja pada struktur di atasnya ke struktur yang ada dibawahnya dalam hal ini adalah tanah dimana struktur berada, tanpa kerusakan yang dianggap membahayakan struktur bangunan itu sendiri ataupun lingkungan sekitarnya.

Untuk pondasi yang menahan beban dinamis ini cara perhitungannya jelas berbeda dengan pondasi yang hanya menahan beban statis, dimana harus memperhatikan adanya beban dinamis akibat kerja mesin selain beban statis yang ada. Meskipun gaya dinamis yang membebani pondasi mesin relative kecil dibandingkan gaya statisnya, gaya dinamis ini tidak dapat diabaikan dalam perhitungan karena gaya tersebut bekerja berulang dan beroperasi dalam waktu cukup lama.

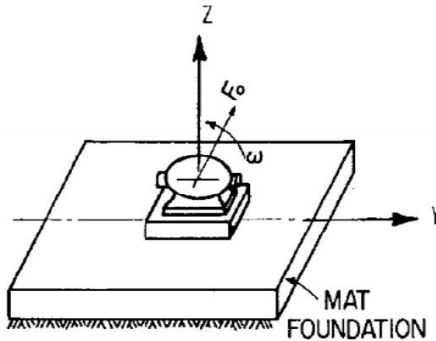
Dalam analisis pondasi mesin, metode analisis yang umum digunakan menganggap tanah masih berperilaku elastic. Asumsi tersebut sangat beralasan mengingat tingkat getaran yang terjadi masih dalam rentang regangan kecil (small strain). Respon getaran dari system pondasi-mesin-tanah diwakili oleh parameter frekuensi system dan amplitud getaran. Kedua besaran tersebut merupakan parameter terpenting yang harus ditentukan dalam perencanaan pondasi mesin. Ditinjau dari jenis pendukung beban, pondasi mesin terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Pondasi Dangkal
2. Pondasi Dalam, didukung oleh satu atau sekelompok tiang

2.3.1 Pondasi Dangkal

Ditinjau dari segi bentuk, pondasi mesin terbagi menjadi :

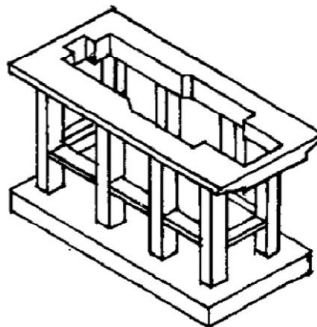
- a. Pondasi mesin tipe telapak (mat foundation) Fleksibel slab beton yang diletakkan pada tanah dan digunakan untuk mendukung mesin.



Gambar 2. 1 Pondasi Mesin Tipe Telapak (*Mat Foundation*)

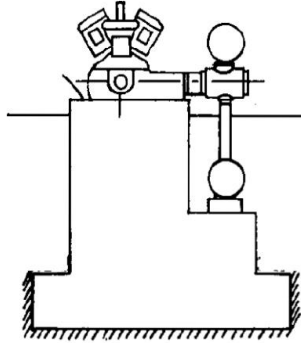
b. Pondasi mesin tipe pedestal (*elevated foundation*)

Pondasi mesin yang berupa struktur beton bertulang dengan ketinggian tertentu yang terdiri dari balok dan kolom yang ditumpu oleh pondasi slab. Bagian atas dari kolom dihubungkan dengan top slab sehingga membentuk lantai untuk meletakkan mesin. Pondasi tipe ini biasanya didukung oleh beberapa pile.



Gambar 2. 2 Pondasi Mesin Tipe Pedestal (*Elevated Foundation*)

- c. Pondasi mesin tipe blok (block foundation) Pondasi mesin yang berupa blok beton rigid yang relatif tebal sehingga deformasi struktur akibat beban-beban yang bekerja bisa diabaikan.



Gambar 2. 3 Pondasi Mesin Tipe Blok (*Block Foundation*)

2.3.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam biasanya menggunakan tiang pancang atau bore pile, pondasi tiang bisa tertanam seluruhnya atau tertanam sebagian. Pondasi tiang dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Pondasi tiang yang digunakan untuk memikul beban struktur pondasi di atasnya. Hal ini dilakukan jika daya dukung tanah tidak dapat memikul seluruh beban yang ada, sehingga diperlukan bantuan tiang pancang.
2. Pondasi tiang yang digunakan untuk menambah kekakuan sehingga menaikkan frekuensi natural dan memperkecil amplitudo.

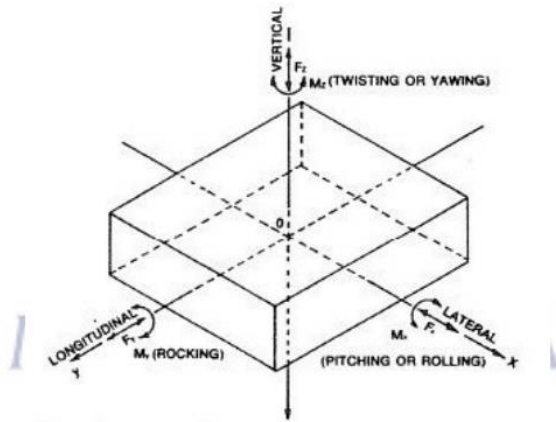
2.3.3 Derajat Kebebasan Pondasi

Akibat gaya-gaya dan moment yang bekerja secara dinamis, maka pondasi blok dapat bergetar dalam enam arah mode yaitu:

1. Translasi searah sumbu z (vertikal)
2. Translasi searah sumbu x (lateral)

3. Translasi searah sumbu y (longitudinal)
4. Rotasi terhadap sumbu x (pitching)
5. Rotasi terhadap sumbu y (rocking)
6. Rotasi terhadap sumbu z (yawing/torsi)

Setiap gerakan dari pondasi blok dapat dipecah kedalam enam displacement secara terpisah. Oleh karena pondasi blok mempunyai enam derajat kebebasan dengan enam natural frekuensi.



Gambar 2. 4 Derajat Kebebasan Pondasi Mesin Tipe Blok

Dari keenam mode getaran, translasi arah sumbu z dan rotasi terhadap sumbu z dapat terjadi secara independent terpisah dari mode lainnya. Sedangkan translasi arah sumbu x dengan rotasi terhadap sumbu y atau translasi arah sumbu y dengan rotasi terhadap sumbu x selalu terjadi secara simultan dan saling mempengaruhi sehingga disebut couple mode. Jadi pada kenyataannya pondasi blok 5 empat mode getaran yaitu dua mode tunggal (vertikal dan yawing) dan dua mode couple (rocking + lateral dan pitching + longitudinal).

2.3.4 Metode Analisa Akibat Beban Dinamis

Ada 3 metode yang dapat digunakan dalam perhitungan amplitudo dan frekuensi pada pondasi mesin (Novak, 1977) yaitu:

1. Metode Linear Elastic Weightless Spring Method.
2. Metode Elastic Half – Space.
3. Metode Lumped Parameter System.

Pada Linear Elastic Weightless Spring Method, tanah dianggap pegas. Redaman dimasukkan sebagai nilai yang belum dicari (diabaikan), walaupun redaman tidak begitu mempengaruhi terhadap frekuensi resonansi dari sistem tetapi redaman memberi pengaruh yang cukup signifikan pada amplitudo saat terjadi resonansi. Selama zona resonansi dapat dihindarkan dalam perencanaan pondasi, pengaruh redaman pada amplitudo saat frekuensi kerja juga kecil bila dibanding dengan amplitudo yang ada saat resonansi.

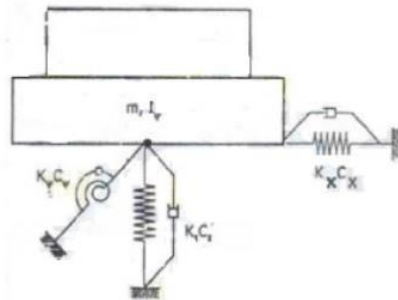
Metode Elastic Half-Space menggunakan pendekatan teori elastisitas, terlihat lebih rasional tetapi lebih rumit. Dalam pemakaiannya untuk efek penanaman, kerusakan tanah yang terjadi akibat penggalian dan penimbunan, banyak massa tanah yang turut menyebabkan getaran dan ketidaklinearan dari tanah akan membuat perhitungan makin rumit. Pada teori ini pondasi dianggap homogen isotropik. Teori ini hanya untuk amplitudo yang kecil.

Metode Lumped Parameter System merupakan hasil penelitian dan pengembangan dari metode Elastic Half-Space, dimana untuk mendapatkan harga suatu parameter dengan menggunakan cara atau rumus dari teori Elastic Half Space. Teori Lumped Parameter System adalah sistem yang digunakan untuk memperkaku blok pondasi dengan menggunakan massa, pegas, dan dashpot. Sistem ini menerapkan semua komponen massa, pegas, dan redaman. Metode ini dikembangkan oleh Lysmer dan Richart (1966) yang bersumber dari “Dynamic Boussinesq Problems”. Metode ini dikembangkan untuk pondasi lingkaran dengan radius r_0 , dimana pondasi berada diatas tanah (tidak tertanam). Dalam teori Lumped Parameter System, respon dinamis

tanah terhadap pondasi dan beban dinamis dapat dimodelkan sebagai:

1. Pegas/ spring dengan harga kekakuan “ k ”
2. Redaman dengan harga koefisien damping “ c ”

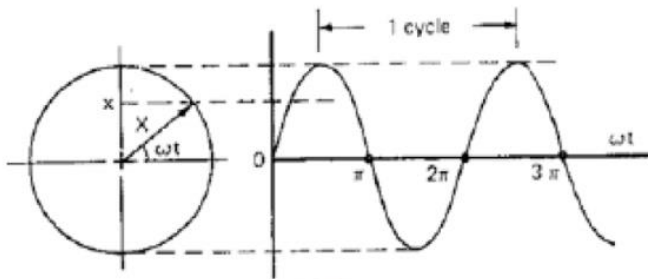
Model pegas dan damping tersebut bisa untuk memodelkan baik respons vertikal, horisontal, torsi, maupun rocking. Berikut adalah pemodelan sistem pondasi mesin dan tanah pada metode Lumped Parameter System:



Gambar 2. 5 Lumped Parameter System(Wood,1997)

2.4 Teori Getaran

Berbicara mengenai pondasi mesin yang merupakan bagian dari pondasi beban dinamis maka tidak lepas dari teori mengenai getaran harmonik. Getaran harmonik didefinisikan sebagai pemindahan bolak balik suatu titik didalam suatu garis sedemikian rupa sehingga percepatan dari titik tersebut proporsional terhadap jarak dari suatu posisi setimbang dan selalu mengarah menuju posisi setimbang tersebut (Bowles, 1977). Hal ini digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 6 Kurva Getaran Harmonik (Bowles, 1977)

Jika suatu sistem massa-pegas digetarkan oleh suatu gaya external sehingga mengalami getaran harmonik, kemudian gaya external tersebut dihilangkan maka sistem akan bergetar secara harmonik terus menerus dengan amplitudo dan frekuensi getaran yang sama. Getaran tersebut akan berkurang sedikit demi sedikit yang pada akhirnya akan berhenti jika pada sistem tersebut terdapat peredam yang berfungsi sebagai pereduksi getaran.

2.5 Persyaratan Pondasi Mesin

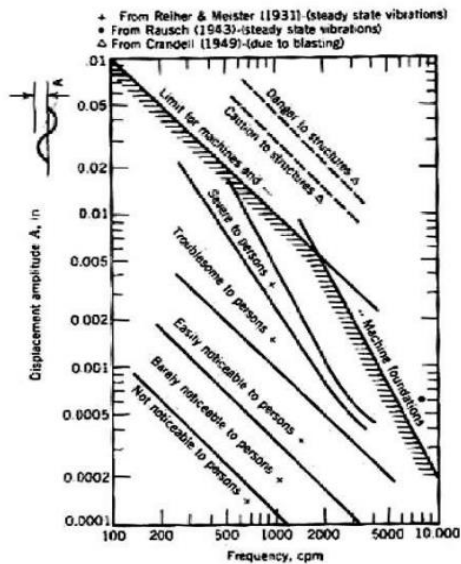
Agar mesin yang ditopang bisa berfungsi sebagaimana mestinya dan getarannya tidak membahayakan maka setiap pondasi mesin harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut (Prakash, 1981). Untuk beban statis:

1. Mampu menahan atau memikul beban statis yang ditimbulkan oleh mesin tanpa menyebabkan keruntuhan geser atau keruntuhan total.
2. Penurunan pondasi akibat beban harus berada dalam batas-batas yang diijinkan.

Untuk beban dinamis:

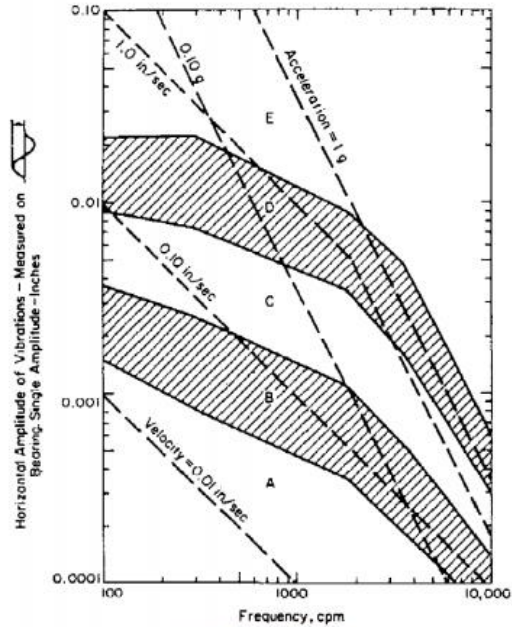
1. Tidak boleh terjadi resonansi, yaitu frekuensi natural sistem tanah-pondasimesin tidak boleh sama dengan frekuensi operasi mesin.

2. Amplitudo pada frekuensi operasi tidak boleh melebihi amplitudo batas yang umumnya ditentukan oleh pembuat mesin tersebut.
3. Bagian-bagian mesin yang bergerak atau bergetar harus sedapat mungkin setimbang untuk mengurangi ketidakseimbangan dari gaya-gaya dan momen.
4. Getaran yang terjadi tidak boleh mengganggu orang-orang yang bekerja atau merusak mesin-mesin lainnya. kegagalan pondasi mesin terjadi ketika getaran telah melampaui batas yang telah ditentukan. Batasan pondasi mesin biasanya merujuk pada amplitudo dan kecepatan dari getaran pada operasi kerja mesin. Berikut adalah grafik yang berisi batasan-batasan amplitudo pada pondasi mesin.



Gambar 2. 7 Batasan Amplitudo Vertikal (Richart, 1962)

Batasan amplitudo vertikal: maksimal masuk zona "Troublesome to Persons"

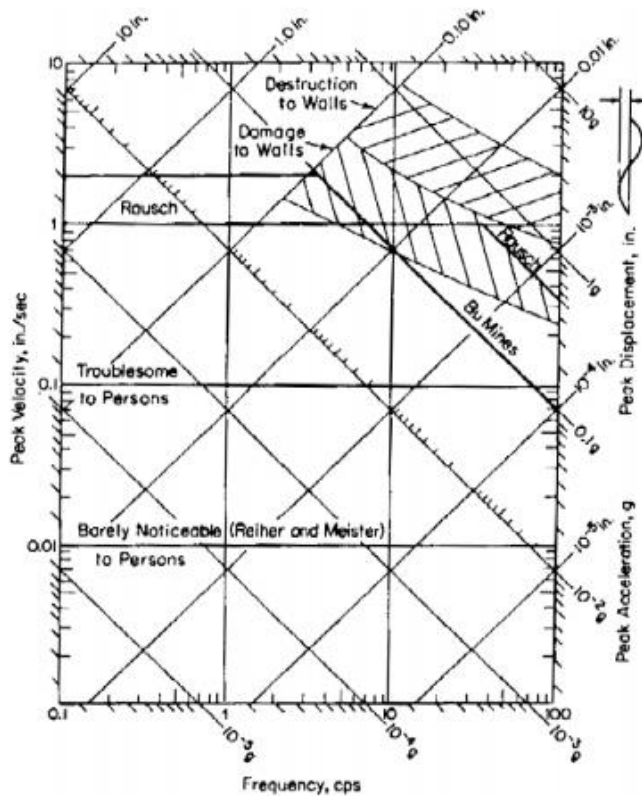


Explanation of Cases

- E Dangerous Shut It Down Now To Avoid Danger
- D Failure Is Near, Correct Within Two Days To Avoid Breakdown
- C Faulty, Correct Within 10 Days To Save Maintenance Dollars
- B Minor Faults Correction Wastes Dollars
- A No Faults, Typical New Equipment

Gambar 2. 8 Batasan Kecepatan dan Percepatan Amplitudo
(Blake, 1964)

Batasan kecepatan amplitudo: maksimal masuk zona B
Kecepatan amplitudo dirumuskan dengan $v = 2\pi f(\text{cps}) \times A$ (in/sec).
Sedangkan percepatan amplitudo $a = 4\pi^2 f^2 \times A$ (in/sec²).



Gambar 2. 9 Respon Spektrum untuk Limit Getaran
(Richart, 1962)

Karena tingkat kepentingan dari setiap mesin berbeda-beda maka diperlukan angka keamanan untuk menjaga keberlangsungan mesin dan pondasinya. Istilah angka keamanan dalam pondasi mesin lebih dikenal dengan sebutan service factor. Penggunaan angka keamanan ini dengan cara mengalikannya dengan amplitudo dan hasilnya digunakan untuk pembacaan pada grafik sebagai amplitudo. pondasi mesin yang telah direncanakan harus sesuai

dengan kriteria-kriteria atau batasan-batasan yang terdapat dalam Tabel 2.2 sehingga pondasi tersebut dianggap layak dan efisien.

Tabel 2. 1 Kriteria Kecepatan Amplitudo

<i>Horizontal Peak Velocity (in/sec)</i>	<i>Machine Operation</i>
< 0,005	<i>Extremely smooth</i>
0,005 – 0,01	<i>Very smooth</i>
0,01 – 0,02	<i>Smooth</i>
0,02 – 0,04	<i>Very good</i>
0,04 – 0,08	<i>Good</i>
0,08 – 0,16	<i>Fair</i>
0,16 – 0,315	<i>Slightly rough</i>
0,315 – 0,63	<i>Rough</i>
> 0,63	<i>Very Rough</i>

(Baxter and Bernhard, 1967)

Tabel 2. 2 Kriteria Cek Keamanan Pondasi Mesin

Item	Kriteria
Daya dukung statis	50% σ_{ijin}
Dayadukung statis + dinamis	75% σ_{ijin}
Amplitudo vertical	Gambar 2.7
Amplitudo horizontal	Gambar 2.8
Pembesaran dinamis vertical	< 1,5
Resonansi	< 0,8 atau > 1,2
Kecepatan amplitudo	< <i>good</i> (tabel 2.1)

(Bowles, 1996 dan Arya et al, 1981)

2.6 Konstruksi Tahan Gempa

Sesuai Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006), taraf keamanan minimum untuk bangunan gedung dan rumah tinggal yang masuk dalam kategori bangunan tahan gempa, yaitu memenuhi berikut ini:

- a. Bila terkena gempa bumi yang lemah, bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali.

- b. Bila terkena gempa bumi sedang, bangunan tersebut boleh rusak pada elemen-elemen non-struktural, tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen struktur.
- c. Bila terkena gempa bumi yang sangat kuat, bangunan tersebut tidak boleh runtuh baik sebagian maupun seluruhnya, tidak boleh mengalami kerusakan yang tidak dapat diperbaiki, serta bangunan tersebut boleh mengalami kerusakan, tetapi kerusakan yang terjadi harus dapat diperbaiki dengan cepat sehingga dapat berfungsi kembali.

Federal Emergency Management Agency (2010) memberikan beberapa karakteristik untuk memenuhi kontruksi bangunan yang memiliki performa yang cukup dan aman ketika gempa kuat terjadi. Dengan kriteria yang harus dipenuhi sebagai berikut:

1. Pondasi stabil, yang mampu menahan beban guling primer gempa dan mentransfer beban lateral gempa yang besar antara struktur dan tanah.
2. Penyaluran beban yang menerus, dengan memastikan semua komponen bangunan saling terikat sehingga tidak ada komponen yang rusak atau lepas ketika terjadi gempa.
3. Kekuatan dan kekakuan, yang mampu menahan beban lateral gempa tanpa menimbulkan *displacement* horizontal yang besar pada struktur.
4. Keteraturan struktur, meliputi distribusi massa, kekuatan, dan kekakuan sehingga pergerakan lateral pada setiap lantai hampir sama ketika gempa terjadi untuk menghindari adanya pemusatan beban hanya pada titik-titik tertentu.
5. Pemborosan struktur, sehingga banyak elemen turut memberikan kekuatan residu pada struktur ketika sejumlah elemen rusak untuk mencegah keruntuhan total.

6. Daktilitas yang sesuai, yaitu kemampuan elemen struktur untuk tetap menahan beban tanpa runtuh ketika mengalami kerusakan akibat beban berlebihan.

2.7 Sistem Pracetak untuk Bangunan Gedung

Beton pracetak adalah beton yang diproduksi dalam bentuk yang spesifik di lokasi selain posisi layan elemen tersebut. Beton tersebut dibentuk di dalam cetakan dari kayu atau baja dan dirawat sebelum kemudian dilepas dari cetakan pada waktu tertentu. Lalu, komponen pracetak dipindahkan menuju lokasi konstruksi dan dipasang menuju posisi layannya. Beton pracetak diberi perkuatan dengan tulangan maupun tendon mutu tinggi. Jenis komponen beton pracetak yang biasa diproduksi antara lain: panel dinding, balok dobel-T, pelat lantai *hollow*, kolom & balok, komponen jembatan, dan lain-lain (PCI, 2004).

2.7.1 Elemen Pracetak

Pembuatan beton pracetak dilakukan di lokasi proyek ataupun di luar lokasi proyek seperti pabrik. Agar elemen beton pracetak yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan dalam proses fabrikasi, hendaknya perencana mengetahui macam-macam elemen struktur pracetak pada umumnya.

2.7.2 Pelat

Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pada pelat beton pracetak, waktu pengangkutan 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 beberapa macam pelat pracetak (*precast slab*) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

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

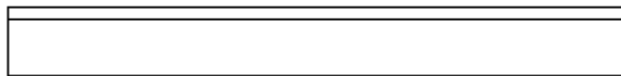
Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 2 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inci hingga 15 inci. Ilustrasi pelat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)
(PCI Design Handbook 6th Edition)

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

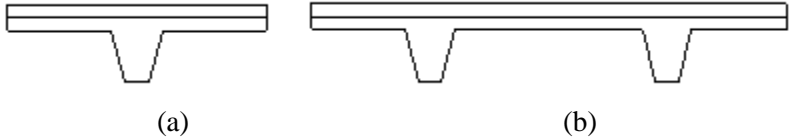
Adalah pelat pracetak dengan tebal pelat lebih tipis dibandingkan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan ketebalan dan lebar yang bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 5 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang. Ilustrasi pelat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (*Solid Slab*)
(PCI Design Handbook 6th Edition)

3) Pelat Pracetak *Double Tess dan Single Tees*

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. Ilustrasi pelat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Pelat Pracetak (a) *Single Tee* dan (b) *Double Tees*
(PCI Design Handbook 6th Edition)

2.7.3 Balok

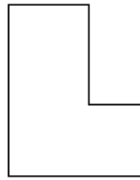
Pada balok pracetak (*Precast Beam*), ada tiga jenis balok yang sering atau umum digunakan:

- 1) Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*) :
Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan. Ilustrasi balok pada Gambar 2.13.



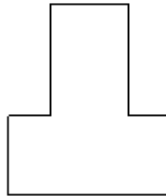
Gambar 2. 13 Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*)
(PCI Design Handbook 6th Edition)

- 2) Balok berpenampang L (*L-Shaped Beam*). Ilustrasi balok pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Balok Berpenampang L (*L-Shaped Beam*)
(PCI Design Handbook 6th Edition)

- 3) Balok berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*).
Ilustrasi balok pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Balok T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)
(PCI Design Handbook 6th Edition)

2.7.4 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).

Kolom dalam perencanaan tugas akhir ini tidak mengaplikasikan kolom pracetak. Pada perencanaan ini digunakan kolom cor setempat (*cast in situ*) yang menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral.

Tulangan ini berfungsi untuk mengekang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

2.7.5 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 sehingga tidak menyulitkan pada saat pelaksanaan.

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat tiga macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut ialah 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 2.3 (Ervianto, 2006).

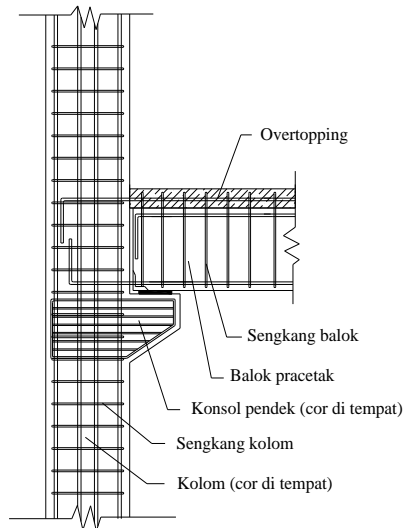
Tabel 2. 3 Perbedaan Metode Penyambungan

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 <i>setting time</i>	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter

2.7.6 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 setempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.16. 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 modifikasi ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat.

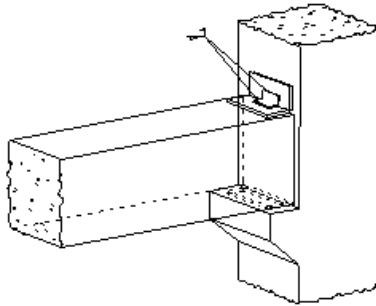


Gambar 2. 16 Sambungan dengan Cor Setempat

2.7.7 Sambungan dengan Las

Alat sambung jenis ini menggunakan pelat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti Gambar 2.17. 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.

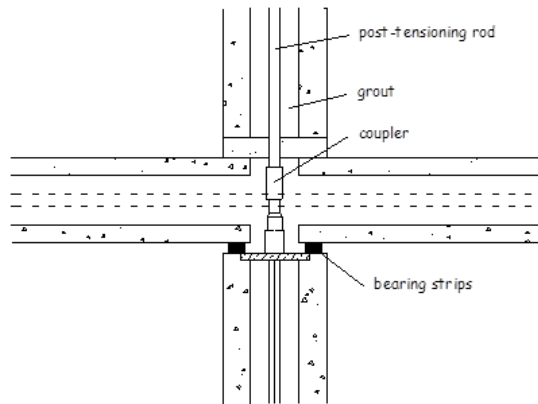


Gambar 2. 17 Sambungan dengan Las

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh *corbels* atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu 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.

2.7.8 Sambungan dengan Baut

Penyambungan cara ini diperlukan pelat baja di kedua elemen betok pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi, seperti pada Gambar 2.18. Selanjutnya pelat sambung tersebut dicor dengan adukan beton, guna melindungi dari korosi.



Gambar 2. 18 Sambungan dengan Menggunakan Baut

2.7.9 Titik-Titik Angkat dan Sokongan

2.7.9.1 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:

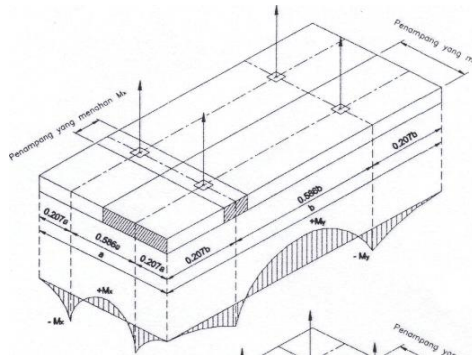
a. Dua Titik Angkat

Seperti terlihat pada Gambar 2.10, maksimum momen (pendekatan):

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

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

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



Gambar 2. 19 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)
(PCI Design Handbook 6th Edition)

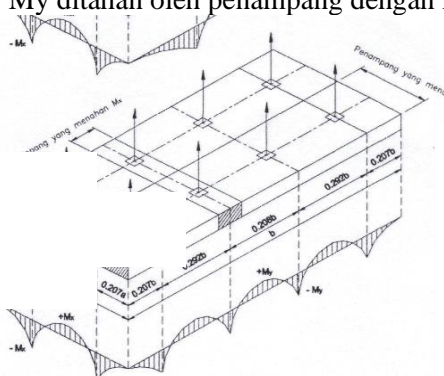
b. Empat Titik Angkat

Seperti terlihat pada Gambar 2.11, maksimum Momen (pendekatan) :

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

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

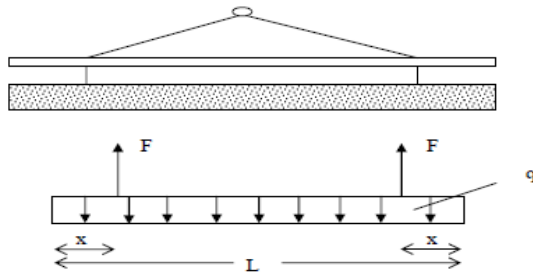
- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/4$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2. 20 Posisi Titik Angkat Pelat (8 Buah Titik Angkat)
(PCI Design Handbook 6th Edition)

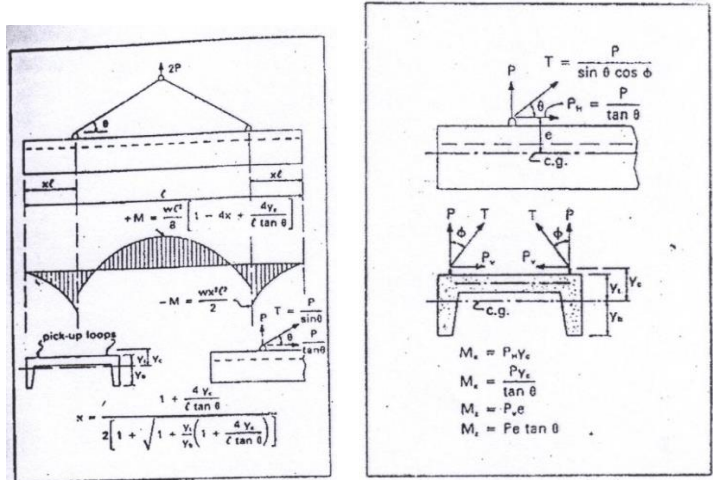
2.7.9.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya (Gambar 2.20). Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh anker pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan seperti pada Gambar 2.21. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan anker pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 2. 21 Model Pembebanan Balok Pracetak Saat Pengangkatan

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 2.22 serta angka pengali pada Tabel 2.4



Gambar 2. 22 Titik-titik Angkat dan Sokongan Sementara untuk Produk Pracetak Balok (PCI Design Handbook 6th Edition)

Tabel 2. 4 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

2.7.9.3 Fase Penanganan Beton Pracetak

Sebelum digunakan beton pracetak mengalami fase-fase perlakuan yang meliputi

- 4.1.1 Pengangkatan dari bekisting modul (*stripping*)
 - a. Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut
 - b. Lekatan permukaan beton dengan bekisting

- c. Jumlah dan lokasi peralatan angkat
- d. Berat produk pracetak dan beban-beban tambahan, seperti bekisting yang terbawa saat produk diangkat

4.1.2 Penempatan ke lokasi penyimpanan (*yard handling and storage*)

- a. Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut
- b. Lokasi titik-titik angkat sementara
- c. Lokasi sokongan sehubungan dengan produk-produk lain yang juga disimpan
- d. Perlindungan dari sinar matahari langsung

4.1.3 Transportasi ke lokasi (*transportation to the job site*)

- a. Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut
- b. Lokasi sokongan vertikal maupun horizontal
- c. Kondisi kendaraan pengangkut, jalan, dan batas-batas berat muatan dari jalan yang akan dilalui
- d. Pertimbangan dinamis saat transportasi

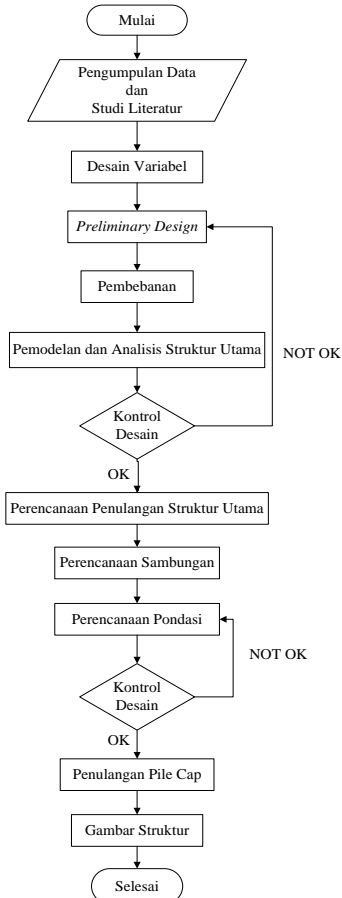
4.1.4 Pemasangan (*erection*)

- a. Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut
- b. Lokasi dan jumlah titik-titik angkat
- c. Lokasi dan jumlah titik-titik sokongan
- d. Beban sementara, seperti pekerja, peralatan selama pekerjaan, dan berat beton *overtopping*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Secara umum pengerjaan tugas akhir ini digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir pengerjaan Tugas Akhir

Perencanaan dimulai dengan melakukan pencarian studi literature dan pengumpulan data sebagai landasan dalam pengerjaan tugas akhir. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan kriteria desain untuk struktur utama dan struktur sekunder. Lalu dilakukan permodelan struktur utama dan analisa terhadap hasil permodelan. Langkah – langkah metode penyelesaian tugas akhir dijelaskan secara detail sebagai berikut:

3.1 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Struktur yang akan direncanakan adalah struktur bangunan beton bertulang dengan metode pracetak yang akan dianalisa gaya dalamnya menggunakan program SAP2000. Berikut data spesifikasi struktur yang direncanakan:

a. Sebelum modifikasi

- Nama Gedung : Bangunan Kiln PT Pentawira Aghara Sakti
- Lokasi : Kecamatan Plumpang, Kabupaten Tuban
- Fungsi : Bangunan Mesin Kiln
- Struktur Utama : Beton Bertulang
- Tinggi Bangunan : 9,7 m
- Tinggi Mesin : 48,3 m
- Luas Lahan : 2,48 ha

b. Rencana modifikasi

- Nama Gedung : Bangunan Kiln PT Pentawira Aghara Sakti
- Lokasi Rencana : Kecamatan Plumpang, Kabupaten Tuban
- Fungsi : Bangunan Mesin Kiln
- Struktur Utama : Beton Bertulang
- Metode : Pracetak
- Tinggi Bangunan : 9,7 m
- Tinggi Mesin : 48,3 m
- Rencana Pondasi : Bored Pile

c. Data Material

- Mutu Beton ($f'c$) : 35 MPa
- Balok dan Pelat : 35 MPa
- Kolom : 40 MPa
- Mutu baja : 390 MPa
- Data tanah : Terlampir
- Data Gambar : Terlampir
- Data Struktur : Terlampir

d. Data Mesin

- Berat mesin : 20000 kN
- Kecepatan mesin : 1500 rpm
- Tinggi mesin : 48 m

Bangunan gedung ini akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak pada bagian balok induk, balok anak, dan pelat.

Dalam perencanaan struktur bangunan beton ini digunakan peraturan yang tercantum pada beberapa literature yaitu:

1. Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
2. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726:2013)
3. *PCI Design Handbook : Precast and Prestressed Concrete* edisi keenam (PCI, 2004)
4. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Dan Bahan Bangunan Gedung (SNI-03-2847:2002)
5. Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318M-99) and Commentary (ACI 318R-99)
6. Analisis dan Desain Pondasi, Jilid 2, Joseph E. Bowles (1988)
7. Design of Structure : Analysis Foundation for Vibrating Machines, Suresh C. Arya, Michael W.O'Neil, dan George Pincus (1979)
8. Daya Dukung Pondasi Dalam, Wahyudi, Herman (1999)

3.2 Desain Variabel

Pada tugas akhir ini struktur bangunan mesin kiln direncanakan dengan metode pracetak. Struktur ini memperhatikan getaran akibat beban dinamis yang dihasilkan oleh mesin yang bekerja. Pada perencanaannya memperhatikan persyaratan pondasi mesin. Batasan pondasi mesin biasanya merujuk pada amplitudo dan kecepatan dari getaran pada operasi kerja mesin. Pengaruh temperatur mesin tidak diperhitungkan karena pada mesin yang berdekatan dengan struktur penopang mesin pembakaran, temperatur material olahannya sudah kembali normal.

3.3 Preliminary Design

3.3.1 Dimensi Pelat Dan Balok Anak

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*) SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)). Sedangkan untuk pelat dua arah (*two-way slab*) sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.1
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi syarat SNI 03-2847-2013, persamaan 9-13
4. Untuk α_m sama atau lebih kecil dari 0,2 menggunakan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2
5. Tebal pelat tanpa penebalan 125 mm
6. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
7. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{l_n \left(0,80 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,20)} \quad (3.1)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm (SNI 03-2847-2013, persamaan 9-12)

8. Untuk α_m lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0,80 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3.2)$$

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 (SNI 03-2847-2013, persamaan 9-13)

3.3.2 Dimensi Balok Induk

Tabel minimum balok non-prategang apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 03-2847-2013 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. Persyaratan tinggi minimum balok induk, antara lain :

1. Apabila $f_y = 420$ MPa, maka :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \quad (3.3)$$

2. Untuk f_y selain 420 MPa, maka :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left(0,40 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (3.4)$$

3. Untuk nilai w_c 1440 sampai 1840 kg/m^3 , maka :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003w_c) \quad (3.5)$$

Dimana :

b = Lebar balok

h = Tinggi balok

L = Panjang balok

3.3.3 Dimensi Kolom

Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi $\phi = 0,65$.

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'} \quad (3.6)$$

Dimana:

W = Beban aksial yang diterima kolom

f_c' = Kuat tekan beton karakteristik

A = Luas penampang kolom

(SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2)

3.4 Pembebanan Struktur

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 RSNI 03-1726-2012 dan ketentuan SNI 03-2847-2013.

1) Beban Statis

Beban Mati berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) yang tertera pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Beban mati pada struktur

Beban Mati	Besar Beban
Batu Alam	2600 kg/m ²
Beton Bertulang	2400 kg/m ²
Dinding Pasangan Bata	250 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

Beban Hidup berdasarkan hidup RSNI 03-1727-2012
Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Beban hidup pada struktur

Beban Hidup Lantai Bangunan	Besar Beban
Lantai Perkantoran/Restoran	250 kg/m ²
Lantai Ruang-ruang Balkon	400 kg/m ²
Tangga dan Bordes	300 kg/m ²
Lantai Ruang Alat dan Mesin	400 kg/m ²
Beban Pekerja	100 kg/m ²

2) **Beban Dinamis**

Beban dinamis didapatkan berdasarkan spesifikasi kerja mesin yang bekerja. Pada saat dibebani maka gaya-gaya yang terjadi adalah sebagai berikut : (Prakash, 1988)

- Translasi sepanjang sumbu z (gaya vertical)
- Translasi sepanjang sumbu x (gaya lateral)
- Translasi sepanjang sumbu y (gaya longitudinal)
- Putaran pada sumbu x (pitching)
- Putaran pada sumbu z (torsi)
- Putaran pada sumbu y (rocking)

Analisa beban dinamis akibat mesin yang beroperasi menghasilkan gaya dinamis arah sumbu x , y , dan z. Gaya dinamis didapatkan dari perhitungan dibawah ini.

$$F_o = m e \omega^2 \quad (3.7)$$

Dimana :

F_o = Gaya dinamik

m = Massa mesin

e = Eksentrisitas dari mesin (API Standart)

$$\omega = 2 \times \pi \times (f/60) \quad (3.8)$$

$$e = \alpha \times \sqrt{12000/rpm} \leq 1.0 \text{ mil} \quad (3.9)$$

Dimana :

α = 1.0 – 1.5

f = kecepatan mesin

Jika hasil dari $e \geq 1.0$, maka dipakai $e = 1.0$

3) **Beban Gempa**

Analisa beban gempa bedasarkan SNI 03-1726-2012 meliputi :

- Penentuan respon spektrum, penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI-03-1726-2012

- Respon seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.10)$$

(Persamaan 7.8-2 SNI 03-1726-2012)

Dimana :

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

R = faktor modifikasi respons dalam tabel 7.2-1 (SNI 03-1726-2012)

I_e = faktor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai dengan Tabel 6.4

nilai C_s max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (3.11)$$

- Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_S \times W \quad (3.12)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.13)$$

dimana :

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1.1

W = berat seismik efektif menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.7.2

4) **Beban Angin (*Wind Load/WL*)**

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 :

- Untuk struktur rangka ruang dengan penampang melintang berbentuk bujursangkar dengan arah angin 45° terhadap bidang-bidang rangka, koefisien angin

untuk kedua bidang rangka di pihak angin masing-masing 0,65 (tekan) dan untuk kedua rangka di belakang angin masing-masing 0,5 (isap)

- Kecuali itu, masing-masing rangka harus diperhitungkan terhadap beban angin yang bekerja dengan arah tegak lurus pada salah satu bidang rangka, koefisien angin untuk rangka pertama di pihak angin adalah 1,6 (tekan) dan untuk rangka kedua di belakang angin adalah 1,2 (isap)
- Untuk atap segitiga majemuk, untuk bidang-bidang atap di pihak angin dengan $\alpha < 65^\circ$ koefisien $(0,2\alpha - 0,4)$ (tekan), dan untuk semua bidang atap di belakang angin untuk semua α adalah 0,4 (isap)
- Tekanan tiup (beban angin) di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2

5) Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1, antara lain :

$$1) U = 1,4 D \quad (3.14)$$

$$2) U = 1,2 D + 1,6 L \quad (3.15)$$

$$3) U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E \quad (3.16)$$

$$4) U = 1,0 D + 1,0 L \quad (3.17)$$

$$5) U = 0,9 D \pm 1,0 E \quad (3.18)$$

Keterangan :

U : beban ultimate

D : beban mati

L : beban hidup

E : beban gempa

3.5 Permodelan Struktur Utama

Permodelan struktur utama dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur akibat pembebanan yang ada, baik beban gravitasi, beban dinamis maupun beban gempa. Hasil dari

permodelan ini antara lain untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Perilaku struktur secara keseluruhan meliputi 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 & y, torsi, dan geser. Gaya dalam pada balok antara lain momen, geser, dan torsi.

Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP2000 dengan langkah-langkah permodelan sebagai berikut : menggambar bentuk model struktur, mendesain penampang dan material, memasukkan beban gravitasi, beban dinamis dan beban gempa, perletakan diasumsikan sebagai jepit-jepit, kemudian dilakukan *running*, setelah itu dilakukan pengecekan struktur terhadap persyaratan yang ada

3.6 Analisa Struktur

3.8.1 Perhitungan Gaya Dalam

Analisis struktur dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam yang selanjutnya digunakan untuk merancang elemen dan sambungan pada struktur. Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program SAP2000. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain:

- Bentuk gedung
- Dimensi elemen-elemen struktur dari *preliminary design*
- Wilayah gempa
- Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan

3.7 Kontrol Persyaratan

Hasil analisis struktur bangunan gedung dikontrol terhadap persyaratan bangunan tahan gempa sesuai SNI 1726:2012, meliputi persyaratan:

- Jumlah ragam partisipasi massa
- Geser dasar seismik (V)
- Koefisien respon seismik (C_s)
- Periode waktu getar alami fundamental (T)
- Simpangan antar lantai (Δ)

Hasil rancangan elemen dan sambungan struktur dikontrol kekuatannya terhadap gaya dalam akibat beban-beban yang ada sesuai standar yang berlaku.

3.8 Perencanaan Penulangan Struktur

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

3.8.1 Perencanaan Tulangan Balok

3.8.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok

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

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

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad (3.19)$$

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

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.20)$$

SNI 2847:2013 lampiran B(8.4.2)

$$\rho < 0.025$$

SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)

$$\rho < 0.75 \rho_b \quad (3.21)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (3.22)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (3.23)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

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

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} \quad (3.24)$$

5. Menentukan Rn

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} \quad (3.25)$$

Diketahui harga ϕ ditentukan (SNI 2847:2013 pasal 9.3)

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (3.26)$$

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

7. Menentukan luas tulangan AS dari ρ yang di dapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \rightarrow A_s = \rho \times b \times d \quad (3.27)$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \quad (3.28)$$

9. Menhitung jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1} \quad (3.29)$$

3.8.3.2 Perhitungan Tulangan Geser Balok

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

$$\phi V_n \geq V_u, \quad (3.30)$$

Di mana :

V_n = kuat geser nominal penampang

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

\emptyset = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

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

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.31)$$

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

Dan untuk

$$V_c = 0,17\alpha\sqrt{f'c}b_w d \quad (3.32)$$

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

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.33)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1)

Di mana :

V_u = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_n = Kuat geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat geser nominal tulangan geser

3.8.3.3 Kontrol Torsi

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila :

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

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi :

$$T_u \leq \phi T_n$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir :

$$T_n = \frac{2A_o A_s f_y}{s} \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2013, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21)

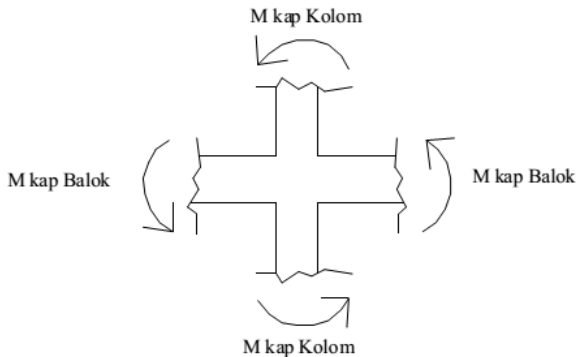
3.8.2 Perencanaan Tulangan Kolom

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

$$\sum Mn_c \geq (1,2) \times \sum Mn_b \quad (3.34)$$

Di mana $\sum Mn_c$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum Mn_b$ merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa Mnc 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 kapasitas kolom tersebut agar memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. Dengan penjelasan ilustrasi pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di Hubungan Balok Kolom

3.8.3 Perhitungan Tulangan Pelat

3.8.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur

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

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

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad (3.35)$$

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

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.36)$$

SNI 2847:2013 lampiran B(8.4.2)

$$\rho < 0.025$$

SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)

$$\rho < 0.75 \rho b \quad (3.37)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'c}}{f_y} \quad (3.38)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (3.39)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

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

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} \quad (3.40)$$

5. Menentukan Rn

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b d^2} \quad (3.41)$$

Diketahui harga ϕ ditentukan (SNI 2847:2013 pasal 9.3)

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \quad (3.42)$$

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

7. Menentukan luas tulangan AS dari ρ yang di dapat

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \rightarrow A_s = \rho \times b \times d \quad (3.43)$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \quad (3.44)$$

9. Menhitung jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b-n \times \emptyset L-2d'-2\emptyset S}{n-1} \quad (3.45)$$

3.8.3.2 Perhitungan Tulangan Susut

Kebutuhan tulangan susut diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1

3.8.3.3 Kontrol Retak Tulangan

Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai SNI 2847:2013, Pasal 10.6.4. dengan :

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad (3.46)$$

Di mana :

$Z \leq 30.000$ N/mm untuk penampang dalam ruangan,

$Z \leq 25.000$ N/mm untuk di luar ruangan,

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja, boleh diambil sebesar 0,60 fy (MPa)

d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat (mm)

$$A = \frac{2d_c b}{n} \quad (3.47)$$

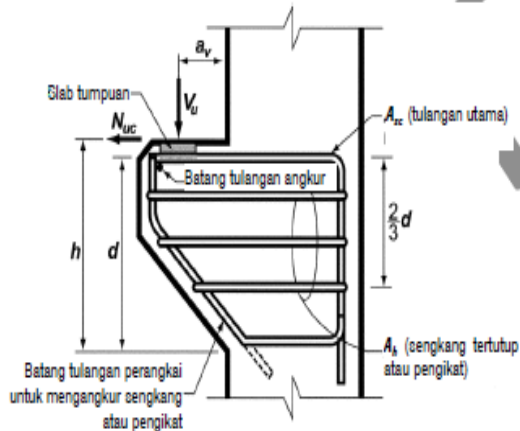
A = Luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik dibagi dengan jumlah n batang tulangan atau kawat (mm²)

3.9 Perencanaan Sambungan

3.9.1 Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom

Sambungan balok pracetak – kolom pada perencanaan gedung ini menggunakan Sambungan Balok - Kolom cor setempat yang terletak pada balok. Sambungan tersebut dipilih karena cukup

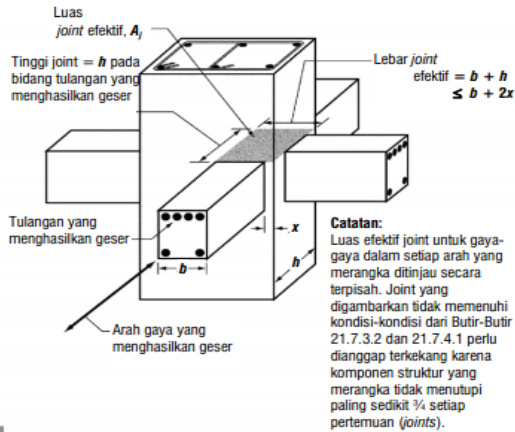
efektif dalam kinerja, kemudahan, dan kesederhanaan sambungan. Dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Sambungan Balok dan Kolom

Untuk pemakaian sambungan monolit, harus dipenuhi semua kriteria untuk struktur beton bertulang yang monolit, yaitu kekuatan, kekakuan, daktilitas, dan kriteria yang bersangkutan. Sementara bila sambungan kuat yang akan dipakai, harus dicek akan berlangsungnya mekanisme *strong column weak beam*. 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.

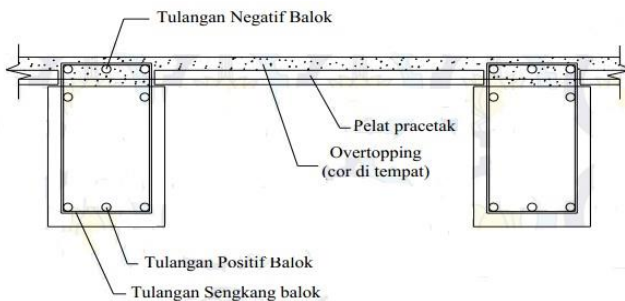
Kuat geser nominal, V_n pada daerah hubungan balok-kolom tidak boleh melebihi nilai yang disebutkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.7.4. Hubungan balok dengan kolom dijelaskan juga pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Hubungan Balok Kolom

3.9.2 Sambungan Pelat Pracetak dengan Balok 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. Sambungan balok induk pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi *overtopping* yang umumnya digunakan 50 mm – 100 mm. Seperti terlihat pada Gambar 3.5.

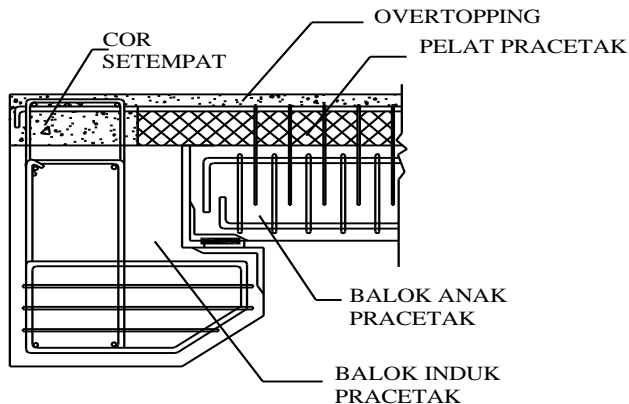


Gambar 3. 5 Sambungan antara Balok dengan Pelat

3.9.3 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, tetapi 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 SNI 2847:2013. Pada Gambar 3.6 diberikan gambaran mengenai sambungan tersebut.

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. 6 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

3.9.4 Detail Penulangan Sambungan

4.1 Geser Horizontal

- Pada pelat lantai dan balok pracetak, gaya geser yang terjadi :

$$V_{vh} = T = C = A_v f_y \quad (3.48)$$

- Kuat geser horizontal menurut SNI 2847:2013, pasal 17.5.4 :

$$\phi \times V_{nh} = \phi \times 0,6 \times b_v \times l_{vh} \quad (3.49)$$

- Menurut SNI 2847:2013, pasal 11.9.9.1 tulangan geser horizontal perlu :

$$V_s = \frac{A_v \times f_v \times d}{s} \quad (3.50)$$

4.2 Penyaluran Tulangan dalam Tarik

Menurut SNI 03-2847-2013, pasal 12.2.2 adalah sebagai berikut:

$$l_{d(\min)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Untuk } D \leq 19 \text{ mm} : l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \quad (3.51)$$

$$D \geq 22 \text{ mm} : l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \quad (3.52)$$

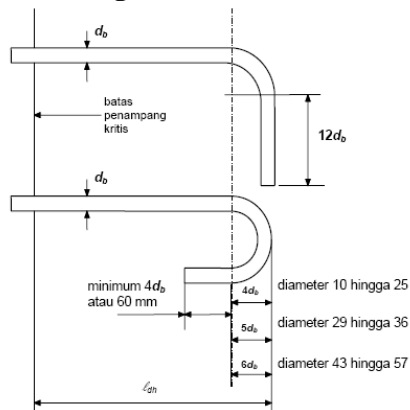
Dengan pengaruh dari faktor pengali pada Tabel 3.3
Tabel 3. 3 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik

ψ_t = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan	1,3
Situasi lain	1,0
ψ_e = faktor pelapis	

Tabel 3.3 (Lanjutan) Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik

Batang atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (digalvanis)	1,0
ψ_s = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil atau kawat ulir	0,8
Batang D-22 dan yang lebih besar	1,0
λ = faktor agregat ringan	
Apabila f_{ct} ditetapkan	0,7 5
Beton normal	1,0

4.3 Penyaluran Tulangan Berkait dalam Tarik



Gambar 3. 7 Detail Kaitan untuk Penyaluran Kait Standar (SNI 2847:2013)

Dijelaskan pada Gambar 3.7 mengenai detail kaitan. Menurut SNI 2847:2013, pasal 12.5.2 adalah sebagai berikut:

$$l_{n(\min)} = 8d_b \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dasar dicari dengan rumus l_{dh}

$$l_{dh} = \left(0,24 \Psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'_c} \right) / d_b \quad (3.53)$$

Dengan faktor pengali pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Faktor pengali penyaluran tulangan berkait dalam Tarik

Kondisi	Faktor
Selimit Beton , batang D-36 dan yang lebih kecil dengan tebal selimit samping (normal terhadap bidang kait) tidak kurang dari 60 mm dan untuk kait 90 ° dengan tebal selimit terhadap kait tidak kurang dari 50 mm	0,70
Sengkang, batang D-36 dan yang lebih kecil yang secara vertikal atau horisontal dilindungi oleh sengkang yang dipasang sepanjang l_{dh} dengan spasi tidak lebih dari $3d_b$	0,80
Untuk kait 180 derajat dari batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil yang dilingkupi dalam pengikat atau sengkang tegak lurus terhadap tulangan yang disalurkan tidak lebih besar dari $3d_b$	0,80

3.10 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.

3.10.1 Analisa Beban Statis Pada Pondasi

3.10.1.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Perhitungan daya dukung tiang tunggal menggunakan metode philipponnat :

$$\text{➤ } Q_u = Q_p + Q_s \quad (3.54)$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung ultimate pada pondasi

Q_p = Daya dukung dari unsur ujung tiang

Q_s = Daya dukung akibat lekatan

$$\text{➤ } \text{Daya dukung dari unsur ujung tiang (} Q_p \text{)}$$

$$Q_p = A_p \times q_p \quad (3.55)$$

$$q_p = \alpha p \times R_p \quad (3.56)$$

Dimana :

A_p = Luas penampang dasar tiang

q_p = Tegangan di ujung tiang

R_p = Data conus diambil rata-rata sepanjang 3B diatas hingga 3B di bawah ujung tiang pondasi

Tabel 3. 5 Koefisien α_p

Jenis Tanah	α_p
Lempung dan Kapur	0,5
Lanau	0,45
Pasir	0,4
Kerikil	0,35

(“Daya Dukung Pondasi Dalam” oleh Dr. Ir. Herman Wahjudi, 1999)

- Daya dukung akibat lekatan (friction) sepanjang mantel tiang (Q_s)

$$Q_s = O \times \sum (f_{ui} \times h_i) \quad (3.57)$$

$$F_{ui} = \alpha f \times \frac{R_p}{\alpha_s} \quad (3.58)$$

Dimana :

O = keliling tiang untuk ruas kedalaman h_i

F_{ui} = lekatan lateral batas dari lapisan i setebal h_i

$\sum h_i$ = kedalaman tiang yang ditinjau

$\alpha f; \alpha_s$ = koefisien, fungsi dari tanah dan tipe tiang

Tabel 3. 6 Koefisien α_s

Jenis Tanah	α_s
Lempung dan Kapur	50
Lanau, lempung berpasir	60
Pasir berlempung	
Pasir Lepas	100
Pasir Sedang	150
Pasir Padat	
Kerikil	200

(“Daya Dukung Pondasi Dalam” oleh Dr. Ir. Herman Wahjudi, 1999)

Tabel 3. 7 Koefisien α s

Bahan Tiang	Tipe Tiang	αf
Beton	Tiang dipancang	1,25
	Tiang dibor dan divibrasi	1,00
	Tiang diinjeksi, Tiang dibor untuk $\Phi \leq 1,50$ m	0,85
	Tiang dibor untuk $\Phi > 1,50$ m	0,75
Baja	Tiang profil H	1,10
	Tiang baja dipancang	0,60
	Tiang baja terbuka dipasang	0,30
	Dengan cara Benoto	

(”Daya Dukung Pondasi Dalam” oleh Dr. Ir. Herman Wahjudi, 1999)

$$\text{➤ } Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.59)$$

Dimana :

Q_{ijin} = Daya dukung ijin pada pondasi

Q_u = Daya dukung ultimate pada pondasi

SF = Faktor Keamanan

3.10.1.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Dalam menentukan daya dukung tiang kelompok tidak hanya meninjau daya dukung satu tiang yang berdiri sendiri dikalikan dengan banyaknya tiang dalam kelompok tersebut, sebab daya dukung kelompok tiang belum tentu sama dengan daya dukung satu tiang dikalikan jumlah tiang.

Kita tidak perlu memperhitungkan pengaruh dari sebuah grup tiang pondasi untuk perhitungan daya dukung batas, bila jarak as ke as antar tiang (S) adalah $\geq 3D$, sebaliknya jarak minimum antar tiang dalam grup adalah 2 s/d 2,5D. ("Daya Dukung Pondasi Dalam" oleh Dr. Ir. Herman Wahjudi, 1999)

a. Menghitung daya dukung tiang kelompok

$$\text{➤ } Q_{u(\text{grup})} = Q_p + Q_s \quad (3.60)$$

Dimana :

$Q_{u(\text{grup})}$ = Daya dukung ultimate pada pondasi

Q_p = Daya dukung dari unsur ujung tiang

Q_s = Daya dukung akibat lekatan

➤ Daya dukung dari unsur ujung tiang kelompok (Q_p)

$$Q_p = A_p \times q_p = (B_g \times L_g) \times q_p \quad (3.61)$$

$$q_p = \alpha_p \times R_p \quad (3.62)$$

Dimana :

A_p = Luas tiang kelompok ($B_g \times L_g$)

q_p = Tegangan di ujung tiang

R_p = Data conus diambil rata-rata sepanjang 3B diatas hingga 3B di bawah ujung tiang pondasi

➤ Daya dukung akibat lekatan (friction) pada permukaan luar keliling tiang kelompok (Q_s)

$$Q_s = O_g \times \sum(f_{ui} \times h_i) = 2(B_g + L_g) \times \sum(f_{ui} \times h_i) \quad (3.63)$$

$$F_{ui} = \alpha f \times \frac{R_p}{\alpha_s} \quad (3.64)$$

Dimana :

O_g = keliling tiang kelompok $2(B_g + L_g)$

F_{ui} = lekatan lateral batas dari lapisan i setebal h_i

$\sum h_i$ = kedalaman tiang yang ditinjau

$\alpha_f; \alpha_s$ = koefisien, fungsi dari tanah dan tipe tiang

$$\triangleright Q_{ijin}(g) = \frac{Qu_{grup}}{SF} \quad (3.65)$$

Dimana :

Q_{ijin} = Daya dukung ijin pada pondasi

Qu = Daya dukung ultimate pada pondasi

SF = Faktor Keamanan

b. Menghitung efisiensi dari tiang kelompok

$$\eta = \sqrt{\frac{Q_{ijin}(g)^2}{Q_{ijin}(g)^2 + (n \cdot Q_{ijin}(t))^2}} \quad (3.66)$$

Dimana :

η = efisiensi tiang kelompok

$Q_{ijin}(t)$ = daya dukung tiang pancang tunggal

$Q_{ijin}(g)$ = daya dukung tiang pancang kelompok

n = jumlah tiang

c. Rumus daya dukung ijin tiang kelompok

$$Q_{ijin}(g) = \eta \times n \times Q_{ijin(1 \text{ tiang})} \quad (3.67)$$

Dimana :

η = efisiensi tiang kelompok

n = jumlah tiang

$Q_{ijin(1 \text{ tiang})}$ = daya dukung ijin tiang tunggal

3.10.2.1 Analisa Beban Dinamis Pada Pondasi

3.10.2.1 Menghitung Nilai Modulus Tanah

\triangleright Menghitung Nilai Modulus Geser (G)

▪ Untuk tanah pasir menurut Richart dan Hardin ($e \leq 0,80$)

$$G = \frac{700(2,17-e)^2}{1+e} \sqrt{\bar{\sigma}_o} \quad \text{dalam satuan} \quad (3.68)$$

$$\frac{kg}{cm^3} \quad (3.69)$$

$$\bar{\sigma}_o = 0,333(\bar{\sigma}_v + 2\bar{\sigma}_H) \quad (3.69)$$

Dimana :

- e = angka pori
 $\bar{\sigma}_o$ = tegangan normal efektif
 $\bar{\sigma}_v$ = tegangan vertikal efektif
 $\bar{\sigma}_H$ = tegangan horizontal efektif

- Untuk lempung jenuh

$$G = 326 \frac{(2,973-e)^2}{(1+e)} (OCR)^k \sqrt{\bar{\sigma}_o} \quad \text{dalam} \quad \text{satuan kg/cm}^3 \quad (3.70)$$

$$\bar{\sigma}_o = 0,333(\bar{\sigma}_v + 2\bar{\sigma}_H) \quad (3.71)$$

$$\bar{\sigma}_H = k_o \times \sigma_v \quad (3.72)$$

Dimana :

e = angka pori

OCR = Over Consolidated Ratio

$\bar{\sigma}_o$ = tegangan normal efektif

$\bar{\sigma}_v$ = tegangan vertikal efektif

$\bar{\sigma}_H$ = tegangan horizontal efektif

Harga k dapat dilihat dalam tabel 3.8

Tabel 3. 8 Hubungan plasticity index dan k

Plasticity Index (IP)	K
0	0
20	0,18
40	0,30
60	0,41
80	0,48
≥ 100	0,50

- Menghitung Nilai Modulus Elastis Tanah (E)
 $E = 2 G (1 + \nu)$ (3.73)

Dimana :

E = Nilai modulus tanah

G = Modulus geser tanah

ν = Poisson ratio

3.10.2.2 Menghitung Nilai Kekakuan dan Redaman Pondasi

▪ Vertikal

a. Kekuatan dan Damping Pada Tiang Pancang

Nilai kekakuan dan damping untuk tiang pancang tunggal akibat beban dinamis vertikal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$kz^1 = \frac{Ep \times A}{r_0} \times f_{18,1} \quad (3.74)$$

Dimana:

E_p = Modulus elastis tiang

A = Luas Area tiang

R_0 = Equivalent radius tiang

$f_{18,1}$ = Faktor pengali dari tiang beton

$$cz^1 = \frac{Ep \times A}{v_s} \times f_{18,2} \quad (3.75)$$

Dimana :

E_p = Modulus elastis tiang

A = Luas Area tiang

v_s = gelombang kecepatan geser

$f_{18,2}$ = Faktor pengali dari tiang beton

$f_{18,1}$ dan $f_{18,2}$ ini didapat dari gambar 3.8 dengan faktor-faktor :

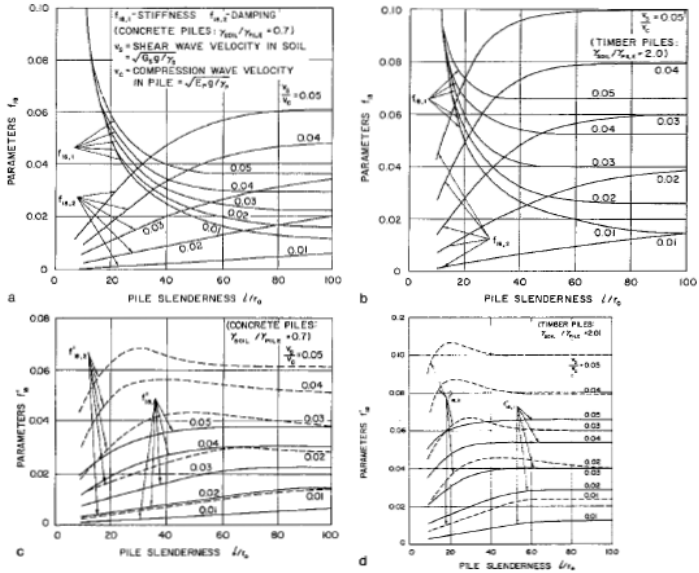
- Jenis Pondasi Tiang (Concrete Pile / Timber Piles)

- l/r_0 , dimana l = kedalaman pondasi tiang

r_0 = jari-jari pondasi tiang

- V_s/V_c , dimana, V_s = kecepatan geser tanah

V_c = kecepatan geser pondasi tiang pancang



Gambar 3. 8 Faktor Kekakuan dan Redaman (Suresh, Michael, George, 1979)

Nilai kekakuan dan damping untuk tiang pancang kelompok dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$k_z^g = \frac{\sum_1^N k_z^1}{\sum_1^N \alpha_A} \quad (3.76)$$

$$c_z^g = \frac{\sum_1^N c_z^1}{\sum_1^N \alpha_A} \quad (3.77)$$

Dimana : N = Jumlah tiang pada grup
 α_A = axial displacement

b. Kekakuan dan Damping Pada Pile Cap

$$k_z^f = G_s \cdot h \cdot \bar{S}_1 \quad (3.78)$$

$$c_z^f = h \cdot r_o \cdot \bar{S}_2 \cdot \sqrt{G_s \cdot \rho_s} \quad (3.79)$$

Dimana :

G_s = Modulus geser tanah (t/m^2)

h = Kedalaman pile cap (m)
 ro = Radius equivalent pile cap (m)

$$ro = \sqrt{\frac{B.L}{\pi}} \quad (3.80)$$

Dimana :

B = Lebar pile cap (m)
 L = Panjang pile cap (m)

$$\rho_s = \frac{\gamma_s}{g} \quad (3.81)$$

Dimana :

γ_s = Gamma tanah
 g = Percepatan gravitasi
 \bar{S}_1, \bar{S}_2 = Konstanta didapat dari tabel 3.9

Tabel 3. 9 Hubungan antara poisson ratio dengan \bar{S}_1, \bar{S}_2

V	\bar{S}_1	\bar{S}_2	\bar{S}_{x1}	\bar{S}_{x2}	$\bar{S}_{\phi 1}$	$\bar{S}_{\phi 2}$
0,0	2,7	6,7	3,6	8,2	2,5	1,8
0,25	2,7	6,7	4,0	9,1	2,5	1,8
0,4	2,7	6,7	4,1	10,6	2,5	1,8

Frequency Independent Constant for Embedded Pile Cap With Side Resistant (Novak,1972)

c. Nilai Kekakuan dan Damping Total

Pada suatu sistem pondasi dinamis yang menerima beban vertikal dinamis nilai kekakuan dan damping yang digunakan sebagai kekakuan dan damping sitem adalah nilai kekakuan total, yaitu nilai kekakuan dan damping group tiang ditambah dengan nilai kekakuan dan damping yang ada pada pile cap.

$$k_z^t = k_z^g + k_z^f \quad (3.82)$$

$$c_z^t = c_z^g + c_z^f \quad (3.83)$$

Dimana :

k_z^g = Nilai kekakuan tiang grup

k_z^f = Nilai kekakuan pile cap

c_z^g = Nilai redaman / damping tiang grup

c_z^f = Nilai redaman / damping pile cap

▪ Lateral

a. Kekuatan dan Damping Pada Tiang Pancang

Nilai kekakuan dan damping untuk tiang pancang tunggal akibat beban dinamis lateral dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$kx^1 = \frac{Ep \times I}{ro^3} \times f_{11,1} \quad (3.84)$$

Dimana :

Ep = Modulus elastis tiang

I = Momen Inersia

Ro = Equivalent radius tiang

$f_{11,1}$ = Faktor pengali dari tiang beton

$$cx^1 = \frac{Ep \times I}{ro^2 \times vs} \times f_{11,2} \quad (3.85)$$

Dimana :

Ep = Modulus elastis tiang

I = Momen Inersia

Ro = Equivalent radius tiang

vs = gelombang kecepatan geser

$f_{11,2}$ = Faktor pengali dari tiang beton

$f_{18,1}$ dan $f_{18,2}$ ini didapat dari gambar 3.8 dengan faktor-faktor :

- Jenis Pondasi Tiang (Concrete Pile / Timber Piles)
- l/ro , dimana, l = kedalaman pondasi tiang

ro = jari-jari pondasi tiang

- Vs/Vc, dimana, Vs = kecepatan geser tanah
Vc = kecepatan geser pondasi tiang pancang

Nilai kekauan dan damping untuk tiang pancang kelompok dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$k_x^g = \frac{\sum_1^N k_x^1}{\sum_1^N \alpha_L} \quad (3.86)$$

$$c_x^g = \frac{\sum_1^N c_x^1}{\sum_1^N \alpha_L} \quad (3.87)$$

Dimana : N = Jumlah tiang pada grup
 α_L = Lateral displacement

b. Kekakuan dan Damping Pada Pile Cap

$$k_x^f = Gs \cdot h \cdot \bar{S}_1 \quad (3.88)$$

$$c_x^f = h \cdot ro \cdot \bar{S}_2 \sqrt{Gs \cdot \rho s} \quad (3.89)$$

Dimana :

Gs = Modulus geser tanah (t/m^2)

h = Kedalaman pile cap (m)

ro = Radius equivalent pile cap (m)

$$ro = \sqrt{\frac{B \cdot L}{\pi}} \quad (3.90)$$

Dimana :

B = Lebar pile cap (m)

L = Panjang pile cap (m)

$$\rho s = \frac{\gamma s}{g} \quad (3.91)$$

Dimana :

γs = Gamma tanah

g = Percepatan gravitasi

\bar{S}_1, \bar{S}_2 = Konstanta didapat dari tabel 3.10

Tabel 3. 10 Hubungan antara poisson ratio dengan \bar{S}_1, \bar{S}_2

V	\bar{S}_1	\bar{S}_2	\bar{S}_{x1}	\bar{S}_{x2}	$\bar{S}_{\phi 1}$	$\bar{S}_{\phi 2}$
0,0	2,7	6,7	3,6	8,2	2,5	1,8
0,25	2,7	6,7	4,0	9,1	2,5	1,8
0,4	2,7	6,7	4,1	10,6	2,5	1,8

Frequency Independent Constant for Embedded Pile Cap With Side Resistant (Novak,1972)

c. Nilai Kekakuan dan Damping Total

Pada suatu sistem pondasi dinamis yang menerima beban vertikal dinamis nilai kekakuan dan damping yang digunakan sebagai kekakuan dan damping sitem adalah nilai kekakuan total, yaitu nilai kekakuan dan damping group tiang ditambah dengan nilai kekakuan dan damping yang ada pada pile cap.

$$k_x^t = k_x^g + k_x^f \quad (3.92)$$

$$c_x^t = c_x^g + c_x^f \quad (3.93)$$

Dimana :

k_x^g = Nilai kekakuan tiang grup

k_x^f = Nilai kekakuan pile cap

c_x^g = Nilai redaman / damping tiang grup

c_x^f = Nilai redaman / damping pile cap

▪ Uncoupled Rocking

a. Kekuatan dan Damping Pada Tiang Pancang

Nilai kekakuan dan damping untuk tiang pancang tunggal akibat beban dinamis rocking dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$k_{\psi}^1 = \frac{Ep \times I}{r_o} \times f_{7,1} \quad (3.94)$$

Dimana :

E_p	= Modulus elastis tiang
I	= Momen Inersia
R_o	= Equivalent radius tiang
$f_{7,1}$	= Faktor pengali dari tiang beton

$$c_{\psi}^1 = \frac{E_p \times I}{v_s} \times f_{7,2} \quad (3.95)$$

Dimana :

E_p = Modulus elastis tiang

I = Momen Inersia

v_s = gelombang kecepatan geser

$f_{7,2}$ = Faktor pengali dari tiang beton

$f_{7,1}$ dan $f_{7,2}$ ini didapat dari gambar 3.8 dengan factor-factor :

- Jenis Pondasi Tiang (Concrete Pile / Timber Piles)
- l/r_o , dimana, l = kedalaman pondasi tiang
 r_o = jari-jari pondasi tiang
- V_s/V_c , dimana, V_s = kecepatan geser tanah
 V_c = kecepatan geser pondasi tiang pancang

Nilai kekauan dan damping untuk tiang pancang kelompok dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$k_{\psi}^g = \sum_1^N [k_{\psi}^1 + k_z^1 x_r^2 + k_x z_c^2 - 2z_c k_x \psi^1] + k_{\psi}^f \quad (3.96)$$

$$c_{\psi}^g = \sum_1^N [c_{\psi}^1 + c_z^1 x_r^2 + c_x z_c^2 - 2z_c c_x \psi^1] + c_{\psi}^f \quad (3.97)$$

Dimana : N = Jumlah tiang pada grup

$k_z k_x$ = Kekakuan vertikal dan horizontal

$x_r z_c$ = Terdapat pada gambar 3.2

b. Kekakuan dan Damping Pada Pile Cap

$$k_{\psi}^f = G_s \cdot r_o \cdot h^2 \cdot \overline{S_{\psi 1}} + G_s \cdot r_o^2 \cdot h [(\delta^2/3) + (z_c/r_o)^2 - \delta(z_c/r_o)] \overline{S_{u1}} \quad (3.98)$$

$$c_{\psi}^f = \delta r_o^4 \sqrt{G_s \gamma_s / g} \{ \overline{S_{\psi 2}} + [(\delta^2/3) + (z_c/r_o)^2 - \delta(z_c/r_o)] \overline{S_{u2}} \} \quad (3.99)$$

Dimana :

G_s = Modulus geser tanah (t/m^2)

h = Kedalaman pile cap (m)

r_o = Radius equivalent pile cap (m)

$\frac{S_{\psi 2}}{S_{\psi 1}} \frac{S_{u 2}}{S_{u 1}}$ = Terdapat pada tabel 3.10

$\frac{S_{\psi 1}}{S_{\psi 2}} \frac{S_{u 1}}{S_{u 2}}$ = Terdapat pada tabel 3.10

$$\delta = \frac{h}{r_o} \quad (3.100)$$

$$r_o = \sqrt{\frac{B.L}{\pi}} \quad (3.101)$$

Dimana :

B = Lebar pile cap (m)

L = Panjang pile cap (m)

c. Nilai Kekakuan dan Damping Total

Pada suatu sistem pondasi dinamis yang menerima beban vertikal dinamis nilai kekakuan dan damping yang digunakan sebagai kekakuan dan damping sitem adalah nilai kekakuan total, yaitu nilai kekakuan dan damping group tiang ditambah dengan nilai kekakuan dan damping yang ada pada pile cap.

$$k_x^t = k_x^g + k_x^f \quad (3.102)$$

$$c_x^t = c_x^g + c_x^f \quad (3.103)$$

Dimana :

k_x^g = Nilai kekakuan tiang grup

k_x^f = Nilai kekakuan pile cap

c_x^g = Nilai redaman / damping tiang grup

c_x^f = Nilai redaman / damping pile cap

3.10.2.3 Menghitung Besarnya Amplitudo

a. Menghitung Besarnya Frekuensi Natural

- Akibat beban dinamis vertikal

$$fn_z = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{kz}{mz}} \quad (3.104)$$

- Akibat beban dinamis lateral

$$fn_x = \frac{20}{2\pi} \sqrt{\frac{kx}{mx}} \quad (3.105)$$

- Akibat beban dinamis rocking

$$fn_\psi = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{k\psi}{m\psi}} \quad (3.106)$$

b. Menghitung Damping Ratio

- Akibat beban dinamis vertikal

$$D_z = \frac{c_z}{2 \cdot \sqrt{kz \cdot mz}} \quad (3.107)$$

- Akibat beban dinamis lateral

$$D_x = \frac{c_x}{2 \cdot \sqrt{kx \cdot mx}} \quad (3.108)$$

- Akibat beban dinamis rocking

$$D_\psi = \frac{c_\psi}{2 \cdot \sqrt{k\psi \cdot m\psi}} \quad (3.109)$$

c. Menghitung Frekuensi Resonansi (fr)

- Akibat beban dinamis vertikal

$$f_r = \frac{fn_z}{\sqrt{(1-2 \cdot D_z^2)}} \quad (3.110)$$

- Akibat beban dinamis lateral

$$f_r = \frac{fn_x}{\sqrt{(1-2 \cdot D_x^2)}} \quad (3.111)$$

- Akibat beban dinamis rocking

$$f_r = \frac{fn_\psi}{\sqrt{(1-2 \cdot D_\psi^2)}} \quad (3.112)$$

d. Menghitung Pembesaran Momen (M)

- Vertikal

$$r = \frac{fme \sin}{fn_z} \quad (3.113)$$

$$M = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2.D_z.r)^2}} \quad (3.114)$$

- Lateral

$$r = \frac{fme \sin}{fn_x} \quad (3.115)$$

$$M = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2.D_x.r)^2}} \quad (3.116)$$

- Rocking

$$r = \frac{fme \sin}{fn_\psi} \quad (3.117)$$

$$M = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2.D_\psi.r)^2}} \quad (3.118)$$

e. Menghitung Amplitudo

- Vertikal

$$A_z = \frac{M.Foz}{k_z} \quad (3.119)$$

- Lateral

$$A_x = \frac{M.Fox}{k_x} \quad (3.120)$$

- Rocking

$$A_\psi = \frac{M.T\psi}{k_\psi} \quad (3.121)$$

f. Menghitung Penyaluran Gaya ke Tanah Melalui Pondasi atau Transmibility Factor (Tr)

- Vertikal

$$Tr_z = \frac{\sqrt{(1+(2.D_z.r)^2)}}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2.D_z.r)^2}} \quad (3.122)$$

- Lateral

$$Tr_x = \frac{\sqrt{(1+(2.D_x.r)^2)}}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2.D_x.r)^2}} \quad (3.123)$$

- Rocking

$$Tr\psi = \frac{\sqrt{(1+(2.D\psi.r)^2)}}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2.D\psi.r)^2}} \quad (3.124)$$

g. Menghitung Transmitted Force

- Vertikal

$$P_v = Trz.Foz \quad (3.125)$$

- Lateral

$$P_H = Trz.Fox \quad (3.126)$$

- Rocking

$$P_{T\psi} = Tr\psi \cdot T\psi \quad (3.127)$$

3.10.2.4 Cek Desain Perencanaan

Pondasi mesin yang telah direncanakan harus sesuai dengan kriteria-kriteria atau batasan-batasan sehingga pondasi tersebut dianggap layak dan efisien, yaitu sebagai berikut :

1. Amplitudo yang terjadi maksimal harus masuk dalam "Easily Not Noticeable to Person" pada tabel 3.12
2. Amplitudo pada saat mesin berjalan harus masuk dalam zone A (no faults) atau zona B (minor faults), pada gambar 3.12
3. Kecepatan $2 \times \pi \times f$ (cpm) \times Amplitudo maksimal harus masuk dalam kategori keadaan mesin "good" (tabel 3.11)

Apabila kategori keadaan mesin melebihi kategori "fair" bisa dipertimbangkan aturan berikut : Kecepatan $4 \times \pi \times f$ (cpm) \times Amplitudo maksimal harus masuk dalam kategori zone B (minor faults) gambar 3.13. Cek percepatan tidak perlu bila vibrasi dan kecepatan ok.

4. Magnification factor (M) $<$ 1,5
5. Cek kopel :

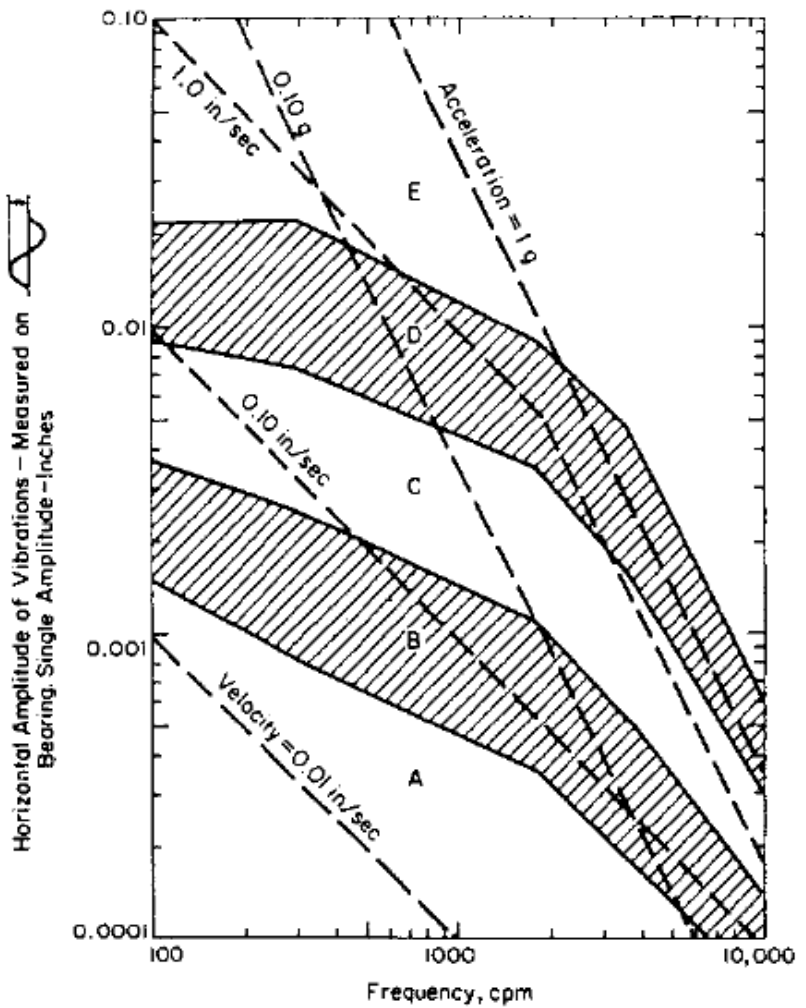
$$\frac{\sqrt{fn_x^2 + fn_x\phi^2}}{fn_xfn_\phi} \leq \frac{2}{3.f_{mesin}} \rightarrow \text{kopel bisa diabaikan}$$

(3.128)

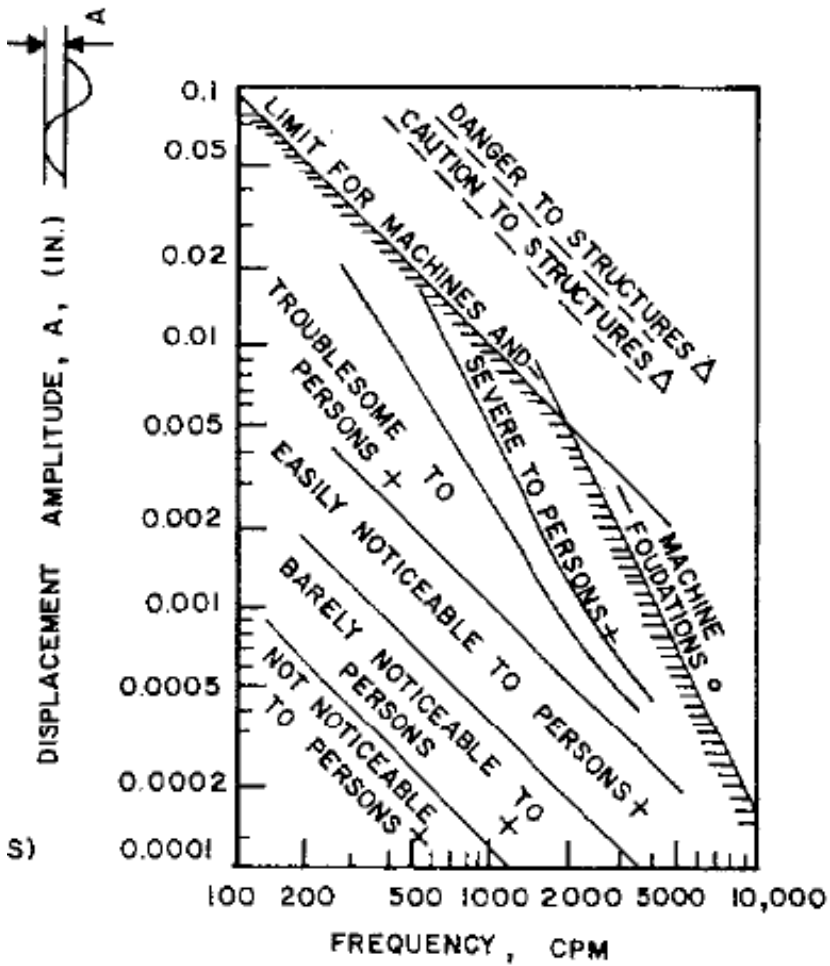
Tabel 3. 11 General Machinery-Vibration Sevurity

Kecepatan Horizontal (in/sec)	Keadaan Mesin
<0,005	Extremely smooth
0,005-0,010	Very smooth
0,010-0,020	Smooth
0,020-0,040	Very good
0,040-0,080	Good
0,080-0,160	Fair
0,160-0,315	Slightly rough
0,315-0,630	Rough
>0,630	Very rough

(Baxter and Benhard, 1967)



Gambar 3. 9 Vibration Performance of Rotating Machines
(Suresh, Michael, George, 1979)



Gambar 3. 10 General Limits of Vibration Amplitude for Particular Frequency (Suresh, Michael, George, 1979)

3.10.2.5 Perhitungan Penulangan Pile Cap

Dalam kelompok tiang pancang ujung atas tiang-tiang tersebut dihubungkan satu dengan yang lain menggunakan *poer* yang kaku sehingga merupakan satu kesatuan yang kokoh. Dengan *poer* ini diharapkan bila kelompok tiang pancang tersebut dibebani secara merata akan terjadi settlement (penurunan) yang merata pula.

Adapun langkah – langkah perhitungan penulangan pile cap adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tebal telapak pondasi
2. Hitung tinggi efektif dengan rumus :

$$d = h - p - D - 1/2D \quad (3.129)$$

dimana :

h = tebal pile cap

p = selimut beton

D = diameter tulangan

3. Pembebanan yang terjadi
4. Menghitung besarnya momen yang bekerja
5. Perhitungan luas tulangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (3.130)$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} \quad (3.131)$$

Hitung ρ perlu, ρ min, ρ max dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right] \quad (3.132)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} \quad (3.133)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \beta \times \frac{fc}{fy} \times \frac{600}{600 - fy} \quad (3.134)$$

Dimana :

$\beta = 0,85$ Untuk $0 \leq fc \leq 30$ MPa

$\beta = 0,85 - [0,0008 \times (fc - 30)]$

Untuk $30 \leq fc \leq 55$ Mpa (3.135)

$\beta = 0,65$

Untuk $fc > 55$ MPa

Bila nilai $\rho_{perlu} < \rho_{min} < \rho_{max}$, maka digunakan ρ_{perlu}

Luas tulangan bawah : $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ (3.136)

6. Menentukan diameter dan jumlah tulangan

3.11 Gambar Rencana

Hasil dari analisa struktur diatas divisualisasikan dalam gambar teknik. Dalam penggambaran ini menggunakan program AutoCAD.

3.12 Kesimpulan

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

4.1.1 Umum

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

4.1.2 Data Perencanaan

Sebelum perhitungan *preliminary design* perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban-beban yang diterima struktur gedung tersebut. Pada perencanaan bangunan mesin kiln PT Pentawira Argha Sakti dimodifikasi menggunakan beton pracetak biasa dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Fungsi bangunan : Bangunan Mesin
- Lokasi : Kota Tuban, Jawa Timur
- Jumlah Lantai : 2 lantai *blower room* dan 1 *mesin kiln*
- Ketinggian Lantai : a) Lantai 1 *blower room* = 6,00 m
b) Lantai 2 *blower room* = 3,70 m
c) Mesin kiln = 9,70 m
- Tinggi Bangunan : 48.5 m dari jalan raya
- Total luas area : $\pm 5.402 \text{ m}^2$
- Mutu beton ($f'c$) : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 390 MPa
- Letak bangunan : Dekat pantai

4.1.3 Pembebanan

1. Beban Statis (SNI 1727:2012)
 - Beban Mati (PPIUG 1983)
 - Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m³
 - Tegel : 24 kg/m²
 - Dinding ½ bata : 250 kg/m³
 - Plafon : 11 kg/m²
 - Penggantung : 7 kg/m²
 - *Plumbing + ducting* : 25 kg/m²
 - Spesi : 21 kg/m²
 - Beban Hidup
 - Beban atap : 100 kg/m²
 - Lantai : 250 kg/m²
2. Beban Angin
 - Dekat dengan pantai : 40 kg/m²
3. Beban Gempa
 - Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 1726:2012.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Balok

Modifikasi dalam tugas akhir ini menggunakan balok yang penampangnya berbentuk persegi (*rectangular beam*). Perencanaan balok dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama balok pracetak dibuat dengan sistem pabrikasi yang kemudian pada tahap kedua dilakukan penyambungan dengan menggunakan sambungan basah. Pada tahap kedua balok dipasang dengan pengangkatan ke lokasi proyek lalu dilakukan *overtopping (cast in situ)* setelah sebelumnya dipasang terlebih dahulu pelat pracetak. Dengan sistem tersebut maka akan terbentuk struktur yang monolit.

Dimensi balok yang diisyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 yang tertera pada Tabel 9.5.1 adalah sebagai berikut:

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

Untuk f_y selain 420 MPa, nilai dikalikan dengan $(0,4+f_y/700)$ (SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a))

Untuk lebar balok diambil $2/3$ dari tinggi balok :

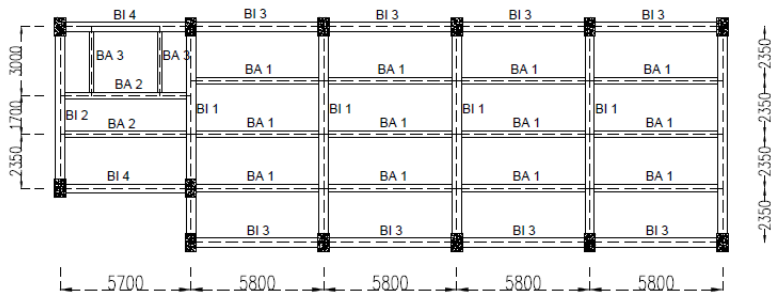
$$b = \frac{2}{3} \times h$$

di mana :

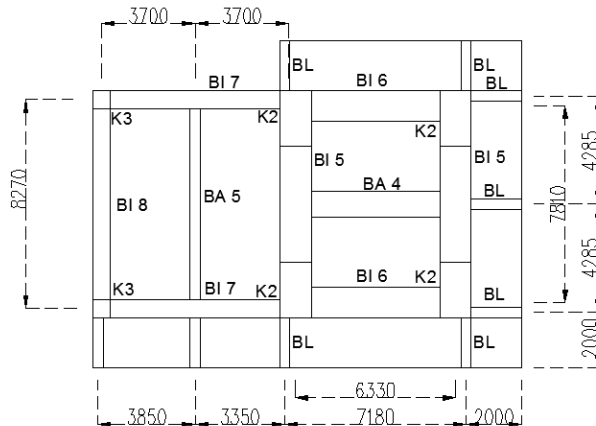
b = lebar balok

h = tinggi balok

L_b = lebar kotor dari balok



Gambar 4. 1 Denah Pembalokan Blower Room



Gambar 4. 2 Denah Pembalokan Mesin Kiln

4.1.4.1 Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 35 MPa dan mutu baja 390 MPa sehingga digunakan:

➤ **Balok induk melintang (L = 940 cm)**

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L_b = \frac{1}{16} \times 940 \text{ cm} = 58,75 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 75 \times (0,4 + f_y/700) = 58,875 \text{ cm digunakan } h = 60 \text{ cm}$$

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

Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan dimensi 40/60.

➤ **Balok induk melintang (L = 705 cm)**

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L_b = \frac{1}{16} \times 705 \text{ cm} = 44,05 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 75 \times (0,4 + f_y/700) = 39,65 \text{ cm digunakan } h = 60 \text{ cm}$$

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

Maka direncanakan dimensi balok induk melintang dengan dimensi 40/60.

➤ **Balok induk memanjang (eksterior) (L = 580 cm)**

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L_b = \frac{1}{16} \times 580 \text{ cm} = 36,25 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 75 \times (0,4 + f_y/700) = 32,625 \text{ cm digunakan } h = 60 \text{ cm}$$

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

Maka direncanakan dimensi balok induk melintang dengan dimensi 40/60.

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Kode	Letak	Lb (cm)	h pakai (cm)	b pakai (cm)	Dimensi (cm)	Jumlah
BI 1	Blower Room	940	60	40	40/60	8
BI 2	Blower Room	705	60	40	40/60	4
BI 3	Blower Room	580	60	40	40/60	20
BI 4	Blower Room	570	60	40	40/60	6
BI 5	Mesin Kiln	781	190	125	125/190	2
BI 6	Mesin Kiln	633	180	120	120/180	2
BI 7	Mesin Kiln	740	100	70	70/100	2
BI 8	Mesin Kiln	781	100	70	70/100	1

(Hasil Perhitungan)

4.1.4.2 Dimensi Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus dengan mutu beton 35 MPa dan mutu baja 390 MPa sehingga digunakan :

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times L \quad (\text{SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a)})$$

Untuk f_y selain 420 MPa, nilai dikalikan dengan $(0,4+f_y/700)$ (SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a))

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

Di mana :

b = lebar balok

h = tinggi balok

➤ Balok anak (L = 580 cm)

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times 580 \text{ cm} = 27,62 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 24,85 \text{ cm digunakan } h = 30 \text{ cm}$$

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

maka digunakan balok anak dengan dimensi 20/30.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Kode	Letak	Lb (cm)	h pakai (cm)	b pakai (cm)	Dimensi (cm)	Jumlah
BA1	Blower Room	580	40	30	30/40	24
BA2	Blower Room	570	40	30	30/40	6
BA3	Blower Room	300	30	20	20/30	6
BA4	Mesin Kiln	633	150	100	100/150	1
BA5	Mesin Kiln	781	60	40	40/60	1
BL	Mesin Kiln	200	60	40	40/60	9

(Hasil Perhitungan)

4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat

4.1.5.1 Perencanaan Pelat

Peraturan penentuan tebal pelat minimum satu arah dan dua arah menggunakan persyaratan pada SNI 2847:2013. Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal pelat minimum satu arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5 tabel 9.5(a).

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

- 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:

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

(SNI 2847:2013, persamaan 9-12)

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

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm
(SNI 2847:2013, persamaan 9-13)

Di mana:

ℓ_n = panjang bentang bersih arah memanjang pelat (m)

β = rasio panjang bentang arah memanjang dengan arah memendek pelat

α_m = nilai rata-rata dari α untuk semua balok pada tepi dari suatu pelat

α = rasio dari kekuatan lentur penampang balok dengan kekakuan pelat

f_y = kuat leleh baja non-prategang (MPa)

$$\alpha = \frac{E_{balok} \times I_{balok}}{E_{pelat} \times I_{pelat}}$$

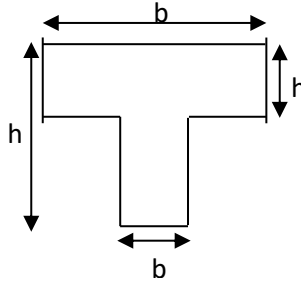
$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times bw \times h^3 \times k$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} \times b \times t^3$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{hw}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right)\right] + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{hw}\right)^3}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

Perumusan untuk mencari lebar flens pada balok SNI 2847:2013 pasal 8.12

- Balok tengah (Interior)
 - $be_1 \leq bw + 2(8hf)$
 - $be_2 \leq bw + (2 \times \frac{1}{2} Ln)$
 - dipakai yang terkecil



Gambar 4. 3 Potongan Penampang Balok Induk Interior
40/60

Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.12.2: nilai lebar slab efektif sebagai sayap balok-T tidak boleh memenuhi seperempat bentang balok, dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi:

- Delapan kali tebal slab
- Setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya

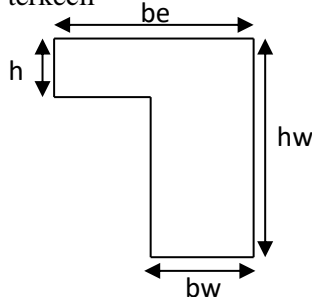
- Balok tepi (Eksterior)

$$be_1 \leq bw + \frac{L}{12}$$

$$be_2 \leq bw + 6hf$$

$$be_3 \leq bw + \frac{1}{2} Ln$$

dipakai yang terkecil



Gambar 4. 4 Potongan Penampang Balok Induk Eksterior
40.60

Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.12.3: Nilai lebar sayap efektif yang menggantung tidak boleh melebihi:

- Seperduabelas panjang bentang balok
- Enam kali tebal slab
- Setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya

4.1.5.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan 1 tipe pelat yang memiliki ukuran yaitu :

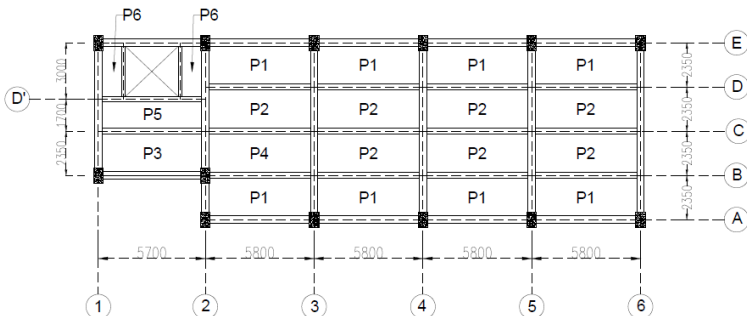
- Pelat tipe P1 : 580 x 235 cm

Tipe pelat tersebut direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

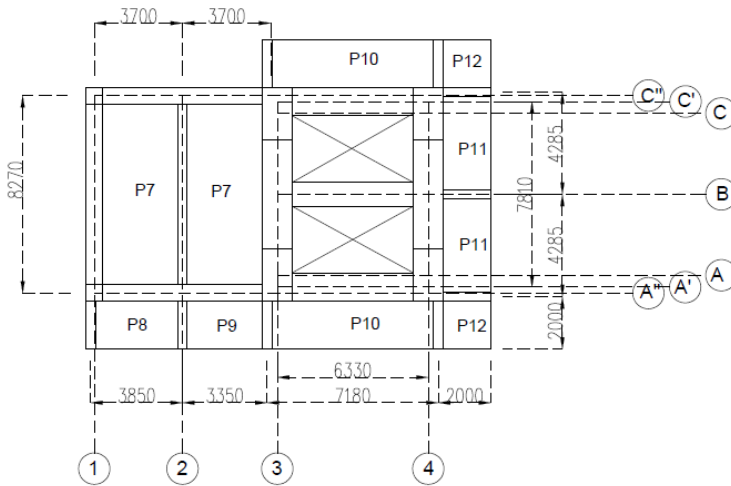
- Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 390 Mpa
- Tebal pelat rencana (t) = 12 cm

Untuk perhitungan pelat satu arah adalah sebagai berikut:

- Pelat tipe P1 ukuran 580 cm x 235 cm



Gambar 4. 5 Tipe Pelat Blower Room



Gambar 4. 6 Tipe Pelat Mesin Kiln

$$L_n = 580 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 540 \text{ cm}$$

$$S_n = 235 - \left(\frac{40}{2} + \frac{20}{2} \right) = 205 \text{ cm}$$

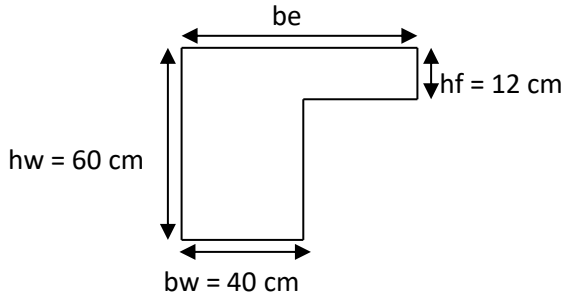
4.1.5.3 Kontrol Tebal Pelat

Untuk pelat tipe P1 dengan dimensi 580 cm x 235 cm nilai β adalah

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{540}{205} = 2,6 > 2 \quad (\text{pelat satu arah})$$

$\beta > 2$ tergolong dalam pelat satu arah, maka perhitungan lebar sayap efektif adalah:

1. Balok induk B1 L = 580 cm (40/60) (Eksterior)



Gambar 4. 7 Potongan Penampang Balok Induk Eksterior
40/60

$$be_1 \leq bw + \frac{L}{12} = 40 + \frac{580}{12} = 88,3 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq bw + 6hf = 40 + 6(12) = 112 \text{ cm}$$

$$be_3 \leq bw + \frac{1}{2} Ln = 60 + \frac{1}{2} (205) = 142,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $be = 88,3 \text{ cm}$... (terkecil)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{88,3}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{88,3}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{88,3}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

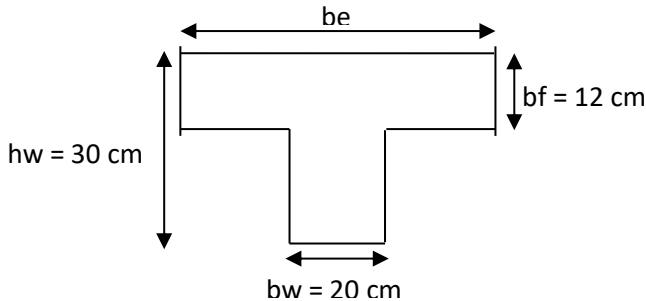
$$k = 1,38$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12} \times bw \times hw^3 \times k \\
 &= \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1,38 \\
 &= 996017,72 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{pelat}} &= \frac{1}{12} \times L \times hf^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 600 \times 12^3 \\
 &= 86400 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{3468177,78}{86400} = 40,14$$

2. Balok anak BA2 L = 580 cm (20/30) (Interior)



Gambar 4. 8 Potongan Penampang Balok Anak Interior
20/30

$$be_1 \leq bw + 2(8hf) = 20 + 2(8 \times 12) = 212 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq bw + \left(2 \times \frac{1}{2} Ln\right) = 20 + \left(2 \times \frac{1}{2} \times 205\right) = 225 \text{ cm}$$

Maka dipakai $be = 212 \text{ cm}$... (terkecil)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{212}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{30}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{30}\right) + 4 \left(\frac{12}{30}\right)^2 + \left(\frac{212}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{30}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{212}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{30}\right)}$$

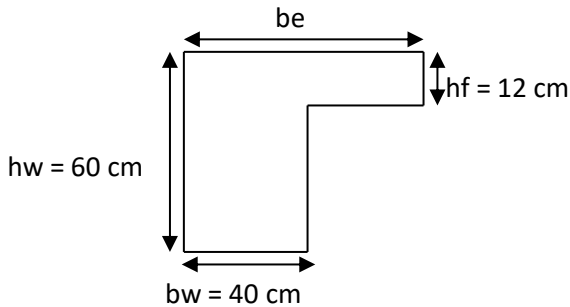
$$k = 2,47$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12} \times bw \times hw^3 \times k \\ &= \frac{1}{12} \times 20 \times 30^3 \times 2,47 \\ &= 111206,68 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{pelat}} &= \frac{1}{12} \times L \times hf^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 580 \times 12^3 \\ &= 83520 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{111206,68}{83520} = 1,33$$

3. Balok induk B1 L = 970 cm (40/60) (Eksterior)



Gambar 4. 9 Potongan Penampang Balok Induk eksterior
40/60

$$be_1 \leq bw + \frac{L}{12} = 40 + \frac{235}{12} = 59,58 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq bw + 6hf = 40 + 6(12) = 112 \text{ cm}$$

$$be_3 \leq bw + \frac{1}{2} Ln = 40 + \frac{1}{2} (540) = 310 \text{ cm}$$

Maka dipakai $be = 59,58 \text{ cm}$... (terkecil)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6\left(\frac{hf}{hw}\right) + 4\left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{59,58}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{60}\right) + 4\left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{59,58}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{59,58}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,18$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times bw \times hw^3 \times k$$

$$= \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1,18$$

$$= 846108,05 \text{ cm}^4$$

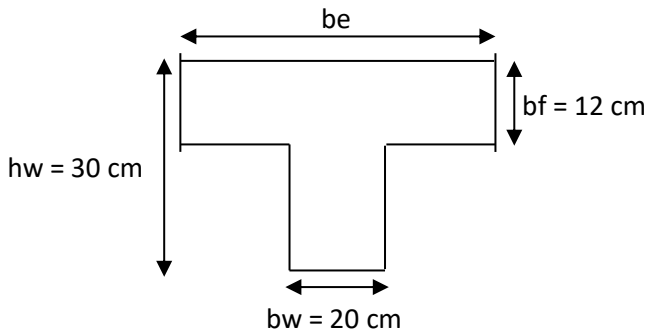
$$I_{\text{pelat}} = \frac{1}{12} \times L \times hf^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 235 \times 12^3$$

$$= 33840 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{846108,05}{33840} = 25$$

4. Balok induk BI 2 L = 940 cm (40/60) (Interior)



Gambar 4. 10 Potongan Penampang Balok Induk Interior
40/60

$$be_1 \leq bw + 2(8hf) = 40 + 2(8 \times 12) = 232 \text{ cm}$$

$$be_2 \leq bw + \left(2 \times \frac{1}{2} Ln\right) = 40 + \left(2 \times \frac{1}{2} \times 540\right) = 580 \text{ cm}$$

Maka dipakai $be = 232 \text{ cm}$... (terkecil)

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{232}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{232}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{232}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,98$$

$$\begin{aligned} I_{balok} &= \frac{1}{12} \times bw \times hw^3 \times k \\ &= \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1,98 \\ &= 1424741,88 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{pelat} &= \frac{1}{12} \times L \times hf^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 235 \times 12^3 \\ &= 33840 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{1424741,88}{33840} = 42,10$$

$$\text{Jadi, } \alpha_m = \frac{40,14 + 1,33 + 25 + 42,10}{4} = 25,54$$

Karena $\alpha_m > 2$ maka perletakan pelat adalah jepit penuh
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3(c) yang mana $\alpha_m > 2$
maka ketebalan pelat minimum adalah:

$$h = \frac{\ell n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

$$h = \frac{540 \left(0,8 + \frac{390}{1400} \right)}{36 + 9 \times 2,6} = 9,49 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

Maka digunakan tebal pelat 12 cm

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi Pelat

Tip e	Letak	Ly (cm)	Lx (cm)	Ln (cm)	Sn (cm)	B	Ket.	h pakai (cm)
P1	Blower Room	235	100	206	100	2,6	1 arah	12
P2	Blower Room	235	100	211	100	2,1	1 arah	12
P3	Blower Room	235	100	206	100	2,6	1 arah	12
P4	Blower Room	235	100	211	100	2,1	1 arah	12
P5	Mesin Kiln	570	160	563	146	3,8	1 arah	12
P6	Mesin Kiln	300	120	271	110	2,7	1 arah	12
P7	Mesin Kiln	370	100	370	100	3,7	1 arah	12
P8	Mesin Kiln	385	100	385	100	3,8	1 arah	12
P9	Mesin Kiln	335	100	335	100	3,3	1 arah	12
P10	Mesin Kiln	633	200	633	200	3,1	2 arah	12
P11	Mesin Kiln	428	200	428	200	2,1	1 arah	12
P12	Mesin Kiln	200	200	1800	180	1	2 arah	12

(Hasil Perhitungan)

Tebal pelat yang direncanakan 12 cm telah memenuhi syarat. Perincian elemen pelat yang merupakan pelat pracetak adalah:

- Tebal pelat pracetak = 8 cm
- Tebal *overlapping* = 4 cm

4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang ditinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar. Pada tugas akhir ini, kolom yang hendak direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 580 x 235 cm.

Tabel 4. 4 Beban Hidup Lantai Atap

Beban	Berat Sendiri	b	L	t	Lantai	Berat (kg)
Lantai atap	96	5,8	2,35			1308,48
Air Hujan	20	5,8	2,35			272,60
Berat Total (LL)						1581,08

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 5 Beban Mati Lantai Atap

Beban	Berat Sendiri	b	L	t	Lantai	Berat (kg)
Pelat lantai atap	2400	5,8	2,35	0,15	1	4906,8
Penggantung	7	5,8	2,35		1	95,41
Plafon	11	5,8	2,35		1	149,93
Balok induk memanjang	2400	0,6	4,85	0,4	1	2793,6
Balok induk melintang	2400	0,6	5,8	0,4	1	3340,8
Dinding	-	-	-	-	-	0
Tegel	-	-	-	-	-	0
Spesi (1 cm)	21	5,8	2,35	0,01	1	2,8623
Kolom (40x40)	2400	-	-	-	1	0
Dacting dan Plumbing	30	5,8	2,35	-	1	408,9

Berat Total (DL)	11698,3
------------------	---------

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 6 Beban Hidup Lantai 1

Beban	Berat Sendiri	b	L	t	Lantai	Berat (kg)
Lantai atap	100	-	-	-	-	0
Lantai	718	5,8	2,35			9786,34
Berat Total (LL)						9786,34

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 7 Beban Mati Lantai 1

Beban	Berat Sendiri	b	L	t	Lantai	Berat (kg)
Pelat lantai 1	2400	5,8	2,35	0,15	1	4906,8
Penggantung	7	5,8	2,35		1	95,41
Plafon	11	5,8	2,35		1	149,93
Balok induk memanjang	2400	0,6	4,85	0,4	1	2793,6
Balok induk melintang	2400	0,6	5,8	0,4	1	3340,8
Dinding	250	5,8	-	6	-	8700
Tegel	24	5,8	2,35	-	-	327,12
Spesi (1 cm)	21	5,8	2,35	0,01	1	2,8623
Kolom (40x40)	2400	0,6	0,6	6	1	5184
Dacting dan Plumbing	30	5,8	2,35	-	1	408,9
Berat Total (DL)						25909,42

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Beban Mati dan Hidup Lantai

Beban	Berat (kg)
Mati	37607,72

Hidup	11367,42
-------	----------

(Hasil Perhitungan)

Koefisien Reduksi untuk beban hidup untuk hotel (PPIUG tabel 3.3) = 1.

$$\begin{aligned} \text{Jadi berat total} &= 1,2 D_L + 1,6 L_L \\ &= 1,2 (37607,72) + 1,6 (11367,42) \\ &= 63317,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 (b) aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ($\phi=0,65$).

$$\text{Mutu beton} = 35 \text{ MPa} = 35 \times 10 = 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rencana awal} \rightarrow A = \frac{W}{\phi f' c} = \frac{63317,14}{0,65 \times 350} = 542,71 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Misalkan } b=h, \text{ maka } b^2 &= 542,71 \text{ cm}^2 \\ b &= 23,29 \text{ cm} \approx 140 \text{ cm} \end{aligned}$$

Digunakan dimensi kolom 80 x 50 cm.

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Kode	Letak	b (cm)	h (cm)
K1	Blower Room	80	50
K2	Mesin Kiln	220	125
K3	Mesin Kiln	70	70

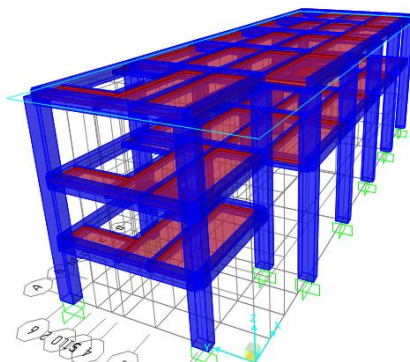
4.2 Pembebanan dan Analisa Struktur

4.3.1 Umum

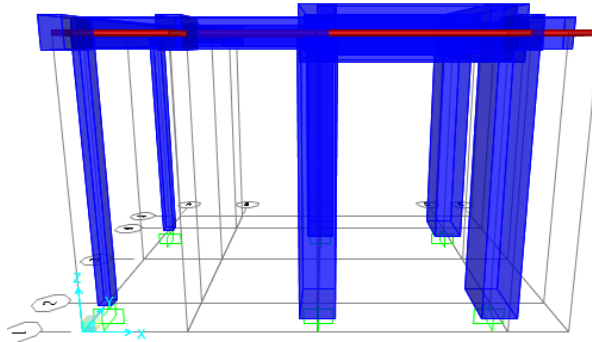
Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 1727:2013, PPIUG 1983 dan SNI 2847:2013, dan pembebanan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

4.3.2 Permodelan Struktur

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul 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.



Gambar 4. 11 Permodelan 3D Struktur Blower Room



Gambar 4. 12 Permodelan 3D Struktur Blower Room

4.3.3 Pembebanan Gravitasi

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

- Beban Mati (PPIUG 1983)
 - Berat sendiri beton bertulang : 24 KN/m³
 - Berat sendiri betonprategang : 25 KN/m³
 - Adukan finishing : 0,21 KN/m³
 - Tegel : 0,24 KN/m³
 - Dinding setengah bata : 0,25 KN/m³
 - Plafond : 0,11 KN/m³
 - Penggantung : 0,07 KN/m³
 - Plumbing +ducting : 0,25 KN/m
- Beban Hidup (SNI 1727 : 2013)
 - Lantai Pabrik : 4,00 KN/m³
 - Lantai balkon : 3,00 KN/m³

Dari analisa yang telah dilakukan berikut adalah rekap pembebanan Gravitasi pada bangunan mesin kiln PT Pentwira :

Tabel 4. 10 Rekap Pembebanan Gravitasi

Rekap Pembebanan		
Bangunan	Beban Mati (kg)	Beban Hidup 8kg)
Mesin Kiln	546106,90	46858,34
Total	592965,30	
<i>Blower Room</i>	468388,30	817328
Total	1285716	

(Hasil Perhitungan)

Pembebanan yang diinputkan pada SAP2000 haruslah mendekati yang telah di hitung secara manual sehingga pembebanan pada SAP2000 dapat dikatakan benar. Berikut adalah pembebanan gravitasi yang didapatkan dari SAP2000 :

Tabel 4. 11 Pembebanan Gravitasi pada SAP2000

Load Case/Combo	Bangunan	Fz (kgf)
1D + 1L	Mesin Kiln	610618,6
1D + 1L	<i>Blower Room</i>	1280274,3

(Hasil Perhitungan SAP2000)

Jadi total beban gravitasi pada SAP2000 (1D+1L) untuk blower room sebesar **680.274,3 Kg**, dan mesin kiln sebesar **1.280.274,3 Kg**. Sehingga didapatkan perhitungan blower room dan mesin kiln, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{total}} \text{ SAP2000 Mesin Kiln} &= \mathbf{610.618,6 \text{ kg}} \\
 W_{\text{total}} \text{ Manual Mesin Kiln} &= \mathbf{592.965,3 \text{ kg}} \\
 \text{Selisih perhitungan manual dengan SAP2000} &= \mathbf{2,89\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{total}} \text{ SAP2000 blower room} &= \mathbf{1.285.716 \text{ kg}} \\
 W_{\text{total}} \text{ Manual blower room} &= \mathbf{1.280.274,3 \text{ kg}} \\
 \text{Selisih perhitungan manual dengan SAP2000} &= \mathbf{0,79\%}
 \end{aligned}$$

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada SAP2000 sudah **benar**.

4.2.4 Pembebanan Dinamis Mesin

Rotor pada mesin berputar terhadap sumbu y sehingga menghasilkan gaya dinamis arah sumbu x dan z sebesar :

$$F_o = m \times e \times \omega^2$$

Dimana :

m = massa rotor mesin

e = eksentrisitas dari rotor

$$= \alpha \times \sqrt{12000/rpm} \leq 1.0 \text{ mil (API Standart)}$$

ω = $2 \times \pi \times (f/60)$

f = frekuensi mesin (rpm)

4.2.5 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa. Dalam permodelan di dalam SAP2000 permodelan gempa dinamis arah X dan arah Y ditambahkan faktor eksentrisitas akibat bangunan tidak simetris sebesar 5%.

4.2.5.1 Faktor Keutamaan Gempa

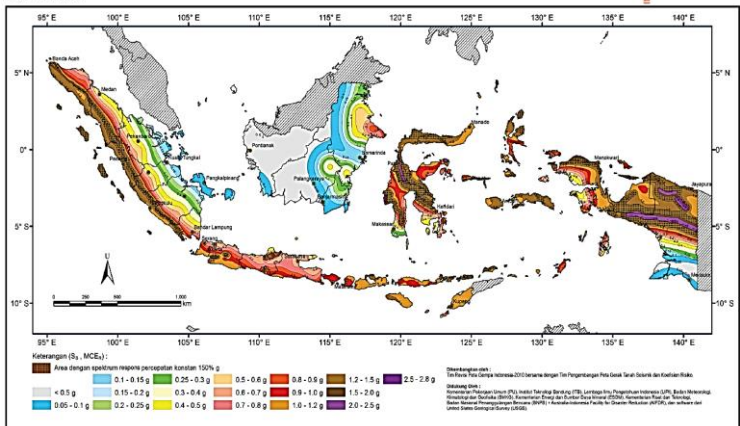
Faktor keutamaan gempa seperti yang telah di bahas pada Subab 2.9.1 ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung pabrik masuk dalam kategori resiko I dengan fator keutamaan gempa (*I*) **1,0**.

4.2.5.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan bangunan kiln PT Pentawira didapatkan nilai N (tes N_{spt}) sampai kedalaman 22 meter lebih besar dari 15 jadi dapat dikatakan tanah termasuk dalam kelas situs **SD** (Tanah Sedang).

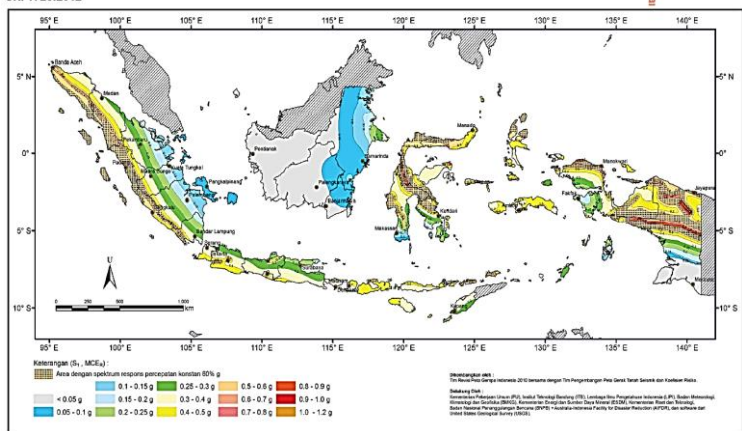
4.2.5.3 Parameter Respon Spectral

SNI 1726:2012



Gambar 4. 13 Peta untuk Menentukan Perioda 0.2 detik (S_s)

SNI 1726:2012



Gambar 4. 14 Peta untuk Menentukan Perioda 1 detik (S_1)

S_s , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCE_R). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis), Kelas situs

SD. Dari gambar 5.2 a untuk daerah Tuban didapatkan nilai $S_s = 0,65$ g.

S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCE_R) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SD. Dari gambar 5.2 b untuk wilayah Tuban $S_1 = 0,25$ g.

4.2.5.4 Parameter Percepatan Spectral Desain

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

$$S_{MS} = F_a S_s = 1,3 \times 0,65 = 0,845$$

$$S_{M1} = F_v S_1 = 2 \times 0,25 = 0,5$$

sehingga

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,845 = 0,563$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,5 = 0,333$$

Untuk periode pendek 0.2 detik (S_s) sebesar 0,656 g dan parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik (S_1) sebesar 0,25 g dengan kelas situs SD didapatkan daerah Jakarta memiliki S_{DS} sebesar **0,563** dan S_{D1} sebesar **0,333**.

4.2.5.5 Kategori Desain Seismik

Seperti yang telah di bahas pada subbab 2.3.6, kategori desain seismik dibagi berdasarkan tabel 2.6 dan tabel 2.7 untuk S_{DS} sebesar 0,563 dan S_{D1} sebesar 0,333 dan kategori resiko I kategori desain seismik tergolong kategori D. Untuk kategori D tipe struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

4.2.5.6 Respon Spektrum Desain

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

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

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

$$S_a = S_{DS}$$

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

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

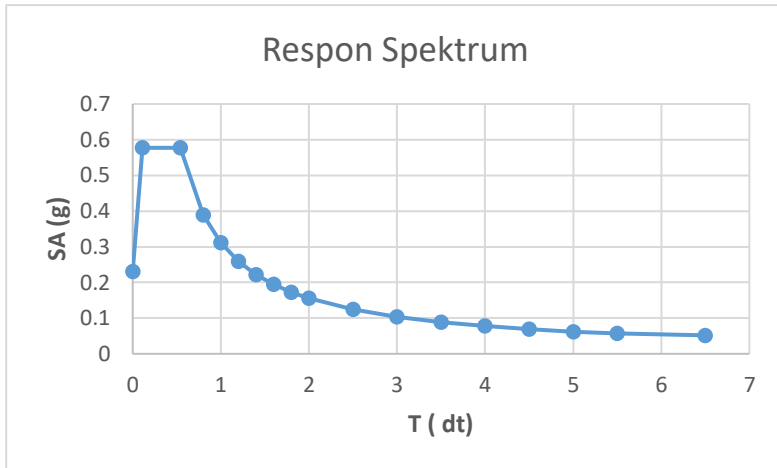
Dimana :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,185 \text{ dt} ; T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,923 \text{ dt}$$

Sehingga didapatkan respon spektrum desain sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Respon Spektrum Desain

T	Sa	T	Sa	T	Sa
0	0,2309	1,4	0,2222	3,5	0,0889
0,1077	0,5773	1,6	0,1944	4	0,0778
0,5387	0,5773	1,8	0,1728	4,5	0,0691
0,8	0,3888	2	0,1555	5	0,0622
1	0,3110	2,5	0,1244	5,5	0,0565
1,2	0,2592	3	0,1037	6,5	0,0518



Gambar 4. 15 Grafik Respon Spektrum Desain

4.2.6 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

$$T = C_u \times T_a$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 15, tipe struktur system rangka pemikul momen menggunakan nilai parameter periode pendekatan C_t adalah 0,466, nilai x digunakan 0,9 daan ketinggian gedung 60,5m.

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

$$T_a = 0,466 \times 9,7^{0,9}$$

$$T_a = 0,3601 \text{ dt}$$

Dimana :

T_a = periode fundamental pendekatan

C_t = koefisien pendekatan

h_n = ketinggian struktur

Tabel 4. 13 Koefisien Batas Atas Periode Gedung

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

Perhitungan waktu getar alami fundamental menggunakan rumusan berikut :

$$T = C_u \times T_a$$

$$T = 1,4 \times 0,3601 dt$$

$$T = 0,5042 dt$$

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

$$T < C_u \times T_a$$

Nilai T didapat dari permodelan SAP2000 yang telah diinput gaya gempa dinamik.

Tabel 4. 14 Modal Periode dan Frekuensi Mesin Kiln

OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	0.242342
MODAL	Mode	2	0.21595
MODAL	Mode	3	0.152799
MODAL	Mode	4	0.065905
MODAL	Mode	5	0.062229
MODAL	Mode	6	0.059512
MODAL	Mode	7	0.059313
MODAL	Mode	8	0.058972
MODAL	Mode	9	0.039733
MODAL	Mode	10	0.037973
MODAL	Mode	11	0.032235
MODAL	Mode	12	0.032189

Periode fundamental struktur terbesar yang didapat dari analisis SAP2000 = 0,2423 dt maka:

$$T_a \text{ SAP2000} < C_u \times T_a$$

$$0,2423 \text{ dt} < 0,5042 \text{ dt} \dots \textbf{OK}$$

Tabel 4. 15 Modal Periode dan Frekuensi Blower Room

OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	0.423967
MODAL	Mode	2	0.41729
MODAL	Mode	3	0.300942
MODAL	Mode	4	0.127447
MODAL	Mode	5	0.119659
MODAL	Mode	6	0.119154
MODAL	Mode	7	0.113579
MODAL	Mode	8	0.112797
MODAL	Mode	9	0.107963
MODAL	Mode	10	0.103223
MODAL	Mode	11	0.097602
MODAL	Mode	12	0.096574

Periode fundamental struktur terbesar yang didapat dari analisis SAP2000 = 0,4895 dt maka:

$$T_a \text{ SAP2000} < C_u \times T_a$$

$$0,4235 \text{ dt} < 0,5042 \text{ dt} \dots \text{"OK"}$$

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

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

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_0}\right)} ; S_{DS} = 0,563 ; I_0 = 1 ; R = 8$$

$$C_s = \frac{0,563}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,07$$

Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem rangka pemikul momen dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus = 8. (SNI 1726:2012 Tabel 9)

Dan nilai C_s tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_0}\right)} ; S_{D1} = 0,333 ; I_0 = 1 ; R = 8 ; T = 0,397 \text{ dt}$$

$$C_s = \frac{0,333}{0,397 \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,104$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari

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

$$C_s = 0,044 \times 0,563 \times 1$$

$$C_s = 0,0247$$

Maka nilai C_s diambil **0,0247**

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

$$F_z = 1D + 0,3L = 7119,20 \text{ kN}$$

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

$$C_s = 0,0247$$

$$W = 5.319,54 \text{ KN}$$

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0247 \times 7.119,2 \text{ KN}$$

$$V = 176,46 \text{ KN}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000 didapatkan gaya geser dasar ragam (V_t) sebagai berikut :

Tabel 4. 16 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y

Load case/Combo	F_x (kN)	F_y (kN)
Ex Max	295,909	69,36
Ey Max	90,313	223,367

$$V = 176,46 \text{ KN}$$

$$V_{xt} = 295,909 \text{ KN}$$

$$V_{yt} = 223,367 \text{ KN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$295,909 \text{ KN} > 0,85 \times 176,46 \text{ KN}$$

$$295,909 \text{ KN} > 149,99 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

Maka untuk arah y,

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

$$223,367 \text{ KN} > 0,85 \times 176,46 \text{ KN}$$

$$223,367 \text{ KN} > 149,99 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala $0,85V/V_t$

Arah x :

$$\frac{0,85 \cdot V}{V_{xt}} = \frac{149,99}{295,909} = 0,5$$

Arah y :

$$\frac{0,85 \cdot V}{V_{yt}} = \frac{149,99}{223,367} = 0,67$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah :

Tabel 4. 17 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Setelah diberikan Faktor Skala

<i>Load case/Combo</i>	F_x (kN)	F_y (kN)
Ex Max	149,993	35,256
Ey Max	60,651	149,994

$$V = 176,46 \text{ KN}$$

$$V_{xt} = 149,993 \text{ KN}$$

$$V_{yt} = 149,994 \text{ KN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$149,993 \text{ KN} > 0,85 \times 176,46 \text{ KN}$$

$$149,993 \text{ KN} > 149,992 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

Maka untuk arah y,

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

$$149,994 \text{ KN} > 0,85 \times 176,46 \text{ KN}$$

$$149,994 \text{ KN} > 149,992 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

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

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

$$F_z = 1D + 0,3L = 5782287 \text{ kN}$$

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

$$C_s = 0,0247$$

$$W = 5,782,287 \text{ KN}$$

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,0247 \times 5,782,287 \text{ KN}$$

$$V = 143,32 \text{ KN}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000 didapatkan gaya geser dasar ragam (V_t) sebagai berikut :

Tabel 4. 18 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y

<i>Load case/Combo</i>	F_x (kN)	F_y (kN)
Ex Max	295,909	69,36
Ey Max	90,313	223,367

$$V = 143,32 \text{ KN}$$

$$V_{xt} = 309,954 \text{ KN}$$

$$V_{yt} = 251,756 \text{ KN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$309,954 \text{ KN} > 0,85 \times 143,32 \text{ KN}$$

$$309,954 \text{ KN} > 121,83 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

Maka untuk arah y,

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

$$251,756 \text{ KN} > 0,85 \times 143,32 \text{ KN}$$

$$251,756 \text{ KN} > 121,83 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala $0,85V/V_t$

Arah x :

$$\frac{0,85 \cdot V}{V_{xt}} = \frac{121,83}{309,954} = 0,393$$

Arah y :

$$\frac{0,85 \cdot V}{V_{yt}} = \frac{121,83}{251,756} = 0,483$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah :

Tabel 4. 19 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y Setelah diberikan Faktor Skala

<i>Load case/Combo</i>	F_x (kN)	F_y (kN)
Ex Max	121,905	29,679
Ey Max	44,871	121,965

$$V = 143,32 \text{ KN}$$

$$V_{xt} = 121,905 \text{ KN}$$

$$V_{yt} = 121,965 \text{ KN}$$

Maka untuk arah x,

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

$$121,905 \text{ KN} > 0,85 \times 143,32 \text{ KN}$$

$$121,905 \text{ KN} > 121,83 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

Maka untuk arah y,

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

$$121,965 \text{ KN} > 0,85 \times 143,32 \text{ KN}$$

$$121,965 \text{ KN} > 121,83 \text{ KN} \dots \text{"OK"}$$

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

4.2. Kontrol Partisipasi Massa

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

Tabel 4. 20 Modal Partisipasi Massa Mesin Kiln

StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.242342	0.9978	0.00024	0.00001206
Mode	2	0.21595	0.99923	0.24221	0.00001225
Mode	3	0.152799	0.99925	0.99816	0.00001233
Mode	4	0.065905	0.9994	0.99825	0.08398
Mode	5	0.062229	0.99951	0.99835	0.13478
Mode	6	0.059512	0.99951	0.99839	0.13492
Mode	7	0.059313	0.99953	0.99839	0.13727
Mode	8	0.058972	0.99953	0.99843	0.13739
Mode	9	0.039733	0.99955	0.99843	0.13741
Mode	10	0.037973	0.99956	0.99843	0.17551
Mode	11	0.032235	0.99971	0.99843	0.45029
Mode	12	0.032189	0.99973	0.99844	0.48206

(Hasil Run SAP2000)

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

Tabel 4. 21 Modal Partisipasi Massa Blower Room

StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.489591	0.00052	0.69167	2.599E-07
Mode	2	0.3903	0.93269	0.69259	0.000004248
Mode	3	0.338108	0.93313	0.91513	0.000009347
Mode	4	0.139444	0.93313	0.91513	0.04191
Mode	5	0.128807	0.93314	0.91513	0.04197
Mode	6	0.125577	0.93314	0.91513	0.30631
Mode	7	0.118943	0.93314	0.95925	0.30632
Mode	8	0.118206	0.9332	0.95945	0.30648
Mode	9	0.114411	0.93326	0.95945	0.31228
Mode	10	0.107053	0.93377	0.95945	0.33756
Mode	11	0.104936	0.93822	0.95946	0.33993
Mode	12	0.102836	0.97789	0.95952	0.34018

(Hasil Run SAP2000)

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

4.3. Kontrol Simpangan

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah

kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

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

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

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

Dimana:

δ_x = defleksi pada lantai ke-x

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

I = faktor keutamaan gedung (= 1)

Tabel 4. 22 Batas Simpangan Gedung

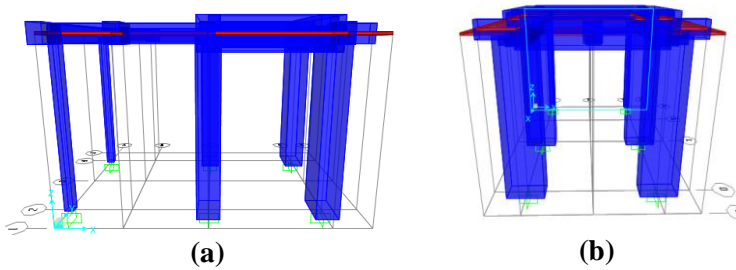
Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}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

Untuk sistem rangka pemikul momen khusus pada mesin kiln, drift dibatasi sebesar :

$$\Delta = 0.025.h_{sx}$$

$$= 0.020 \times 9,7$$

$$= 0,02425 \text{ m (mesin kiln)}$$



Gambar 4. 16 Simpangan Gedung (a) Arah X (b) Arah Y
(Hasil Run SAP2000)

Tabel 4. 23 Gempa Arah X

Tingkat	hi	δ_{xe}	δ_x	Drift (Δn_x)	Syarat Δa	Ket
	m	m	m	m	m	
1	9.7	0.0005	0.00275	0.00275	0.02425	OK

(Hasil Run SAP2000)

Tabel 4. 24 Gempa Arah Y

Tingkat	hi	δ_{ye}	δ_y	Drift (Δn_y)	Syarat Δa	Ket
	m	m	m	m	m	
1	9.7	0.000397	0.002184	0.0021835	0.02425	OK

(Hasil Run SAP2000)

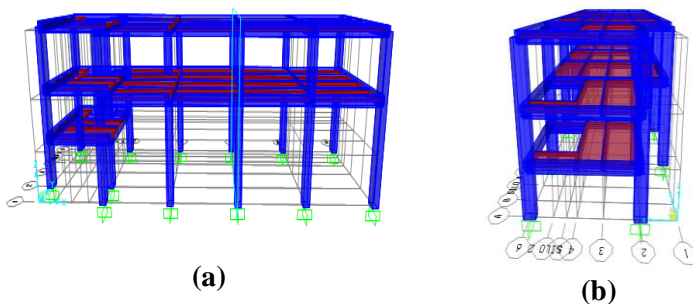
Simpangan yang terjadi didapat dari hasil program bantu ETABS. Berdasarkan persyaratan besarnya kinerja layan yang terjadi pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3, yaitu:

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

Sehingga berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X dan Sumbu Y memenuhi persyaratan.

Untuk sistem rangka pemikul momen khusus pada blower room, drift dibatasi sebesar :

$$\begin{aligned}\Delta &= 0.025.hsx \\ &= 0.020 \times 6 \\ &= 0,015 \text{ m (lantai 1)} \\ \Delta &= 0.025.hsx \\ &= 0.020 \times 3,7 \\ &= 0,0095 \text{ m (lantai 2)}\end{aligned}$$



Gambar 4. 17 Simpangan Gedung (a) Arah X (b) Arah Y
(Hasil Run SAP2000)

Tabel 4. 25 Gempa Arah X

Tingkat	hi	δ_{xe}	δ_x	Drift (Δ_{nx})	Syarat Δ_a	Ket
	m	m	m	m	m	
2	3.7	0.001798	0.009889	0.003113	0.00925	OK
1	6	0.001232	0.006776	0.006776	0.015	OK

(Hasil Run SAP2000)

Tabel 4. 26 Gempa Arah Y

Tingkat	hi	δy_e	δy	Drift (Δn_x)	Syarat Δa	Ket
	m	m	m	m	m	
2	3.7	0.002828	0.015554	0.0062975	0.00925	OK
1	6	0.001683	0.009257	0.0092565	0.015	OK

(Hasil Run SAP2000)

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

$$\Delta n = \frac{(\delta 2 - \delta 1) C d}{I} < \Delta a$$

Sehingga berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X dan Sumbu Y memenuhi persyaratan.

4.3. Struktur Sekunder

4.3.1 Perencanaan Pelat

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 12 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 8 cm dan pelat cor setempat / *overtopping* 4 cm. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013). 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.

Permodelan pelat utama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan pelat. Pelat pada saat awal pemasangan atau saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakan bebas dengan tulangan lapangan saja.

Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan yang direncanakan. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

4.5.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan *preliminary design* adalah :

- Tebal pelat = 12 cm
- Mutu beton (f'_c) = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Diameter tulangan rencana (D) = 10 mm

4.5.2 Pembebanan Pelat Lantai

➤ Setelah komposit

- Beban mati (DL)

Berat sendiri	= $0,12 \times 2400$	= 288 kg/m ²
Plafon+penggantung	= $11 + 7$ kg/m ²	= 18 kg/m ²
Ubin (t = 2 cm)	= $0,02 \times 2400$	= 48 kg/m ²
Spesi (t = 2 cm)	= $0,02 \times 2100$	= 42 kg/m ²
Plumbing + sanitasi	= 10 + 20 kg/m ²	= <u>30 kg/m²</u> +
	DL	= 426 kg/m ²
- Beban hidup (LL)

Beban hidup pada lantai	LL	= 400 kg
-------------------------	----	----------

➤ **Sebelum komposit**

- Beban mati (DL)

Berat sendiri	$= 0,08 \times 2400$	$= 192 \text{ kg/m}^2$
---------------	----------------------	------------------------
- Beban hidup (LL)

Beban kerja		$= 200 \text{ kg/m}^2$
-------------	--	------------------------

4.5.3 Pembebanan Pelat Atap

➤ **Sebelum komposit**

- Beban mati (DL)

Berat sendiri	$= 0,08 \times 2400$	$= 192 \text{ kg/m}^2$
---------------	----------------------	------------------------
- Beban hidup (LL)

Beban kerja		$= 200 \text{ kg/m}^2$
Beban air hujan		$= \underline{20 \text{ kg/m}^2} +$
	LL	$= 220 \text{ kg/m}^2$

➤ **Setelah komposit**

- Beban mati (DL)

Berat sendiri	$= 0,12 \times 2400$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
Plafon+penggantung	$= 11 + 7 \text{ kg/m}^2$	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Ubin (t = 1 cm)	$= 0,02 \times 2400$	$= 48 \text{ kg/m}^2$
Spesi (t = 2 cm)	$= 0,02 \times 2100$	$= 42 \text{ kg/m}^2$
Plumbing + sanitasi	$= 10 + 20 \text{ kg/m}^2$	$= \underline{30 \text{ kg/m}^2} +$
	DL	$= 426 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup (LL)

Beban hidup pada atap		$= 400 \text{ kg/m}^2$
Beban air hujan		$= \underline{20 \text{ kg/m}^2} +$
	LL	$= 420 \text{ kg/m}^2$

Sesuai SNI 1727:2013 pasal 4.7, beban hidup dapat direduksi 20% untuk komponen yang menumpu 2 lantai atau lebih.

$$\text{Beban hidup} = 0,8 \times 420 \text{ kg/m}^2 = 336 \text{ kg/m}^2$$

4.5.4 Kombinasi Pembebanan Pelat

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 (9-2) 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

$$Q_u = 1,2 \times 192 + 1,6 \times 200 = 550,4 \text{ kg/m}^2$$
- Keadaan 2 sebelum komposit, *topping* telah terpasang

$$Q_u = 1,2 \times 288 + 1,6 \times 0 = 345,6 \text{ kg/m}^2$$
- Keadaan 3, setelah komposit

$$Q_u = 1,2 \times 426 + 1,6 \times 400 = 1151,2 \text{ kg/m}^2$$

Serta perhitungan kombinasi pembebanan **pelat atap** :
- Keadaan 1, ada beban kerja

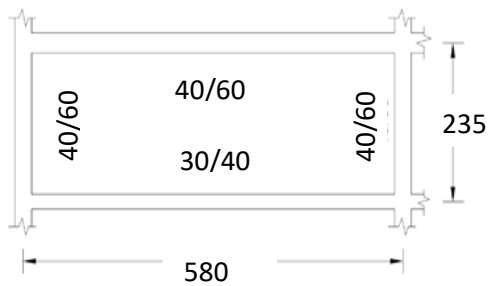
$$Q_u = 1,2 \times 192 + 1,6 \times 220 = 582,4 \text{ kg/m}^2$$
- Keadaan 2, *topping* telah terpasang

$$Q_u = 1,2 \times 288 + 1,6 \times 0 = 345,6 \text{ kg/m}^2$$
- Keadaan 3, setelah komposit

$$Q_u = 1,2 \times 426 + 1,6 \times 336 = 1048,8 \text{ kg/m}^2$$

4.5.5 Perhitungan Tulangan Pelat

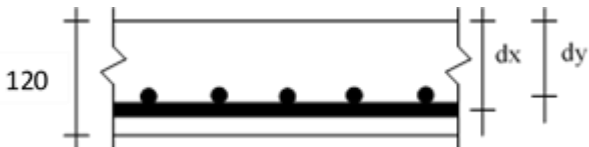
Perhitungan pelat untuk semua lantai digunakan pelat P1 persegi panjang 6 m × 3 m. Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit dan kedua adalah penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua keadaan tersebut. Semua tipe pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan. Berikut ini merupakan langkah-langkah dan perhitungan yang digunakan dalam menentukan penulangan pelat, antara lain :



Gambar 4. 18 Pelat tipe P1

- Menentukan data perencanaan untuk penulangan pelat :

Dimensi pelat	: 580 cm × 235 cm
Dimensi pelat parsial	: 235 cm × 100 cm (tinjau)
Tebal pelat pracetak	: 80 mm (sebelum komposit)
Tebal <i>overlapping</i>	: 40 mm
Tebal selimut beton	: 20 mm
Diameter tulangan rencana	: 10 mm
Mutu tulangan baja (f_y)	: 390 MPa
Mutu beton (f'_c)	: 35 Mpa



Gambar 4. 19 Potongan Pelat tipe P1

- Kondisi sebelum komposit

$$dx = 80 - 20 - \frac{10}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$dy = 80 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 45 \text{ mm}$$

- Kondisi sesudah komposit

$$dx = 120 - 20 - \frac{10}{2} = 95 \text{ mm}$$

$$dy = 120 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

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

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

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

$$As \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{78,54 \times 390}{0,85 \times 35 \times 1000} = 1,03 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{1,03}{0,8} = 1,29 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left(\frac{10}{1,29} - 1 \right) 0,003 = 0,102$$

Sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3 didapat $\phi = 0,9$
 $p_{\min} = 0,0020$ sesuai SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,11$$

$$Ly = 235 - \left(\frac{40}{2} + \frac{30}{2} \right) = 206 \text{ cm}$$

$$Lx = 100 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{206}{100} = 2,06 > 2 \quad (\text{pelat satu arah})$$

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 pokok pelat pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tariknya berbeda. Pada daerah tumpuan tulangan tarik berada di atas sedangkan pada daerah lapangan tulangan tariknya berada di bawah. Tulangan lapangan dan tulangan tumpuan baik tulangan pokok maupun tulangan bagi direncanakan menggunakan tulangan D10 mm ($A_s = 78,54 \text{ mm}^2$).

4.5.6 Perhitungan Penulangan Pelat Sebelum Komposit

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan terletak beban pada keempat tepinya dan terjepit di kedua sisinya:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{206}{100} = 2,06 \geq 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

- $M_{ulx}^{(+)} = M_{utx}^{(-)} = 0,001 \text{ Qu } L_x^2 \cdot x \rightarrow x = 85$
- $M_{uly}^{(+)} = M_{uty}^{(-)} = 0,001 \text{ Qu } L_x^2 \cdot y \rightarrow y = 39$

Pada pelat satu arah penulangan lentur hanya pada arah X (arah melintang pelat) sedangkan pada arah Y (arah memanjang pelat) merupakan tulangan pembagi.

▪ Penulangan arah X (tulangan utama)

$$\begin{aligned} M_{ulx}^{(+)} = M_{utx}^{(-)} &= 0,001 \times 550,4 \times 2,06^2 \times 85 \\ &= 46,784 \text{ kgm} \\ &= 467840 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{467840}{0,9} = 519822,22 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{519822,22}{1000 \times 55^2} = 0,17$$

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

$$= \frac{1}{13,11} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,11 \times 0,17}{390}} \right) = 0,00044$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,0020$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 55 = 110 \text{ mm}^2$$

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

$$= \frac{110}{78,54} = 1,4 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{jarak tulangan (s)} = 1000/2 = 500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana } S_{\text{maks}} &= 3 \times t_{\text{pelat}} \\ &= 3 \times 80 = 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka diambil $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$ sehingga,

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_{D10} \\ &= 2 \times 78,54 \text{ mm}^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots \text{ OK} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10-200 mm.

▪ Penulangan arah Y

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)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= 0,002 \times b \times d_y \\ &= 0,002 \times 1000 \times 45 = 90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan minimum, } S &\leq 5 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 5 \times 80 \\ &\leq 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D10}}}$$

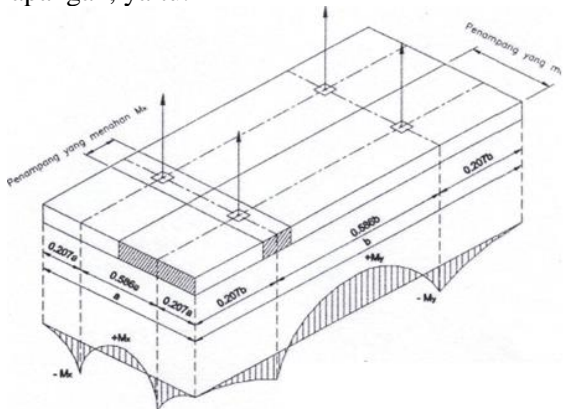
$$= \frac{90}{78,54} = 1,15 \approx 2 \text{ buah}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/2 = 500 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 400 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan susut D10-400 mm.

4.5.7 Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

Dalam pemasangan pelat pracetak, perlu diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan elemen (*erection*). Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai dengan referensi *PCI Design Handbook* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 di mana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, yaitu:



Gambar 4. 20 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)
(Sumber: *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*)

$$M_x = 0,0107 \times w \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0,0107 \times w \times a \times b^2$$

Pada pelat tipe P1 (parsial) : $235 \times 100 \text{ cm}$ ($L_x = 100 \text{ cm}$, $L_y = 206 \text{ cm}$)

Ditentukan $a = 1 \text{ m}$ dan $b = 2,06 \text{ m}$

Dengan $w = (0,08 \times 2400) = 192 \text{ kg/m}^2$

Maka:

$$M_x = 0,0107 \times 192 \times 1^2 \times 2,06 = 4,23 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,0107 \times 192 \times 1 \times 2,06^2 = 8,71 \text{ kgm}$$

▪ **Penulangan arah X (tulangan utama)**

$$M_u = 4,23 \text{ kgm} = 42300 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{42300}{0,9} = 47022,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{1000 \times d_x^2} = \frac{518017}{1000 \times 55^2} = 0,15$$

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

$$= \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,15}{390}} \right) = 0,00039$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,00039 < \rho_{\text{min}} = 0,0020$ dipakai ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 55 = 110 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

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

$$\leq 3 \times 80$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s \text{ } \emptyset 10}$$

$$= \frac{110}{78,54} = 1,44 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = 1000/2 = 500 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 240 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur D10-200 mm.

▪ **Penulangan arah Y (tulangan susut)**

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)

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= 0,002 \times b \times d_y \\ &= 0,002 \times 1000 \times 45 = 90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan minimum, } S &\leq 5 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 5 \times 80 \\ &\leq 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S \text{ D10}}} \\ &= \frac{90}{78,54} = 1,15 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = 1000/2 = 500 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 400 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-400 mm.

4.5.8 Penulangan Pelat Sesudah Komposit

$$Q_u = 1151,2 \text{ kg/m}^2$$

$$d_x = 95 \text{ mm}$$

$$d_y = 85 \text{ mm}$$

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi perletakan terletak beban pada keempat tepinya dan terjepit dikedua sisinya:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{540}{205} = 2,6 \geq 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

- $M_{ulx^{(+)}} = M_{utx^{(-)}} = 0,001 Q_u L_x^2 x \rightarrow x = 85$
- $M_{uly^{(+)}} = M_{uty^{(-)}} = 0,001 Q_u L_x^2 y \rightarrow y = 39$

Pada pelat satu arah penulangan lentur hanya pada arah X (arah melintang pelat) sedangkan pada arah Y (arah memanjang pelat) merupakan tulangan pembagi.

▪ Penulangan arah X (tulangan utama)

$$\begin{aligned} M_{ulx^{(+)}} = M_{utx^{(-)}} &= 0,001 \times 1151,2 \times 1^2 \times 85 \\ &= 97,852 \text{ kgm} = 9785200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{9785200}{0,9} = 1087244,44 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1087244,44}{1000 \times 95^2} = 0,12$$

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

$$= \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,12}{390}} \right) = 0,0003$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0003 < \rho_{\text{min}} = 0,0020$ maka dipakai $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} = 0,002$ sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 95 = 190 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.5 adalah:

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

$$\leq 3 \times 120$$

$$\leq 360 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S \text{ D10}}}$$

$$= \frac{190}{78,54} = 2,42 \approx 3 \text{ buah}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/3 = 333,33 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \dots$ (OK)

Maka digunakan tulangan lentur D10-300 mm.

▪ Penulangan arah Y

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\text{min}} = 0,002$ (SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1)

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 85 = 170 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

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

$$\begin{aligned} &\leq 5 \times 120 \\ &\leq 600 \text{ mm} \\ S &\leq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_s \text{ } \varnothing 10} \\ &= \frac{170}{78,54} = 2,16 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jarak tulangan, $S = 1000/3 = 333,33 \text{ mm} < S_{\text{maks}} \dots \text{ (OK)}$

Maka digunakan tulangan susut D10-350 mm.

4.5.9 Penulangan Stud Pelat Lantai

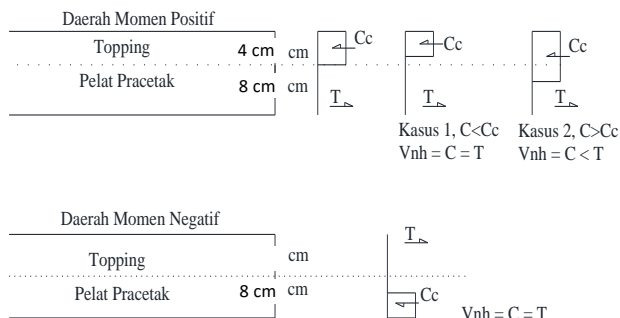
Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan *topping* cor setempat maka transfer gaya regangan horizontal yang terjadi harus dapat dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh *topping* cor setempat. Untuk mengikat elemen pracetak dan elemen cor di tempat 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 horizontal 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 di dalam 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. 21 Diagram gaya geser horizontal penampang komposit

Perhitungan stud pelat 580 cm × 235 cm

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f_c' \times A_{\text{topping}} \\ &= 0,85 \times 35 \times 40 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\ &= 1190000 \text{ N} = 1190 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dipakai stud Ø10 mm

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_{nh} &= C = T \\ &= A_s \times f_y \\ &= 78,54 \times 390 = 30630 \text{ N} = 30,63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,55A_c &= 0,55 \times b_v \times d \\ &= 0,55 \times 1000 \times 95 \\ &= 52250 \text{ N} = 52,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{nh} < 0,55.b_v.d \dots(\text{OK})$$

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 $0,55.b_v.d$ dalam Newton. Pasal 17.6.1 berbunyi bahwa bila pengikat sengkang dipasang untuk menyalurkan geser horizontal, 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.

$$S_{\text{maks}} = 4 \times 40 \text{ mm} \\ = 160 \text{ mm}$$

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

maka, $S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$

SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.3:

$$A_{v_{\text{min}}} = 0,0062 \sqrt{f'c} \frac{bw \times s}{f_y} \\ = 0,062 \sqrt{35} \frac{1000 \times 150}{390} = 141,07 \text{ mm}^2$$

$$A_v \geq (0,35 b_w \cdot S) / f_y = (0,35 \times 1000 \times 150) / 390 = 134,61 \text{ mm}^2$$

maka, $A_{v_{\text{min}}} = 141,076 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan stud $\emptyset 10$ dengan $A_v = 141,076 \text{ mm}^2$

Maka dipasang stud (*shear connector*) $\emptyset 10$ -150 mm ($A_v = 141,076 \text{ mm}^2$).

4.5.10 Kontrol Retak

Pada SNI 2847:2013 pasal 10.6.4 : spasi tulangan terdekat ke muka tarik, s , tidak boleh melebihi yang diberikan oleh :

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 C_c \leq 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

Di mana :

C_c = jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik

= decking + ϕ sengkang + $\frac{1}{2} \phi$ tulangan

$$= 20 + 10 + \frac{1}{2} \times 10 = 25 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \times 390 = 260 \text{ MPa}$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{260} \right) - 2,5 \times 35 \leq 300 \left(\frac{280}{260} \right)$$

$$s = 321,73 \text{ N/mm} \leq 323,07 \text{ N/mm}$$

4.5.11 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

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

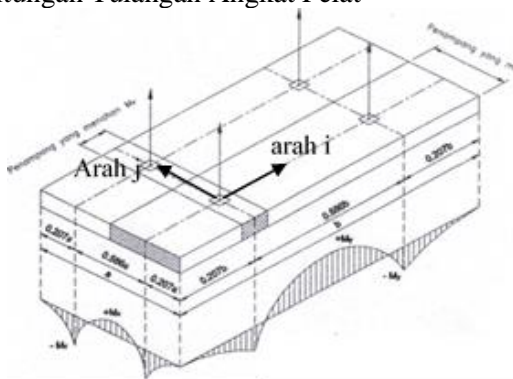
- $l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$ (SNI 2847:2013 pasal 12.5.1)
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$ (SNI 2847:2013 pasal 12.5.1)
- $l_{dh} = (0,24f_y \sqrt{f'c}) / d_b$ (SNI 2847:2013 pasal 12.5.2)
 $= (0,24 \times 390 \times \sqrt{35}) / 10 = 55,37 \text{ mm}$

Maka dipakai panjang penyaluran terbesar yaitu 150 mm.

4.5.12 Perhitungan Tulangan Angkat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe P1 dengan dimensi 235 cm x 100 cm dengan empat titik pengangkatan (*four point pick up*).

a) Perhitungan Tulangan Angkat Pelat

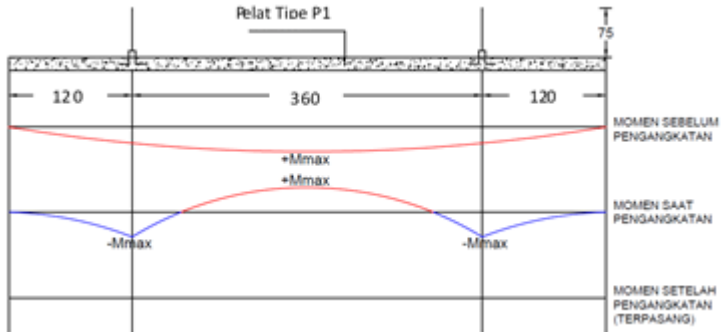


Gambar 4. 22 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)
 (Sumber: *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*)

- 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.
- $DL = 0,08 \times 2,06 \times 1 \times 2400 = 395,52 \text{ kg}$

b) Pengangkatan Pelat Tipe P1



Gambar 4. 23 Momen pengangkatan pelat arah i



Gambar 4. 24 Momen pengangkatan pelat arah j

Dalam hal ini dianggap ada 2 orang pekerja yang ikut serta diatas pelat untuk mengatur dan mengarahkan posisi pelat, maka LL = 200 kg.

Beban *ultimate* = $(1,2 \times 1,2 \times 2616,96) + (1,2 \times 1,6 \times 200) = 4152,42$ kg

Gaya angkat (Tu) setiap tulangan = $\frac{4152,42}{4} = 1038,06$ kg

Sesuai PBI pasal 2.2.2, tegangan tarik izin baja

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{fy}{1,5} = \frac{3900}{1,5} = 2600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka diameter tulangan angkat} = \sqrt{\frac{4 \times 1038,06}{\pi \times 1600}} = 1,0 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan angkat Ø10 mm

c) Kontrol Tulangan Angkat

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

f_{cr} untuk beton 28 hari adalah

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{fc'} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,14 \text{ MPa}$$

$$y_c = 0,5 \times 0,08 = 0,04 \text{ m}$$

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

Berdasarkan gambar di atas:

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

$$w = (t_{\text{pelat}} \times 2400 \text{ kg/m}^3) + \left(\frac{W_{\text{pekerja}}}{A_{\text{pelat}}} \right)$$

$$w = (0,08 \times 2400) + \left(\frac{200}{2,06 \times 1} \right) = 289,08 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} + M_x = - M_x &= 0,0107 \times w \times a^2 \times b \\ &= 0,0107 \times 206,67 \times 1^2 \times 2,06 \\ &= 6,37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} + M_y = - M_y &= 0,0107 \times w \times a \times b^2 \\ &= 0,0107 \times 206,67 \times 1 \times 2,06^2 \\ &= 12,39 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Qu &= k(1,2 \times DL + 1,6 \times LL) \\
 &= 1,2(1,2 \times 395,52 + 1,6 \times 200) \\
 &= 953,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P = \frac{953,54}{4} = 238,38 \text{ kg}$$

$$M_x = \left(\frac{P \times yc}{tg 45} \right) = \left(\frac{238,38 \times 0,04}{tg 45} \right) = 9,53 \text{ kgm}$$

$$M_y = \left(\frac{P \times yc}{tg 45} \right) = \left(\frac{238,38 \times 0,04}{tg 45} \right) = 9,53 \text{ kgm}$$

$$M_{x_{tot}} = 6,37 + 9,53 = 15,9 \text{ kgm}$$

$$M_{y_{tot}} = 12,39 + 9,53 = 21,92 \text{ kgm}$$

- My ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 100/2 = 50 \text{ cm}$

$$Z = \frac{1}{6} \times 50 \times 8^2 = 533,33 \text{ cm}^3$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f_c'} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,14 \text{ MPa}$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{tot}}{Z} = \frac{21,92 \times 10^4}{533,33 \times 10^3}$$

$$= 0,41 \text{ MPa} < f_r \text{Ok}$$

- M_x ditahan oleh penampang selebar $15t = 120 \text{ cm}$ atau $b/2 = 120 \text{ cm}$

Ambil terkecil = 120 cm

$$Z = \frac{1}{6} \times 120 \times 8^2 = 1280 \text{ cm}^3$$

$$f_t = f_b = \frac{M_{tot}}{Z} = \frac{21,92 \times 10^4}{1280 \times 10^3} = 0,12 \text{ MPa} < f_r \text{Ok}$$

4.5.13 Penulangan Pelat yang Terpasang

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

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Pelat Blower Room

Tipe Pelat	Ukuran pelat		Tulangan Terpasang		Stud	Panjang Penyaluran	Tulangan Angkat
	panjang	lebar	Tulangan Utama	Tulangan pembagi			
P1 (PARSIAL)	206	100	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P2 (PARSIAL)	211	100	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P3 (PARSIAL)	206	100	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P4 (PARSIAL)	211	100	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P5	536	146	D10 - 300	D10 - 300	D10 - 150	150	D10
P6	271	110	D10 - 300	D10 - 300	D10 - 150	150	D10

(Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Pelat Mesin Kiln

Tipe Pelat	Ukuran pelat		Tulangan Terpasang		Stud	Panjang Penyaluran	Tulangan Angkat
	panjang	lebar	Tulangan Utama	Tulangan pembagi			
P7 (parsial)	370	100	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P8 (parsial)	385	100	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P9 (parsial)	335	100	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P10	633	200	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P11	428	200	D10 - 300	D10 - 350	D10 - 150	150	D10
P12	200	200	D10 - 300	D10 - 300	D10 - 150	150	D10

(Hasil Perhitungan)

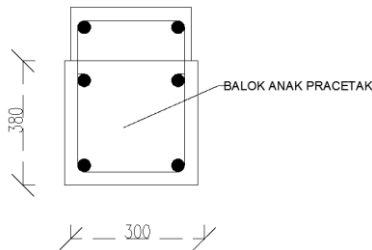
4.3.2 Perencanaan Balok Anak Pracetak

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

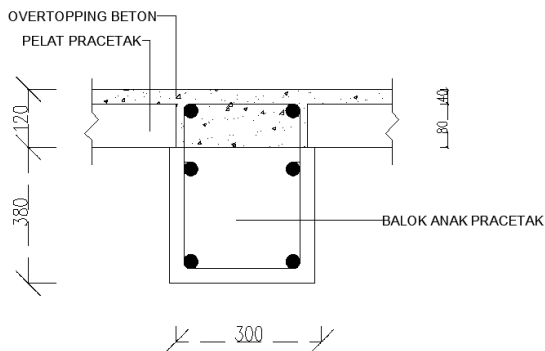
4.3.2.1 Dimensi Awal

- Dimensi balok anak : 30×40 cm
- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 390 MPa
- Tulangan lentur : D16
- Tulangan sengkang : $\emptyset 10$

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



Gambar 4. 25 Dimensi Balok Anak Sebelum Komposit



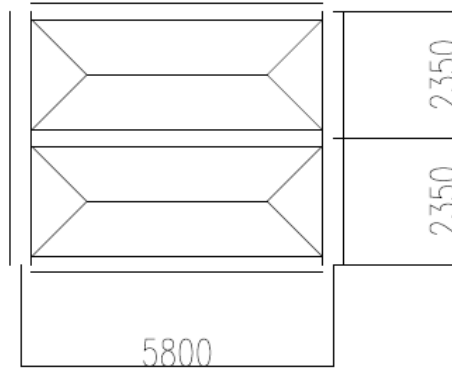
Gambar 4. 26 Dimensi balok anak saat pengecoran dan balok anak saat komposit

4.3.2.2 Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban segitiga pada lajur pendek dan beban trapesium pada lajur yang panjang.

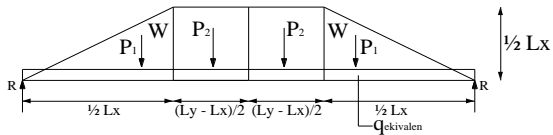
Beban-beban berbentuk trapesium maupun segitiga tersebut kemudian diubah menjadi beban merata ekuivalen dengan menyamakan momen maksimum akibat beban merata dengan momen maksimum akibat beban segitiga atau trapesium.

Beban ekuivalen tersebut digunakan sebagai beban merata pada balok anak maupun balok induk untuk perhitungan analisa struktur.



Gambar 4. 27 Distribusi Beban pada Balok Anak 30/40
Sebelum Komposit

Beban ekuivalen trapesium



Beban Trapesium

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

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

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

$$R = P_1 + P_2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

a. Pembebanan Sebelum Komposit :

$$Lx = 235 - (30/2 + 30/2) = 250 \text{ cm}$$

$$Ly = 580 - (40/2 + 40/2) = 540 \text{ cm}$$

▪ Beban mati (Q_{DL})

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,3 \times (0,4 - 0,12) \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 201,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ pelat sebelum komposit} &= 0,08 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 192 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{sebelum komposit}} &= \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right) \right) \times 2 \\ &= \left(\frac{1}{2} \times 192 \times 2,05 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,05}{5,4} \right)^2 \right) \right) \times 2 \\ &= 374,691 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

▪ Kombinasi beban

$$Q_u \text{ sebelum komposit}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times (201,6 + 374,691) + 1,6 \times 0 \\
 &= 691,549 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Pembebanan Sesudah Komposit

▪ **Beban mati (Q_{DL})**

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,3 \times 0,4 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 288 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ pelat sesudah komposit} &= 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 288 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sesudah komposit}} &= \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right) \right) \times 2 \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 288 \times 2,05 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,05}{5,4} \right)^2 \right) \right) \times 2 \\
 &= 562,037 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

▪ **Beban hidup (Q_{LL})**

$$\text{Beban pekerja} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sesudah komposit}} &= \left(\frac{1}{2} \times q \times Lx \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right) \right) \times 2 \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 200 \times 2,05 \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,05}{5,4} \right)^2 \right) \right) \times 2 \\
 &= 390,303 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

▪ **Kombinasi beban**

$$Q_u \text{ sesudah komposit}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times (288 + 562,037) + 1,6 \times 390,303 \\
 &= 1644,53 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

4.3.2.3 Perhitungan Momen dan Gaya 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

Asumsi balok berada di atas dua tumpuan sederhana (sendi-rol)

$$M_{\max} = 1/8 \times (691,549) \times 5,8^2 = 2363,36 \text{ kgm}$$

$$V = 1/2 \times (691,549) \times 5,8 = 1629,9 \text{ kg}$$

Momen Sesudah Komposit

$$M_{\text{tumpuan}} = -1/10 \times (1644,53) \times 5,8^2 = -5532,20 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 1/16 \times (1644,53) \times 5,8^2 = 3457,62 \text{ kgm}$$

$$V = 1/2 \times (1644,53) \times 5,8 = 4769,13 \text{ kg}$$

4.3.2.4 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

Dimensi balok anak 30/40

Tebal selimut beton = 40 mm

D tulangan utama = 16 mm

D tulangan sengkang = 10 mm

Mutu beton ($f'c$) = 35 MPa

Mutu baja (f_y) = 390 MPa

a) Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit

$$d = 280 - 40 - 10 - 1/2 (16) = 222 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,8 \quad \text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3}$$

$$As \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{201,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 8,78$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{8,78}{0,8} = 10,98$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left(\frac{222}{10,98} - 1 \right) 0,003 = 0,0576$$

Sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 didapat $\emptyset = 0,9$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,037$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,037 = 0,028$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{35}}{390} = 0,00379$$

ρ min dipilih yang terbesar, yaitu 0,00379

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109$$

Tulangan Lapangan

$$M_{\text{lapangan}} = 2363,36 \text{ kgm} = 23633674,71 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{23633674,71}{0,9 \times 300 \times 222^2} = 1,77$$

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

$$= \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,77}{390}} \right) = 0,0046$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0046 > \rho_{\min} = 0,003792$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan luas tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,0046 \times 300 \times 222 = 312,93 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{sD16}}$$

$$= \frac{312,93}{201,06} = 1,55 \approx 2 \text{ buah}$$

As pasang = jumlah tulangan \times A D16

$$= 2 \times 201,06 \text{ mm}^2$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2 > \text{As perlu OK}$$

Maka digunakan tulangan lentur 2D16

b) Perhitungan Tulangan Sesudah Komposit

$$d = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2}(16) = 342 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,8 \quad \text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3}$$

$$\text{As tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{201,06 \times 390}{0,85 \times 35 \times 300} = 8,78$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{8,78}{0,8} = 10,98$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left(\frac{342}{10,98} - 1 \right) 0,003 = 0,009$$

Sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.3 didapat $\phi = 0,9$

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

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35 \left(\frac{600}{600 + 390} \right)}{390} = 0,037$$

$$\rho_{\max} = 0,75\rho_b = 0,75 \times 0,037 = 0,028$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$\rho_{\min} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{1}{4} \times \frac{\sqrt{35}}{390} = 0,00379$$

ρ_{\min} dipilih yang terbesar, yaitu 0,00379

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109$$

Tulangan lapangan

$$M_{\text{lapangan}} = 5532,20 \text{ kgm} = 55322022,58 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{55322022,8}{0,9 \times 300 \times 342^2} = 1,75$$

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

$$= \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,75}{390}} \right) = 0,00462$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,00462 > \rho_{\text{min}} = 0,00379$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

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

$$= 0,00462 \times 300 \times 242 = 308,52 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{sD16}}$$

$$= \frac{308,52}{201,06} = 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = \text{jumlah tulangan} \times A_{D16}$$

$$= 2 \times 201,06 \text{ mm}^2$$

$$= 402,12 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots\dots \text{OK}$$

Maka digunakan tulangan lentur 2D16

Tulangan tumpuan

$$M_{\text{lapangan}} = 3457,62 \text{ kgm} = 34576264,11 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{34576264,11}{0,9 \times 300 \times 342^2} = 1,09$$

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

$$= \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,09}{390}} \right) = 0,0028$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0028 < \rho_{\text{min}} = 0,00379$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d \\ = 0,00379 \times 300 \times 242 = 252,57 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{sD16}} \\ = \frac{252,57}{201,06} = 1,25 \approx 2 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = \text{jumlah tulangan} \times A_{D16} \\ = 2 \times 201,06 \text{ mm}^2 \\ = 402,12 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} \dots\dots \text{OK}$$

Maka digunakan tulangan lentur 2D16

4.3.2.5 Perhitungan Tulangan Geser

a. Perhitungan tulangan sebelum komposit

$$V_u = 1629,908 \text{ kg} = 16299,08 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 300 \times 222 \\ = 65668,485 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 65668,485 \\ = 49251,36 \text{ N}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \times 49251,36 = 24625,68 \text{ N}$$

Karena $V_c > V_u > 0,5\phi V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser minimum. Dipakai tulangan Ø10 mm dengan mutu baja BJTP-240 ($f_y = 390 \text{ MPa}$)

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= \frac{Vu}{\phi} \\
 &= \frac{16299,08}{0,75} \\
 &= 21732,11 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

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

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

Perhitungan jarak sengkang, dimana:

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 390 \times 222}{21732,11} = 625,8 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang $2h = 2 \times 280 = 560 \text{ mm}$ dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

1. $d/4 = 222/4 = 55,5 \text{ mm}$
2. $8 \times D_{\text{tul longitudinal}} = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$
3. $24 \times \emptyset_{\text{tul sengkang}} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Dari syarat, maka diambil sengkang di daerah plastis $\emptyset 10$ -50 mm. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.3 bahwa jarak sengkang di luar sendi plastis di sepanjang balok tidak lebih dari:

$$s \leq d/2$$

$$\leq 222/2 = 111 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang di luar sendi plastis $\emptyset 10$ -100 mm.

b. Perhitungan tulangan setelah komposit

$$Vu = 4769,1398 \text{ kg} = 47691,39 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b w \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 300 \times 342 \\
 &= 101164,96 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 101164,96 \\
 &= 75873,72 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \times 75873,72 = 37936,86 \text{ N}$$

Karena $V_c > V_u > 0,5\phi V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser minimum. Dipakai tulangan $\emptyset 10$ mm dengan mutu baja BJTP-240 ($f_y = 390$ MPa)

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ min} &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{47691,39}{0,75} \\
 &= 63588,53 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

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

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

Perhitungan jarak sengkang, di mana:

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 390 \times 342}{63588,53} = 329,48 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang $2h = 2 \times 300 = 600$ mm dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

1. $d/4 = 242/4 = 88 \text{ mm}$
2. $8 \times D_{\text{tul longitudinal}} = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$
3. $24 \times \varnothing_{\text{tul sengkang}} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Dari syarat, maka diambil sengkang di daerah plastis $\varnothing 10-80$ mm. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 80 mm dari muka tumpuan.

SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.3 bahwa jarak sengkang di luar sendi plastis di sepanjang balok tidak lebih dari:

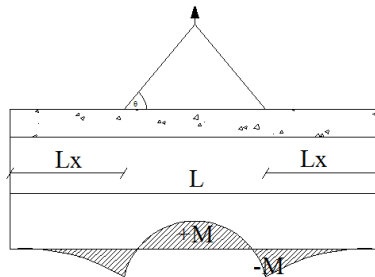
$$s \leq d/2$$

$$s \leq 342/2 = 171 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang di luar sendi plastis $\varnothing 10-150$ mm.

4.3.2.6 Pengangkatan Balok Anak

Balok anak pracetak dibuat secara fabrikasi di pabrik. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan saat pemasangan modular. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.



Gambar 4. 28 Momen saat pengangkatan balok anak

Dimana :

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

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

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \times \operatorname{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \times \operatorname{tg} \theta} \right)} \right)}$$

a. Kondisi sebelum komposit

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 28 \text{ cm}$$

$$L = 580 \text{ cm}$$

Perhitungan:

$$Y_t = Y_b = \frac{(40 - 12)}{2} = 14 \text{ cm}$$

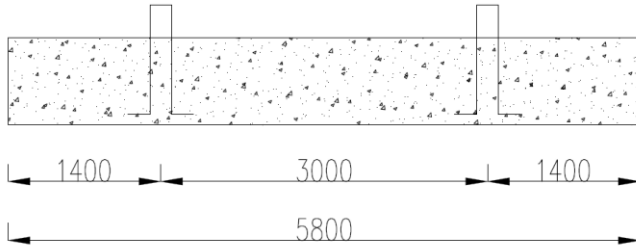
$$I = \frac{1}{12} \times 30 \times 28^3 = 54880 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 19 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 19}{600 \times \operatorname{tg} 45^\circ}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{14}{14} \left(1 + \frac{4 \times 19}{600 \times \operatorname{tg} 45^\circ} \right)} \right)} = 0,229$$

$$X \times L = 0,229 \times 580 = 1,4 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 5,8 - 2 \times (1,4) = 3 \text{ m}$$



Gambar 4. 29 Letak titik pengangkatan

a) Pembebanan

Balok ($0,3 \times 0,28 \times 5,8 \times 2400$) = 1169,28 kg

$$T \sin \phi = P = \frac{1,2 \times k \times W}{2}$$

$$= \frac{1,2 \times 1,2 \times 1169,28}{2}$$

$$= 841,88 \text{ kg}$$

$$T = \frac{841,88}{\sin 45^\circ} = 1190,6 \text{ kg}$$

b) Tulangan angkat balok anak

$P_u = 1055,705 \text{ kg}$

Menurut PBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang adalah $f_y/1,5$. Jika dipakai tulangan polos dengan mutu $f_y = 240 \text{ Mpa}$, maka:

$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 2400/1,5 = 1600 \text{ kg/m}^2$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{P_u}{\sigma_{\text{ijin}} \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{1190,6}{1600 \times \pi}}$$

$\emptyset_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,486 \text{ cm}$
 Digunakan Tulangan $\emptyset 10 \text{ mm}$

c) Momen yang Terjadi

- Pembebanan

$$\text{Balok } (0,3 \times 0,28 \times 2400) = 201,6 \text{ kg/m}$$

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

- Momen lapangan

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

$$+ M = \left(\frac{201,6 \times 5,8^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,229 + \frac{4 \times 0,19}{5,8 \times \text{tg}45} \right) \right) \times 1,2$$

$$= 218,12 \text{ kgm}$$

d) Tegangan yang terjadi

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{218,12 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 300 \times 280^2}$$

$$= 0,055 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 4,14 \text{ MPa (OK)}$$

- Momen tumpuan

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

$$- M = \left(\frac{201,6 \times 0,229^2 \times 5,8^2}{2} \right) \times 1,2 = 178,06 \text{ kgm}$$

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{178,06 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 300 \times 280^2}$$

$$= 0,45 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7\sqrt{f_c'} = 4,14 \text{ MPa (OK)}$$

Dari perhitungan momen di atas, 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.

4.3.2.7 Kontrol Lendutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013, syarat tebal minimum balok dengan 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} .

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Balok Anak Blower Room

KODE	BALOK ANAK 1		BALOK ANAK 2		BALOK ANAK 3	
PANJANG	580		570		300	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG BALOK (CM)	30	40	30	40	30	40
DECKING (MM)	40		40		40	
ATAS	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29
TENGAH	2 D29	-	2 D29	-	2 D29	-
BAWAH	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29
BEGEL	2 D10 -100	2 D10 - 200	2 D10 -100	2 D10 - 200	2 D10 -100	2 D10 - 200

Tabel 4. 30 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Balok Anak Mesin Kiln

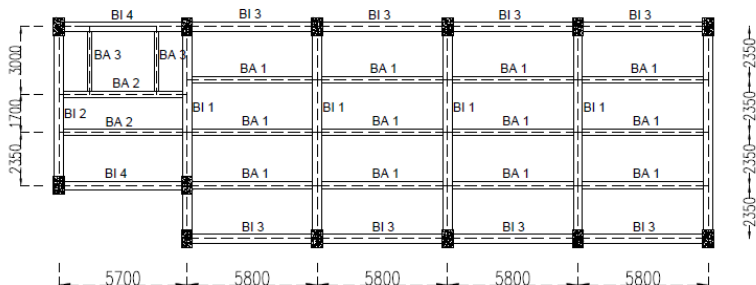
KODE	BALOK ANAK 4		BALOK ANAK 5		BALOK LEUVEL	
PANJANG (CM)	633		781		200	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG BALOK (CM)	100	150	40	60	40	60
DECKING (MM)	40		40		40	
ATAS	9 D29	9 D29	4 D29	2 D29	4 D29	2 D29
TENGAH	9 D29	-	2 D29	-	2 D29	-
BAWAH	9 D29	9 D29	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29
BEGEL	2 D13 -100	2 D13 - 200	2 D13 -100	2 D13 - 200	2 D13 -100	2 D13 - 200

4.4 Struktur Primer

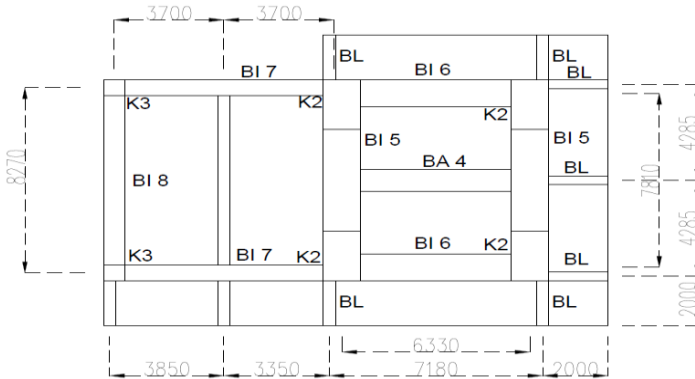
4.4.1 Perencanaan Balok Induk

4.4.2.1 Umum

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



Gambar 4. 30 Denah Pembalok Blower Room



Gambar 4. 31 Denah Pembalok Mesin Kiln

4.4.2.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak

Perencanaan balok induk dalam struktur Gedung Blower Room ini menggunakan 4 dimensi balok induk dan pada Bangunan Mesin Kiln Pembakaran menggunakan 4 dimensi balok induk yaitu :

- Balok Induk 1 (BI.1) dimensi 40/60 cm (bentang 9,4 m)
- Balok Induk 2 (BI.2) dimensi 40/60 cm (bentang 7,05 m)
- Balok Induk 3 (BI.3) dimensi 40/60 cm (bentang 5,8 m)
- Balok Induk 4 (BI.4) dimensi 40/60 cm (bentang 5,7 m)
- Balok Induk 5 (BI.5) dimensi 125/190 cm (bentang 7,81)
- Balok Induk 6 (BI.6) dimensi 120/180 cm (bentang 6,33 m)
- Balok Induk 7 (BI.7) dimensi 70/100 cm (bentang 7,4 m)
- Balok Induk 8 (BI.8) dimensi 70/100 cm (bentang 8,27 m)

Penulangan balok induk dihitung dalam 2 kondisi yaitu kondisi sebelum komposit dan setelah komposit. Dari kedua kondisi tersebut diambil perhitungan penulangan dengan jumlah kebutuhan terbesar (kritis) yang akan digunakan untuk kebutuhan penulangan balok induk. Pada contoh perhitungan akan dihitung Balok Induk BI.1 (40/60) dengan bentang 9,4 m.

Data Perencanaan :

Mutu beton ($f'c$)	= 35 MPa
Mutu baja tulangan (f_y)	= 390 MPa
Dimensi Balok Induk	= 40/60 cm
Diameter tulangan longitudinal	= 29 mm
Diameter tulangan sengkang	= 10 mm

4.4.2.3 Penulangan Lentur Balok Induk Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, balok pracetak dimodelkan sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi. Pembebanan yang digunakan untuk menghitung tulangan pada kondisi sebelum komposit adalah beban yang berasal dari pelat, *overtopping* dan berat balok itu sendiri. Perhitungan untuk pembebanan merata pada balok induk akan dihitung sebagai beban dengan konsep *tributary area*.

Beban Pada Balok Anak

$$\begin{aligned} L_x &= 205 \text{ mm} = 2,05 \text{ m} \\ L_y &= 540 \text{ mm} = 5,40 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Beban Mati

$$q_{\text{sendiri pelat}} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{sendiri balok anak}} = 0,30 \times 0,28 \times 2400 = 210 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{ek balok anak}} &= 2 \times \frac{1}{2} \times q_{\text{pelat}} \times l_x \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{l_x}{2l_y} \right) \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 288 \times 5,40 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{5,40}{2 \times 2,05} \right) \\ &= 872,43 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban mati balok anak} = (210 + 872,43) \times 2 = 1074,02 \text{ kg/m}$$

NB: terdapat 3 balok anak

➤ Beban Hidup

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

$$= 2 \times \frac{1}{2} \times 192 \times 5,40 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \frac{5,40}{2 \times 2,05} \right)$$

$$= 605,83 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban

$$Q_u = 1,2 D + 1,6 L$$

$$= 1,2 \times 1074,02 + 1,6 \times 605,83 = 2258,2 \text{ kg/m}$$

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

$$P_u = 2258,2 \text{ kg/m} \times 5,8 \text{ m} = 21227,08 \text{ kg}$$

Beban Pada Balok Induk

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

$$L_x = 291,7 \text{ mm} = 2,917 \text{ m}$$

$$L_y = 600 \text{ mm} = 6 \text{ m}$$

➤ **Beban Mati**

$$q_{\text{sendiri}} = 0,4 \times 0,48 \times 2400 = 460,8 \text{ kg/m}$$

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

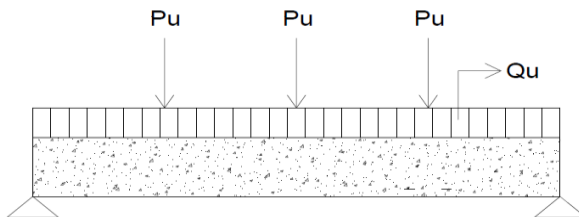
$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 288 \times 2,05 = 295,2 \text{ kg/m}$$

Beban mati balok induk = 1,2 D

$$= 1,2 \times (460,8 + 295,2)$$

$$= 1058,4 \text{ kg/m}^2$$

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



Gambar 4. 32 Pembebanan BI 40/60 Sebelum Komposit

Momen yang terjadi sebelum komposit adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{Qu \times L^2}{8} + \frac{Pu \times 0,5 \times L}{2} + \frac{Pu \times L}{2} \\ &= \frac{1058,4 \times 9,4^2}{8} + \frac{21227,08 \times 0,5 \times 9,4}{2} + \frac{21227,08 \times 9,4}{2} \\ &= 161341 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Jadi, momen (M_u) yang akan dipakai dalam perhitungan tulangan lentur balok induk sebelum komposit adalah 430901 kg.m.

Perhitungan Tulangan Lentur

➤ Data Perencanaan

- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Dimensi balok = 40/48 cm
- Diameter tulangan utama = 29 mm
- Diameter tulangan sengkang = 10 mm

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

$$d = 480 - 50 - 10 - \frac{1}{2} (29) = 405,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

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

$$\rho_{\min} = 0,0038$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1$$

➤ **Tulangan Lapangan**

$$M_{\text{lapangan}} = 43,09 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d} = \frac{161341}{0,75 \times 400 \times 405,5^2} = 0,275 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,1 \times 0,275}{390}} \right) = 0,0007$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0007 < \rho_{\text{min}} = 0,0038$ dipakai ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

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

$$= 0,0038 \times 400 \times 405,5 \text{ mm}^2 = 615,12 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{sD_{25}}} = \frac{615,12}{660,52} = 0,93 \approx 2 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = \text{jumlah tulangan} \times A_{D_{29}}$$

$$= 2 \times 660,52 \text{ mm}^2$$

$$= 1321,039 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots \text{OK}$$

Maka digunakan tulangan lentur 2D29

Kontrol kekuatan :

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{1321,039}{500 \times 518,5} = 0,005 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1321,039 \times 390}{0,85 \times 400 \times 35} = 43,29$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = 54,18$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{405,5-54,18}{54,18} \times 0,003 = 0,019 > 0,005$$

∴ **Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"**

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

$$= 0,75 \times 1321,04 \times 390 \left(405,5 - \frac{54,18}{2} \right)$$

$$= 148322267,1 \text{ Nmm} = 148,322 \text{ KNm}$$

$M_u > M_{\text{lapangan}} \dots$ (OK)

Maka digunakan tulangan lentur 2D29

4.4.2.4 Penulangan Lentur Balok Induk Sesudah Komposit

➤ Data Perencanaan

- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- Mutu baja (f_y) = 390 MPa
- Dimensi balok = 50/75 cm
- Diameter tulangan utama = 29 mm
- Diameter tulangan sengkang = 13 mm

$$d = h - d' - \emptyset - \frac{1}{2} d_b = 600 - 50 - 10 - \frac{1}{2} (29) = 525,5 \text{ mm}$$

$$d' = 50 + 10 + \frac{1}{2} (29) = 74,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{390} = 0,0038$$

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

$$\rho_{\min} = 0,0038$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1$$

➤ Balok T

↪ Lebar efektif balok T beam

$$be_1 = \frac{1}{4} \times Lb = \frac{1}{4} \times 940 = 235 \text{ cm}$$

$$be_2 = 8 \times t_p = 8 \times 12 = 96 \text{ cm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} \times b = \frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ cm}$$

↪ Kontrol Balok T beam

$$be = 960 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1321,039 \times 390}{0,85 \times 960 \times 35} = 18,03$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{18,03}{0,8} = 22,54 \text{ mm}$$

$$c = 22,54 \text{ mm} < t_f = 120 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

Momen yang terjadi sesudah komposit (SAP2000)

$$\text{Momen tumpuan} = -387733 \text{ KN.mm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 298920 \text{ KN.mm}$$

➤ **Tulangan Tumpuan Atas:**

$$M_{\text{tumpuan}} = -784,680 \text{ KNm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D29

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d_x = 525,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 387,733 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d} = \frac{387,733 \times 10^6}{0,75 \times 400 \times 525,5} = 3,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \sqrt{1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,1 \times 3,9}{390}}} = 0,0107 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0107 > \rho_{\text{min}} = 0,00379$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0107 \times 400 \times 525,5 \text{ mm}^2 \\ &= 2261,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= A_{S_{\text{perlu}}} / A_s \text{ D29} \\ &= \frac{2261,59}{660,52} = 3,42 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= \text{jumlah tulangan} \times A \text{ D}_{29} \\ &= 4 \times 660,52 \text{ mm}^2 \\ &= 2642,08 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots \text{ OK} \end{aligned}$$

∴ **Maka digunakan tulangan lentur 4D29**

➤ **Perhitungan Syarat Tulangan Tekan:**

Persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.10 menyatakan bahwa jumlah tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan atas atau minimal dipasang 2 buah tulangan.

$$\begin{aligned} n_{\text{bawah}} &\geq 1/3 n_{\text{atas}} \\ n_{\text{bawah}} &\geq 1/3 \times 6 = 2 \end{aligned}$$

Ambil jumlah tulangan bawah = 2 buah, syarat ≥ 2 buah. Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **2D29 ($A_s' = 981,75 \text{ mm}^2$)**

➤ **Kontrol Kekuatan:**

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{2642,08}{400 \times 525,5} = 0,0108 > \rho_{pertu}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times b \times fc'} = \frac{2642,08 \times 390}{0,85 \times 400 \times 35} = 86,58$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{86,58}{0,8} = 108,24$$

$$\varepsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{658,5-108,24}{108,24} \times 0,003 = 0,0116 > 0,005$$

∴ **Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"**

$$\begin{aligned} Mu &= \phi \times As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 2642,08 \times 390 \left(525,5 - \frac{86,58}{2} \right) \\ &= 49689758 \text{ Nmm} = 496,89 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$Mu > M_{tumpuan} \dots$ (OK)

➤ **Kontrol Tulangan Rangkap:**

$$\rho = 0,012$$

$$\rho' = \frac{As}{b \times d} = \frac{2642,08}{400 \times 525,5} = 0,0125 > \rho_{pertu}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \times fc' \times \beta_1 \times d'}{fy \times d} \times \frac{600}{600-390}$$

$$0,012 \geq \frac{0,85 \times 35 \times 0,85 \times 76}{390 \times 525,5} \times \frac{600}{600-390}$$

$$0,012 \leq 0,0247 \text{ (tulangan belum leleh)}$$

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times \beta_1 \times fc'}{(\rho - \rho') \times fy} \times \frac{d'}{d} \right| \leq fy$$

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{(0,0247) \times 390} \times \frac{74,5}{525,5} \right| \leq 390 \text{ MPa}$$

$$f's = |-209,88| \leq 390 \text{ Mpa (dalam kondisi tarik)}$$

Maka diambil $f's = 390 \text{ Mpa}$ (dalam kondisi tarik)

$$a = \frac{2642,08 \times 390 - 2261,59 \times 390}{0,85 \times 400 \times 390} = 12,46 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= (2642,08 \times 390 - 2261,59 \times 390) \times \left(525,5 - \frac{12,46}{2} \right) + \\ &\quad 2261,59 \times 390 (525,5 - 74,5) \\ &= 999771820 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mu = \phi M_n = 0,9 \times 999771820 = 899794638 \text{ Nmm}$$

$Mu = 899794638 > M_{tumpuan} = 430814444,4 \text{ Nmm} \dots$ OK

➤ **Tulangan Lentur Lapangan:**

Sebelum kita lakukan analisa desain perencanaan untuk tulangan lapangan perlu dilakukan cek apakah balok pada daerah lapangan tergolong balok T atau bukan dengan perumusan sebagai berikut :

Tulangan lapangan bawah

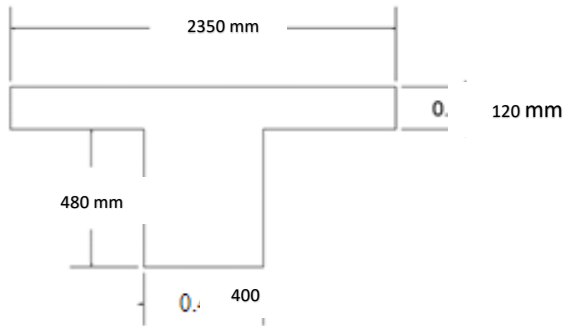
$$be_1 = \frac{1}{4} \times L_b = \frac{1}{4} \times 940 = 235 \text{ cm}$$

$$be_2 = b_w + 16t = 40 + (16 \times 12) = 232 \text{ cm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} \times (L_b - b_w) = \frac{1}{2} \times (940 - 40) = 450 \text{ cm}$$

$$b = be_1 = 232 \text{ cm (terkecil)}$$

$$dx = 525,5 \text{ mm}$$



Gambar 4. 33 Potongan Balok T BI 40/60

Direncanakan menggunakan tulangan D29

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$dx = 525,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 298.92 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi x b x d} = \frac{298.92 \times 10^6}{0,75 \times 400 \times 525,5} = 3,01 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,1 \times 3,01}{390}} \right) = 0,0081$$

$\rho_{perlu} = 0,0081 > \rho_{min} = 0,00379$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0081 \times 400 \times 525,5 \text{ mm}^2 \\ &= 1711,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n_{\text{tulangan}} = A_{S_{\text{perlu}}} / A_{S \text{ D29}} = \frac{1711,99}{660,52} = 2,59 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} A_{S \text{ pasang}} &= \text{jumlah tulangan} \times A_{D_{29}} \\ &= 3 \times 660,52 \text{ mm}^2 \\ &= 1981,559 \text{ mm}^2 > A_{S \text{ perlu}} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 3D29

➤ Perhitungan Syarat Tulangan Tekan:

Persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.10 menyatakan bahwa jumlah tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 tulangan atas atau minimal dipasang 2 buah tulangan.

$$\begin{aligned} n_{\text{bawah}} &\geq 1/3 n_{\text{atas}} \\ n_{\text{bawah}} &\geq 1/3 \times 3 = 1 \end{aligned}$$

Ambil jumlah tulangan bawah = 2 buah, syarat ≥ 2 buah. Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **2D29** ($A_{S'} = 981,75 \text{ mm}^2$)

➤ Kontrol Tulangan Rangkap:

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{1981,559}{500 \times 658,5} = 0,0094 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho' = \frac{A_{s'}}{b \times d} = \frac{1711,99}{500 \times 658,5} = 0,0081 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\begin{aligned} \rho - \rho' &\geq \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} \\ 0,00128 &\geq \frac{0,85 \times 35 \times 0,8 \times 74,5}{390 \times 525,5} \times \frac{600}{600 - 390} = 0,0247 \text{ (tulangan} \\ &\text{tekan belum leleh)} \end{aligned}$$

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{(\rho - \rho') \times f_y} \times \frac{d'}{d} \right| \leq f_y$$

$$f's = 600 \times \left| 1 - \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{0,0247 \times 390} \times \frac{76}{658,5} \right| \leq 390$$

$$f's = -209,88 \text{ MPa} \leq 390 \text{ Mpa}$$

Maka diambil $f's = 390 \text{ Mpa}$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A'_{s'} \times f'_{s'}}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1981,559 \times 390 - 1711,99 \times 390}{0,85 \times 400 \times 35} = 64,94 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (A_s \times f_y - A'_{s'} \times f'_{s'}) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + A'_{s'} \times f'_{s'} \times (d - d') \\
 &= (1981,559 \times 390 - 1711,99 \times 390) \times \left(525,5 - \frac{64,94}{2}\right) + 1711,99 \\
 &\quad \times 390 \times (525,5 - 74,5) = 729553432 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \phi M_n = 0,9 \times 729553432 = 656598089 \text{ Nmm} \\
 &= 656,598 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_u > M_{\text{lapangan}} = 298,200 \text{ kNm} \dots \text{OK}$$

➤ **Cek Balok T Palsu:**

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times f_y \\
 &= 1981,559 \times 390 = 772808,23 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= 0,85 \times f'_{c'} \times b_e \times h_f \\
 &= 0,85 \times 35 \times 232 \times 120 = 828240 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena $C > T$, maka balok dianggap sebagai balok T palsu, berperilaku sebagai balok persegi dengan lebar b_e .

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times b \times f'_{c'}} = 86,59 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{aktual}} = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{1981,559}{400 \times 525,5} = 0,0094 > \rho_{\text{min}}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{86,59}{0,8} = 108,23 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{d-c}{c} \times 0,003 = \frac{525,5-108,23}{108,23} \times 0,003 = 0,015 > 0,005$$

∴ **Faktor Reduksi $\phi = 0,9$ "OK"**

$$\begin{aligned}
 M_u &= \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 0,9 \times 1981,559 \times 390 \times \left(525,5 - \frac{86,59}{2}\right) \\
 &= 335387086 \text{ Nmm} = 335,38 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_u > M_{\text{lapangan}} \dots (\text{OK})$$

Hasil dari penulangan setelah komposit adalah sebagai berikut,

- Akibat momen tumpuan
 - Tulangan atas = 4D29 ($A_s = 2963,119 \text{ mm}^2$)
 - Tulangan bawah = 2D29 ($A_s = 981,75 \text{ mm}^2$)
- Akibat momen lapangan

$$\begin{aligned}\text{Tulangan atas} &= 2\text{D}29 (A_s = 981,75 \text{ mm}^2) \\ \text{Tulangan bawah} &= 3\text{D}29 (A_s = 1981,559 \text{ mm}^2)\end{aligned}$$

4.4.2.5 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 (0,9)

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

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

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

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

Dimana :

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

T_s = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

T_c = Kuat torsi nominal yang disumbngkan oleh beton

A_o = Luas bruto yang ditasi oleh lintasan aliran geser, mm

A_t = Luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan puntir dalam daerah sejarak s , mm^2

F_{yv} = kuat leleh tulangan sengkang torsi, Mpa

s = Spasi tulangan geser atau puntir dalam arah parallel dengan tulangan longitudinal

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

$$\phi 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

f'_c = Kuat tekan beton, Mpa

A_{cp} = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm^2

P_{cp} = Keliling luar penampang beton, mm^2

A. Penulangan Geser

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

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

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

Tabel 4. 31 Perhitungan Mpr BI.1

Bentang (m)	Posisi	n	As (mm ²)	a (mm)	Mpr (Nmm)	Mpr (KNm)
9.4	atas	4	2642.079	108.2364	607146194.6	607.15
	bawah	2	1321.04	54.11822	320999350.9	321.00
	atas	4	2642.079	108.2364	607146194.6	607.15
	bawah	2	1321.04	54.11822	320999350.9	321.00

$$Mpr_1 = 607,15 \text{ kNm}$$

$$Mpr_2 = 321,00 \text{ kNm}$$

$$l_n = 8,6 \text{ m}$$

$$W_u = 29,49 \text{ KN/m (distribusi beban segitiga dan trapesium)}$$

- Analisa terhadap gempa kiri = gempa kanan

$$V_u = \frac{607,15 + 321}{8,6} - \frac{29,49 \times 8,6}{2}$$

$$V_u = -18,9 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{607,15 + 321}{8,6} + \frac{29,49 \times 8,6}{2}$$

$$V_u = 234,7 \text{ kN}$$

- Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastik

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

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

$$\frac{607,15 + 321}{8,6} > 0,5 \times 234,7$$

$$107,92 \text{ kN} > 105,6 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

- Gaya Aksial Tekan $< 0,2 \times A_g \times f_c'$

$$235,467 \text{ kN} < 1680 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

Karena Gaya Aksial terlalu kecil maka memenuhi:

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f'c}}{6} \times b_w \times d \\ &= 0,9 \times \frac{\sqrt{35}}{6} \times 400 \times 525,5 \\ &= 132293,61 \text{ N} = 132,293 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Vu}{\phi} - V_c \\ &= \frac{234,7}{0,9} - 132,293 = 128,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rencanakan tulangan geser $2\phi 13 \text{ mm}$ ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 390 \times 525,5}{128,53} = 250,04 \text{ mm}$$

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

- $d/4 = 525,5/4 = 131,37 \text{ mm}$
- $6 D_b = 6 \times 29 = 175 \text{ mm}$
- 150 mm

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

Sehingga nilai kuat geser diperoleh sebagai berikut :

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{157,08 \times 390 \times 525,5}{100 \times 1000} = 321,9 \text{ kN}$$

$$\phi V_s = 0,9 \times 321,9 = 289,73 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \phi(V_c + V_s) &= 0,9 \times (132,293 + 321,9) \\ &= 408,79 \text{ kN} > 289,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sengkang yang dipasang $2D10 \text{ mm}$ sejarak 100 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

- S_{\max} sepanjang sendi plastis di ujung balok
 $2h = 2 \times 750 = 1500 \text{ mm}$
- Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan

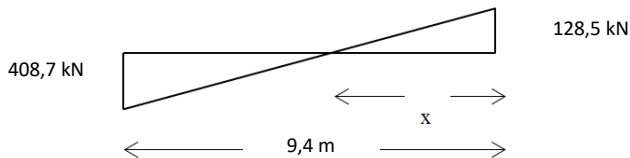
Kontrol kuat geser balok induk interior tidak boleh lebih besar dari syarat SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9

$$\begin{aligned} V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \times bw \times d \times \sqrt{f'c} \\ &= \frac{2}{3} \times 400 \times 525,5 \times \sqrt{35} = 829039 \text{ N} \\ &= 829,039 \text{ kN} > 289,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga sengkang 2D13 – 100 dapat digunakan.

➤ Pemasangan sengkang di luar daerah sendi plastis

Pemasangan tulangan sengkang di luar daerah sendi plastis dimulai dari 1500 mm dari ujung balok dimana gaya geser yang digunakan merupakan gaya geser dari hasil analisa struktur dengan besar beban gempa dan memperhitungkan pula kuat geser yang disumbangkan oleh beton.



Gambar 4. 34 Penentuan Jarak x di Luar Sendi Plastis

Persamaan segitiga untuk mencari jarak x:

$$\begin{aligned} \frac{x}{9,4-x} &= \frac{128,5}{408,75} \\ x &= 2,24 \text{ m} \end{aligned}$$

V_u pada jarak = 1000 mm dari tumpuan

$$\begin{aligned} \frac{2,24}{2,24-1} &= \frac{128,5}{x} \\ x &= 71,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$V_u = 71,3 \text{ kN}$ pada jarak 1000 mm

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{71,3}{0,9} = 79,3 \text{ kN}$$

Jika dipakai begel 2 kaki dengan $\phi 10$ ($A_v = 157,08 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs}$$

$$= \frac{157,08 \times 390 \times 525,5}{79,3} = 405,93 \text{ mm}$$

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

$$1/2 \times d = 1/2 \times 525,5 = 262,75 \text{ mm}$$

Jadi dipasang begel 2 ϕ 10 – 250 mm sebanyak :

$$L_n = 8600 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n - 4 \times h}{s} + 1 = \frac{8600 - 4 \times 600}{250} + 1 = 25,8 \approx 26 \text{ buah}$$

B. Penulangan Torsi

$$\text{Dimensi Balok Induk BI 1} = 40/60 \text{ cm}$$

$$T_u = 6,94 \text{ KNm}$$

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

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

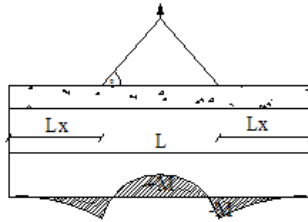
$$6,94 \text{ KNm} < 0,75 \times \frac{\sqrt{35}}{12} \left(\frac{(400 \times 600)^2}{(400 + 600) \times 2} \right)$$

$$6,94 \text{ KNm} < 10,6 \text{ Nmm}$$

Dengan demikian tulangan torsi diabaikan saja.

4.4.2.6 Pengangkatan Balok Induk BI 1

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



Gambar 4. 35 Momen saat pengangkatan BI 40/60

➤ **Kondisi Pengangkatan Balok Sebelum Komposit**

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$h = 48 \text{ cm}$$

$$L = 940 \text{ cm}$$

Dimana :

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

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

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Yb} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \times \text{tg} \theta} \right)} \right)}$$

Perhitungan

$$Y_t = Y_b = \frac{(48 - 12)}{2} = 18 \text{ cm}$$

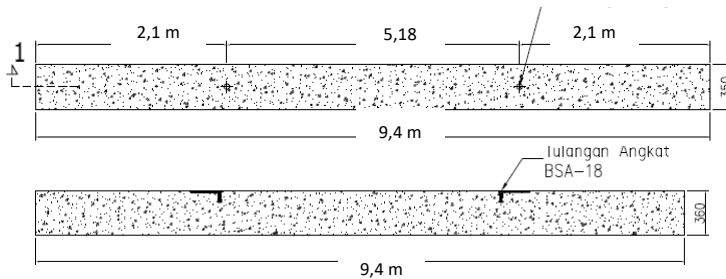
$$I = \frac{1}{12} \times 40 \times 48^3 = 368640 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 23 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 23}{940 \times \operatorname{tg} 45^{\circ}}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{18}{18} \left(1 + \frac{4 \times 23}{940 \times \operatorname{tg} 45^{\circ}} \right)} \right)} = 0,224$$

$$X \times L = 0,224 \times 940 = 210,74 \text{ cm} = 2,1 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 9,40 - 2 \times 2,1 = 5,18 \text{ m}$$



Gambar 4. 36 Letak Titik Pengangkatan BI 40/60

➤ **Pembebanan**

$$\text{Balok } (0,4 \times 0,48 \times 9,4 \times 2400) = 43,32 \text{ kN}$$

$$T \sin \phi = P = \frac{1,2 \times k \times W}{2}$$

$$= \frac{1,2 \times 1,2 \times 43,32}{2} = 32,18 \text{ kN}$$

$$T = \frac{32,18}{\sin 45^{\circ}} = 44,1 \text{ kN}$$

➤ **Tulangan Angkat Balok**

$$P_u = 29,49 \text{ KN}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu $f_y = 420 \text{ Mpa}$ adalah $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 390/1,5 = 260 \text{ MPa}$$

$$\varnothing_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{Pu}{\sigma_{ijin} x \pi}} = 1,8 \text{ cm}$$

Digunakan tulangan angkat $\varnothing 22 \text{ mm}$

➤ **Momen yang Terjadi**

• **Pembebanan**

Balok (0,40 x 0,48 x 2400) = 460,8 kg/m = 4,608 KN/m

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

• **Momen Lapangan**

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

$$+M = \left(\frac{4,608 \times 9,4^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,224 + \frac{4 \times 23}{9,4 \times \operatorname{tg} 45} \right) \right) \times 1,2$$

$$= 12,28 \text{ KNm}$$

➤ **Tegangan yang Terjadi**

$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{12,28}{\frac{1}{6} \times 0,4 \times 0,48^2}$$

$$f = 799,47 \text{ kN/m}^2$$

$$f = 0,79 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7 \sqrt{f'_c} = 4,14 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

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.

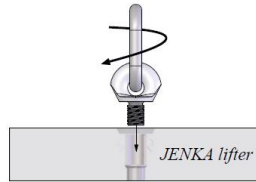
➤ **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *JENKA Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *JENKA BSA Short Insert* dengan kait *JL*. Di satu

titik angkat profil ini dapat mengangkan beban sebesar 16 kN dengan sudut 0°-90°.



Gambar 4. 37 (1) Profil BSA dan Perkuatan (2) Profil Kait JL



Gambar 4. 38 JENKA Lifter

4.4.2.7 Rekap Penulangan Balok Induk Pracetak

Tabel 4. 32 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Balok Induk Blower Room

KODE	BALOK INDUK 940		BALOK INDUK 705	
	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
PENAMPANG BALOK (CM)	40	60	40	60
DECKING (MM)	40		40	
ATAS	4 D29	2 D29	4 D29	2 D29
TENGAH	2 D 29	2 D29	2 D 29	2 D29
BAWAH	2 D 29	3 D29	2 D 29	3 D29
BEGEL	2 D10	2 D10	2 D10	2 D10
KODE	BALOK INDUK 580		BALOK INDUK 570	
	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
PENAMPANG BALOK (CM)	40	60	40	60
DECKING (MM)	40		40	
ATAS	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29
TENGAH	2 D 29	2 D29	2 D 29	2 D29
BAWAH	2 D 29	2 D29	2 D 29	7 D29
BEGEL	2 D10	2 D10	2 D10	2 D10

Tabel 4. 33 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Balok Induk Mesin Kiln

KODE	BALOK INDUK 780		BALOK INDUK 780	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG BALOK (CM)	125	190	70	100
DECKING (MM)	40		40	
ATAS	14 D29	14 D29	4 D29	4 D29
TENGAH	2 D 29	2 D29	2 D 29	2 D29
BAWAH	14 D 29	14 D29	4 D 29	4 D29
BEGEL	2 D10	2 D10	2 D10	2 D10
KODE	BALOK INDUK 633		BALOK INDUK 740	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
PENAMPANG BALOK (CM)	120	180	70	100
DECKING (MM)	40		40	
ATAS	12 D29	12 D29	4 D29	4 D29
TENGAH	2 D 29	2 D29	2 D 29	2 D29
BAWAH	12 D 29	12 D29	4 D 29	4 D29
BEGEL	2 D10	2 D10	2 D10	2 D10

4.4.2 Perencanaan Kolom

4.4.2.1 Data Umum Perencanaan Kolom

Dimensi kolom

Blower Room

: 80/50 cm

Mesin Kiln

: 220/125 cm

: 70/70 cm

Tebal decking (d')

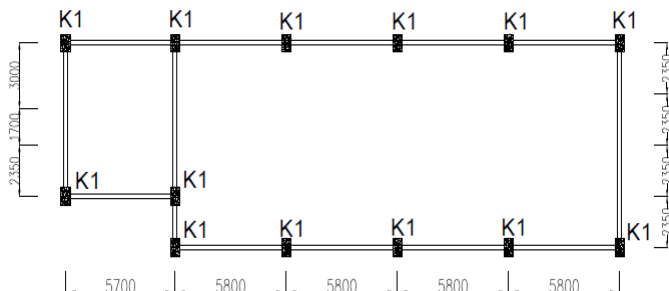
: 50 mm

Mutu tulangan (f_y)

: 420 MPa

Mutu beton (f'_c)

: 40 Mpa



Gambar 4. 39 Denah Kolom (K1)

4.4.2.2 Perencanaan Kolom Blower Room

Berdasarkan hasil perhitungan SAP2000 diexport beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 80/50cm, yaitu :

$P_{u_{max}}$: 10119,88 KN
$V_{u_{max}}$: 237 KN
$T_{u_{max}}$: 1,27 KNm

➤ Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f'_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.
500 mm > 300 mm
- Rasio dimensi besar dari 0.4
Rasio b/h = 500/800 = 0,625 > 0.4

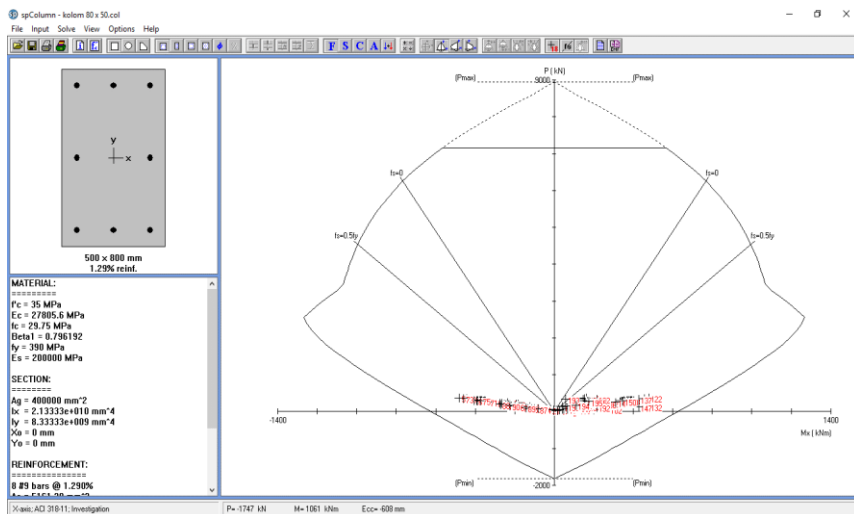
Dari hasil running program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 913,2 KN

$$913,2 \text{ KN} \geq 800 \times 500 \times \frac{35}{10} \times \frac{1}{1000}$$

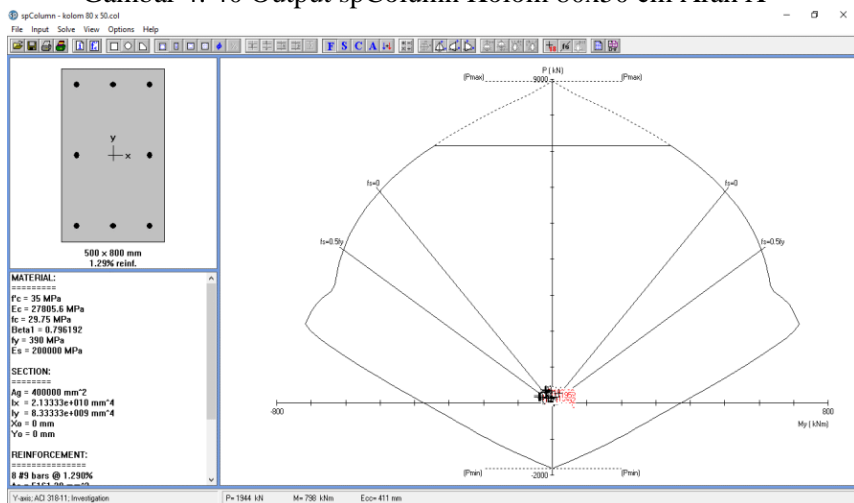
$$913,24 \text{ KN} \geq 1400 \text{ KN} \dots \text{OK}$$

➤ Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu SP Column, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom akibat sumbu X dan sumbu Y yang dapat dilihat pada Gambar 4.46 dan 4.47, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. 40 Output spColumn Kolom 80x50 cm Arah X



Gambar 4. 41 Output spColumn Kolom 80x50 cm Arah Y
 Grafik Interaksi Aksial dan Momen Pada Kolom
 $\phi M_n = 1270 \text{ KNm} > M_u = 321,23 \text{ KNm} \dots \text{OK}$

➤ **Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal pada Kolom**

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ atau lebih dari $0.06 A_g$.

$$A_s = 5284,15 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 400000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program PCA COL diperoleh Tulangan longitudinal : 12D29, dengan rasio tulangan = 1,29 % (OK)

➤ **Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap Beban Aksial Terfaktor**

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

$$\phi P_n = 7177,88 \text{ kN}$$

Dimana:

$$P_u = 913,125 \text{ kN}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$A_g = 800 \times 500 = 400000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 8 \frac{1}{4} \pi 29^2 = 5284,15 \text{ mm}^2$$

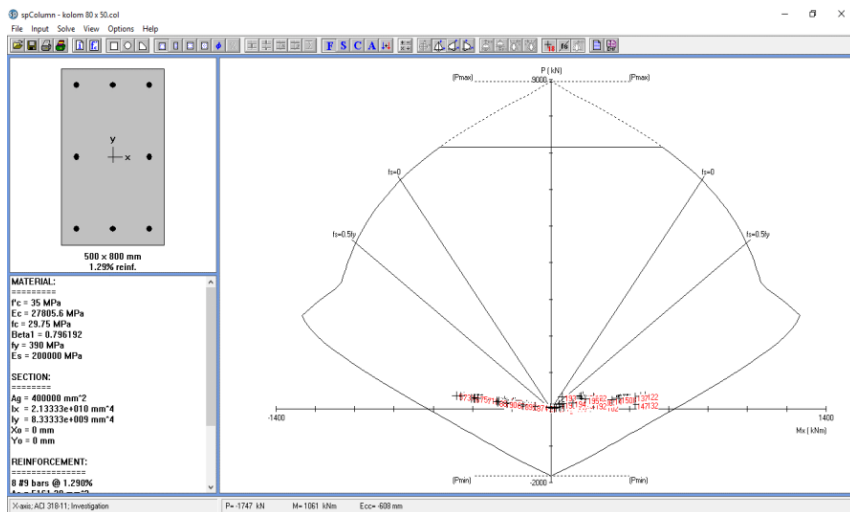
Sehingga:

$$\phi P_n = 7177,88 \text{ kN} > P_u = 913,125 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

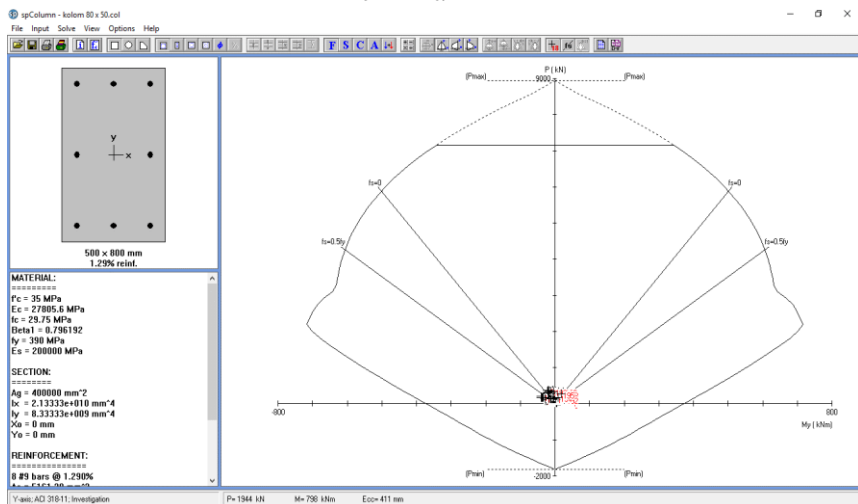
➤ **Kontrol Gaya Tekan terhadap Gaya Geser Rencana**

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$f_s = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 390 = 487,5 \text{ Mpa}$$



Gambar 4. 42 Output spColumn (setelah Mpr) Kolom 80x80 cm Arah X



Gambar 4. 43 Output spColumn (setelah Mpr) Kolom 80x80 cm Arah Y

$$\begin{aligned}
 L_n &= 8900 \text{ mm} \\
 M_{prx} &= 1651 \text{ KNm} \\
 V_{ex} &= \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 1651}{8,9} \\
 V_{ex} &= 371,01 \text{ KN} > V_u = 64,07 \text{ KN} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6, ujung-ujung kolom sepanjang l_o harus dikekang oleh tulangan trasversal (A_{sh}) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.6

⇒ Pemasangan Tulangan di Daerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

- $\frac{1}{4} b_{kolom} = \frac{1}{4} \times 500 = 125 \text{ mm}$
- $6 d_b = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$
- $S_o = 100 + \left(\frac{350 - (0.5x(700 - 2x(35 + 10/2)))}{3} \right)$
 $= 113,33 \text{ mm}$

Digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 100 mm.

$A_{sh_{min}}$ sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$b_{cx} = 800 - 50 - 2 \times 10 = 730 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (800 - 50 \times 2) \times (500 - 50 \times 2) = 280000 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 0.3 \frac{100 \times 730 \times 35}{390} \left[\frac{400000}{280000} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 842,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh1} = 0.09 \frac{100 \times 730 \times 35}{390} = 589,6 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan 5D10-100

$$(A_{sh} = 929,13 \text{ mm}^2) > 842,3 \text{ mm}^2$$

- ⇒ Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis
 Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :
 - $6 \times db = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
 - 150 mm
 Maka dipakai $s = 150 \text{ mm}$

➤ **Kontrol Kebutuhan Torsi**

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila nilai momen puntir kurang dari :

$$N_u = 182.64 \text{ KN}$$

$$T_u = 2.32 \text{ KNm}$$

$$A_g = 400000 \text{ mm}^2$$

$$A_{cp} = 400000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 26000 \text{ mm}$$

$$T_n = \phi 0.33 \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 \sqrt{f'_c}}}$$

$$T_n = 0.65 \cdot 0.33 \sqrt{40} \left(\frac{400000^2}{26000} \right) \sqrt{1 + \frac{182.64}{0.33 \sqrt{40}}}$$

$$T_n = 75.93 \text{ KNm}$$

$$T_n > T_u$$

$$75.93 \text{ KNm} > 2.32 \text{ KNm}$$

Maka tulangan torsi diabaikan.

Tabel 4. 34 Rekapitulasi Penulangan Terpasang pada Kolom Blower Room dan Mesin Kiln

KODE	KOLOM 1		KOLOM 2		KOLOM 3	
PENAMPANG KOLOM (CM)	50	80	125	220	70	70
TULANGAN	8 D29	8 D29	96 D36	96 D36	8 D29	8 D29
BEGEL	D16 - 100	D16 - 150	D16 - 100	D16 - 150	D16 - 100	D16 - 150

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 pada sistem pracetak merupakan bagian yang sangat penting. Bagian ini berfungsi untuk meneruskan gaya antar setiap elemen pracetak yang disambung. Kelemahan konstruksi sistem pracetak adalah terletak pada sambungan yang relatif kurang kaku atau *monolit* sehingga lemah dalam menahan beban gempa. Untuk itu sambungan direncanakan supaya memiliki kekakuan seperti beton *monolit*. Elemen pracetak dengan tuangan beton di atasnya (*in situ*), diharapkan sambungan elemen tersebut memiliki perilaku yang mendekati sama dengan struktur yang monolit. Gaya dapat disalurkan antara komponen struktur dengan menggunakan sambungan *grouting*, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat atau kombinasi dengan cara-cara tersebut. Sambungan elemen pracetak meliputi sambungan pelat pracetak dengan balok pracetak, sambungan balok induk pracetak dengan dengan balok anak pracetak, sambungan balok pracetak dengan dengan kolom pracetak.

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.

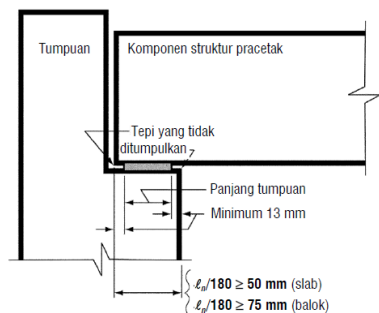
Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga ditinjau *serviceability*, kekuatan, dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya 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

Di mana L_n = bentang bersih elemen pracetak

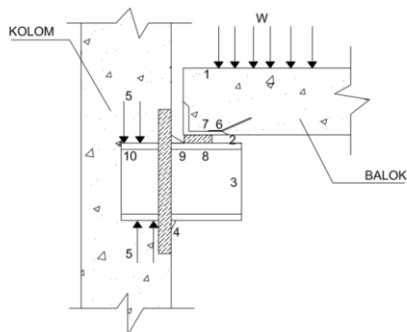


Gambar 4. 44 Panjang Tumpuan pada Tumpuan

4.5.2 Konsep Desain Sambungan

➤ 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 4.39 di mana pemindahan beban diteruskan ke kolom dengan melalui tahap sebagai berikut:



Gambar 4. 45 Mekanisme 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 vertikal dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.
4. Gaya geser vertikal 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.

➤ **Klasifikasi Sistem dan Sambungannya**

Sistem pracetak didefinisikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambungan :

A. 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

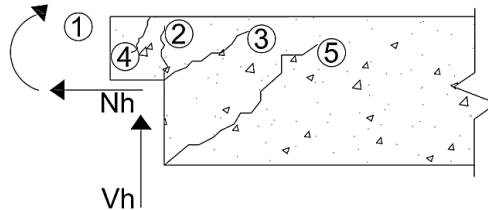
B. Jenis Alat Penyambung

- *Shell pracetak* dengan bagian intinya di cor beton setempat
- *Cold joint* yang diberi tulangan biasa atau yang diberi tulangan pracetak parsial, di mana bagian *joint* di-*grout*.
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, di mana bagian *joint* tidak di-*grout*.
- Sambungan-sambungan mekanik

➤ **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 4.40

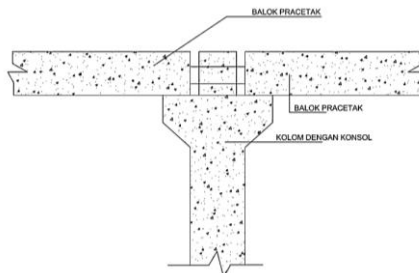


Gambar 4. 46 Model keruntuhan

PCI Design 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 direncanakan sistem balok pracetak yang mampu menumpu pada kolom pracetak 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 4.41 berikut ini :



Gambar 4. 47 Model 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 vertikal antar komponen pracetak lebih merata.
- 3) Meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau *camber* mereduksi kebocoran air.

Tebal *topping* umumnya berkisar antara 40 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 kg/cm². 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*).

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} \geq A_{vf} \text{ min}$$

Di mana :

A_{vf} = luas tulangan geser friksi

V_n = 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)

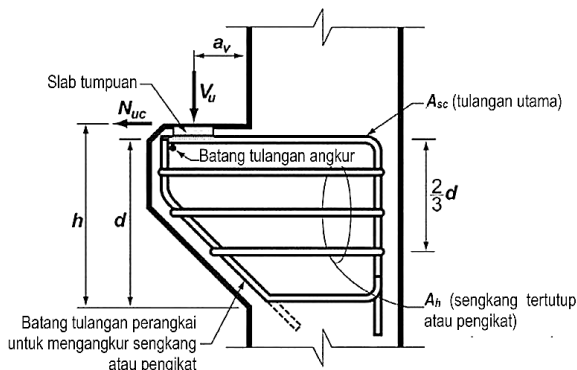
$A_{vf} \text{ min} = 0,018 A_c$ untuk baja tulangan mutu $f_y < 400$ MPa

= 0,018 x 400/ f_y untuk tulangan $f_y > 400$ MPa diukur pada tegangan leleh 0,35% dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0,0014 A_c

4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok-Kolom

➤ 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 4.42 berikut ini:



Gambar 4. 48 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, \emptyset harus diambil sama dengan 0,75

- 2) Desain tulangan geser-friksi A_{vf} untuk menahan V_u harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.6:
 - a) Untuk beton berat normal, V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,2 \times f'_c \times b_w \times d$, $(3,3 + 0,08f'_c) b_w d$, 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 terfaktor $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ 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_{uc} tidak boleh diambil kurang dari $0,2V_u$ kecuali bila ketentuan dibuat untuk menghindari gaya tarik. N_{uc} harus dianggap sebagai beban hidup bahkan bilamana tarik yang dihasilkan dari kekangan rangkang, 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 $0,04 \frac{f'_c}{f_y}$
6. Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama A_s harus diangkur dengan salah satu dari berikut :
 - 1) Dengan las struktur pada batang tulangan transversal dengan sedikit berukuran sama; las didesain untuk mengembangkan f_y tulangan tarik utama;
 - 2) Dengan pembengkokan tulangan tarik utama menjadi bentuk tertutup horizontal; atau
 - 3) 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).

➤ **Perhitungan Konsol pada Kolom**

a) Data Perencanaan

$$V_u = 248,87 \text{ kN (SAP2000)}$$

$$N_{uc} = 49,774 \text{ kN (SAP2000)}$$

$$\text{Dimensi Balok} = 40/60$$

Dimensi konsol :

$$\text{Lebar konsol (b)} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi konsol (h)} = 200 \text{ mm}$$

$$d' = 200 - 40 - 29/2 = 145,5 \text{ mm}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$a = 100 \text{ mm}$$

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 03-2847 2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a/d = 50 / 145 = 0,343 < 1 \dots \text{OK}$

- $N_{uc} \leq V_u$

$$N_{uc} = 0,2 \times 248870 = 49774 \text{ N} \leq 248,870 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser

V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{248,87}{0,75} = 331,82 \text{ kN}$$

b) Luas Pelat Landasan

$$V_u = \phi \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$Al = \frac{248870}{0,85 \times 35 \times 0,75} = 1115383 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan 400 mm x 100 mm = 40000 mm²
(tebal 15 mm)

c) 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 :

$$\begin{aligned} 0,2 f_c' \times b_w \times d &= 0,2 \times 35 \times 400 \times 145,5 \\ &= 407400 \text{ N} > V_n \dots \text{OK} \\ 11 b_w d &= 11 \times 400 \times 145,5 \\ &= 640200 \text{ N} > V_n \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\ &= \frac{331820}{390 \times 1,4} \\ &= 607,74 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

d) 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.

$$\begin{aligned} M_u &= V_{ua} \times a + N_{uc} (h-d) \\ &= (248870 \times 50) + (49774 \times (200-145,5)) \\ &= 15156183 \text{ Nmm} = 15,15 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$A_{vf1} = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times f_y \times d}$$

$$A_{vf1} = \frac{15156183}{0,85 \times 0,75 \times 390 \times 145,5} = 418,96 \text{ mm}^2$$

$$A_{vf2} = \frac{Vn}{\mu \times f_y} = \frac{331820}{1,4 \times 390} = 607,74 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_{vf} = 607,74 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok As :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{49774}{0,75 \times 390} = 170,16 \text{ mm}^2$$

e) Pemilihan Tulangan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_s = A_f + A_n = 418,96 + 170,16 = 589,13 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 607,74}{3} \right) + 170,16 = 575,32 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{35}{390} \right) 200 \times 145,5 = 208,92 \text{ mm}^2$$

$A_s = 589,13 \text{ mm}^2$ menentukan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

dipakai tulangan 3D16

$$(A_{s_{\text{total}}} = 1321,03 \text{ mm}^2) > A_{s_{\text{perlu}}} = 589,13 \text{ mm}^2 \dots \text{ OK}$$

$$\text{Dipasang sepanjang } (2/3)d = 2/3 \times 145,5 = 97 \text{ mm}$$

Dipasang 200 mm (vertikal)

$$A_n = 0,5 (A_s - A_n) = 0,5 (575,32 - 170,16) = 202,58 \text{ mm}^2$$

Dipasang 3D10

$$(A_{s_{\text{total}}} = 235,61 \text{ mm}^2) > A_{s_{\text{perlu}}} = 209,48 \text{ mm}^2 \dots \text{ OK}$$

dengan spasi $200/2 = 100$ mm

➤ Rekap Konsol Pendek

Tabel 4. 35 Rekapitulasi Perhitungan Konsol Pendek pada Kolom

Sambungan	Vu (kN)	Nu (kN)	Ukuran		Øs (mm)	Øh (mm)	Horizontal			Sengkan		
			b (mm)	h (mm)			As (mm ²) perlu	As (mm ²) pakai	ⁿ (buah)	Ah (mm ²) perlu	Ah (mm ²) pakai	ⁿ (buah)
Kolom K1 - B1 1	248.87	49.77	400	200	16	10	891.93	1005.3	5	360.88	392.70	5
Kolom K1 - B1 2	248.87	49.77	400	200	16	10	891.93	1005.3	5	360.88	392.70	5

➤ 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.

$$\begin{aligned} db &= 29 \text{ mm} \\ \text{As perlu} &= 1711,99 \text{ mm}^2 \\ \text{As terpasang} &= 1981,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

a) Panjang Penyaluran Tulangan Deform dalam Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2 maka :

$$\begin{aligned} l_{dc} &\geq (0,24fy/\lambda\sqrt{f'c})db \\ &\geq (0,24 \times 390/1\sqrt{35})29 \\ &\geq 458,81 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc} &\geq (0,043fy)db \\ &\geq (0,043 \times 390)29 \\ &\geq 486,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

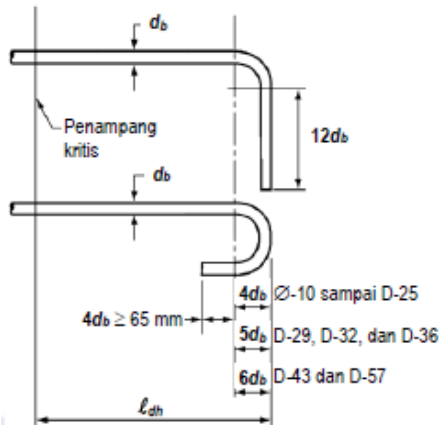
Maka dipakai $l_d = 458,81 \approx 460$ mm.

b) Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1, maka :

- $l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 29 = 232 \text{ mm}$
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$
- $l_{dh} = (0,24 \psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'c}) d_b$
 $= (0,24 \times 1 \times 390 / 1 \times \sqrt{35}) \times 29 = 490,19 \text{ mm}$

Maka dipakai $l_{dh} = 400 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 d_b = 12 \times 29 = 350 \text{ mm}$.



Gambar 4. 49 Detail batang tulangan dengan kait standar

Pada proses penyambungan antara kolom dan balok induk pada bangunan mesin kiln digunakan coupler untuk keperluan *inject grouting* yang didapat dari produk **NMB Splice Sleeve**.

➤ Rekap Sambungan Kolom dan Balok Induk

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Sambungan Kolom dan Balok Induk

Sambungan	Vu (kN)	Nu (kN)	Panjang Penyaluran Tekan (mm)	Panjang Penyaluran Tarik (mm)
Kolom K1 - BI 1	248.87	49.77	490	500
Kolom K1 - BI 2	248.87	49.77	490	500

4.5.5 Perencanaan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

➤ Perhitungan Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Sistem sambungan antara balok induk dengan balok anak pada perencanaan ini 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. Contoh diambil pada pertemuan antara Balok Anak 30/40 dan Balok Induk 40/60.

$$\begin{aligned} db &= 16 \text{ mm} \\ \text{As perlu} &= 239,08 \text{ mm}^2 \\ \text{As terpasang} &= 402,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- a) Panjang Penyaluran Tulangan Tekan
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.2 maka :

$$\begin{aligned} l_{dc} &\geq (0,24fy/\lambda\sqrt{f'c})db \\ &\geq (0,24 \times 390/1\sqrt{35})16 \\ &\geq 253,14 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc} &\geq (0,043fy)db \\ &\geq (0,043 \times 390)16 \\ &\geq 268,32 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai $l_d = 253,14 \approx 260 \text{ mm}$.

- b) Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5.1, maka :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{f_y}{400}$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

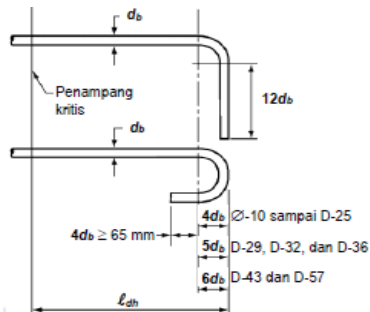
Didapat :

$$l_{hb} = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c}} = 100 \times \frac{16}{\sqrt{35}} = 270,449 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

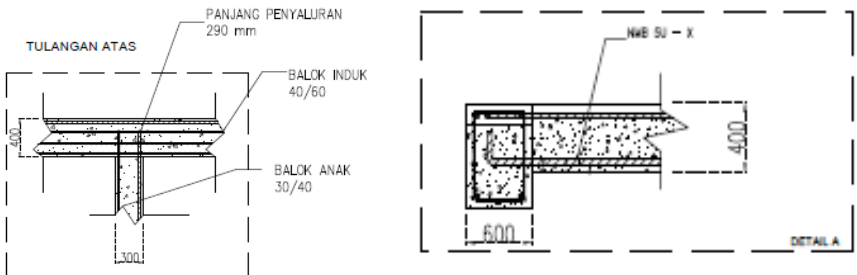
$$l_{dh} = l_{hb} \frac{f_y}{400} = 270,449 \times \frac{390}{400} = 263,68 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm (OK)}$$

Maka dipakai $l_{dh} = 263,68 \approx 270 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 d_b = 192 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$



Gambar 4. 50 Detail batang tulangan dengan kait standar

Pada proses penyambungan antara balok anak dan balok induk digunakan coupler untuk keperluan *inject grouting* yang didapat dari produk **NMB Splice Sleeve**.



Gambar 8.14 Sambungan Balok Anak – Balok Induk

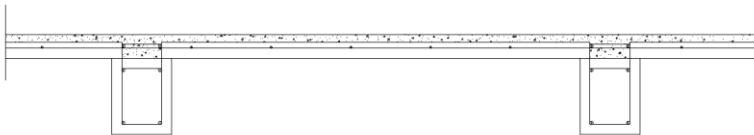
➤ Rekap Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Tabel 4. 37 Rekapitulasi Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Sambungan	Panjang Penyaluran Tekan (mm)	Panjang Penyaluran Tarik (mm)
BI 1 - BA 1	260	250
BI 2 - BA 2	260	250

4.5.6 Perencanaan Sambungan Pelat Pracetak dan Balok Pracetak

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. 51 Panjang Penyaluran Pelat

➤ **Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Type A**

Bedasarkan perhitungan pada bab sebelumnya, didapatkan hasil penulangan pada pelat type A sebagai berikut :

$$d_b = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah X} \quad & - \text{As perlu} & : 110 \text{ mm}^2 \\ & \text{As terpasang} & : 157,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tulangan bagi} \quad & - \text{As perlu} & : 90 \text{ mm}^2 \\ & \text{As terpasang} & : 157,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

a) Penyaluran Arah X

• Kondisi tarik

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{12 f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$$

$$\alpha \beta \leq 1,7 \dots \text{SNI 03 - 2847 - 2013 Pasal 12.2.4}$$

Dengan :

α : faktor lokasi penulangan = 1

β : faktor pelapis = 1

λ : faktor beton normal = 1

$$\frac{\ell_d}{10} = \frac{12 \times 390 \times 1 \times 1 \times 1}{25\sqrt{35}}$$

$$\ell_d = 316,42 \text{ mm (OK)}$$

Dipakai $\ell_d = 320 \text{ mm}$

- Kondisi tekan

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 12.3

$$\ell_d = \ell_{db} \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}}$$

$$\ell_d \geq 200 \text{ mm}$$

$$\ell_d \geq 0,043 d_b f_y = 0,043 \times 10 \times 390 = 167,7 \text{ mm}$$

$$\ell_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{10 \times 320}{4 \times \sqrt{35}} = 164,8 \text{ mm}$$

$$\ell_d = 164,8 \times \frac{315,07}{392,699} = 134,55 \text{ mm}$$

Dipakai $\ell_d = 200 \text{ mm}$

b) Penyaluran Tulangan Bagi

- Kondisi tarik

$$\ell_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12 f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f_c'}}$$

$$\alpha \beta \leq 1,7 \dots \text{SNI 03 - 2847 - 2013 Pasal 12.2.4}$$

Dengan :

α : faktor lokasi penulangan = 1

β : faktor pelapis = 1

λ : faktor beton normal = 1

$$\frac{\ell_d}{10} = \frac{12 \times 390 \times 1 \times 1 \times 1}{25\sqrt{35}}$$

$$\ell_d = 316,42 \text{ mm (OK)}$$

Dipakai $\ell_d = 320 \text{ mm}$

- Kondisi tekan

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.3

$$\ell_d = \ell_{db} \frac{\text{As perlu}}{\text{As pasang}}$$

$$\ell_d \geq 200 \text{ mm}$$

$$\ell_d \geq 0,043 d_b f_y$$

$$\geq 0,043 \times 10 \times 390 = 167,7 \text{ mm}$$

$$\ell_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} = \frac{10 \times 390}{4 \times \sqrt{35}} = 164,8 \text{ mm}$$

$$\ell_d = 164,8 \times \frac{63}{235,61} = 167,7 \text{ mm}$$

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 sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *pencil pile shoe* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan perencanaan poer (pile cap).

4.6.2 Beban Struktur

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- 1D
- D + L
- D + 0,75L
- D + 0,7E
- D + 0,75L + 0,75(0,7E)
- 0,6D + 0,7E

Dari kombinasi beban di atas dilakukan control dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Output dari joint reaction ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan P_{ijin} 1 tiang. Berikut ini adalah output dari joint reaction pada pondasi.

Tabel 4. 38 Beban Pada Satu Kolom Saat Service

KOLOM 80x50 Blower Room				
Tinjauan Kolom Berdasarkan				
	Pu Terbesar	Vu Terbesar	Mu Terbesar	
Pu	9847.52	160808.23	160808.23	kN
Vux	7618.12	7.816E-12	7.816E-12	kN
Vuy	321162.9	0	0	kN
Mux	5203	86553.1	86553.1	kNm
Muy	2301.2	0	0	kNm

4.6.3 Kriteria Design

4.6.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan,

- *Outside Diameter (D)* : 400 mm
- *Wall Thickness* : 65 mm
- *Class* : A1
- *Concrete Cross Section* : 766 cm²
- *Unit Weight* : 199 kg/m
- *Length* : 6-15 m
- *Bending momen crack* : 5,11 tm
- *Bending momen ultimate* : 8,04 tm
- *Allowable axial Load* : 141,86 ton

4.6.3.2 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi bangunan blower room PT Pentawira adalah data tanah dari PT Pentawira.

4.6.3.3 Daya Dukung

➤ Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Perhitungan daya dukung tanah pada Tugas Akhir ini menggunakan metode Luciano Decourt sebagai berikut:

Tabel 4. 39 Data Tanah SPT dan Nilai N Koreksi (N')

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	N' (koreksi)
Lapisan 1	0	0	0	0
Lapisan 2	2	2	4	4
Lapisan 3	4	2	7	7
Lapisan 4	6	2	11	11
Lapisan 5	8	2	13	13
Lapisan 6	10	2	18	16.5
Lapisan 7	12	2	15	15
Lapisan 8	14	2	16	15.5
Lapisan 9	16	2	16	15.5
Lapisan 10	18	2	18	16.5
Lapisan 11	20	2	20	17.5
Lapisan 12	22	2	50	32.5
Lapisan 13	24	2	50	32.5
Lapisan 14	26	2	50	32.5
Lapisan 15	28	2	50	32.5
Lapisan 16	30	2	50	32.5

Direncanakan menggunakan diameter tiang sebesar 40cm dan kedalaman 28m.

$$A_{ujung} = 0,25 \times \pi \times 40^2 = 1256,63 \text{ cm}^2$$

Keliling tiang

$$= \pi \times 40 = 125,66 \text{ cm}^2$$

$$N_p = (32,5+26,5+32,5)/3 = 30,5$$

$$\alpha = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$K = 20 \text{ t/m}^2$$

$$N_s = (11+25+32,5+32,5+32,5+26,5)/6 = 26,57$$

$$\beta = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$q_s = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) = 1 \times \left(\frac{26,67}{3} + 1 \right) = 9,88 \text{ t/m}^2$$

As = keliling tiang x kedalaman tiang

$$= 188,49/100 \times 26 = 32,67 \text{ m}^2$$

$$Q_p = \alpha \times N_p \times K \times A_{ujung}$$

$$= 1 \times 32,5 \times 25 \times 1256,63 \times 10^{-4} = 102,1 \text{ ton}$$

$$Q_s = q_s \times A_s = 9,88 \times 32,67 = 258,11 \text{ ton}$$

$$Q_l = Q_p + Q_s = 102,1 + 258,11 = 360,22 \text{ ton}$$

Safety factor = 2,5, sehingga P_{ijin} 1 tiang berdasarkan daya dukung tanah adalah:

$$= \frac{Q_l}{SF} = \frac{360,22}{2,5} = 144,09 \text{ ton}$$

P_{ijin} 1 tiang pancang yang paling kritis antara daya dukung tanah dengan *allowable axial load* dari spesifikasi = 141,86 ton.

$$P_{ijin} \text{ 1 tiang} = 144,08 \text{ ton.}$$

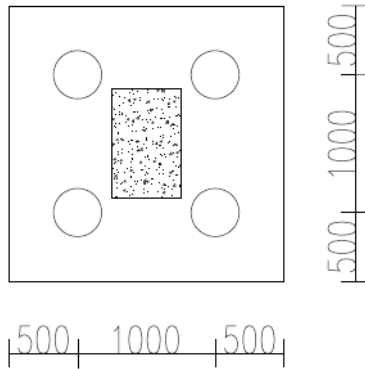
➤ Daya Dukung Tiang dalam *Pile Group*

Tiang pancang dalam grup disatukan dengan menggunakan *pilecap* (kepala tiang) di atasnya. Pada tipe *pilecap* pertama dihitung berdasarkan kebutuhan 1 kolom. Berikut adalah contoh perhitungan untuk *pilecap* tipe 1.

Direncanakan *pilecap* persegi panjang dua arah dengan data seperti berikut:

- Dimensi = 200 x 200 cm

- Jumlah tiang pancang = 4 buah
- Jumlah baris tiang (m) = 2 tiang
- Jumlah kolom tiang (n) = 2 tiang
- Jarak antar tiang pancang (S),
 $S = 2D \leq S \leq 3D$
 $= 120 \text{ cm} \leq S \leq 100 \text{ cm}$, dipakai $S = 130 \text{ cm}$
- Jarak tiang pancang ke tepi *pilecap*
 $S_1 = S_1 \geq D$
 $= S_1 \geq 40 \text{ cm}$, dipakai $S_1 = 50 \text{ cm}$



Gambar 4. 52 Konfigurasi Tiang Pancang pada *Pilecap* Tipe 1

Untuk daya dukung tiang kelompok harus dikoreksi dengan koefisien (C_e). Menurut Converse-Labarre, C_e dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta/S)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(40/100)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) = 0,7577$$

$$P_{ijin \text{ grup}} = C_e \times P_{ijin \text{ 1 tiang}} = 0,7577 \times 141,86 = 107,49 \text{ ton}$$

➤ **Repartisi Beban-beban di Atas Tiang Kelompok**

Apabila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh kepala tiang (*pilecap*) berlaku beban-beban vertical, horizontal, dan momen. Maka besarnya beban vertical ekivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang dihitung sebagai berikut:

Beban-beban maksimum yang terjadi pada pilecap tipe 1 terdiri dari beberapa kondisi diantaranya pada kondisi yang terdapat M_u max, V_u max dan P_u max seperti yang dijelaskan pada Table Rekapitulasi Tinjauan Gaya Dalam Kolom untuk Pondasi

Tabel 4. 40 Rekapitulasi Gaya Dalam Kolom

Keterangan	1 = $P_u >$	2 = $V_u >$	3 = $M_u >$
M_{ux}	9847.52	160808.23	160808.23
M_{uy}	7618.12	7.816E-12	7.816E-12
P_u	321162.9	0	0
V_{ux}	5203	86553.1	86553.1
V_{uy}	2301.2	0	0

Berikut adalah kontrol terhadap pilecap *tersebut* sebagai contoh pada kondisi yang memiliki M_u terbesar:

$$M_{ux} = 160808,23 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 7618,12 \text{ kg.m}$$

$$P_u = 321162,9 \text{ kg}$$

$$V_{ux} = 86553,1 \text{ kg}$$

$$V_{uy} = 2301,2 \text{ kg}$$

$$x = 0,5 \text{ m}$$

$$y = 0,5 \text{ m}$$

$$\sum x^2 = 1 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = 1 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_v &= \frac{P_u}{n} \\
 &= \frac{3211162,9}{4} \\
 &= 80279,5 \text{ kg} = 80,27 \text{ ton} \leq P_{ijin \text{ grup}} = 107,49 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

➤ **Kontrol Pons Geser Pilecap**

Dalam merencanakan pile cap harus dipenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 11.2.

➤ ***Punching Shear***

Bagian geser adalah pada $d/2$ dari muka kolom, seperti pada gambar dibawah.

$$\begin{aligned}
 a1 &= 800 + 1000 = 1800 \text{ mm} = 1,8 \text{ m} \\
 b1 &= 500 + 500 = 1000 \text{ mm} = 3,2 \text{ m} \\
 U &= 2(a1+b1) = 5600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pada SNI tidak memberikan prosedur eksplisit untuk memperhitungkan *punching load* pada pile cap. Sehingga punching load dapat diasumsikan sama dengan beban kolom dikurang berat dari bagian pile yang terletak pada $d/2$ ($1409/2 = 704,5 \text{ mm}$). Punching Load bisa diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1.2 \times 2,4 \times 1^2 \times 1 = 2,88 \text{ t} \\
 P_{u,punch} &= P_{u,kolom} + W_u - P_{pile} \\
 P_{u,punch} &= 321,116 + 2,8 - 141,86 \times 2 \\
 P_{u,punch} &= 109,05 \text{ t}
 \end{aligned}$$

➤ **Geser pons 2 Arah**

Batas geser pons adalah yang terkecil dari

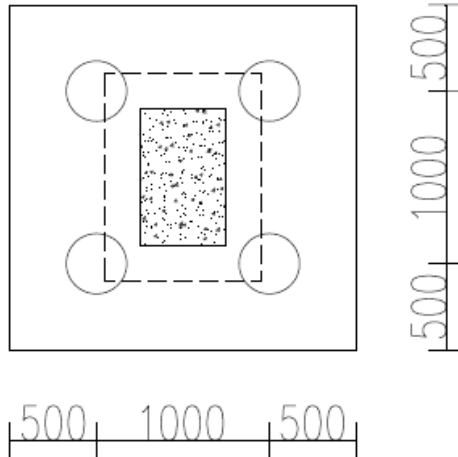
$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6}\right) \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha \cdot d}{b_0} + 2 \right) \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom
 $= \frac{800}{800} = 1$

b_0 = keliling dari penampang kritis pada poer
 $= 3(b_{\text{kolom}} + d) + 2(h_{\text{kolom}} + d)$
 $= 3 \times (800 + 1800) + 2 \times (800 + 500)$
 $= 10400 \text{ mm}$



Gambar 4. 53 Area Kritis Geser pons dua arah

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{1} \right) \times \frac{\sqrt{40}}{6} \times 10400 \times 1800 = 29598918,9 \text{ N}$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{1800}{10400} + 2 \right) 1 \times \sqrt{40} \times 10400 \times 1800 = 21354481,5 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{40} \times 1800 \times 10400 = 39465225,2 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 21354481,5 \text{ N (menentukan)} \\ &= 2135,44 \text{ ton} > P_{u \text{ punch}} = 489,67 \text{ ton} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

Kapasitas Geser *poer* dapat menahan beban geser yang terjadi.

Kontrol tegangan geser yang terjadi :

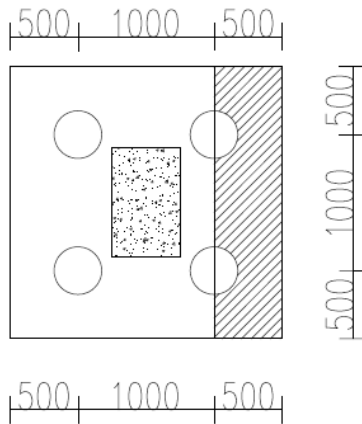
$$\tau_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} = \frac{1}{3} \times \sqrt{40} = 2,108 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = \frac{P_{u \text{ punch}}}{b_o \times d} = \frac{489,67 \times 10^4}{10400 \times 1800} = 0,26 \text{ MPa}$$

$$\tau_u < \tau_c \dots \text{OK}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran *poer* mampu menahan gaya geser yang terjadi.

➤ Geser Pons 1 Arah



Gambar 4. 54 Area Kritis Geser pons satu arah

$$P_{u, \text{pile}} = 252,7 \text{ t}$$

$$P_{u, \text{reduce}} = \frac{a}{\phi} P_{u, \text{pile}} = \frac{345,5}{700} \times 252,7 = 124,72 \text{ ton}$$

$V_u = 2 P_{u, \text{reduce}} - \text{berat pile cap}$

$$V_{u, \text{pile}} = 2 \times 124,72 - 1,2 \times 2,4 \times 3,6 \times 0,515 \times 1,5 = 241,43 \text{ t}$$

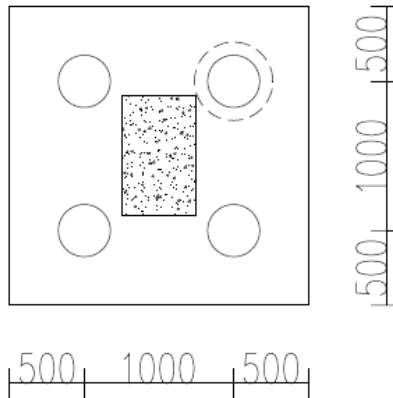
$$V_c = 0,75 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_c = 0,75 \sqrt{40} 3800 \times 1800 = 3244,49 \text{ t}$$

$$V_c > V_{u, \text{pile}}$$

$3244,49 > 241,43 \text{ t} \dots \text{OK}$

➤ **Geser Akibat tiang pancang individu**



Gambar 4. 55 Area Geser Akibat tiang pancang Individu

$$P_{u, \text{pile}} = 252,7 \text{ t}$$

$$U = 10400 \text{ mm}$$

$$\tau_u = \frac{252,7 \times 10^4}{10400 \times 1800} = 0,13 \text{ Mpa} < \tau_u = 0,26 \text{ Mpa} \dots \text{OK}$$

➤ **Penulangan Pile Cap**

Dalam merencanakan penulangan pile cap, Momen yang terjadi pada *pile cap* didapat dari gaya yg bekerja pada tiang dan kolom. Penulangan lentur *pilecap* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada muka kolom. Beban yang bekerja adalah $P_{ijin \text{ grup}}$ dan berat dari *pilecap* sendiri.

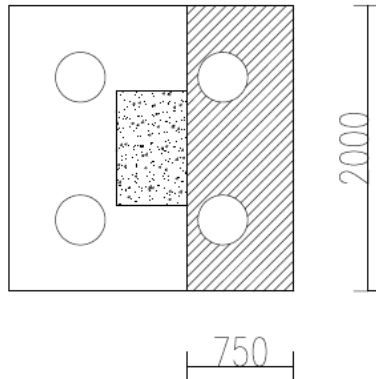
Mutu bahan: $f'_c = 40 \text{ MPa}$

$f_y = 390 \text{ MPa}$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11,47$$

a. **Penulangan Lentur Arah X**



Gambar 4. 56 Daerah Tulangan Lentur Sisi Panjang

$$P_n = P_{ijin \text{ grup}} = 171,54 \text{ ton} = 1715430,627 \text{ N}$$

$$n = 2$$

$$W_u \text{ Pilecap} = 0,75 \times 2400 \times 2 \times 1 = 3600 \text{ kg/m}$$

$$M_u = n \times P_n \times 475 - 0,5 \times W_u \times 1400$$

$$= 2 \times 1715430,672 \times 800 - 0,5 \times 36 \times 750^2$$

$$= 1337535000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1337535000}{0,9} = 1486150000 \text{ Nmm}$$

$$m = 13,1$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1486150000}{2000 \times 935,5^2} = 0,84 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,84 \times 13,1}{390}} \right) = 0,0022$$

Tulangan butuh sisi bawah *pilecap*

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0022 \times 2000 \times 935,5 = 2066,62 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

Digunakan tulangan D29

$$n = 2066,62 / \left(\frac{1}{4} \pi 29^2 \right) = 3,18 = 4 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

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

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$$

Tulangan butuh sisi atas *pilecap*

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = A_{s\text{perlu}} (\text{sisi atas}) \times 0,5 = 1033,31 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

Digunakan tulangan D22

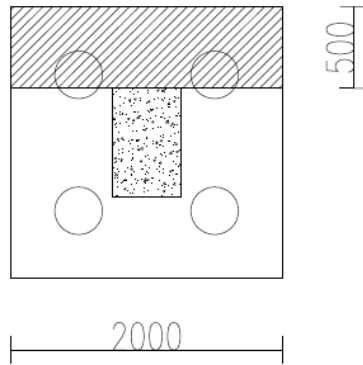
$$n = 1033,31 / \left(\frac{1}{4} \pi 22^2 \right) = 4 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

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

$$S \text{ pakai} = 250 \text{ mm}$$

b. Penulangan Lentur Arah Y



Gambar 4. 57 Daerah Tulangan Lentur Lentur Sisi Panjang

$$\begin{aligned}
 P &= P_{\text{ijin grup}} = 171,54 \text{ ton} = 1715430,627 \text{ N} \\
 n &= 2 \\
 W_u \text{ Pilecap} &= 0,6 \times 2400 \times 2 \times 1 = 2880 \text{ kg/m} \\
 M_u &= n \times P \times 250 - 0,5 \times W_u \times 850^2 \\
 &= 2 \times 1715430,672 \times 100 - 0,5 \times 2880 \times 600^2 \\
 &= 562256000 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{562256000}{0,9} = 624728888 \text{ Nmm} \\
 m &= 11,47 \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{624728888}{2000 \times 935,5^2} = 0,356 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,356 \times 13,1}{390}} \right) = 0,0009 \\
 &= 0,0009 \leq 0,0018 \text{ maka pakai } 0,0018
 \end{aligned}$$

Tulangan butuh sisi bawah *pilecap*

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d = 0,0018 \times 2000 \times 935,5 = 3367,8 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

Digunakan tulangan D22

$$n = 3367,8 / (\frac{1}{4} \pi 22^2) = 2,54 = 3 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = 1000/3 = 333,33 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 300 \text{ mm}$$

Tulangan butuh sisi atas *pilecap*

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d = A_{S_{\text{perlu}}} (\text{sisi atas}) \times 0,5 = 1683,5 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

Digunakan tulangan D16

$$n = 1683,5 / (\frac{1}{4} \pi 16^2) = 2,54 = 3 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = 1000/3 = 333,33 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 300 \text{ mm}$$

Kontrol koefisien faktor reduksi

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c b} = \frac{7930 \times 390}{0,85 \times 40 \times 1000} = 90,9 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{90,9}{0,76} = 119,6 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \left(\frac{d}{c} - 1 \right) = 0,003 \left(\frac{1300}{119,6} - 1 \right) = 0,029 > 0,005 \dots \text{OK}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Gambar S9.3.2 didapat ϵ_t lebih besar daripada 0,005 sehingga pelat termasuk dalam kondisi terkontrol tarik dengan nilai ϕ sebesar 0,9.

Penulangan Tusuk Konde

Dalam perhitungan penulangan tusuk konde diambil rasio tulangan minimum menurut SNI 2847:2013 yaitu sebesar 2% dari inner diameter tiang pancang. Spesifikasi tiang pancang yang digunakan adalah diameter 400 mm dengan ketebalan 65 mm.

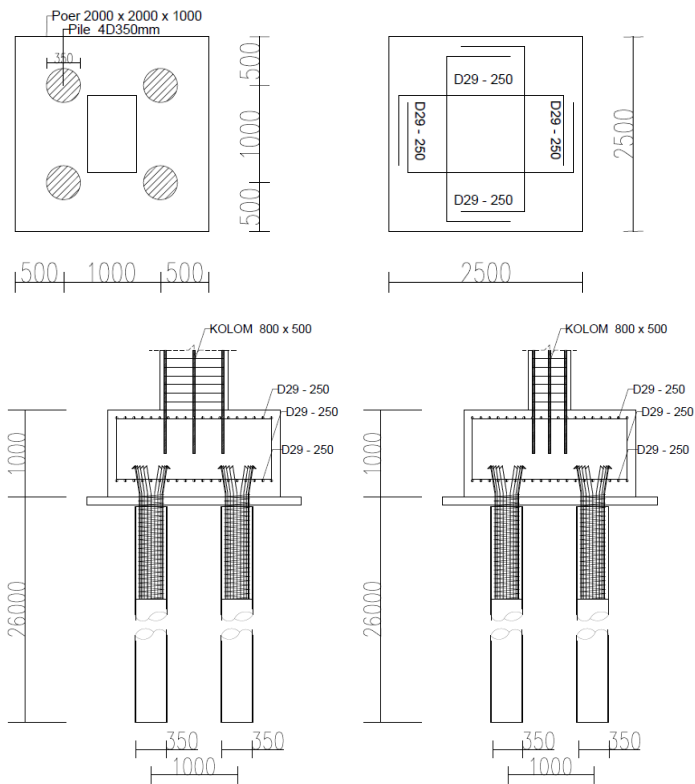
$$\text{Inner diameter} = 400 - 65 = 335 \text{ mm}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times \frac{1}{4} \pi d^2 = 0,02 \times \frac{1}{4} \pi 335^2 = 1761,93 \text{ mm}^2$$

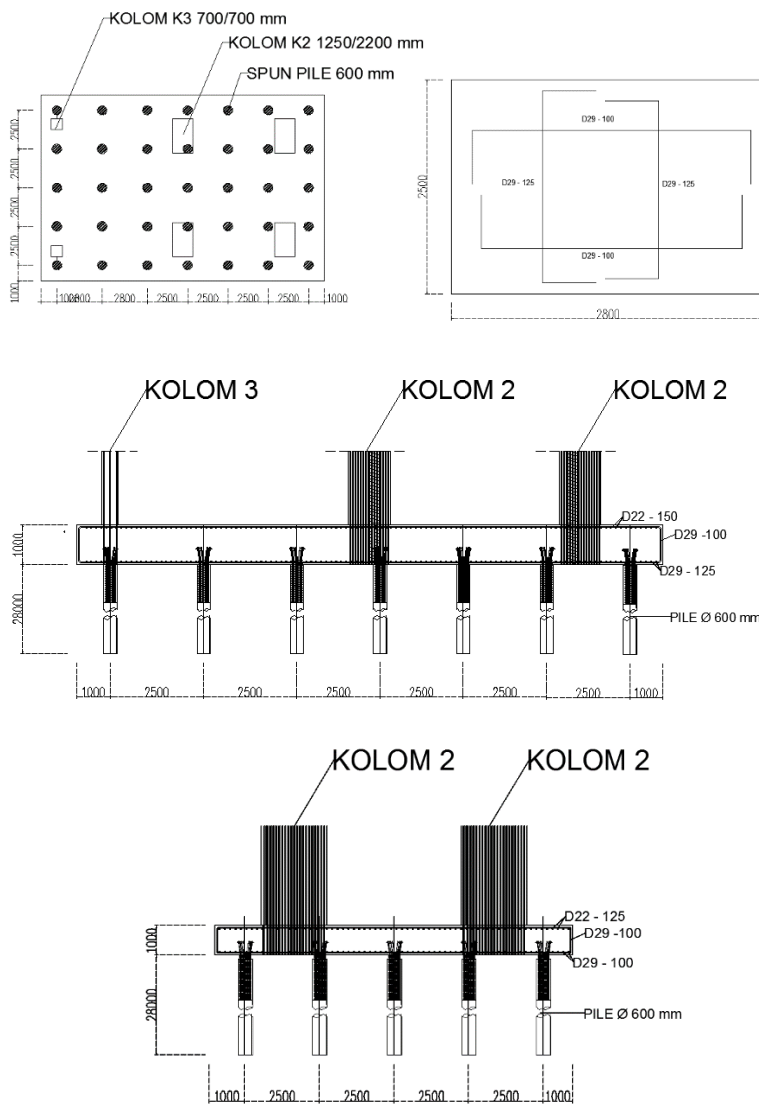
Digunakan tulangan D22

$$n = 1761,93 / (\frac{1}{4} \pi 22^2) = 4,63 = 5 \text{ buah}$$

$s = \pi \times 335 / 5 = 210,38 \text{ mm}$
 gunakan $s = 200 \text{ mm}$



Gambar 4. 58 Perencanaan Poer Blower Room



Gambar 4. 59 Perencanaan Poer Mesin Kiln

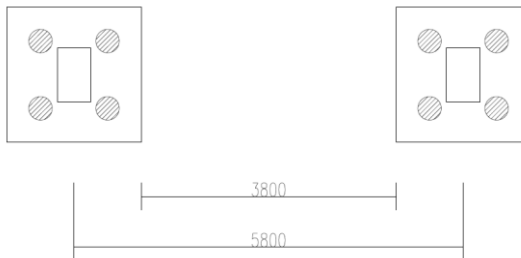
➤ Perencanaan Balok Sloof Interior

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.

- Data Perencanaan

Data-data perancangan perhitungan sloof adalah sebagai berikut:

P kolom	= 1017,230 ton
Panjang Sloof L	= 6,6 m
Mutu Beton f_c'	= 35 MPa
Mutu Baja f_y	= 390 MPa
Decking	= 40 mm
Diameter Tulangan Utama	= 25 mm
Diameter Sengkang	= 13 mm
Dimensi Sloof	= 500 mm x 750 mm
Tinggi Efektif	= 750 – 40 – 13 – (1/2 × 25)
	= 639,5 mm



Gambar 4. 60 Sloof yang ditinjau

- Dimensi Sloof Interior

Pada perancangan *sloof* ini, penulis mengambil ukuran *sloof* berdasarkan *sloof* yang berhubungan dengan kolom yang mempunyai gaya aksial terbesar yaitu $P_u = 1017,230$ ton.

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin beton (modulus keruntuhan) yaitu sebesar:

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f'_c}$$

Maka perhitungannya:

Tegangan tarik ijin:

$$f_{r \text{ ijin}} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,14 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi

$$\begin{aligned} P_u &= 10\% \times P_u \text{ kolom} \\ &= 10\% \times 1017,23 \text{ ton} \\ &= 101,723 \text{ ton} = 1017230 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f_r = \frac{P_u}{0,8 \times b \times h} = \frac{1017230}{0,8 \times 500 \times 750} = 3,39 \text{ Mpa} < f_{r \text{ ijin}} \dots \text{OK}$$

- 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:

$$\begin{aligned} \text{Berat aksial } N_u &= 10\% \times 1017,23 \text{ ton} \\ &= 101,723 \text{ ton} = 1017,230 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berat yang diterima sloof:

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 0,5 \times 0,75 \times 2,4 &= 0,9 \text{ t/m} \\ \text{Berat dinding} &= 3,325 \times 0,1 &= \underline{0,3325 \text{ t/m}} + \\ & &= 1,2325 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \times 1,2325 &= 1,479 \text{ t/m} \\ &= 14,79 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi (tumpuan menerus)

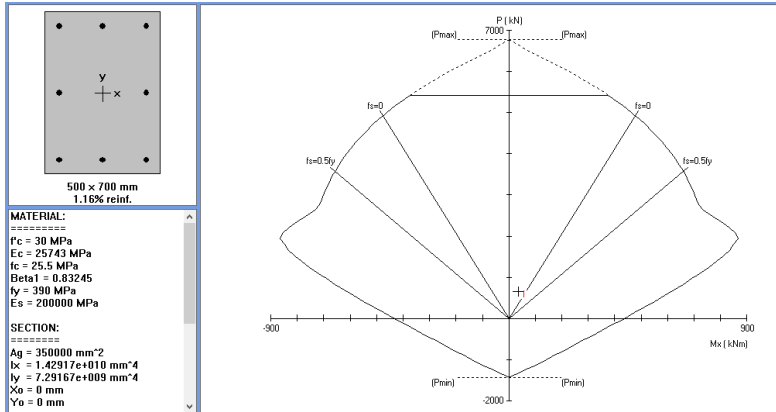
$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\ &= 1/12 \times 14,79 \times 6,6^2 \\ &= 53,6877 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Lalu menggunakan program PCACol dengan memasukkan beban:

$$P = 1017,230 \text{ kN}$$

$$M = 53,6877 \text{ kNm}$$

Sehingga didapatkan diagram interaksi seperti pada Gambar 4.45 di bawah ini :



Gambar 4. 61 Diagram Interaksi Balok Sloof 50/75

Dari diagram interaksi untuk:

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa} \text{ didapat } \rho = 1,08\%$$

Dipasang Tulangan 8 D25 ($A_s = 4077,41 \text{ mm}^2$)

b. Penulangan Geser Sloof

Dari diagram interaksi didapat momen balance M_{pr} sebesar = 682,44 kNm (0,5fy)

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{M_{pr} + M_{pr}}{hn} \\ &= \frac{682,44 + 682,44}{6,6} = 221,93 \text{ kN} = 221933,153 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f_c} x b w x dx \left[1 + \frac{Nu}{14. Ag} \right]$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 500 \times 634,5 \left[1 + \frac{658631}{14 \times 500 \times 700} \right]$$

$$= 328535,841 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 328535,841 \text{ N} = 246401,881 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 246401,881 \text{ N} = 123200,94 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$123200,94 \text{ N} < 248161,62 \text{ N} < 246401,881 \text{ N}$$

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 \square D13 mm ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 390 \times 634,5}{79312,5} = 828,25 \text{ mm}$$

Kontrol jarak sengkang

$$S \leq \frac{1}{2} \times d$$

$$S \leq \frac{1}{2} \times 634,5 \text{ mm} = 317,25 \text{ mm}$$

Maka Dipasang tulangan sengkang D13 – 300mm

4.7 Perencanaan Pondasi Dinamis

4.7.1 Umum

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi dinamis direncanakan untuk menopang beban dinamis yang dihasilkan oleh mesin. Pondasi dinamis ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *pencil pile shoe* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan perencanaan poer (pile cap).

4.7.2 Beban Struktur

Rotor pada mesin berputar terhadap sumbu y sehingga menghasilkan gaya dinamis arah sumbu x dan z sebesar :

$$F_o = m \times e \times \omega^2$$

Dimana :

m = massa rotor mesin

e = eksentrisitas dari rotor

$$= \alpha \times \sqrt{12000/rpm} \leq 1.0 \text{ mil (API Standart)}$$

ω = $2 \times \pi \times (f/60)$

f = frekuensi mesin (rpm)

Beban akibat mesin ditambahkan dengan beban statis mesin dan poer (pile cap), sehingga didapatkan beban yang bekerja diatas pondasi dinamis tersebut.

4.7.3 Kriteria Design

4.7.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.

2. Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan,

- *Outside Diameter (D)* : 350 mm
- *Wall Thickness* : 65 mm
- *Class* : A1
- *Concrete Cross Section* : 766 cm²
- *Unit Weight* : 199 kg/m
- *Length* : 6-15 m
- *Bending momen crack* : 5,11 tm
- *Bending momen ultimate* : 8,04 tm
- *Allowable axial Load* : 141,86 ton

4.7.3.2 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi bangunan blower room PT Pentawira adalah data tanah dari PT Pentawira.

Tabel 4. 41 Data Tanah dan Data Pondasi Mesin

Data tanah	G	19709.65	t/m ²
	E	51245.10	t/m ²
	g t	1.66	t/m ³
Data pondasi	fc'	35	mpa
	g p	2.4	t/m ³
	Ep	2780557.5	t/m ²
	L	26	m
	ro	17.5	cm
	Ap	962.11275	cm ²
	v	0.4	
	g	9.8	m/dt
	l	73661.757	cm ⁴

4.7.3.3 Daya Dukung

➤ Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Perhitungan daya dukung tanah pada Tugas Akhir ini menggunakan metode Luciano Decourt sebagai berikut:

Tabel 4. 42 Data Tanah SPT dan Nilai N Koreksi (N')

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	N' (koreksi)
Lapisan 1	0	0	0	0
Lapisan 2	2	2	4	4
Lapisan 3	4	2	7	7
Lapisan 4	6	2	11	11
Lapisan 5	8	2	13	13
Lapisan 6	10	2	18	16.5
Lapisan 7	12	2	15	15
Lapisan 8	14	2	16	15.5
Lapisan 9	16	2	16	15.5
Lapisan 10	18	2	18	16.5
Lapisan 11	20	2	20	17.5
Lapisan 12	22	2	50	32.5
Lapisan 13	24	2	50	32.5
Lapisan 14	26	2	50	32.5
Lapisan 15	28	2	50	32.5
Lapisan 16	30	2	50	32.5

Direncanakan menggunakan diameter tiang sebesar 35cm dan kedalaman 22m.

$$A_{ujung} = 0,25 \times \pi \times 35^2 = 962,11 \text{ cm}^2$$

Keliling tiang

$$= \pi \times 35 = 109,95 \text{ cm}$$

$$N_p = (17,5+32,5+32,5)/3 = 27,5$$

$$\alpha = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$K = 15 \text{ t/m}^2$$

$$N_s = (11+25+32,5+32,5+32,5+26,5)/6 = 17,75$$

$$\beta = 1 \text{ (driven pile)}$$

$$q_s = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) = 1 \times \left(\frac{17,75}{3} + 1 \right) = 6,9 \text{ t/m}^2$$

As = keliling tiang x kedalaman tiang

$$= 109,95 / 100 \times 22 = 24,19 \text{ m}^2$$

$$Q_p = \alpha \times N_p \times K \times A_{ujung}$$

$$= 1 \times 27,5 \times 15 \times 962,11 \times 10^{-4} = 36,87 \text{ ton}$$

$$Q_s = q_s \times A_s = 6,91 \times 24,1 = 167,31 \text{ ton}$$

$$Q_l = Q_p + Q_s = 36,87 + 167,31 = 207 \text{ ton}$$

Safety factor = 2,5, sehingga P_{ijin} 1 tiang berdasarkan daya dukung tanah adalah:

$$= \frac{Q_l}{SF} = \frac{207}{2,5} = 82,8 \text{ ton}$$

P_{ijin} 1 tiang pancang yang paling kritis antara daya dukung tanah dengan *allowable axial load* dari spesifikasi = 141,86 ton.

$$P_{ijin} \text{ 1 tiang} = 144,08 \text{ ton.}$$

4.7.4 Menghitung Nilai Kekakuan dan Redaman Pondasi

▪ Vertikal

$$kz^1 = \frac{Ep \times A}{r_0} \times f_{18,1}$$

$$= \frac{278055,7 \times 962,11}{17,5} \times 0,1$$

$$= 1528691,32 \text{ kg/cm}$$

$$\begin{aligned} cz^1 &= \frac{Ep \times A}{v_s} \times f_{18,2} \\ &= \frac{278055,7 \times 962,11}{341,1} \times 0,016 \\ &= 125,48 \text{ kg dt/cm} \end{aligned}$$

Tabel 4. 43 Hubungan antara poisson ratio dengan \bar{S}_1, \bar{S}_2

V	\bar{S}_1	\bar{S}_2	\bar{S}_{x1}	\bar{S}_{x2}	$\bar{S}_{\phi 1}$	$\bar{S}_{\phi 2}$
0,0	2,7	6,7	3,6	8,2	2,5	1,8
0,25	2,7	6,7	4,0	9,1	2,5	1,8
0,4	2,7	6,7	4,1	10,6	2,5	1,8

$$k_z^f = Gs. h. \bar{S}_1$$

$$\begin{aligned} k_z^f &= 19709,65 \times 1 \times 2,7 \\ &= 53216,06 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ro &= \sqrt{\frac{B.L}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{1500 \times 300}{\pi}} \\ &= 378,46 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$c_z^f = h.ro.\bar{S}_2\sqrt{Gs.\rho s}$$

$$c_z^f = 1 \times 378,46 \times 6,7 \sqrt{19709,65 \times 1,66}$$

$$= 46332,59 \text{ kg dt/cm}$$

Perhitungan αA

2 ro	0.7	m	
l/2ro	31.42857143	m	
S	S/2ro	2ro/S	αA
1	1.428571429	0.7	0.7
1.5	2.142857143	0.466666667	0.6
3	4.285714286	0.233333333	0.45
4.5	6.428571429	0.155555556	0.3
7.5	10.71428571	0.093333333	0.25
1.802	2.574285714	0.38845727	0.6
3.162	4.517142857	0.221378874	0.45
4.609	6.584285714	0.151876763	0.55
7.567	10.81	0.092506938	0.3

$$\sum \alpha A = 8,4$$

$$k_z^g = \frac{\sum_1^N k_z^1}{\sum_1^N \alpha_A} + k_z^f$$

$$= \frac{1528691,32 \times 18}{8,4} + 53216,06$$

$$= 3328983,19 \text{ kg/cm}$$

$$c_z^g = \frac{\sum_1^N c_z^1}{\sum_1^N \alpha_A} + c_z^f$$

$$= \frac{125,48 \times 18}{8,4} + 2258,66$$

$$= 46601,48 \text{ kg/cm}$$

▪ **Horizontal**

$$kx^1 = \frac{Ep \times I}{ro^3} \times f_{11,1}$$

$$= \frac{2780557,49 \times 73661,75}{17,5^3} \times 0,0036$$

$$= 13758,22 \text{ kg/cm}$$

$$cx^1 = \frac{Ep \times I}{ro^2 \times vs} \times f_{11,2}$$

$$= \frac{2780557,49 \times 73661,75}{17,5^2 \times 341,11} \times 0,0084$$

$$= 1646,94 \text{ kg dt/cm}$$

$$k_x^f = Gs \cdot h \cdot \overline{S_{u1}}$$

$$k_x^f = 19709,65 \times 100 \times 4,1$$

$$= 80809,57 \text{ kg/cm}$$

$$ro = \sqrt{\frac{B \cdot L}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{1500 \times 300}{\pi}}$$

$$= 378,46 \text{ cm}$$

$$c_x^f = h \cdot ro \cdot \overline{S_{u2}} \sqrt{Gs \cdot \rho s}$$

$$c_x^f = 100 \times 378,46 \times 10,6 \sqrt{19709,65 \times 1,66}$$

$$= 73302,31 \text{ kg dt/cm}$$

$$\sum \alpha A = 8,4$$

$$k_x^g = \frac{\sum_1^N k_x^1}{\sum_1^N \alpha_L} + k_x^f$$

$$= \frac{13758,22 \times 18}{0,6} + 80809,57$$

$$= 493556,23 \text{ kg/cm}$$

$$C_x^g = \frac{\sum_1^N c_x^1}{\sum_1^N \alpha_L} + C_x^f$$

$$= \frac{1646,94 \times 18}{0,6} + 73302,31$$

$$= 122710,61 \text{ kg/cm}$$

▪ Uncoupled Rocking

$$k_\psi^1 = \frac{Ep \times I}{r_o} \times f_{7,1}$$

$$= \frac{2780557,49 \times 73661,75}{17,5} \times 0,202$$

$$= 236421668 \text{ kg/cm}$$

$$c_\psi^1 = \frac{Ep \times I}{v_s} \times f_{7,2}$$

$$= \frac{2780557,49 \times 73661,75}{341,11} \times 0,139$$

$$= 8346228,7 \text{ kg dt/cm}$$

$$k_{x\psi}^1 = \frac{Ep \times I}{r_o^2} \times f_{9,1}$$

$$= \frac{2780557,49 \times 73661,75}{17,5^2} \times -0,0194$$

$$= -1297476,76 \text{ kg dt/cm}$$

$$c_{x\psi}^1 = \frac{Ep \times I}{r_o \times v_s} \times f_{9,2}$$

$$= \frac{2780557,49 \times 73661,75}{17,5 \times 341,11} \times -0,028$$

$$= -11178728647 \text{ kg dt/cm}$$

$$k_{\psi}^f = Gs \cdot r_o \cdot h^2 \cdot \overline{S_{\psi 1}} + Gs \cdot r_o^2 \cdot h [(\delta^2/3) + (z_c/r_o)^2 - \delta(z_c/r_o)] \overline{S_{u1}}$$

$$= 15149,99 \text{ kg dt/cm}$$

$$c_{\psi}^f = \delta r_o^4 \sqrt{Gs \gamma s / g} \{ \overline{S_{\psi 2}} + [(\delta^2/3) + (z_c/r_o)^2 - \delta(z_c/r_o)] \overline{S_{u2}} \}$$

$$= -70,771 \text{ kg dt/cm}$$

$$k_{\psi}^g = \sum_1^N [k_{\psi}^1 + k_z^1 x_r^2 + k_x z_c^2 - 2z_c k_{x\psi}^1] + k_{\psi}^f$$

$$= 238383033,1 \text{ kg/cm}$$

$$c_{\psi}^g = \sum_1^N [c_{\psi}^1 + c_z^1 x_r^2 + c_x z_c^2 - 2z_c c_{x\psi}^1] + c_{\psi}^f$$

$$= 16776439129 \text{ kg/cm}$$

4.7.5 Menghitung Besar Amplitudo

- **Vertikal**

$$fnz = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{kz}{mz}}$$

$$D_z = \frac{c_z}{2 \cdot \sqrt{kz \cdot mz}}$$

$$r = \frac{fme \sin}{fnz}$$

$$M = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2 \cdot D_z \cdot r)^2}}$$

$$A_z = \frac{M \cdot Foz}{k_z}$$

Tabel 4. 44 Amplitudo Vertikal

Amplitudo Vertikal	
$\omega v \zeta$	4.994188921
fnz	470.6912168
Dz	0.033280804
r	3.186802614
M	0.109192147
Az	0.000145358

- **Lateral**

$$fnx = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{kx}{mx}}$$

$$D_x = \frac{c_x}{2 \cdot \sqrt{kx \cdot mx}}$$

$$r = \frac{f m e \sin}{f n_x}$$

$$M = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2.D_x.r)^2}}$$

$$A_x = \frac{M.Fo x}{k_x}$$

Tabel 4. 45 Amplitudo Lateral

Amplitudo Lateral	
ωn_x	1.922992038
$F n_x$	181.2377298
D_x	0.081529154
R	8.276422363
M	0.014812037
A_x	0.000132995

- **Uncoupled Rocking**

$$f n_\psi = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{k_\psi}{m_\psi}}$$

$$D_\psi = \frac{c_\psi}{2 \cdot \sqrt{k_\psi \cdot m_\psi}}$$

$$r = \frac{f m e \sin}{f n_\psi}$$

$$M = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2 \cdot \psi \cdot r)^2}}$$

$$A_\psi = \frac{M \cdot F o \psi}{k_\psi}$$

Tabel 4. 46 Amplitudo Uncoupled Rocking

Amplitudo Uncoupled Rocking	
$\omega n\psi$	26.76549682
$Fn\psi$	2522.588645
$D\psi$	1415.832872
R	0.59462727
M	0.0005939
$A\psi$	1.10407E-08

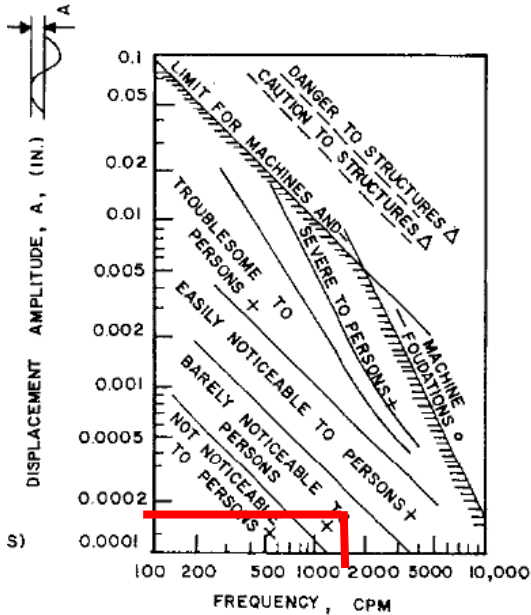
Amplitudo Total

$$\begin{aligned}
 Ah &= Ax + (h \times A\psi) \\
 &= 0.000132995 + (100 \times 1.10407 \times 10^{-8}) \\
 &= 0,00013 \text{ inch}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Av &= Az + (b \times A\psi) \\
 &= 0.000145358 + (1500 \times 1.10407 \times 10^{-8}) \\
 &= 0,00014 \text{ inch}
 \end{aligned}$$

4.7.6 Cek Desain Perencanaan

Desain yang sudah direncanakan dikontrol menggunakan gambar dibawah ini.



Gambar 4. 62 Vibration Performance of Rotating Machines

Kondisi yang dihasilkan oleh struktur pondasi akibat beban bekerja mesin masuk dalam kategori “*barely noticeable person*”

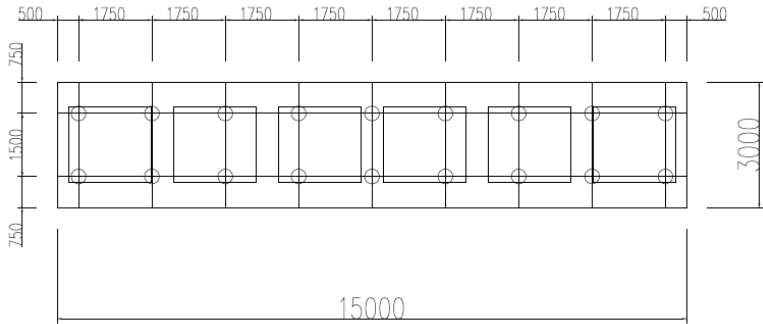
➤ **Penulangan Pile Cap**

Dalam merencanakan penulangan pile cap, pile cap dianggap sebagai struktur praktis dan menggunakan rasio tulangan minimum untuk perencanaan penulangan pile cap.

Mutu bahan: $f'_c = 40 \text{ MPa}$
 $f_y = 390 \text{ MPa}$
 $\rho_{\min} = 0,0018$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 40} = 11,47$$

c. **Penulangan Lentur Sisi Panjang**



Gambar 4. 63 Daerah Tulangan Lentur Sisi Panjang

Tulangan butuh sisi bawah *pilecap*

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,002 \times 3000 \times 910,5 = 5463 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

Digunakan tulangan D22

$$n = 5463 / (\frac{1}{4} \pi 22^2) = 14,5 = 15 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = (3000 - 2 \times 50 - 22) / (15-1) = 205,557 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan butuh sisi atas *pilecap*

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d = A_{s_{perlu}} (\text{sisi atas}) \times 0,5 = 2731,5 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

Digunakan tulangan D19

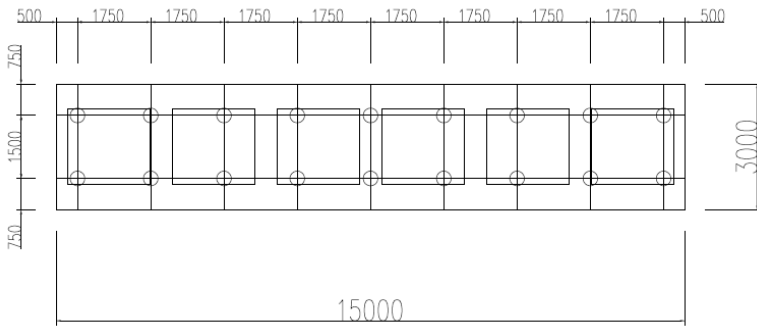
$$n = 2731,5 / (\frac{1}{4} \pi 19^2) = 10 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = (3000 - 2 \times 50 - 22) / (10-1) = 319,77 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 300 \text{ mm}$$

d. Penulangan Lentur Sisi Pendek



Gambar 4. 64 Daerah Tulangan Lentur Sisi Panjang

Tulangan butuh sisi bawah *pilecap*

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d = 0,002 \times 15000 \times 910,5 = 27315 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

Digunakan tulangan D22

$$n = 27315 / (\frac{1}{4} \pi 22^2) = 71,8 = 72 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = (15000 - 2 \times 50 - 22) / (72-1) = 209,4 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 200 \text{ mm}$$

Tulangan butuh sisi atas *pilecap*

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d = A_{S_{\text{perlu}}} (\text{sisi atas}) \times 0,5 = 13654,5 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

Digunakan tulangan D19

$$n = 13654,5 / (\frac{1}{4} \pi 19^2) = 50 \text{ buah}$$

Jarak tulangan

$$S = (15000 - 2 \times 50 - 22) / (50-1) = 303,63 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 300 \text{ mm}$$

4.7.7 Isolasi Getaran Aktif

Isolasi getaran aktif diperlukan agar getaran yang diakibatkan mesin tidak meluas ke area sekitarnya. Sehingga tingkat kenyamanan di area pabrik dapat dimaksimalkan dan tidak mengganggu pekerja yang ada disekitar bangunan.

- Data perencanaan :
 - f mesin = 1500 rpm
 - v = 0,40
 - G = 19709,65 t/m³
 - γt = 1,66 t/m³
 - g = 9,8 m/dt

- Mencari Kecepatan Gelombang Rayleigh (λ_R)

Tabel 4. 47 v dengan V

v	$V = \frac{V_R}{V_S}$
0,25	0,919
0,29	0,926
0,33	0,933
0,40	0,943
0,50	0,955

- $V_S = \sqrt{\frac{G \times g}{\gamma t}}$
 $V_S = \sqrt{\frac{19709,65 \times 9,8}{1,66}}$

- $V_S = 341,11 \text{ m/s}$
 $V_R = V \times V_S$
 $V_R = 0,943 \times 341,11$
 $V_R = 321,66 \text{ m/s}$

$$\bullet \quad \lambda_R = \frac{V_R}{f_{mesin}}$$

$$\lambda_R = \frac{321,66}{25}$$

$$\lambda_R = 12,86 \text{ m}$$

➤ Syarat Isolasi Aktif

$$\Theta = 360 \longrightarrow \frac{H}{\lambda_R} \geq 0,60$$

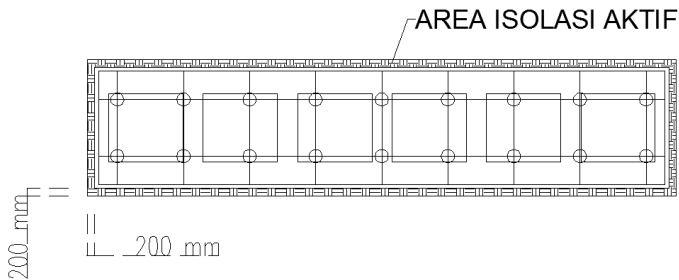
➤ Mencari Kedalaman Galian

Kedalaman galian didapat berdasarkan persyaratan yang ada yaitu :

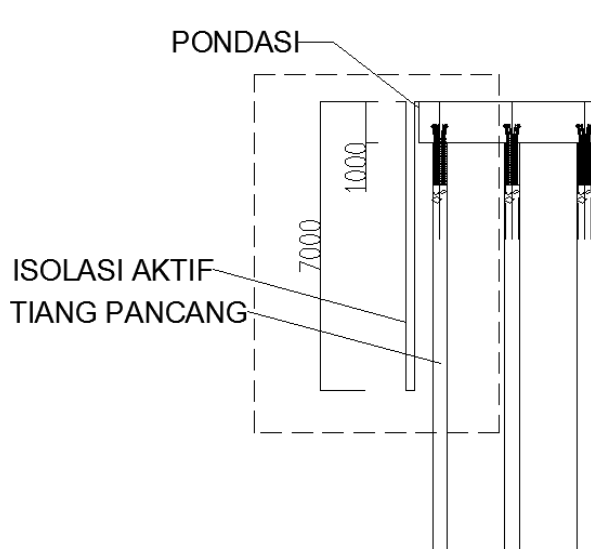
$$H = 0,6 \times \lambda_R$$

$$H = 0,6 \times 12,86$$

$$H = 7 \text{ m}$$



Gambar 4. 65 Gambar Isolasi Aktif



Gambar 4. 66 Isolasi Aktif Tampak Samping

4.8 Metode Pelaksanaan

4.8.1 Umum

Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

4.8.2 Fabrikasi Beton Pracetak

Proses pencetakan elemen pracetak dilakukan secara pabrikan di dalam industri beton pracetak. Hal – hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikan adalah :

- a. Perlunya standar khusus sehingga hasil pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti 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.

4.8.3 Pegangkatan dan Penempatan Crane

Elemen struktur pracetak pada masing-masing komponen diperhitungkan yang paling berat, adalah sebagai berikut:

1. Balok induk 40/60 (9,4 m)

$$W = 0,5 \times (0,60 - 0,12) \times 9 \times 2400 = 5184 \text{ kg}$$

2. Pelat

Ukuran Pelat $5,8 \times 2,35$ m ($t = 8$ cm)

$$W = 2,35 \times 5,8 \times 0,08 \times 2400 = 2617 \text{ kg}$$

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu balok induk 400×600 sepanjang 9 m sebesar 5184 kg = 5,184 ton. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain :

- a) Kemampuan maksimum crane yang digunakan
- b) Metode pengangkatan
- c) 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 MR 160 C
- Jarak jangkau maksimum 60 m dengan beban maksimum 7,5 ton
- Tower crane yang digunakan 1 buah

4.8.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak

Sistem transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak di areal pabrik.
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

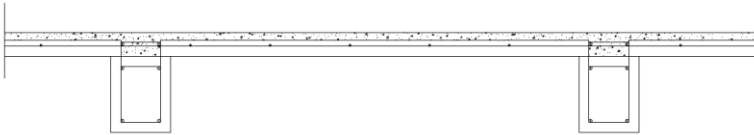
Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar $2,4$ m x 16 m atau $2,4$ m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk komponen tertentu dimana panjangnya cukup panjang hingga 30 m dapat

dipergunakan truk temel dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Di areal lokasi proyek diperlukan sarana untuk pemindahan komponen beton pracetak mempergunakan tower crane.

4.8.5 Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak

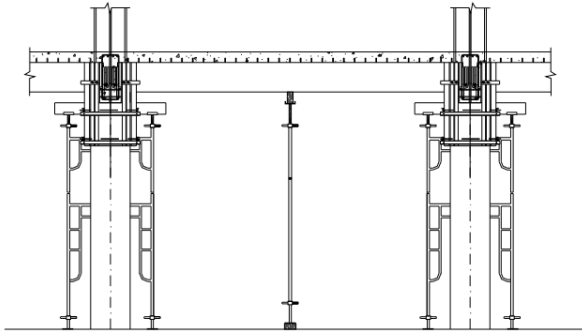
➤ Pemasangan Elemen Plat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.



Gambar 4. 67 Pemasangan 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 4 cm.



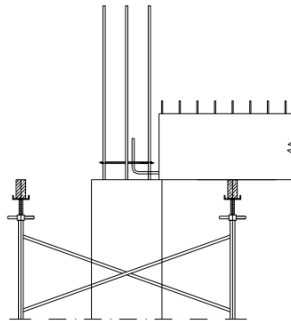
Gambar 4. 68 Pengecoran Topping

Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.

➤ **Pemasangan Elemen Balok Induk dan Balok Anak**

1. Pemasangan Elemen Balok Induk

Pemasangan balok pracetak setelah kolom terpasang pada tempatnya. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan crane dan scaffolding untuk membantu menunggang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulang utama pada balok yaitu tulangan tarik pada tumpuan. Lalu setelah tulangan terpasang baru dilakukan pengecoran. Pada proses penyambungan antara kolom dan balok induk digunakan coupler untuk keperluan *inject grouting* yang didapat dari produk **NMB Splice Sleeve**.

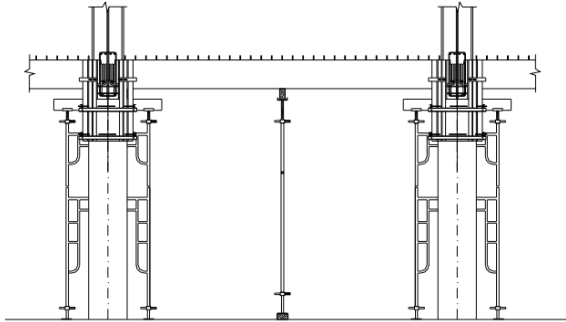


Gambar 4. 69 Pemasangan Balok Induk Pracetak

2. Pemasangan Elemen Balok Anak Pracetak

Pemasangan balok anak pracetak di bagian tengah balok induk. Konsol tempat bertumpunya balok anak pun terbuat dari beton pracetak dengan balok. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada balok induk maupun balok anak, maka dipasang tiga buah perancah dengan posisi satu di tengah dan dua di tepi. Pada proses penyambungan antara balok anak dan balok induk

digunakan coupler untuk keperluan *inject grouting* yang didapat dari produk **NMB Splice Sleeve**.



Gambar 4. 70 Pemasangan Balok Anak Pracetak

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Perencanaan Bangunan Kiln Menggunakan Metode Pracetak” maka dapat disimpulkan beberapa data sebagai berikut :

1. Berdasarkan SNI 2847:2013 didapatkan perhitungan tebal dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

Tabel 5. 1 Struktur Sekunder Blower Room

Struktur Sekunder				
Elemen	Tipe	Kondisi	Ukuran	Satuan
Pelat	Lantai	Tebal	12	cm
	Atap	Tebal	12	cm
Balok Anak	BA 1	Pracetak	30/28	cm
		Komposit	30/40	cm
	BA 2	Pracetak	30/28	cm
		Komposit	30/40	cm
	BA 3	Pracetak	20/18	cm
		Komposit	20/30	cm

(Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 2 Struktur Sekunder Mesin Kiln

Struktur Sekunder				
Elemen	Tipe	Kondisi	Ukuran	Satuan
Pelat	Atap	Tebal	12	cm
	Leuvel	Tebal	12	cm
Balok Anak	BA 4	Pracetak	100/150	cm
		Komposit	100/138	cm
	BA 5	Pracetak	40/48	cm
		Komposit	40/60	cm
	BLeuvel	Pracetak	40/48	cm
		Komposit	40/60	cm

(Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 3 Struktur Primer Blower Room

Struktur Primer				
Elemen	Tipe	Kondisi	Ukuran	Satuan
Balok Induk	BI 1	Pracetak	40/48	cm
		Komposit	40/60	cm
	BI 2	Pracetak	40/48	cm
		Komposit	40/60	cm
	BI 3	Pracetak	40/46	cm
		Komposit	40/60	cm
	BI 4	Pracetak	40/46	cm
		Komposit	40/60	cm
Kolom	K 1	Pracetak	50x80	cm
Poer (Pile Cap)	Tipe 1	In Situ	200x200x100	cm
	Tipe 2	In Situ	15000 x 3000 x 100	cm
Tiang Pancang	Tipe 1	Diameter	40	cm
		Kedalaman	22	m
	Tipe 2	Diameter	35	cm
		Kedalaman	22	m

(Hasil Perhitungan)

Tabel 5. 4 Struktur Primer Blower Room

Struktur Primer				
Elemen	Tipe	Kondisi	Ukuran	Satuan
Balok Induk	BI 5	Pracetak	125/178	cm
		Komposit	125/190	cm
	BI 6	Pracetak	120/168	cm
		Komposit	120/180	cm
	BI 7	Pracetak	70/88	cm
		Komposit	70/100	cm
	BI 8	Pracetak	70/88	cm
		Komposit	70/100	cm
Kolom	K 2	In Situ	125 x 220	cm
	K 3	In Situ	70 x 70	cm
Poer (Pile Cap)	Tipe 1	In Situ	17000 x 12000x100	cm
Tiang Pancang	Tipe 1	Diameter	60	cm
		Kedalaman	22	m

(Hasil Perhitungan)

- Analisis gaya dalam struktur gedung menggunakan program bantu SAP2000. Perhitungan respon spectrum dengan bantuan puskim.pu.go.id wilayah gempa Tuban dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726:2013 dan PPIUG 1983. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati dan beban hidup berdasarkan peraturan di atas.
- Penyambungan elemen pracetak menggunakan produk sambungan dari *Peikko Group* yaitu menggunakan konsep *bolted-connection* dengan menggunakan *anchor bolted* dan *coupler*. Sambungan bersifat monolit dan dalam analisisnya panjang penyaluran dihitung berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 dan analisa kekuatan gaya aksial maksimum yang dapat dipikul oleh sambungan dibandingkan dengan gaya aksial setelah tulangan mengalami leleh (1,25 fy).

4. Pendetailan sambungan pracetak dirancang bersifat monolit antar elemennya dengan tulangan-tulangan dan penyaluran yang muncul dari masing-masing elemen pracetak untuk menyatukan elemen dengan cor setempat.
5. Semua elemen direncanakan pracetak kecuali kolom untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan.
6. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang (spun pile) produk dari WIKA Beton dengan metode tanganan ijin dan pile cap (poer) berdasarkan metode tanganan ultimate.
7. Pondasi yang menopang beban kerja mesin direncanakan agar gaya kerja mesin tidak mempengaruhi struktur utama. Penggunaan isolasi getaran digunakan untuk meredam getaran yang terjadi.
8. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Bangunan Kiln PT Pentawira akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad yang terlampir.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa secara keseluruhan dari proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

1. Urutan yang benar dalam perencanaan gedung dengan metode pracetak adalah menentukan design gambar 3D, menentukan kriteria design dan konsep desain sambungan. Hal ini dikarenakan hal terpenting dalam perencanaan metode beton pracetak adalah konsep yang dimiliki, karena untuk perhitungan hampir sama dengan metode konvensional.
2. Dalam pelaksanaan di lapangan terutama pada bagian pengangkatan elemen pracetak dan sambungan antar elemen pracetak harus diberi pengawasan yang baik dan benar. Dalam

pengangkatan harus diperhatikan tinggi angkat dan sudut pengangkatan agar tidak terjadi kegagalan struktur akibat momen tak terduga saat pengangkatan. Pada saat penyambungan, tentunya sambungan beton pracetak tidak semonolit sambungan cor setempat dan rawan terjadi keretakan akibat gaya-gaya yang tidak diinginkan karena kurang sempurnanya pekerjaan sambungan.

3. Perancangan elemen yang akan dipracetak seharusnya bisa dibuat lebih efisien jika memperhatikan konsep desain terlebih dahulu. Dalam pengembangan ke depannya elemen dinding geser bisa dibuat pracetak jika memenuhi ketentuan dalam peraturan yang ada.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep sambungan yang digunakan oleh penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini, karena analisa yang digunakan hanya melalui kekuatan aksial dari brosur produk sambungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Arya, Suresh C., Michael W O'Neil, dan George Pincus. 1979. **Design of Structure : Analysis Foundation for Vibrating Machines**. USA: Gulf Publishing Company.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **SNI 03-2847-2013 Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Bowles, J.E. 1993. **Analisis dan Desain Pondasi**. Terjemahan Ir. Johan Kelanaputra Hainim. Erlangga, Jakarta
- Das, Braja M. 1984. **Pondasi Tanah Dinamis**. Erlangga, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)**. Jakarta: PU
- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. **Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa**. Jakarta: PU
- Prakash, S and Puri Vijay K. 1988. **Foundation for Machine : Analysis and Design**. John Willey and Sons, New York
- Precast/Prestressed Concrete Institute. 2004. **PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 6th Edition**. Chicago: PCI Industry Handbook Committee.
- Richart, FE. Jr and Woods, RD. 1970. **Vibrations of Soils and Foundations**. Englewood Cliffs, New Jersey Sidartha, S.A.
1996. **Analisis Pondasi Dinamis untuk Mendukung Mesin Generator Pembangkit Listrik Tenaga Uap**. ITS, Surabaya
- Srinivasulu, P and Vaidyanathan, CV. 1976. **Handbook of Machines Foundation**. MC Graw Hill, New Delhi

Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam.**
Surabaya : ITS Press



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kilm
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Tampak Blower Room

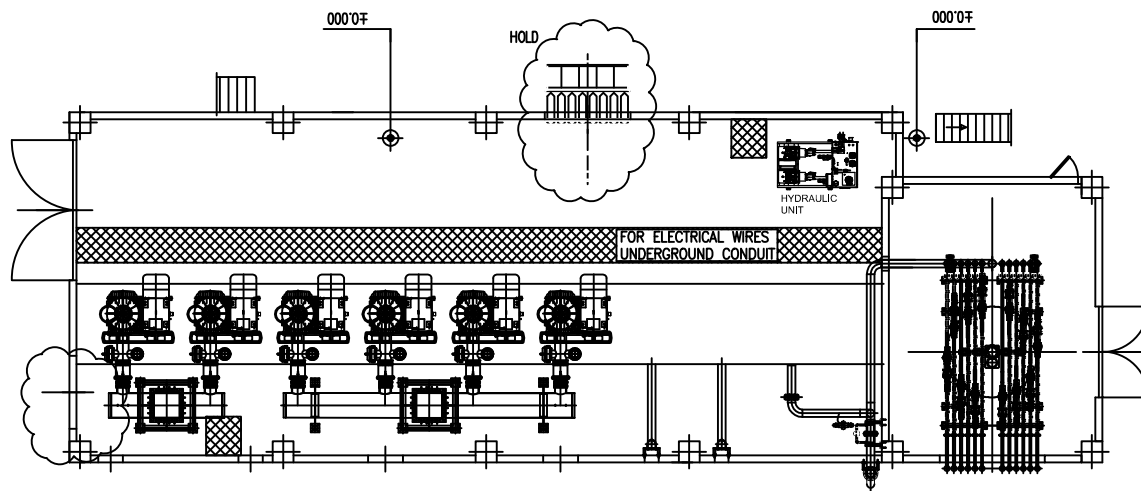
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

1	70
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

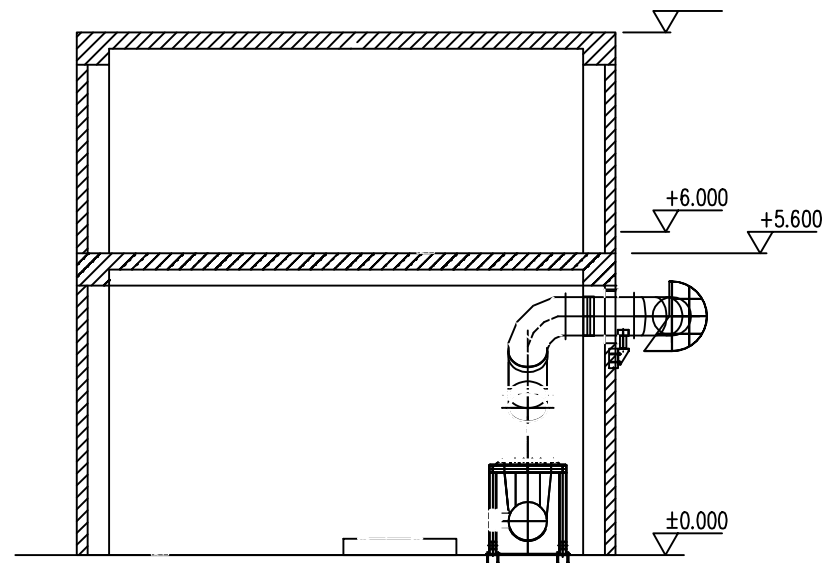
1:150	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



TAMPAK ATAS MEKANIKAN BLOWER ROOM

Skala 1 : 150 (satuan : mm)



POTONGAN MELINTANG MEKANIKAL BLOWER ROOM

Skala 1 : 150 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Pembalokan Blower
Room

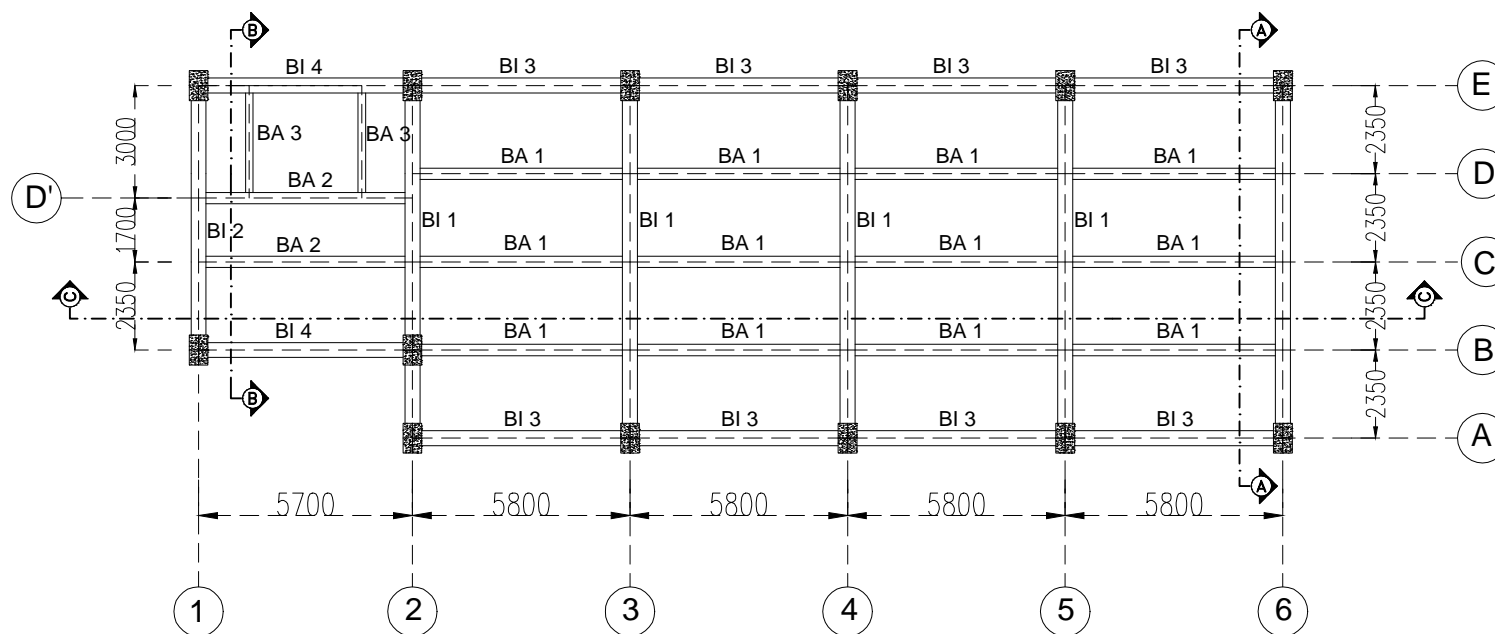
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

2	70
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:200	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DENAH PEMBALOKAN

Skala 1 : 200 (satuan : mm)

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
2	70
SKALA	CATATAN
1:200	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang Blower
Room

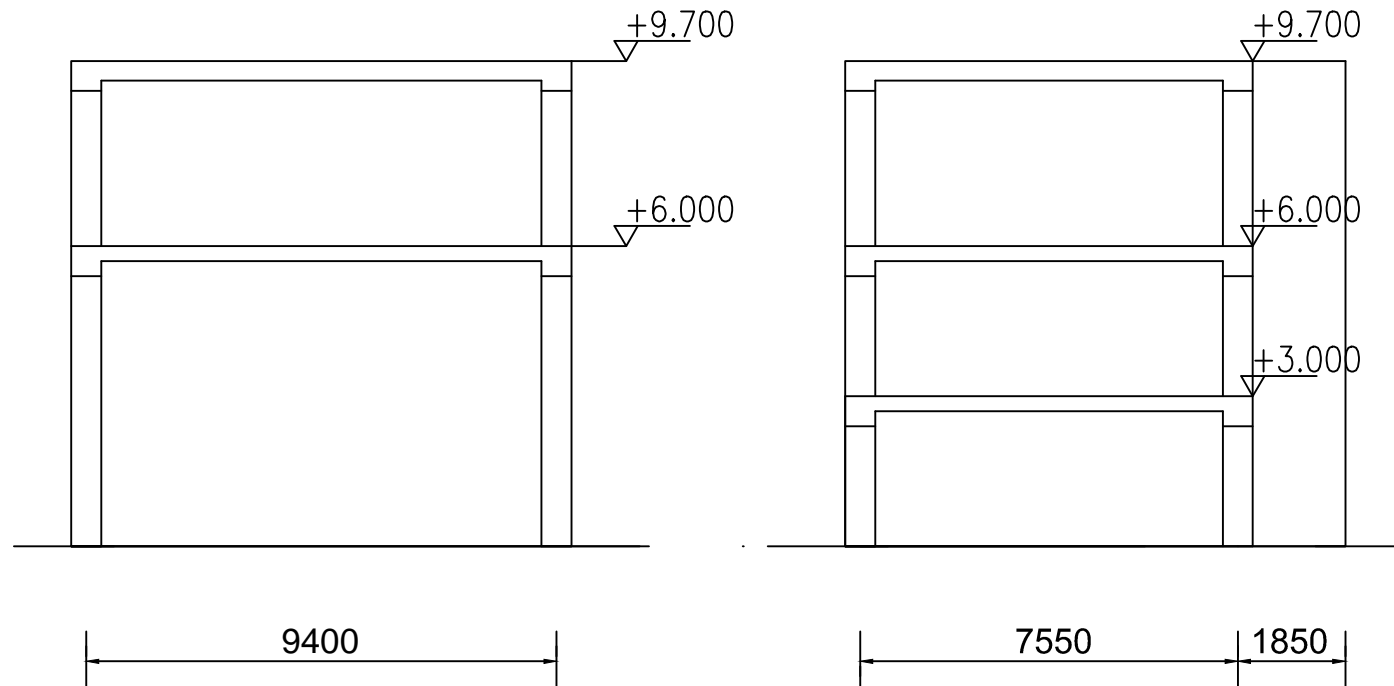
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------


3	70
---	----


SKALA	CATATAN
-------	---------

1:150	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



 POTONGAN A-A
Skala 1 : 150 (satuan : mm)

 POTONGAN B-B
Skala 1 : 150 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang Blower
Room

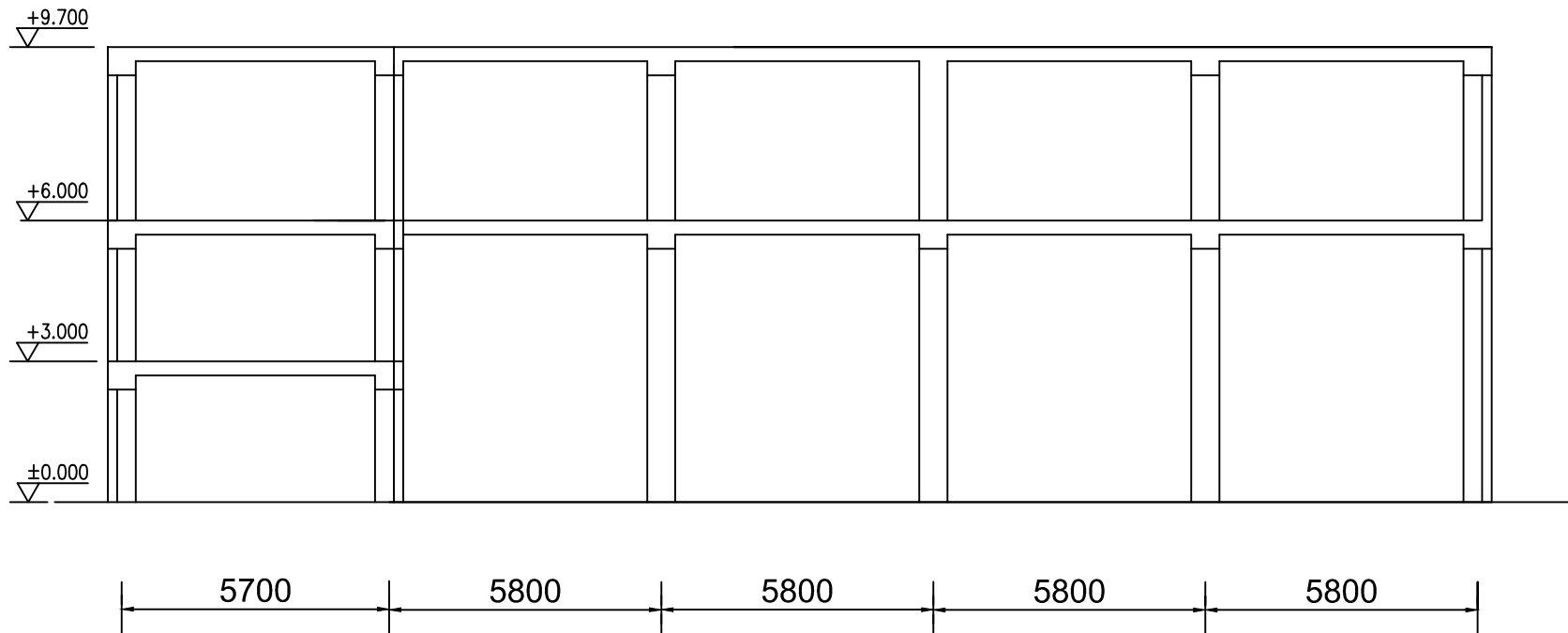
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

4	70
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:150	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



POTONGAN C-C

Skala 1 : 150 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok
Induk Blower Room

NO. GAMBAR

5

JML. GAMBAR

70

SKALA

1:30

CATATAN

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK BLOWER ROOM

KODE	BI.1		BI.2	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA				
KETERANGAN	Panjang = 940 cm		Panjang = 705 cm	
PENAMPANG BALOK	400 mm x 600 mm		400 mm x 600 mm	
DEKING	30 mm		30 mm	
ATAS	4 D29	2 D29	3 D29	2 D29
TENGAH	2 D29	-	2 D29	-
BAWAH	2 D29	3 D29	2 D29	3 D29
BEGEL	D13 - 100	D13 - 200	D13 - 100	D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK INDUK

Skala 1 : 30 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok
Induk Blower Room

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

6

70

SKALA

CATATAN

1:30

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK BLOWER ROOM

KODE	BI.3		BI.4	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA				
KETERANGAN	Panjang 580 cm		Panjang 570 cm	
PENAMPANG BALOK	400 mm x 600 mm		400 mm x 600 mm	
DEKING	30 mm		30 mm	
ATAS	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29
TENGAH	2 D29	-	2 D29	-
BAWAH	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29
BEGEL	D13 - 100	D13 - 200	D13 - 100	D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK INDUK
Skala 1 : 30 (satuan : mm)



TABEL PENULANGAN BALOK ANAK BLOWER ROOM

KODE	BA.1		BA.2	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA				
KETERANGAN	Panjang = 580 cm		Panjang = 570 cm	
PENAMPANG BALOK	300 mm x 400 mm		300 mm x 400 mm	
DEKING	30 mm		30 mm	
ATAS	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29
TENGAH	2 D29	-	2 D29	-
BAWAH	2 D29	2 D29	2 D29	2 D29
BEGEL	D13 - 100	D13 - 200	D13 - 100	D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK ANAK
Skala 1 : 30 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok Anak
Blower Room

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

8

70

SKALA

CATATAN

1:15

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK ANAK BLOWER ROOM

KODE	BA.3	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA		
KETERANGAN	Panjang = 300 cm	
PENAMPANG BALOK	300 mm x 400 mm	
DEKING	30 mm	
ATAS	2 D29	2 D29
TENGAH	2 D29	-
BAWAH	2 D29	2 D29
BEGEL	D13 - 100	D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK ANAK

Skala 1 : 15 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18 pada
Halaman 15

JUDUL GAMBAR

Detail Balok Induk BI.1

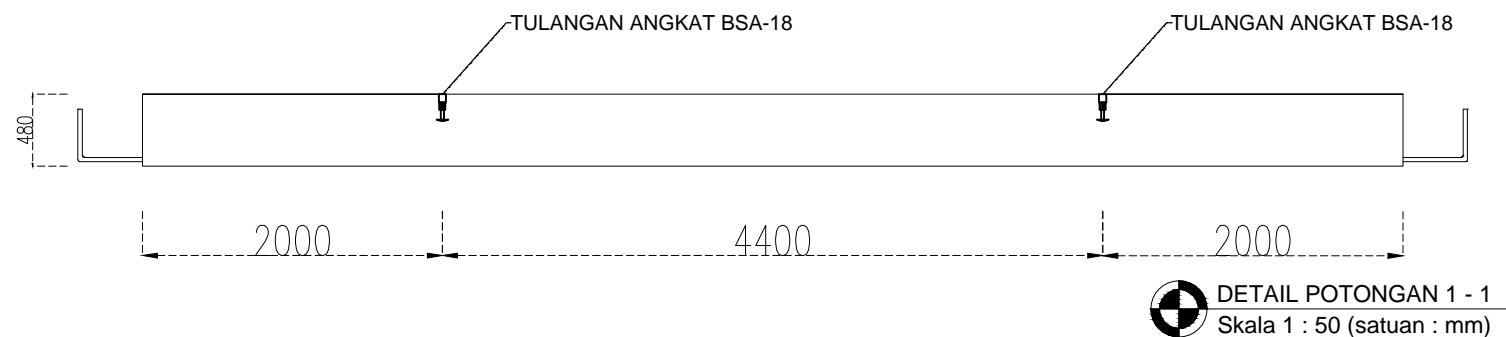
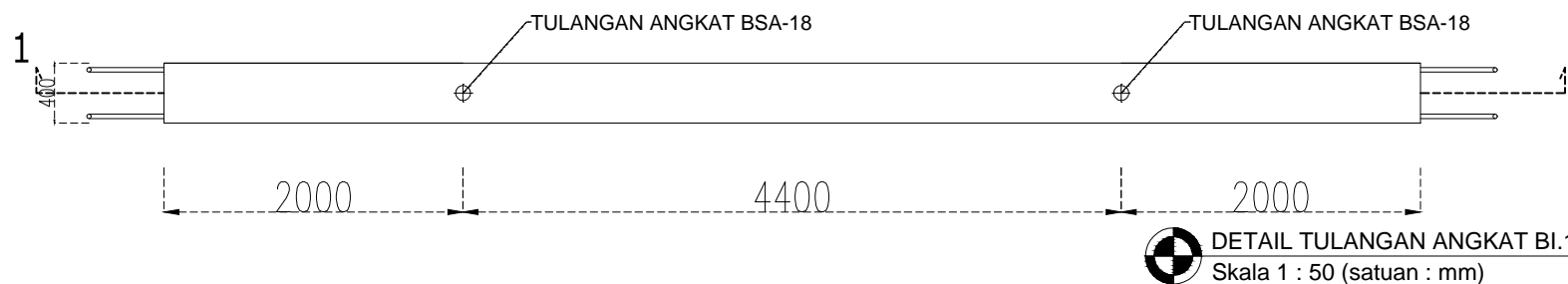
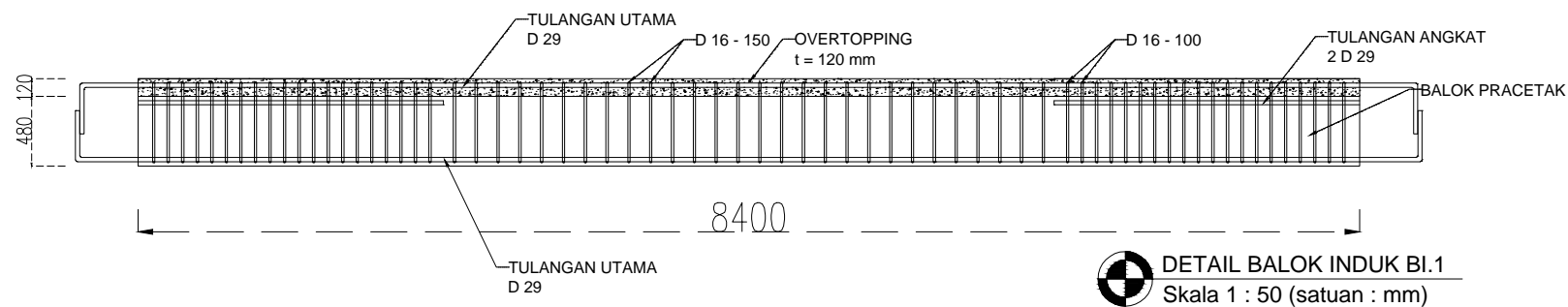
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

9	70
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18
pada Halaman 15

JUDUL GAMBAR

Detail Balok Induk BI.2

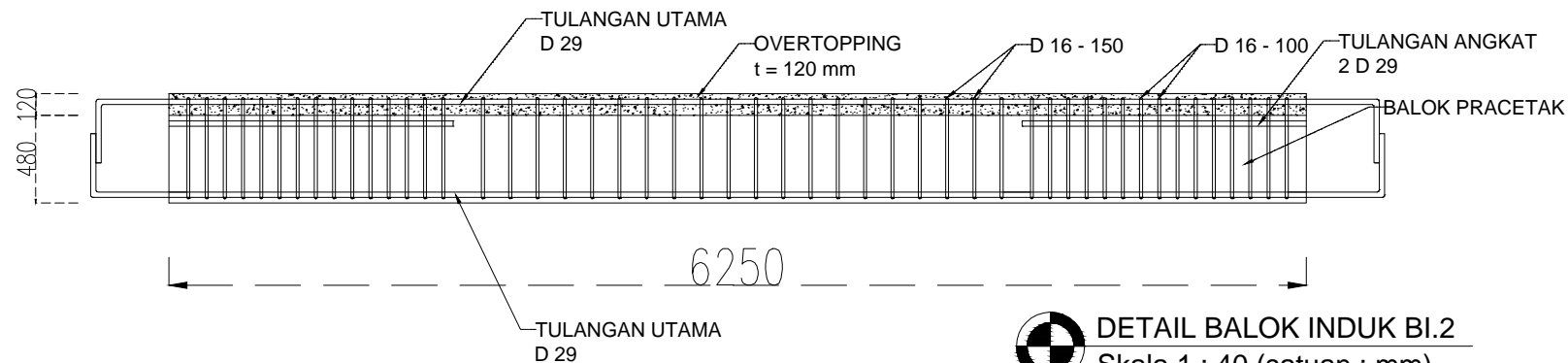
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------


10	70
----	----

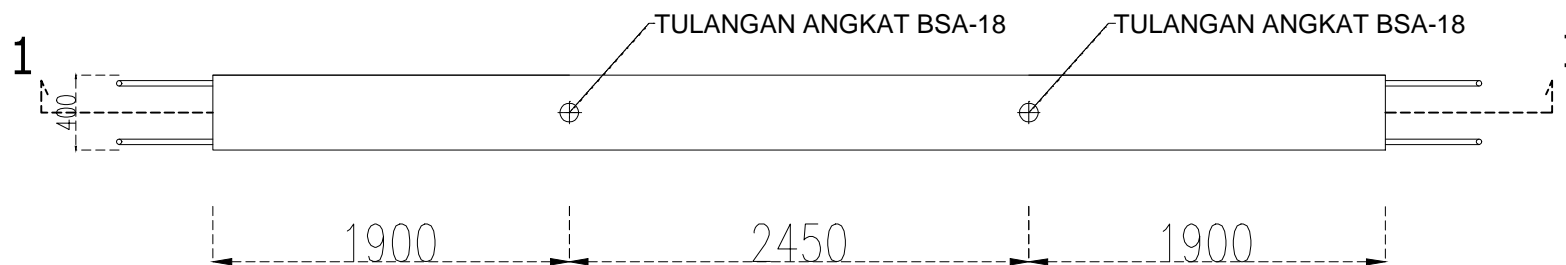
SKALA	CATATAN
-------	---------


1:40	
------	--

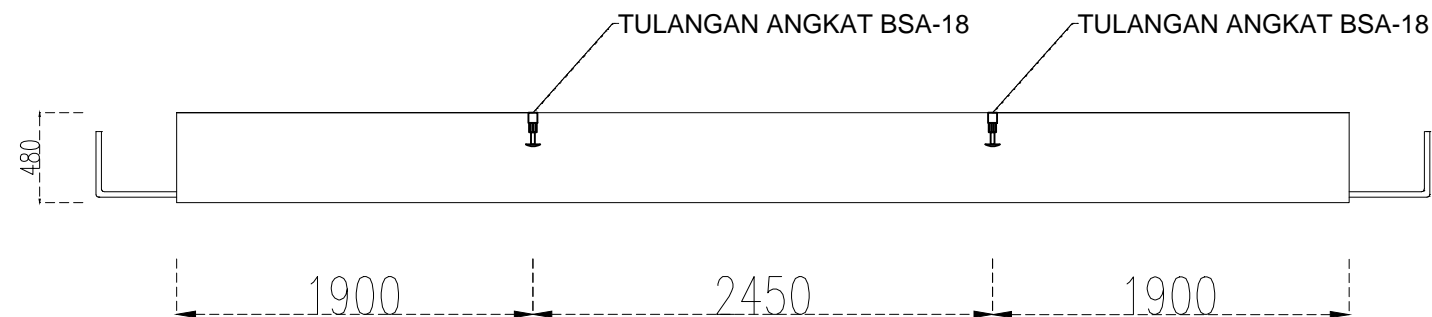
REVISI	TANGGAL
--------	---------




 **DETAIL BALOK INDUK BI.2**
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



 **DETAIL TULANGAN ANGKAT BI.2**
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



 **DETAIL POTONGAN 1 - 1**
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18
pada Halaman 15

JUDUL GAMBAR

Detail Balok Induk BI.3

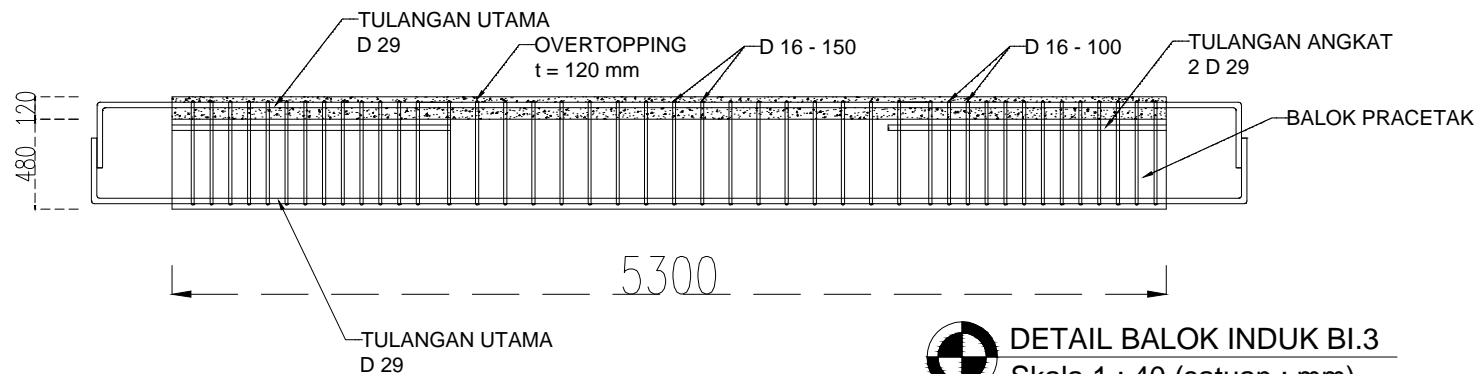
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

11	70
----	----

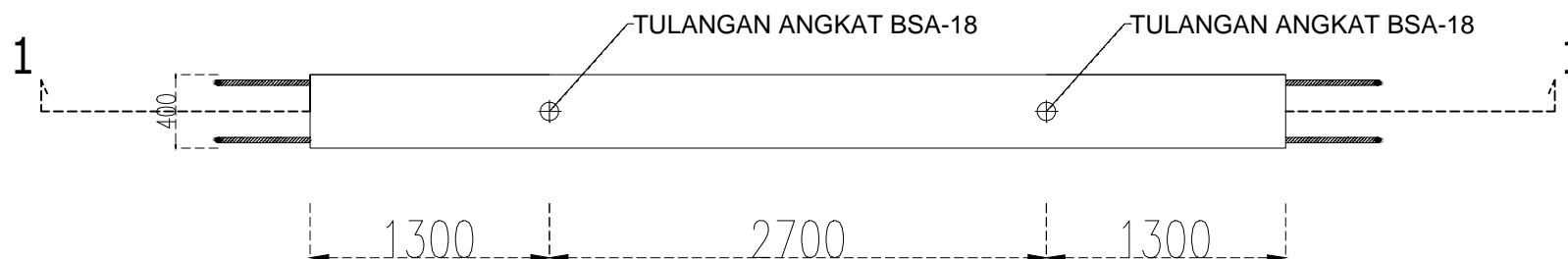
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:40	
------	--

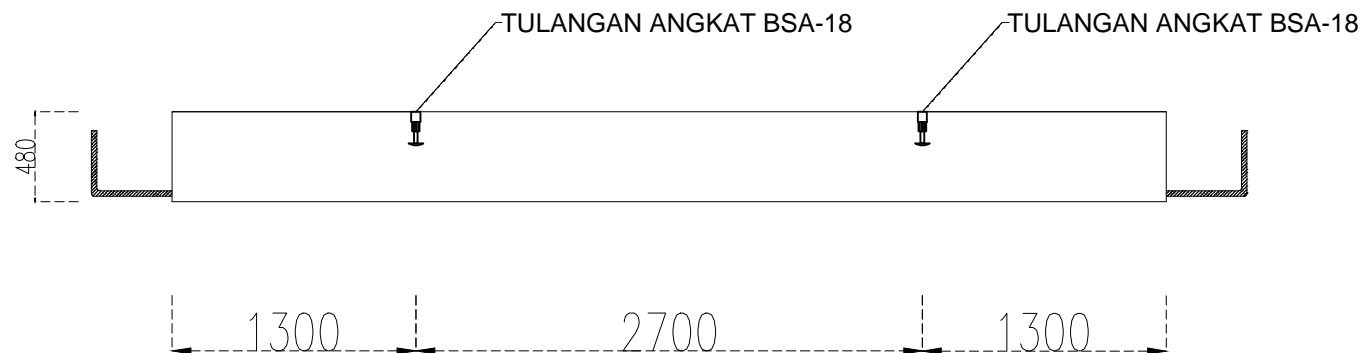
REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL BALOK INDUK BI.3
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGGAT BI.3
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



DETAIL POTONGAN 1 - 1
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18
pada Halaman 15

JUDUL GAMBAR

Detail Balok Induk BI.4

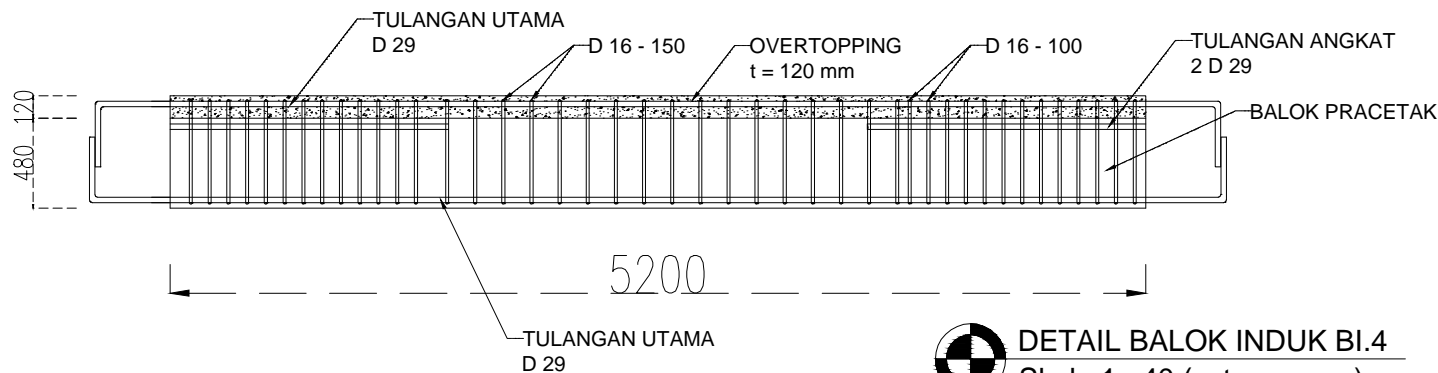
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

12	70
----	----

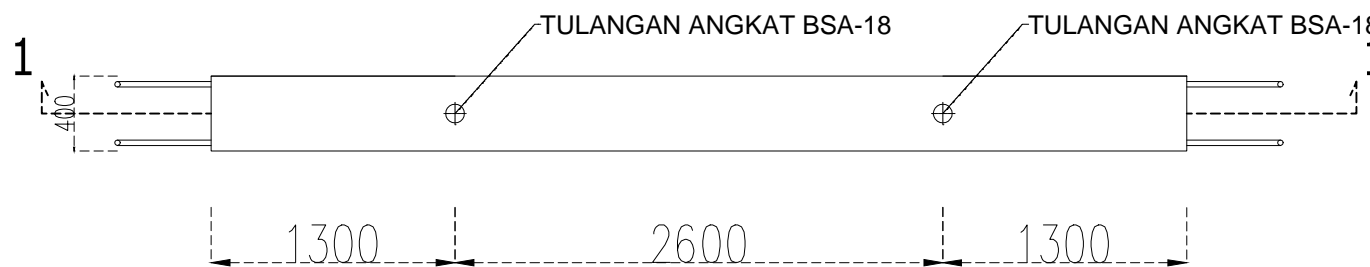
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:40	
------	--

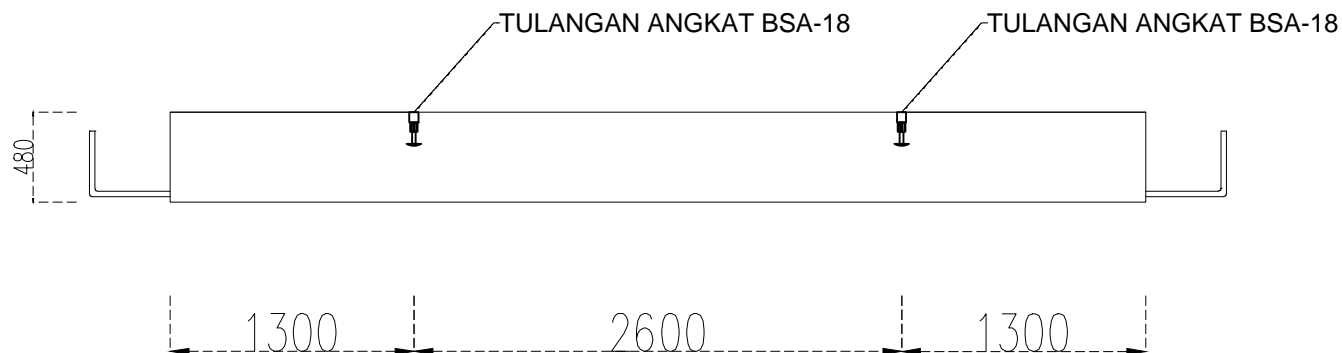
REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL BALOK INDUK BI.4
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT BI.4
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



DETAIL POTONGAN 1 - 1
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18
pada Halaman 15

JUDUL GAMBAR

Detail Balok Anak BA.1

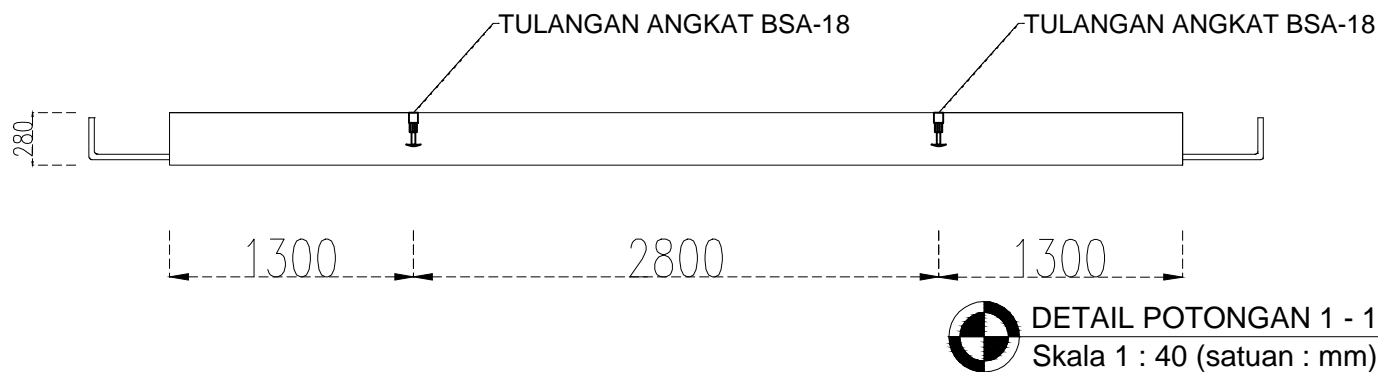
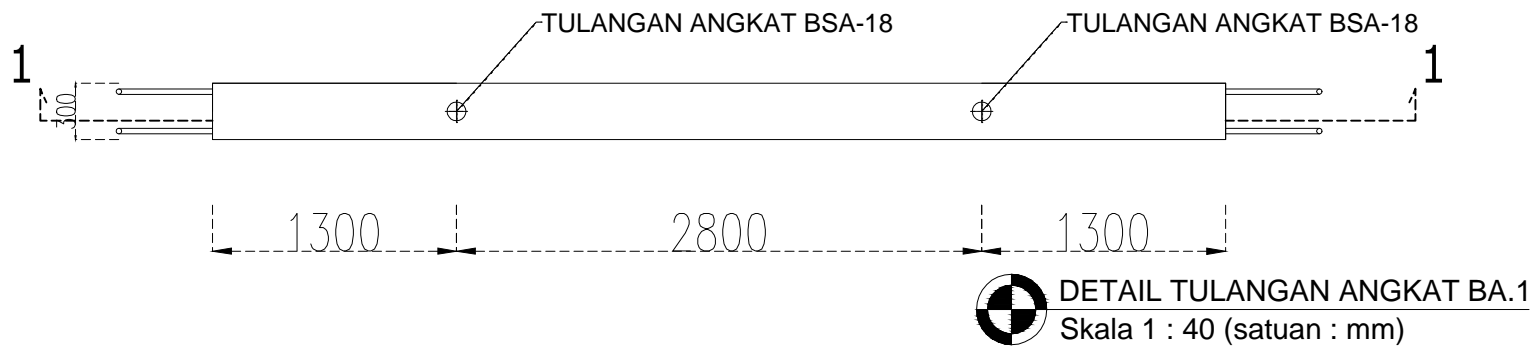
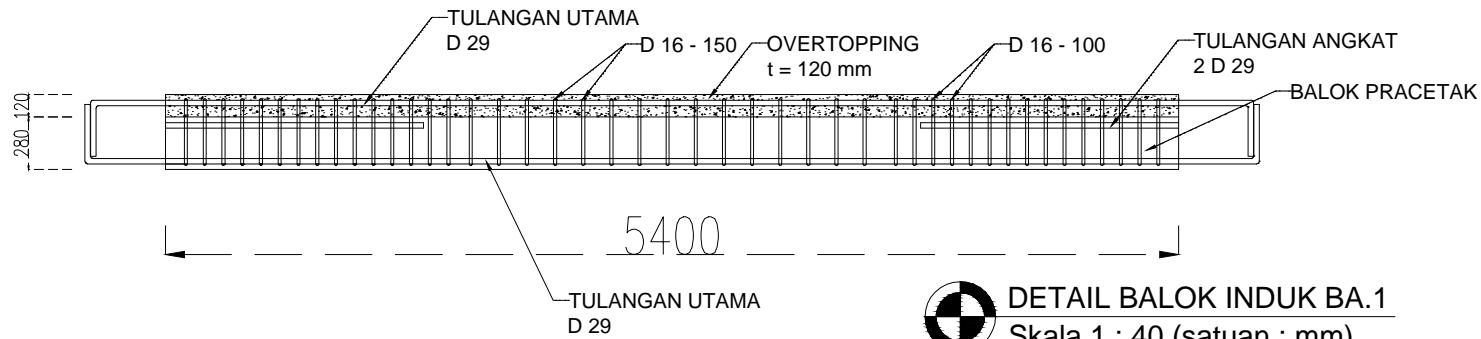
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

13	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:40	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18
pada Halaman 15

JUDUL GAMBAR

Detail Balok Anak BA.2

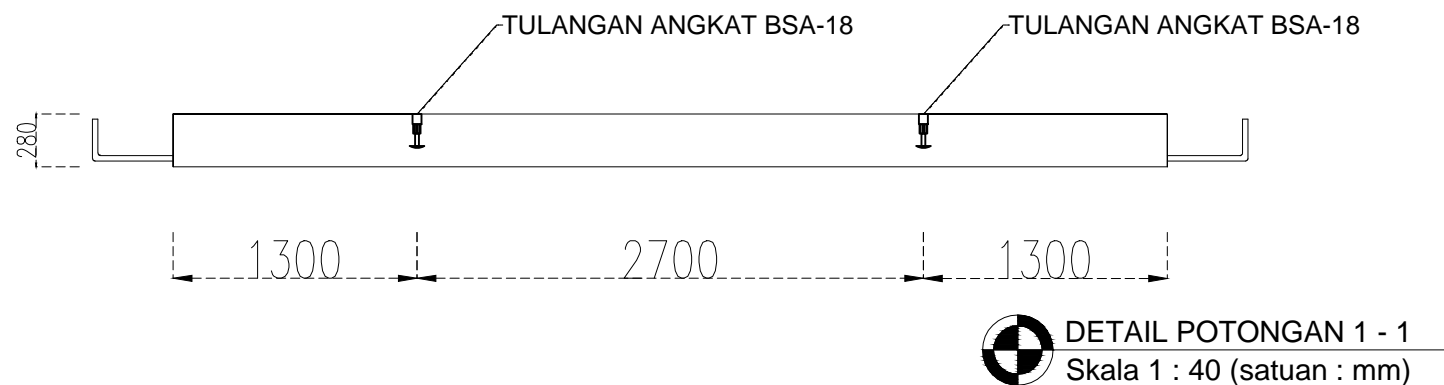
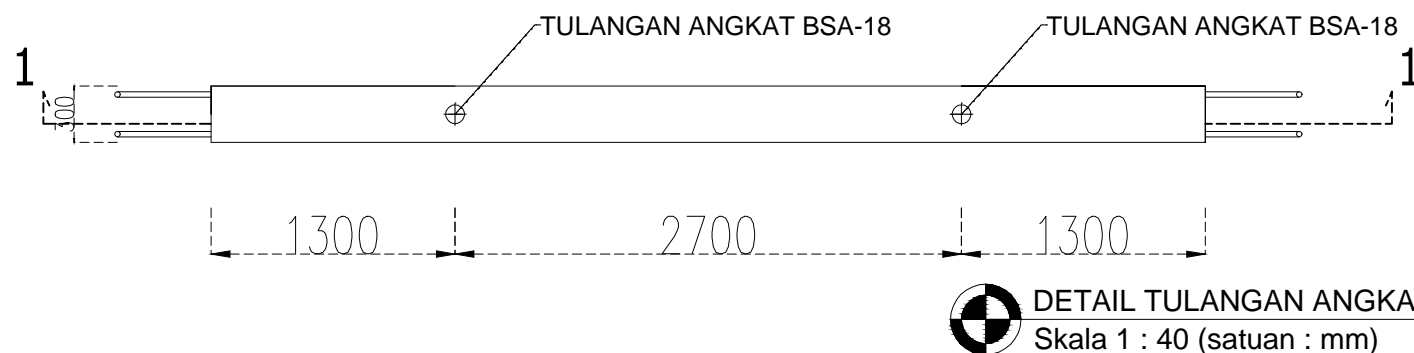
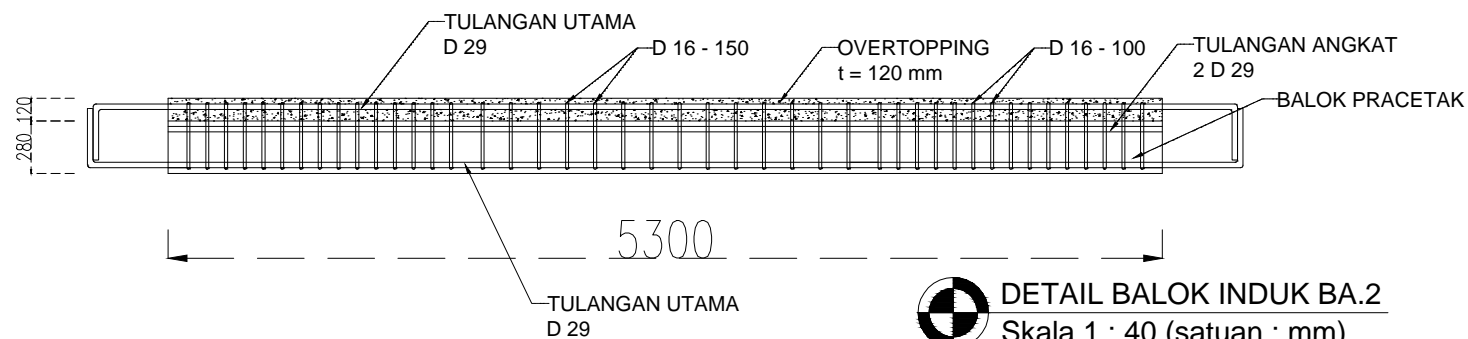
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

14	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:40	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Tulangan Angkat
BSA-18

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

15

70

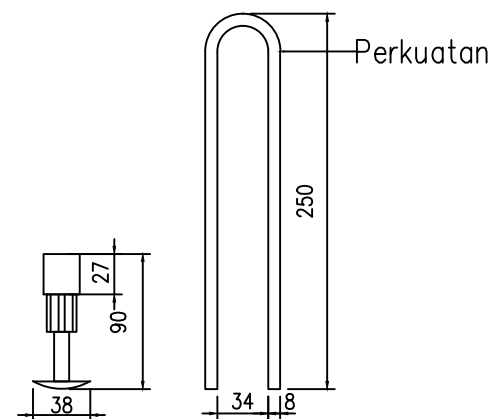
SKALA

CATATAN

1:50

REVISI

TANGGAL



DETAIL TULANGAN ANGKAT BSA-18
Skala 1 : 50 (satuan : mm)

Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØDI [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Kolom Blower Room

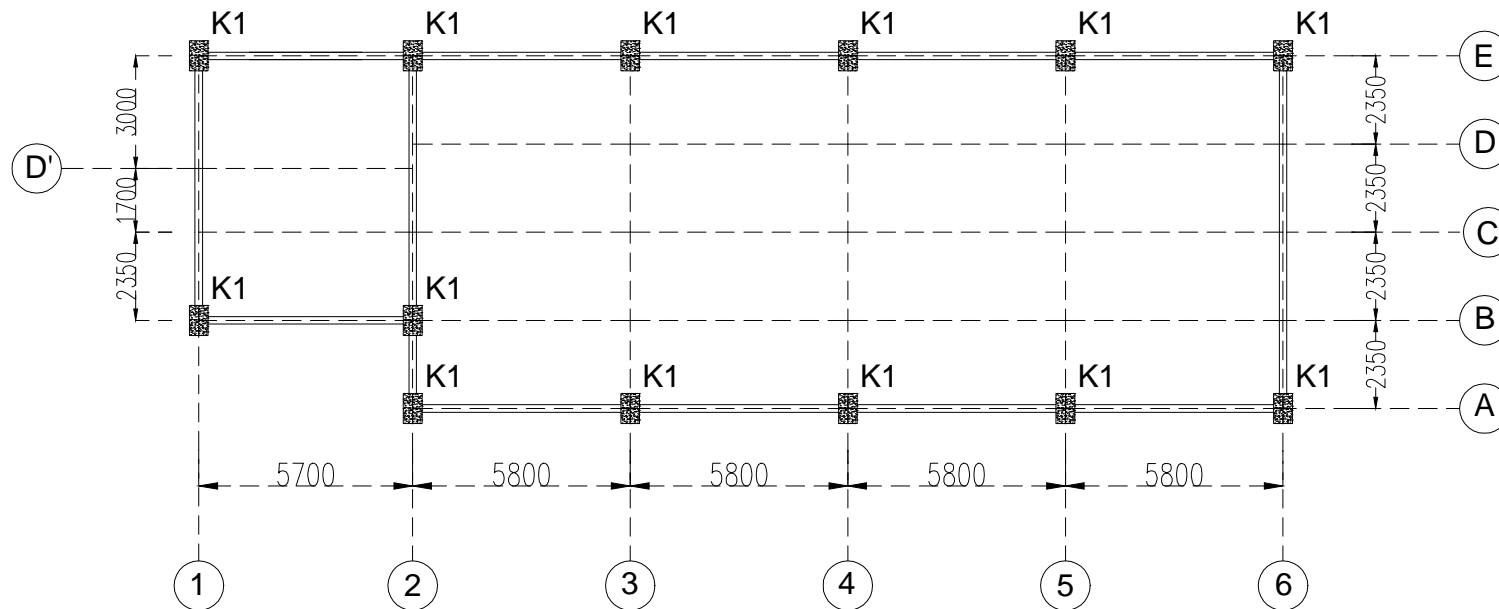
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

16	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:200	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DENAH KOLOM

Skala 1 : 200 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Kolom
Blower Room

NO. GAMBAR | JML. GAMBAR

17 | 70

SKALA | CATATAN

1:15

REVISI | TANGGAL

KODE	K1(BLOWER ROOM)	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA PENAMPANG		
PENAMPANG KOLOM	500 mm x 800 mm	500 mm x 800 mm
TULANGAN	8 D29	8 D29
BEGEL	D16 - 100	D16 - 150



DETAIL PERENCANAAN KOLOM
Skala 1 : 15 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Pelat Blower Room

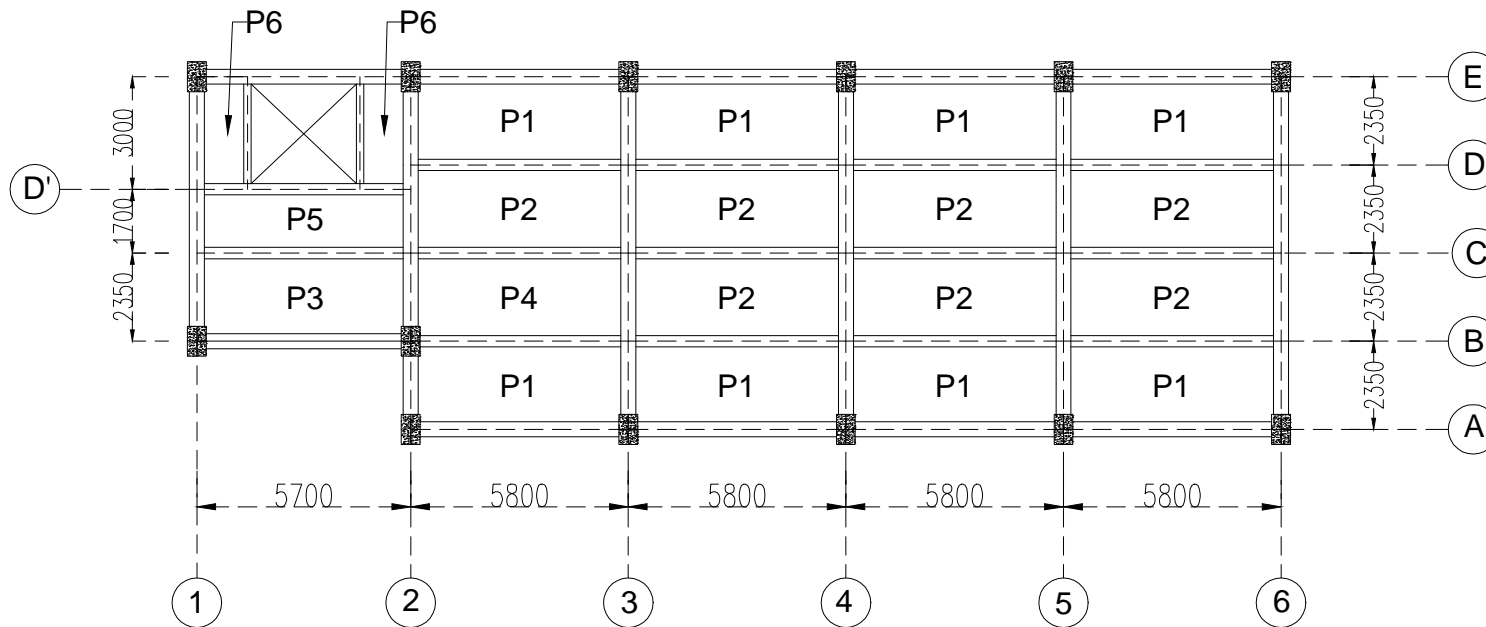
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

18	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:200	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DENAH PELAT

Skala 1 : 200 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat P1

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

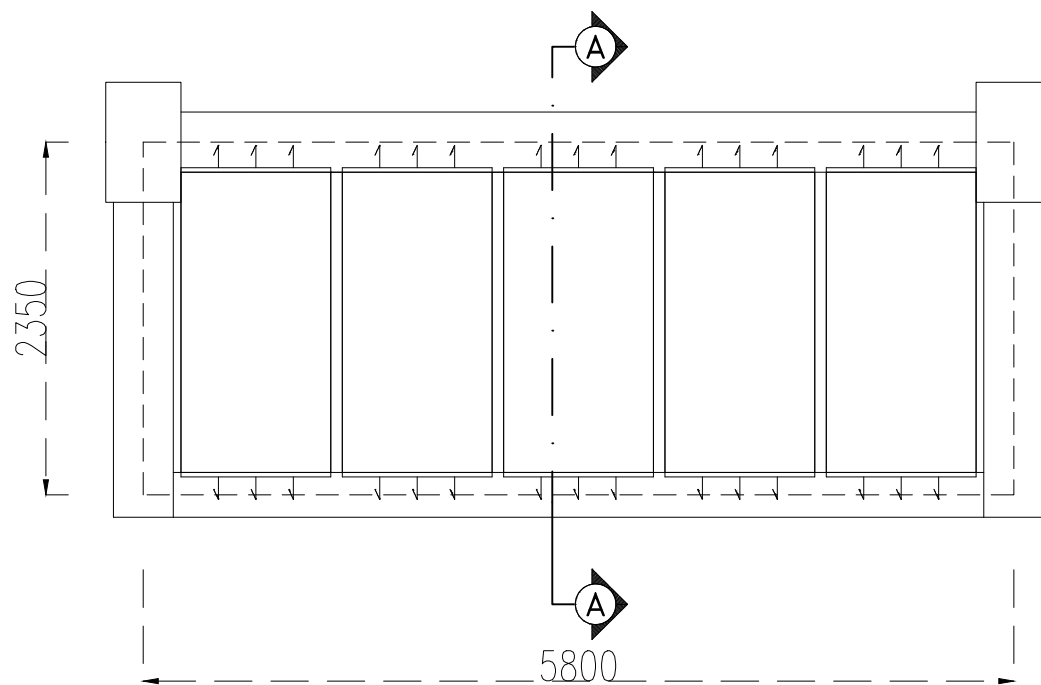
19	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

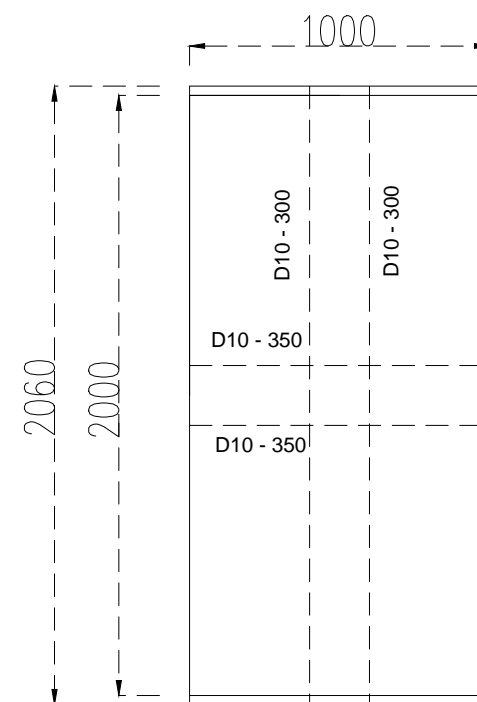
1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

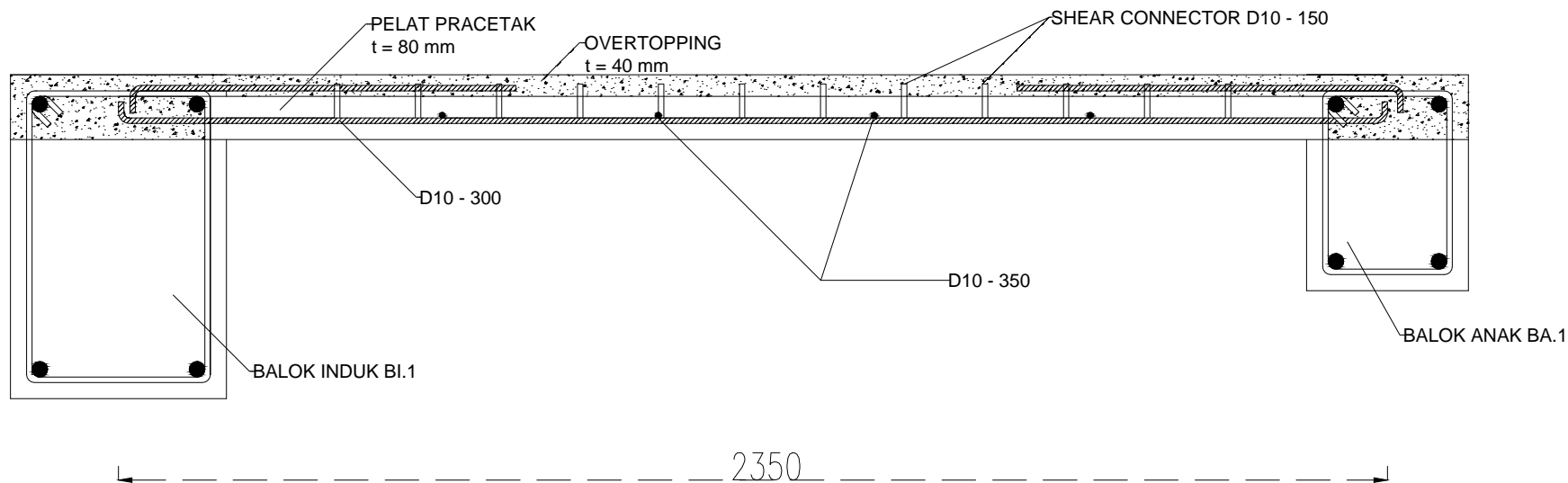
--	--



DETAIL PELAT P1
Skala 1 : 50 (satuan : mm)



DETAIL PENULANGAN PELAT P1
Skala 1 : 100 (satuan : mm)



POTONGAN A - A
Skala 1 : 200 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat P2

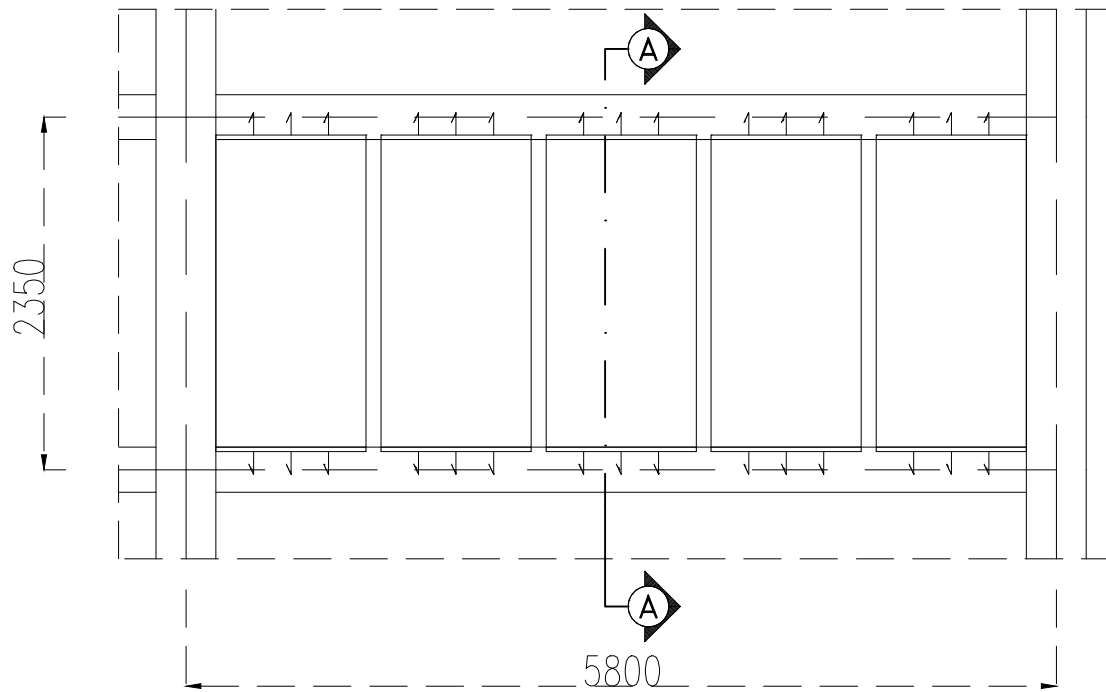
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

20	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

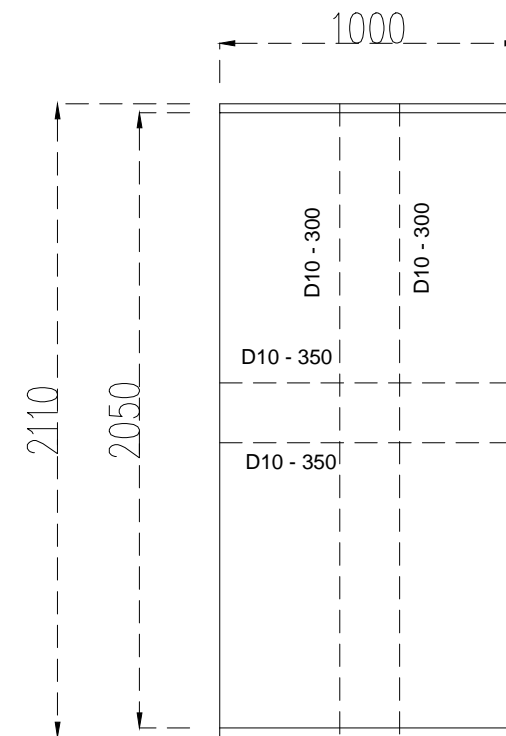
1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



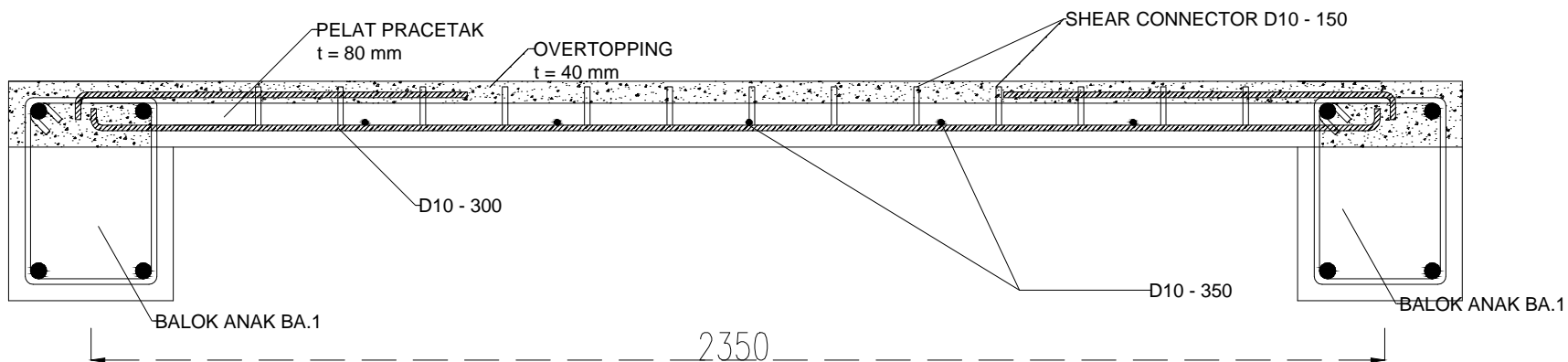
DETAIL PELAT P2

Skala 1 : 50 (satuan : mm)



DETAIL PENULANGAN PELAT P2

Skala 1 : 100 (satuan : mm)



POTONGAN A - A

Skala 1 : 200 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat P3

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

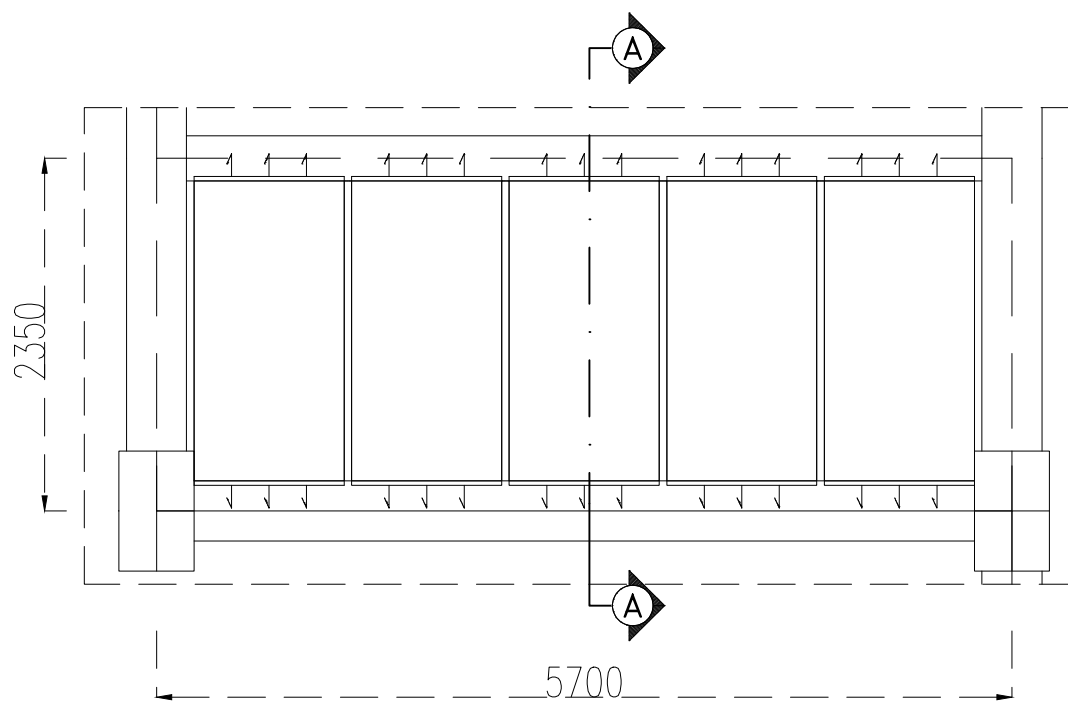
21	70
----	----


SKALA	CATATAN
-------	---------

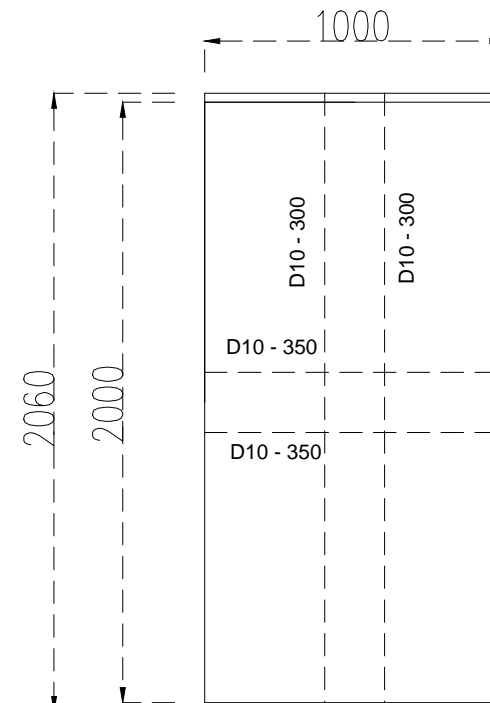
1:50	
------	--


REVISI	TANGGAL
--------	---------

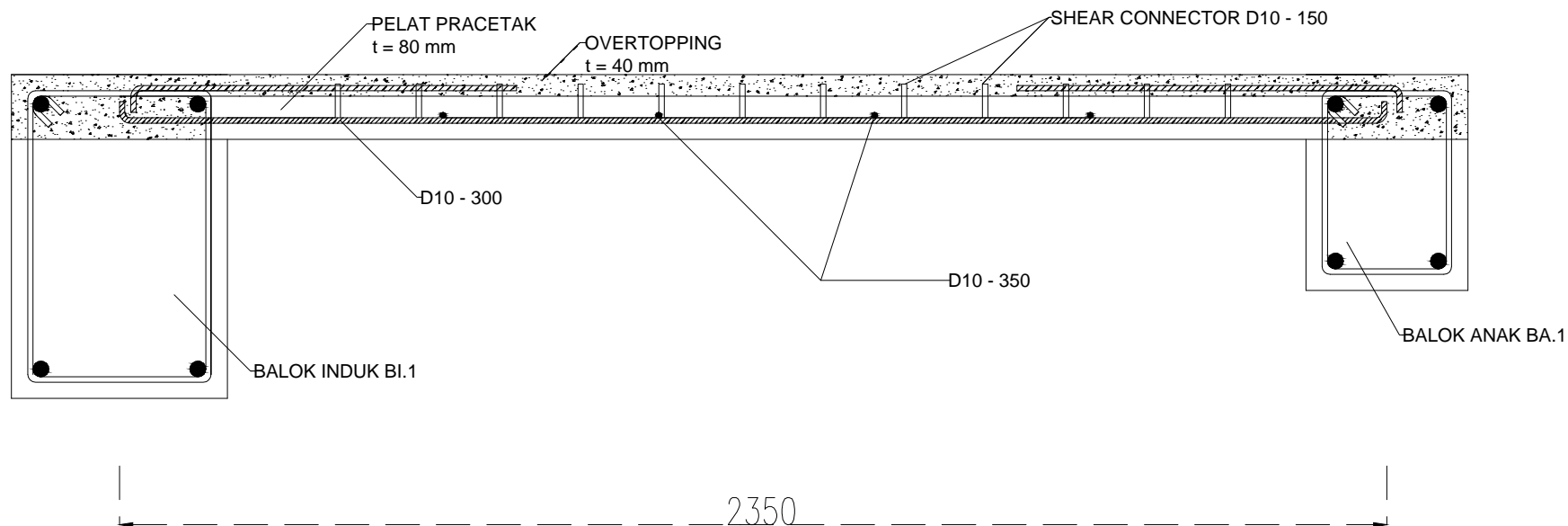
--	--




 **DETAIL PELAT P3**
Skala 1 : 50 (satuan : mm)



 **DETAIL PENULANGAN PELAT P3**
Skala 1 : 100 (satuan : mm)



 **POTONGAN A - A**
Skala 1 : 200 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat P4

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

22

70

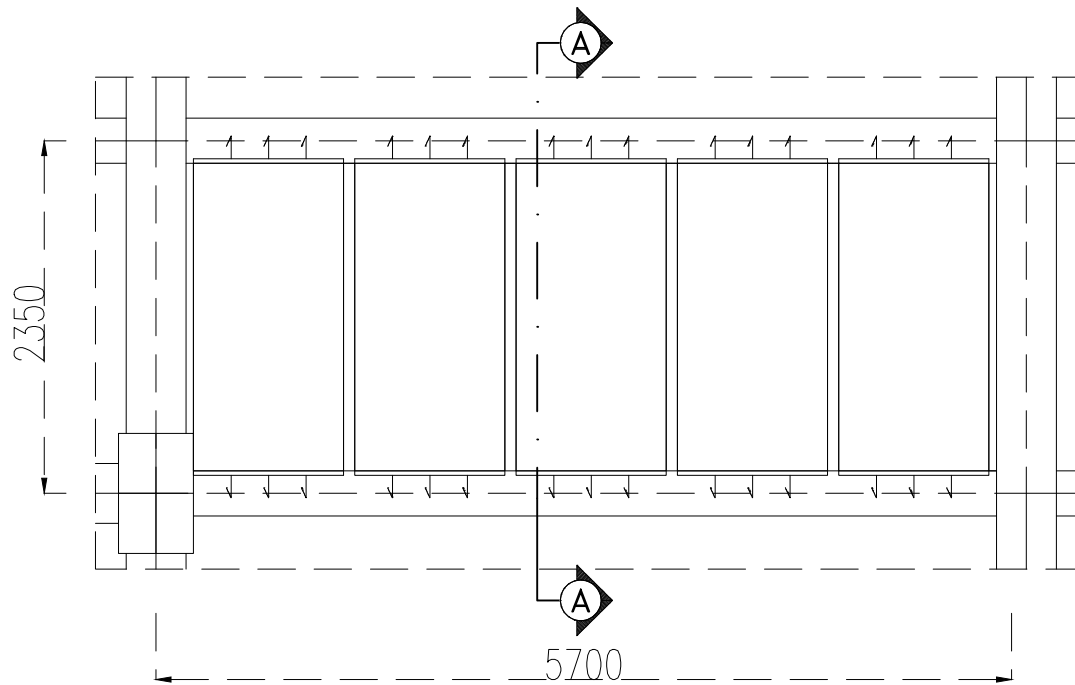
SKALA	CATATAN
-------	---------

CATATAN

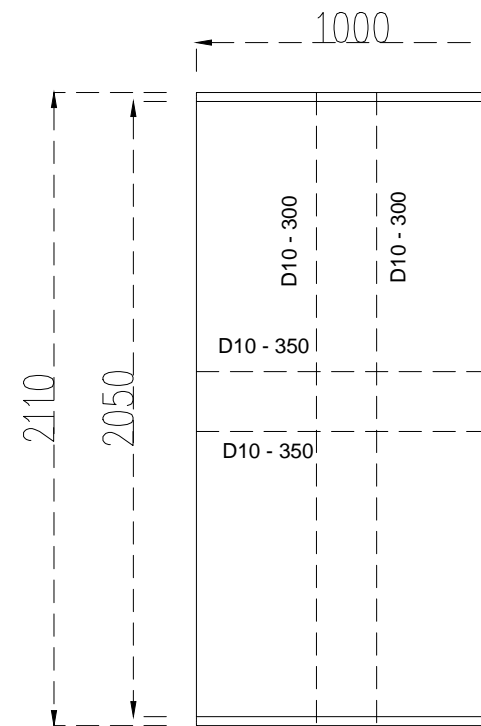
1:50

REVISI	TANGGAL
--------	---------

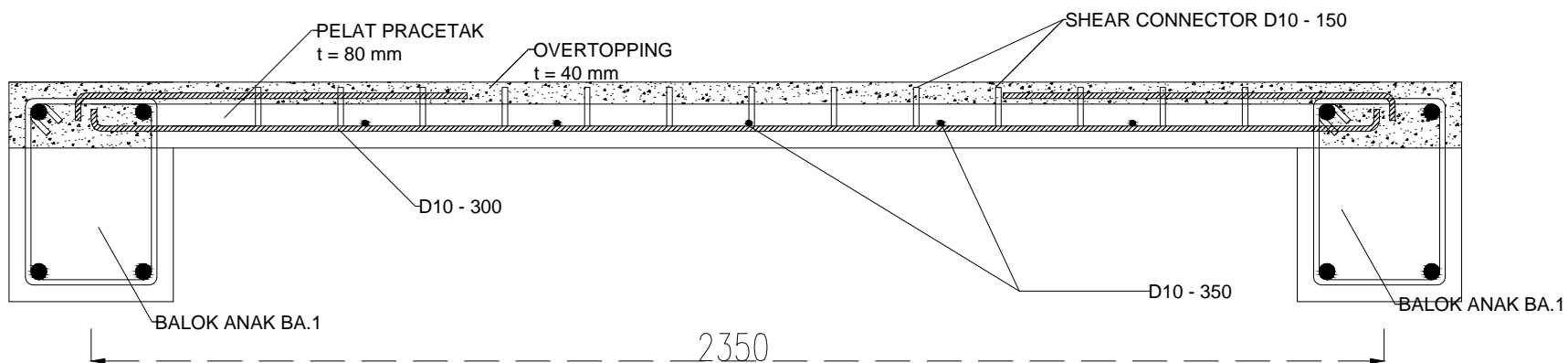
TANGGAL



DETAIL PELAT P4
Skala 1 : 50 (satuan : mm)



DETAIL PENULANGAN PELAT P4
Skala 1 : 100 (satuan : mm)



POTONGAN A - A
Skala 1 : 200 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat P5

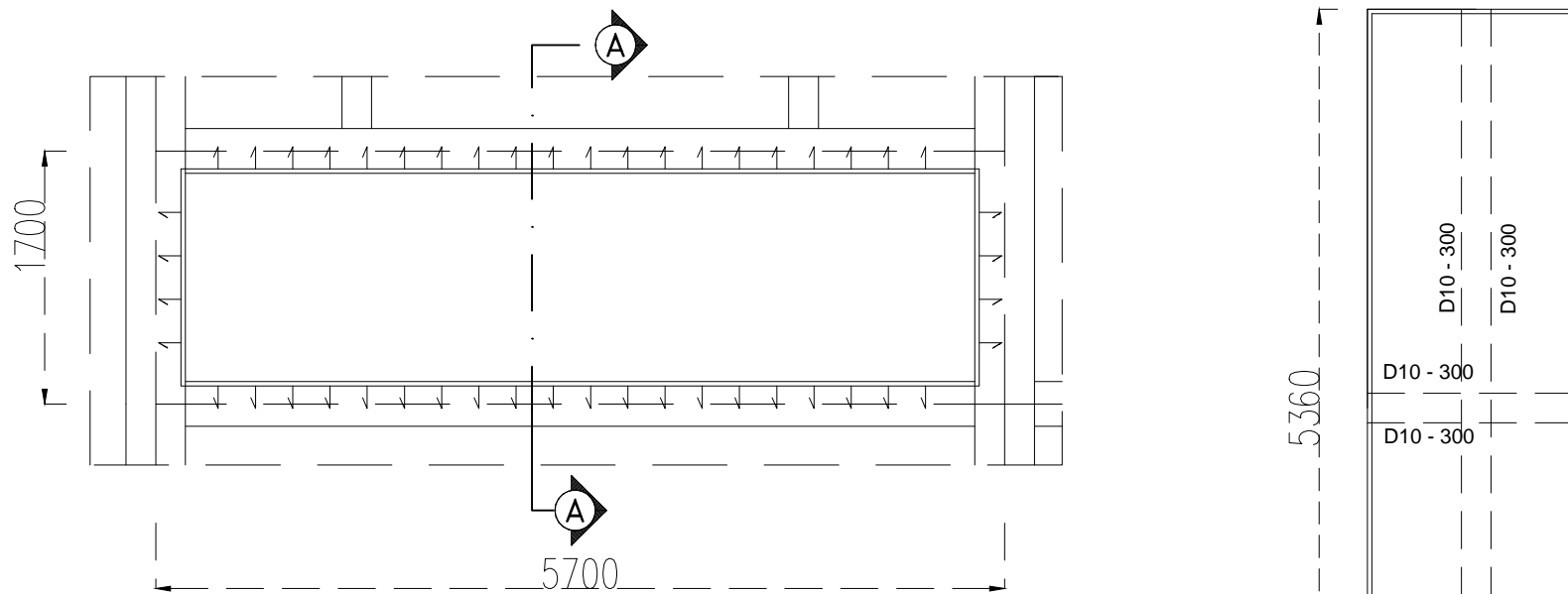
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

23	70
----	----

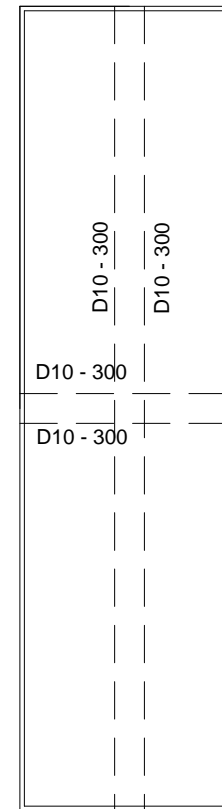
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:50	
------	--


REVISI	TANGGAL
--------	---------




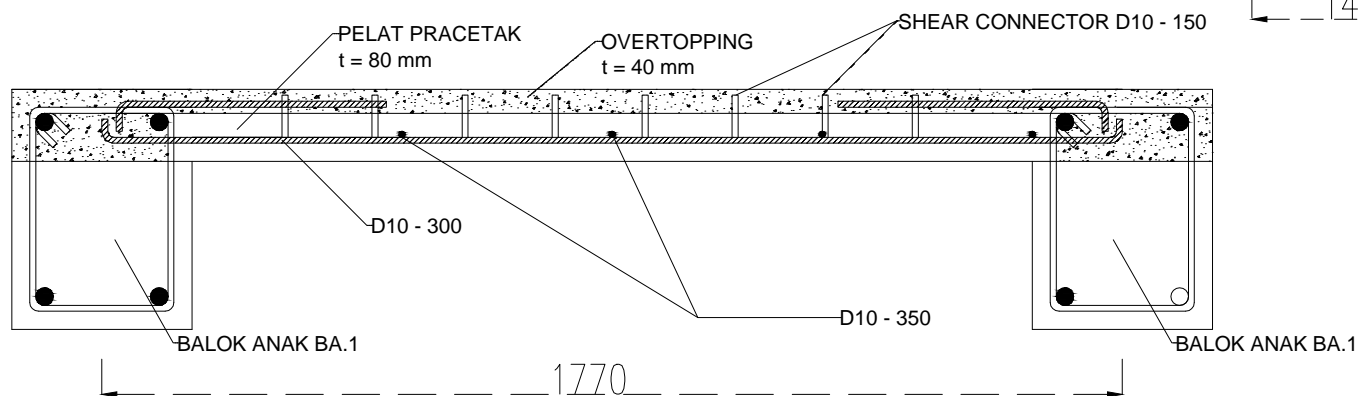
5360




1460

 **DETAIL PELAT P5**
Skala 1 : 50 (satuan : mm)

 **DETAIL PENULANGAN PELAT P5**
Skala 1 : 100 (satuan : mm)



 **POTONGAN A - A**
Skala 1 : 200 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kilm
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat P6

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

24

70

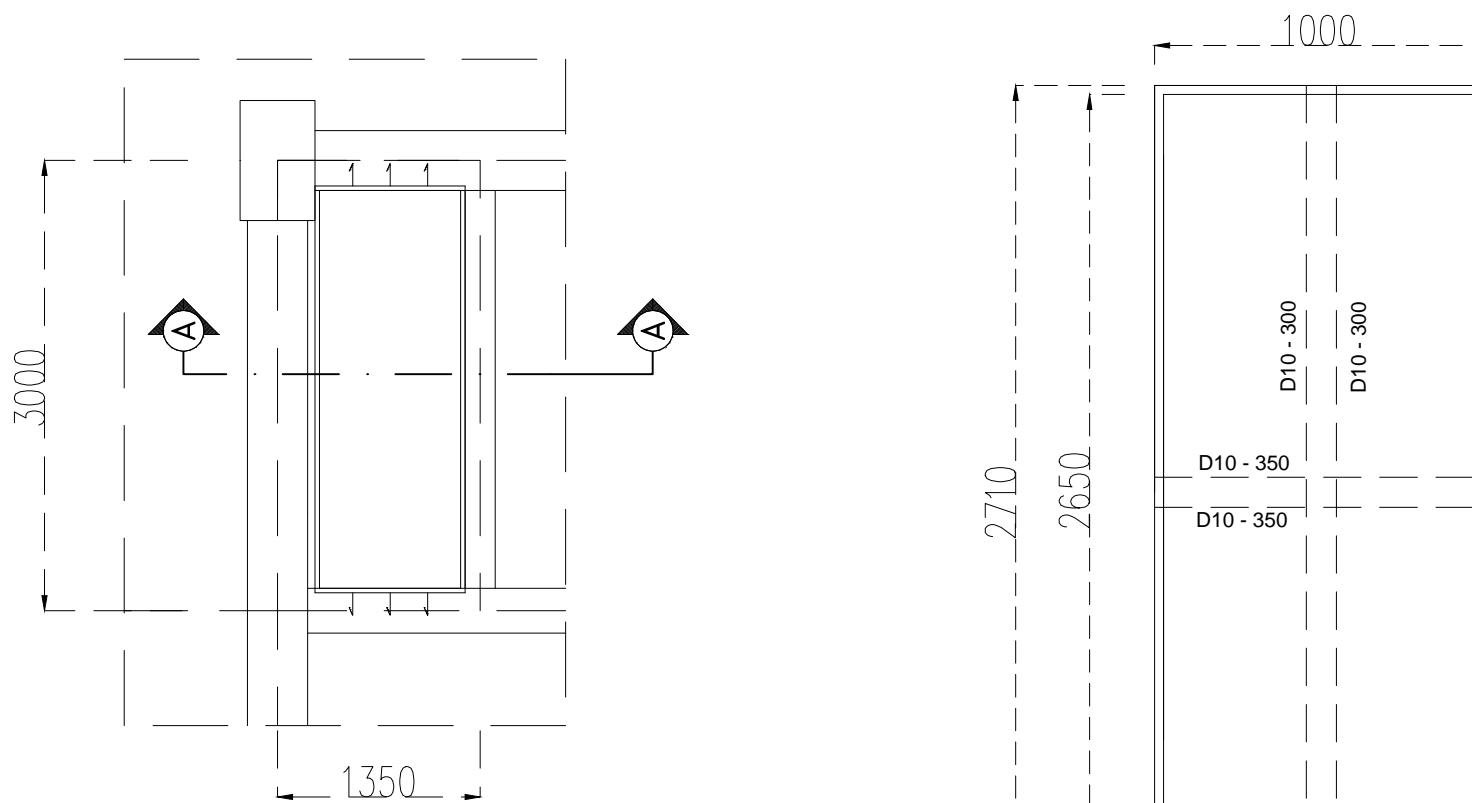
SKALA	CATATAN
-------	---------


CATATAN


1:50

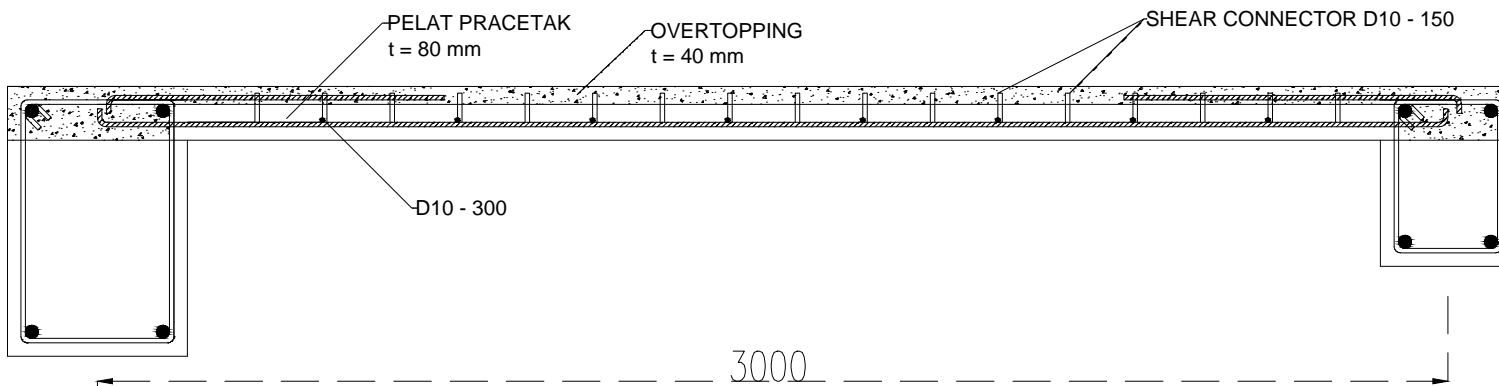
REVISI	TANGGAL
--------	---------


TANGGAL

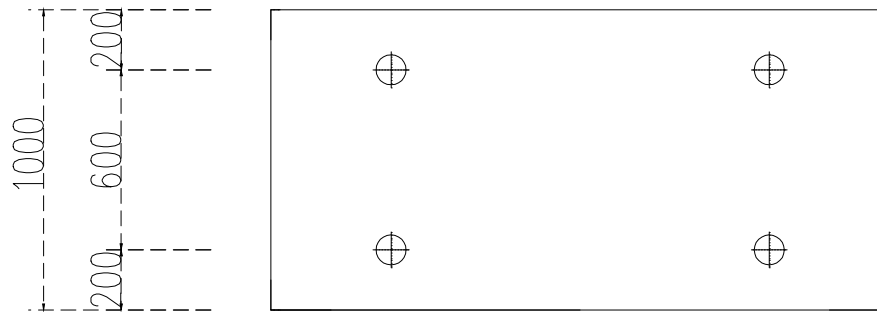


 **DETAIL PELAT P6**
Skala 1 : 50 (satuan : mm)

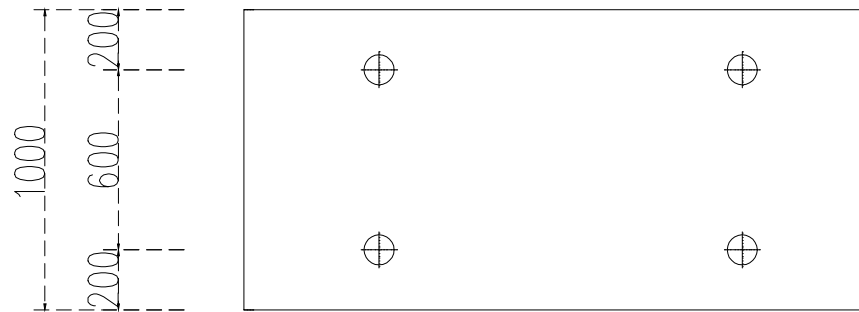
 **DETAIL PENULANGAN PELAT P6**
Skala 1 : 100 (satuan : mm)



 **POTONGAN A - A**
Skala 1 : 200 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT P1 PARSIAL
Skala 1 : 25 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT P2 PARSIAL
Skala 1 : 25 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

 = Tulangan Angkat BSA-18

JUDUL GAMBAR

Detail Tulangan Angkat Pelat

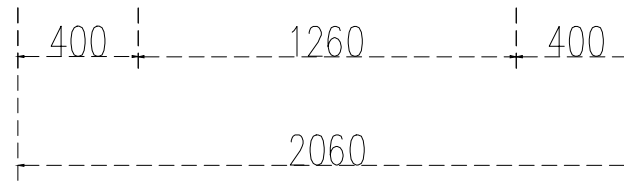
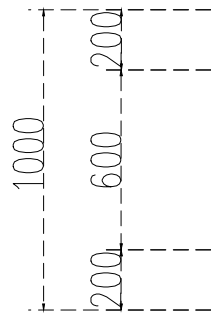
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

25	70
----	----

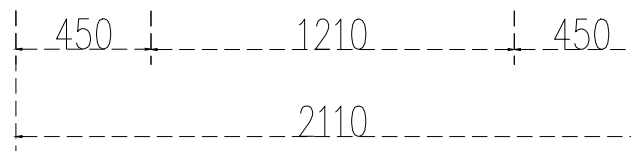
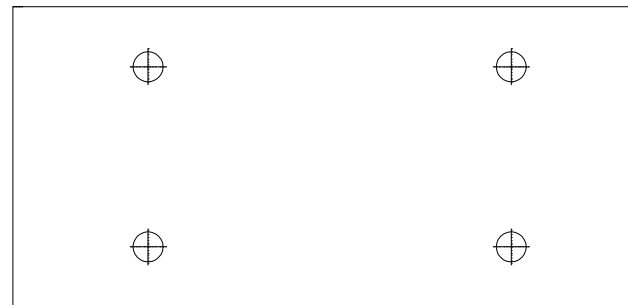
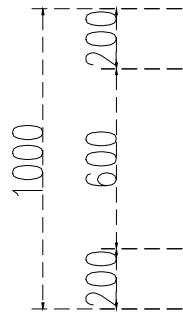
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:25	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL TULANGAN ANGKAT P3 PARTIAL
Skala 1 : 25 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT P3 PARTIAL
Skala 1 : 25 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

 = Tulangan Angkat BSA-18

JUDUL GAMBAR

Detail Tulangan Angkat Pelat

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

26	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:25	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004


DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

 = Tulangan Angkat BSA-18

JUDUL GAMBAR

Detail Tulangan Angkat Pelat

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

27	70
----	----

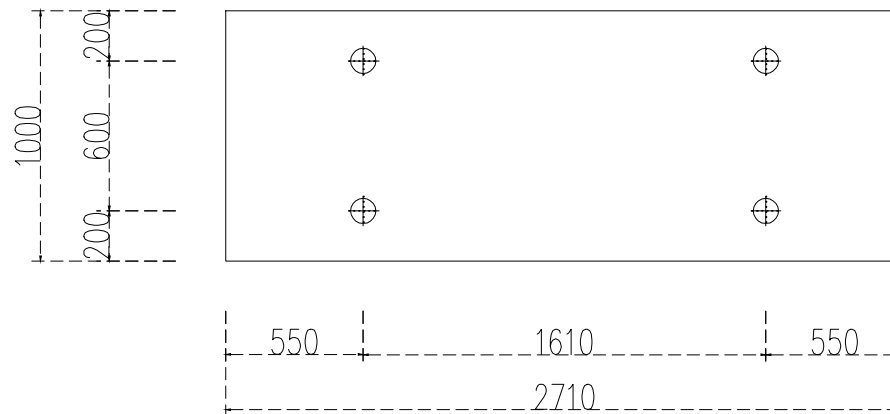
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:30	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL TULANGAN ANGKAT P5
Skala 1 : 30 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT P6
Skala 1 : 30 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan
Kolom-Balok Blower Room

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

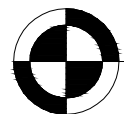
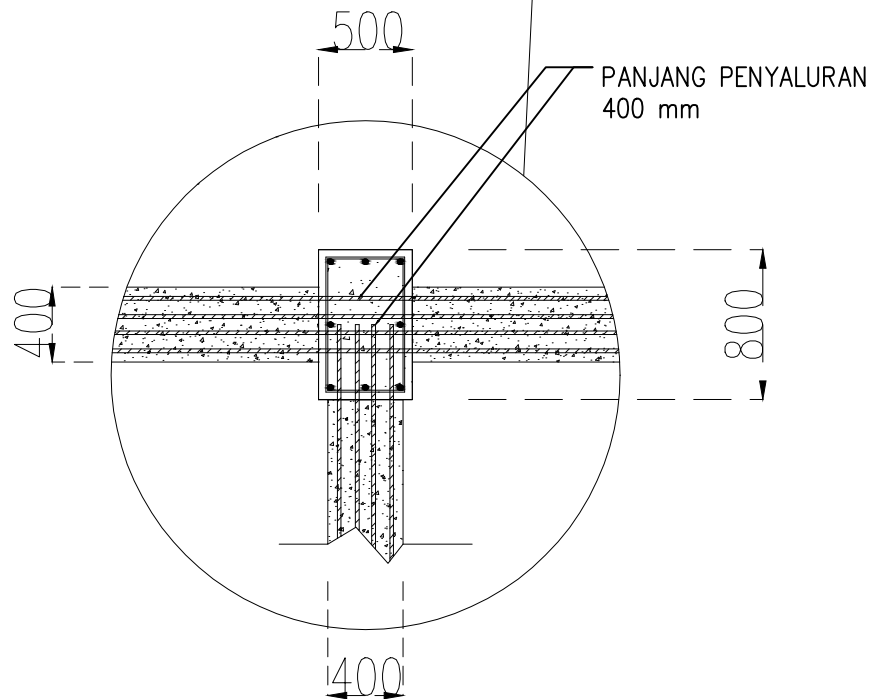
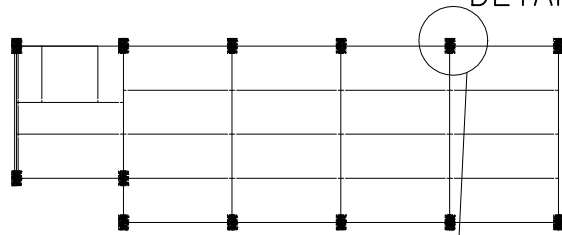
28	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

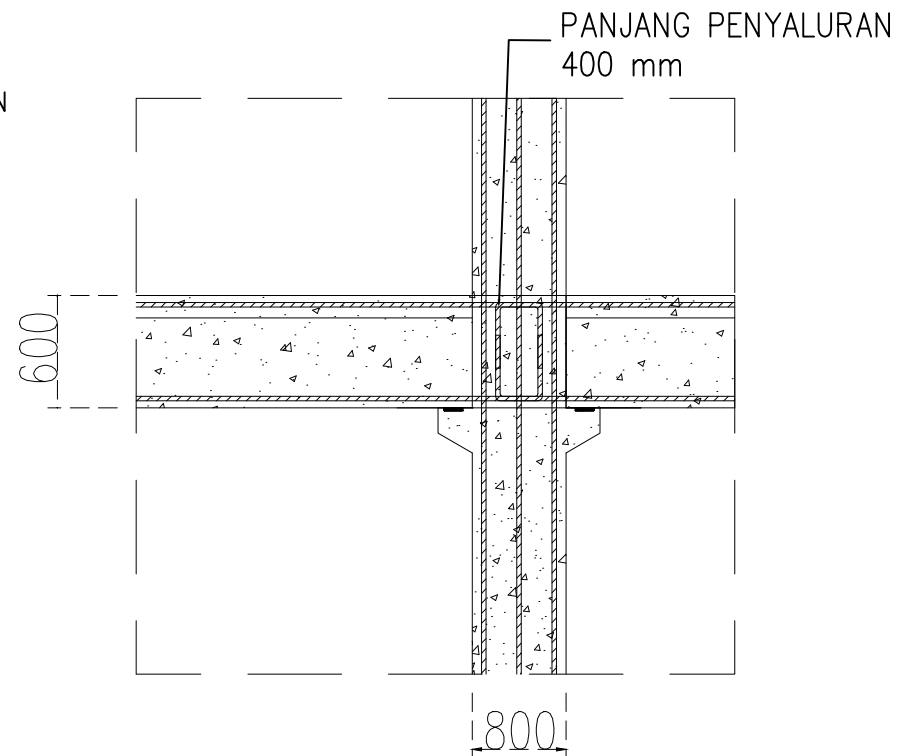
1:40	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

DETAIL A



TAMPAK ATAS DETAIL A
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



TAMPAK SAMPING DETAIL A
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan Balok
Induk-Balok Anak Blower Room

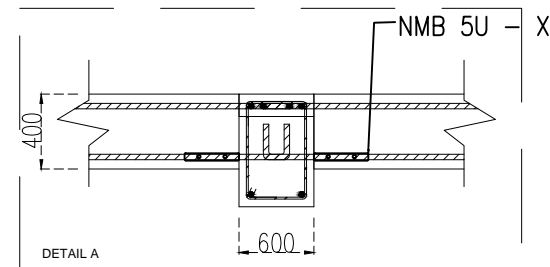
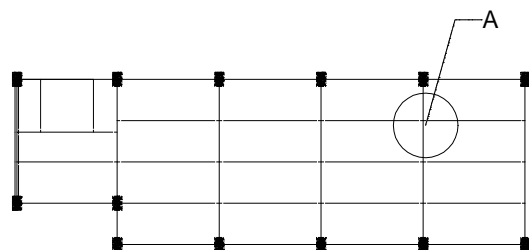
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------


29	70
----	----

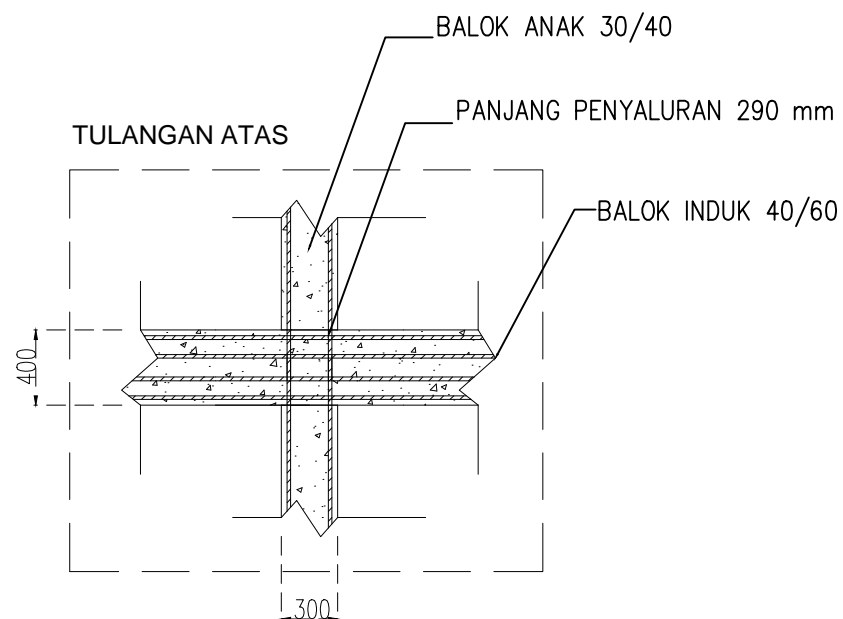
SKALA	CATATAN
-------	---------


1:40	
------	--

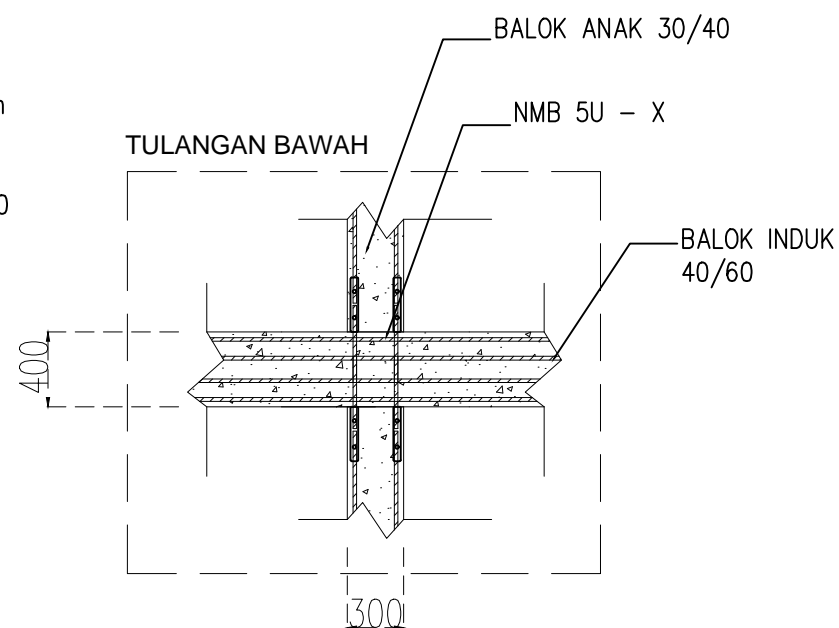
REVISI	TANGGAL
--------	---------




 TAMPAK SAMPING DETAIL A
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



 TAMPAK ATAS DETAIL A
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



 TAMPAK ATAS DETAIL A
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kilm
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan Balok
Induk-Balok Anak Blower Room

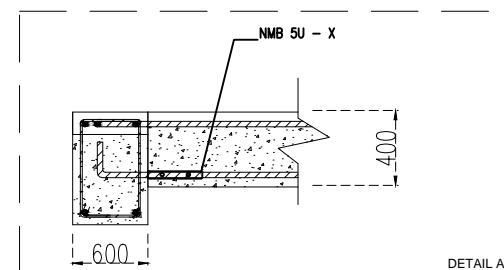
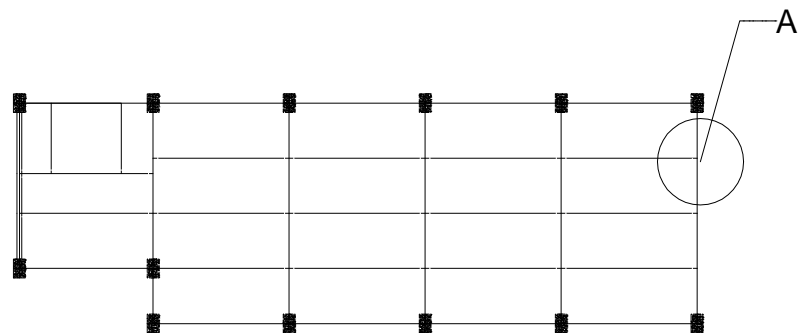
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

30	70
----	----

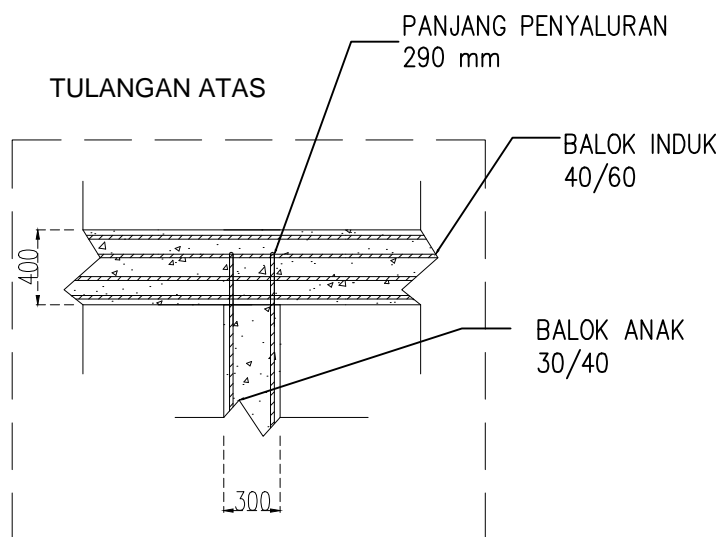
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:40	
------	--

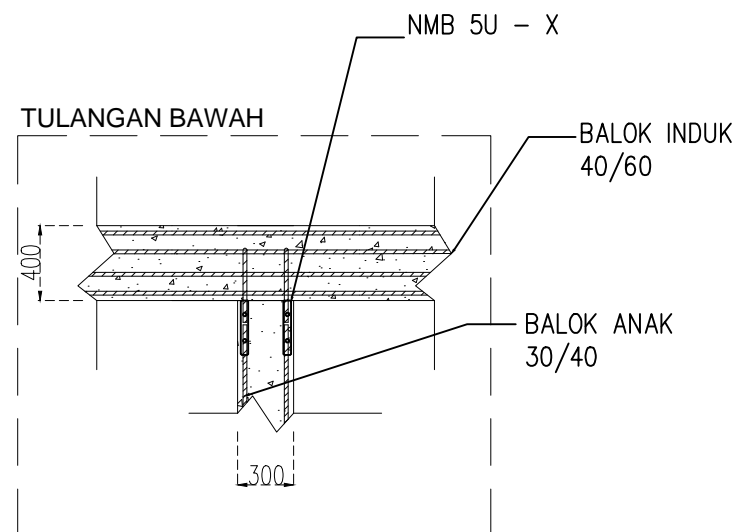
REVISI	TANGGAL
--------	---------



TAMPAK SAMPING DETAIL A
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



TAMPAK ATAS DETAIL A
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



TAMPAK ATAS DETAIL A
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Portal Blower Room

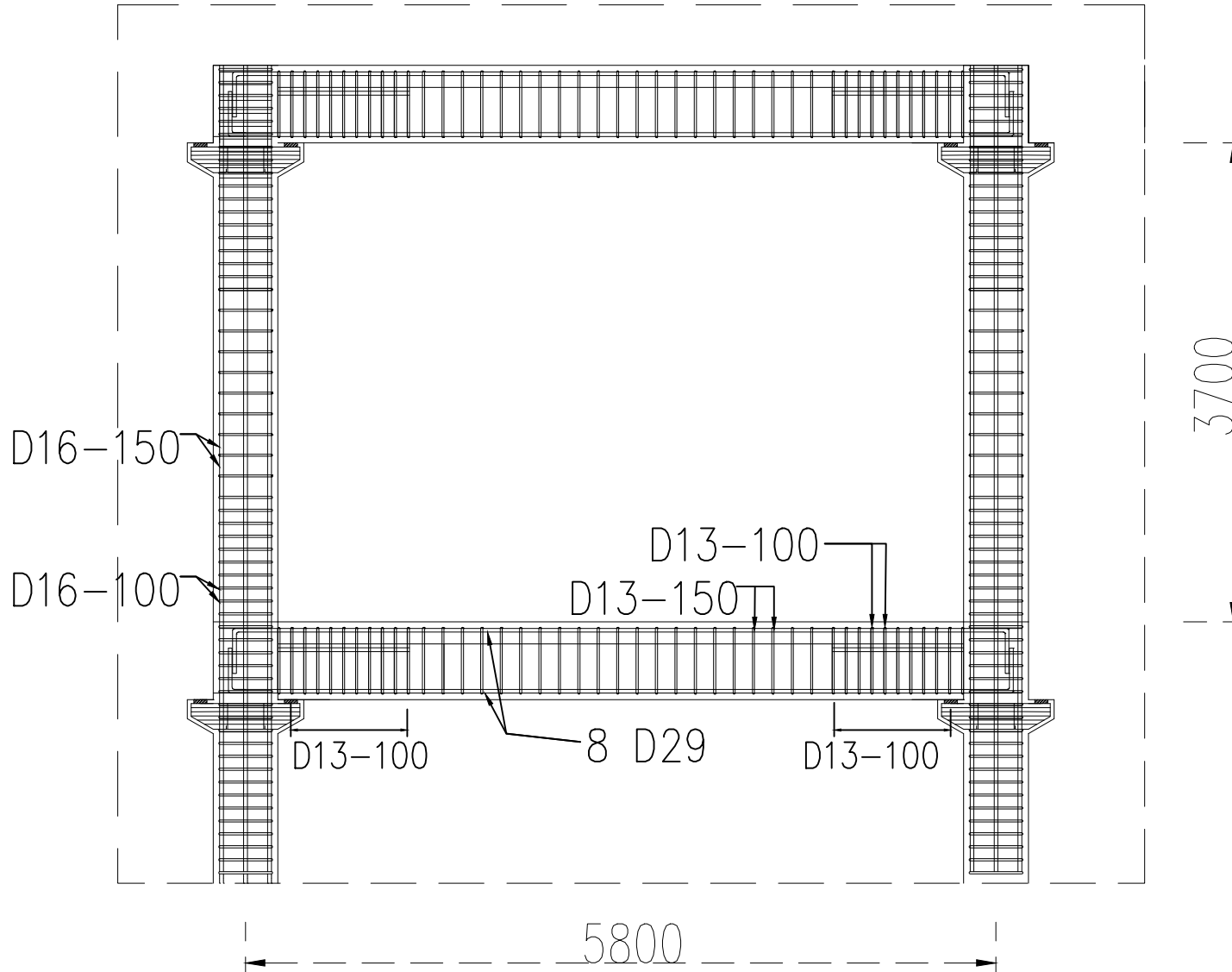
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

31	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL PORTAL

Skala 1 : 50 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kilm
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Konsol Pendek Blower
Room

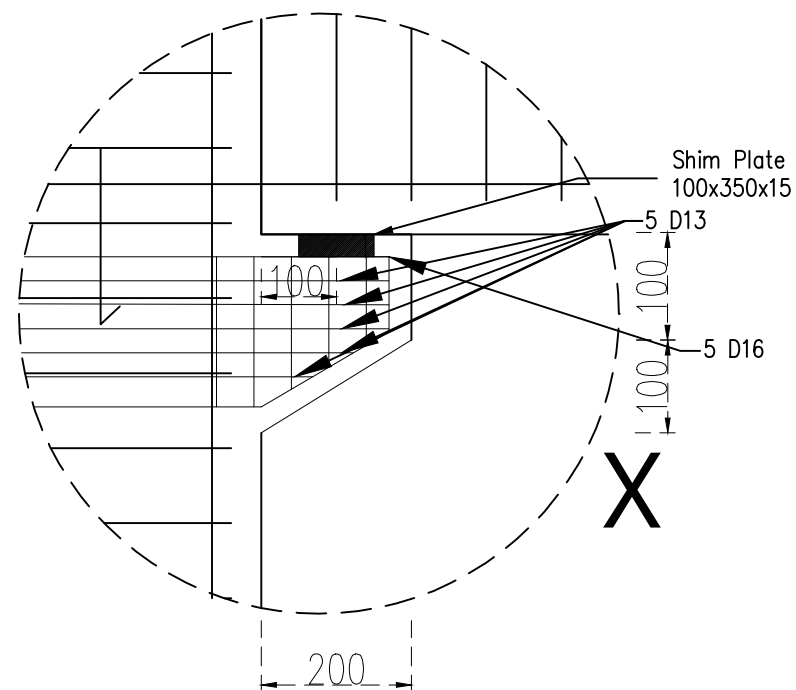
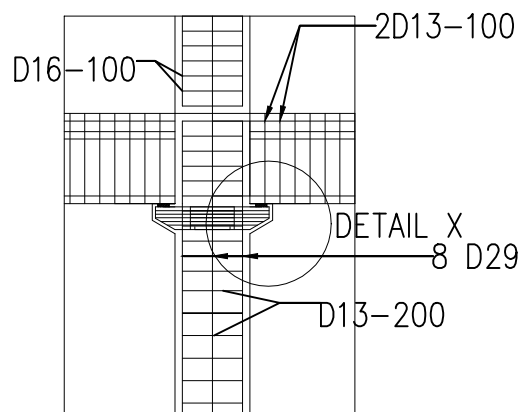
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

32	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:10	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL KONSOL PENDEK
Skala 1 : 10 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi Blower Room

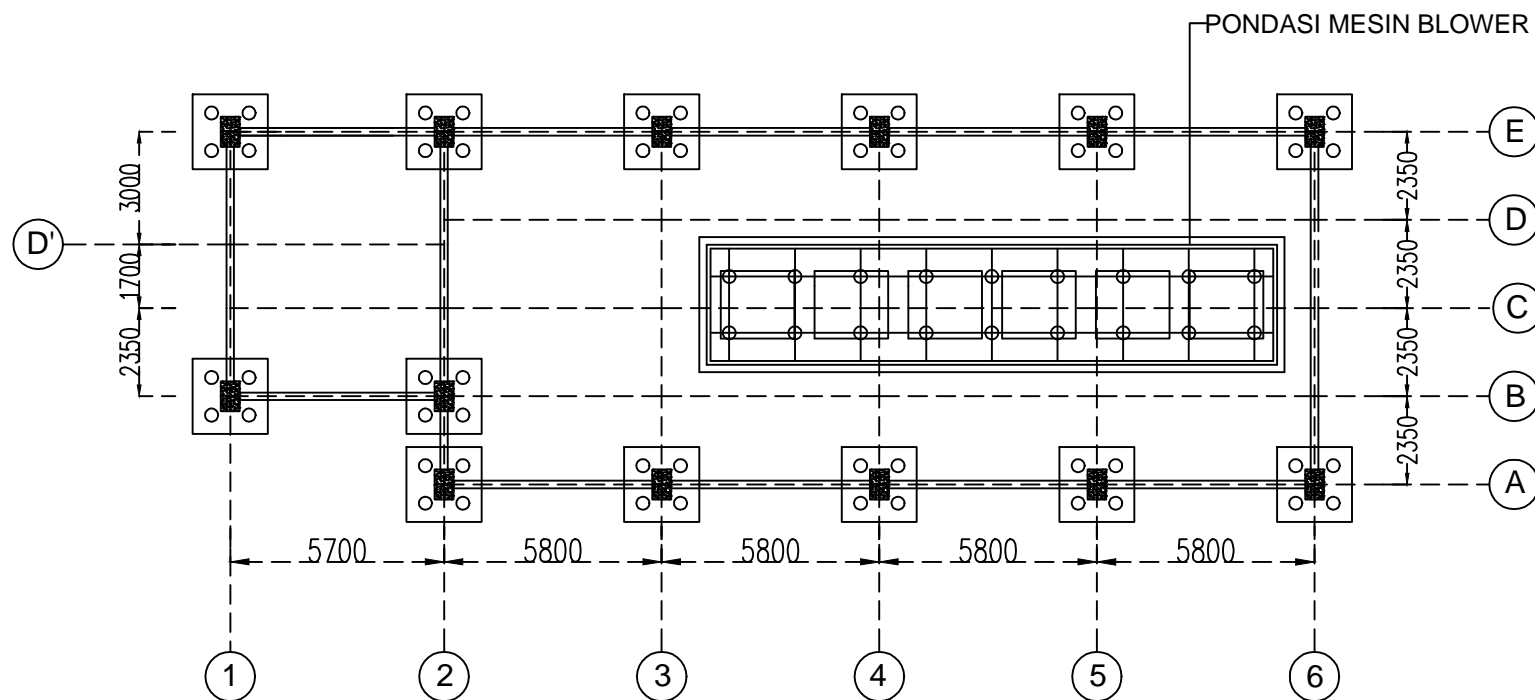
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

33	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:200	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DENAH PONDASI

Skala 1 : 200 (satuan : mm)

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
33	70
SKALA	CATATAN
1:200	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Penulangan Poer P1 Blower
Room

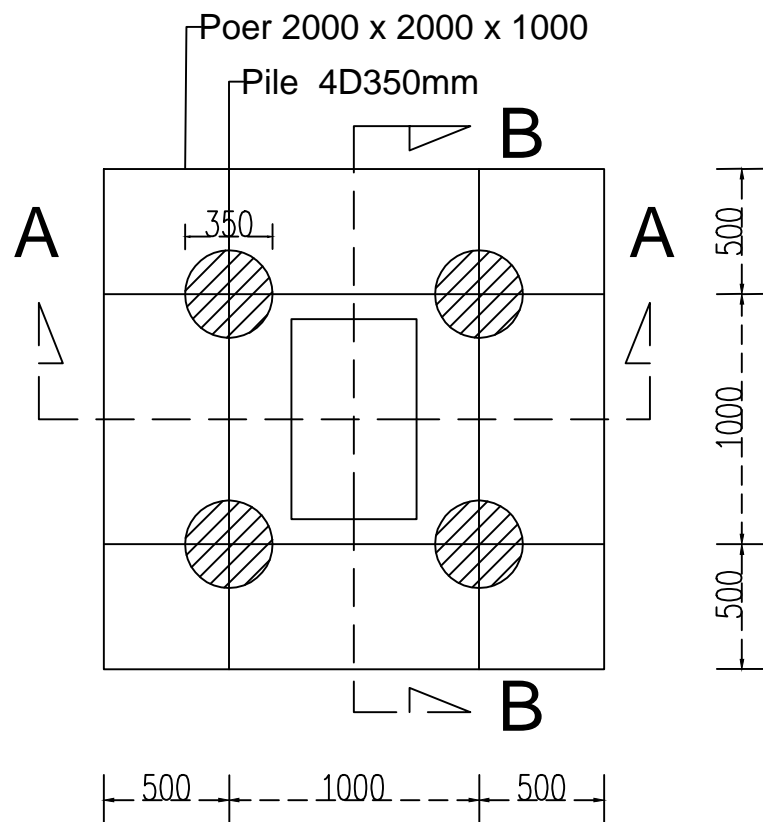
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

34	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

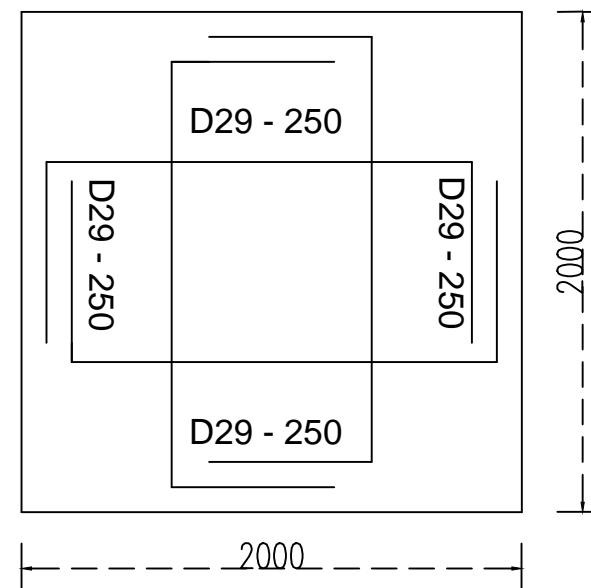
1:30	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



POER (P1)

Skala 1 : 30 (satuan : mm)



PENULANGAN POER (P1)

Skala 1 : 30 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kilm
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Penulangan Poer P1 Blower
Room

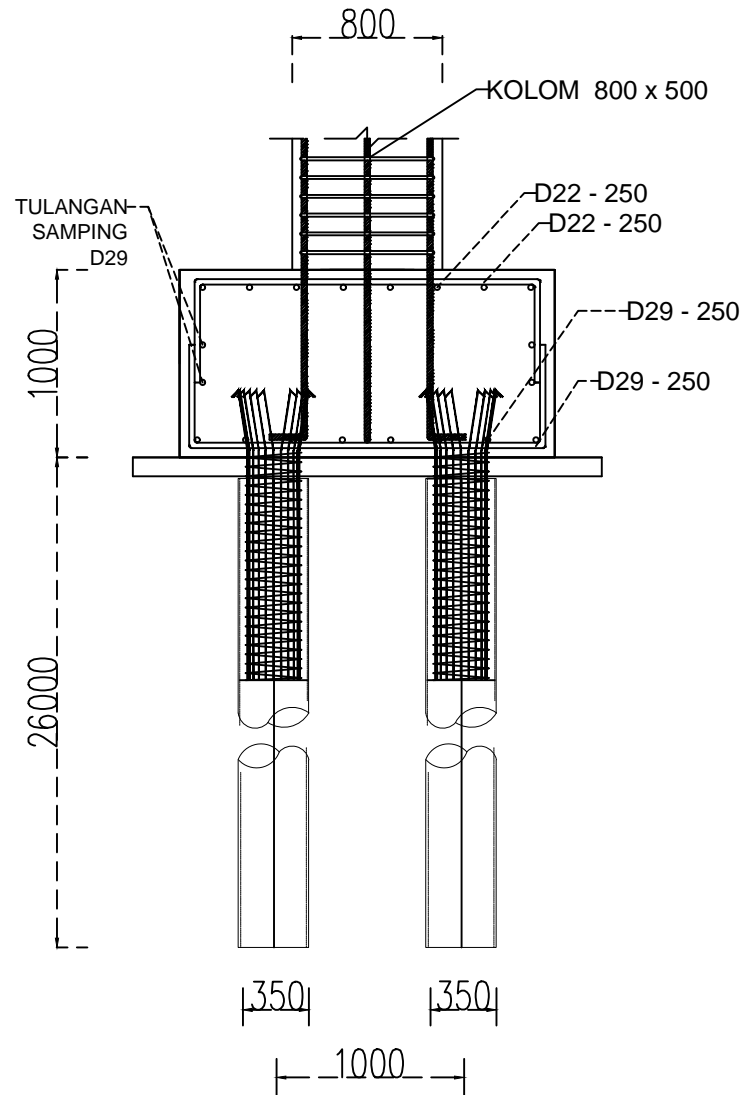
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

35	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

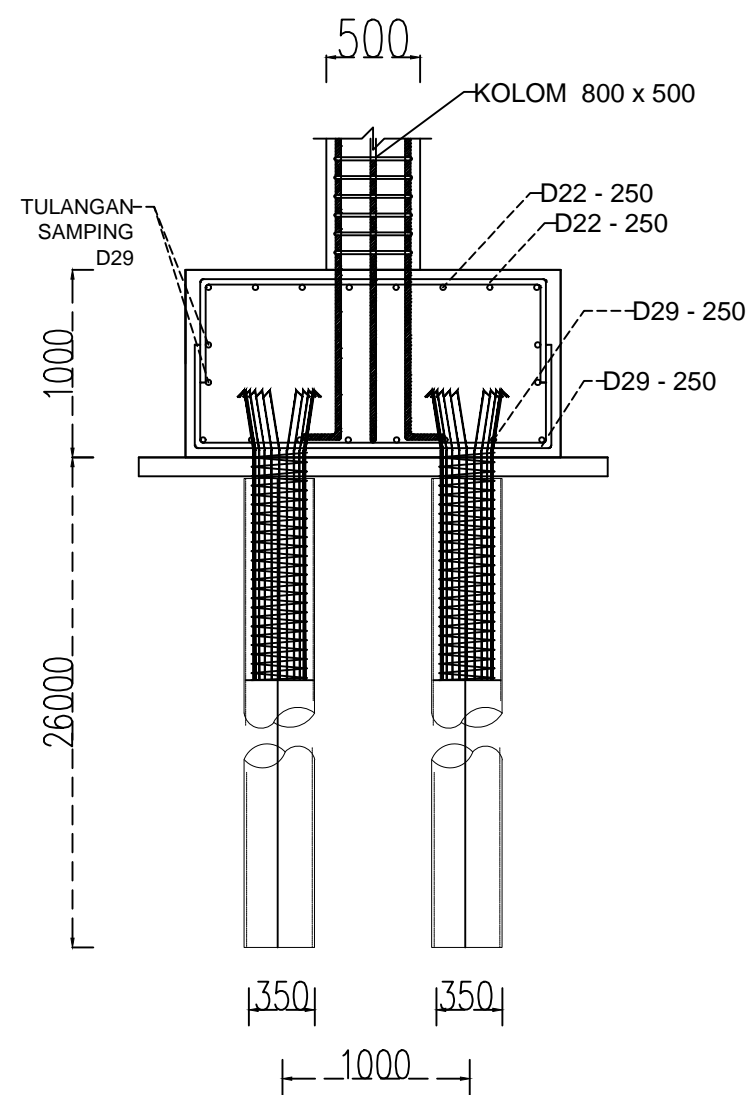
1:40	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



POTONGAN B-B P1

Skala 1 : 40 (satuan : mm)



POTONGAN A-A P1

Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi Mesin di
Blower Room

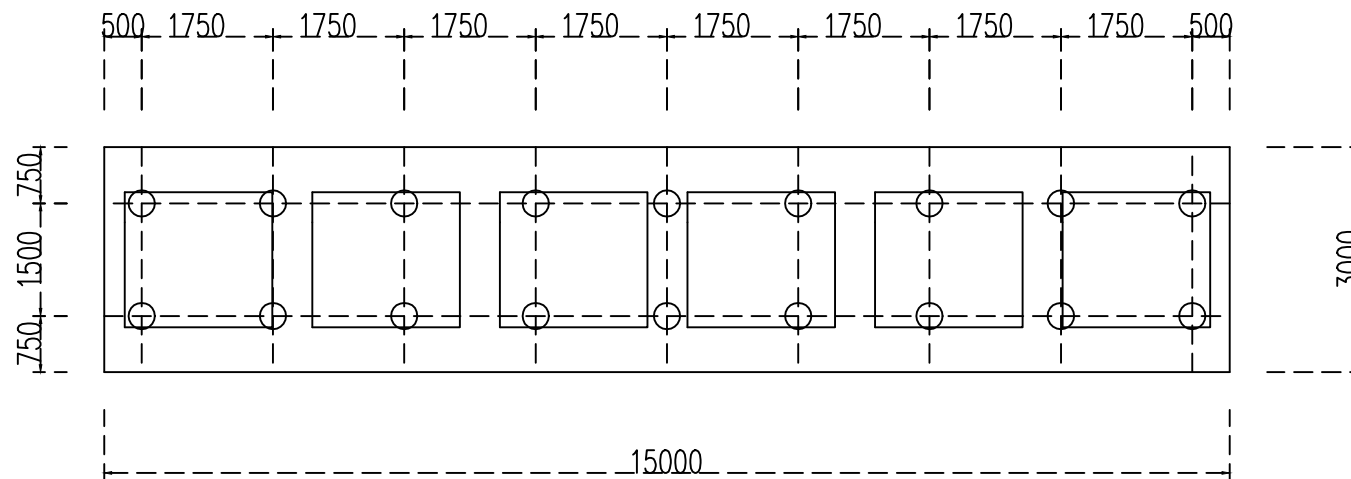
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

36	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:100	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DENAH PONDASI MESIN DI BLOWER ROOM
Skala 1 : 100 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pondasi Mesin di Blower
Room

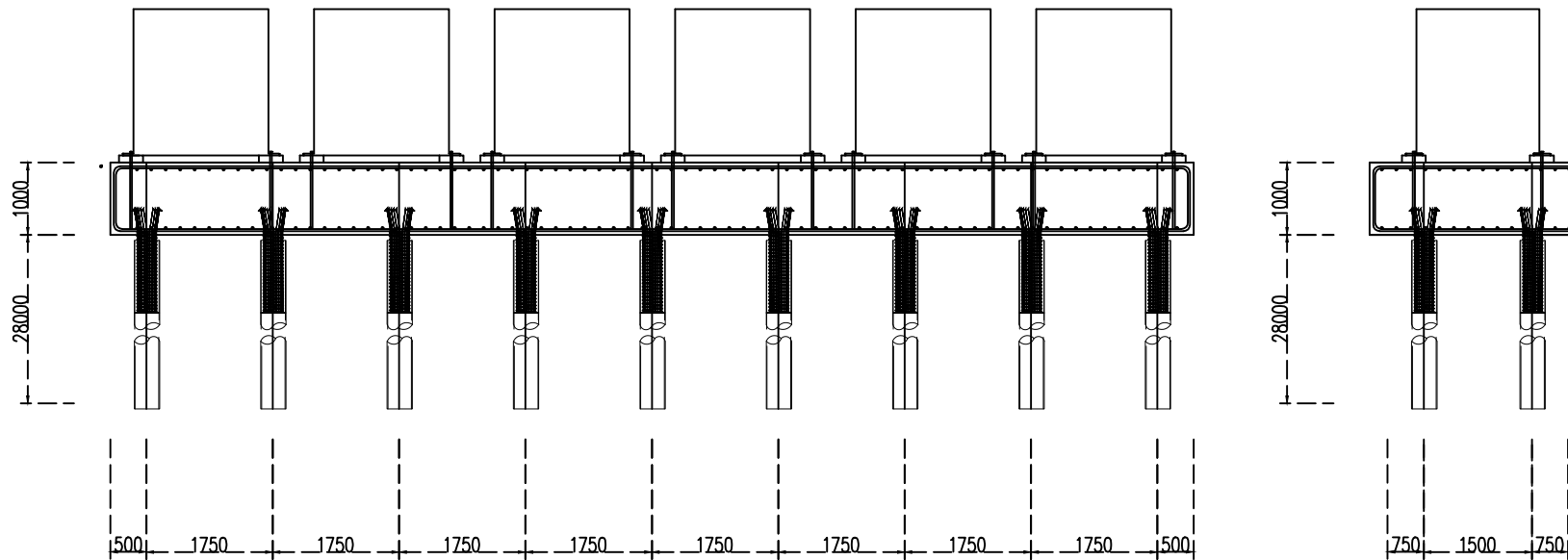
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

37	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:100	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



POTONGAN MELINTANG PONDASI MESIN DI BLOWER ROOM

Skala 1 : 100 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Area Isolasi Aktif di
Blower Room

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

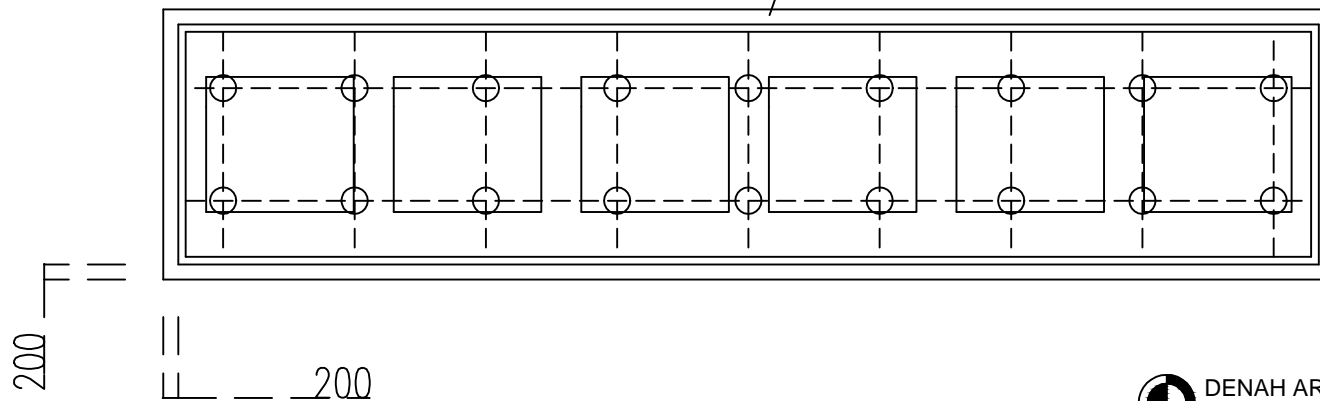
38	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:100	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

AREA ISOLASI AKTIF



DENAH AREA ISOLASI AKTIF
Skala 1 : 100 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Area Isolasi Aktif di
Blower Room

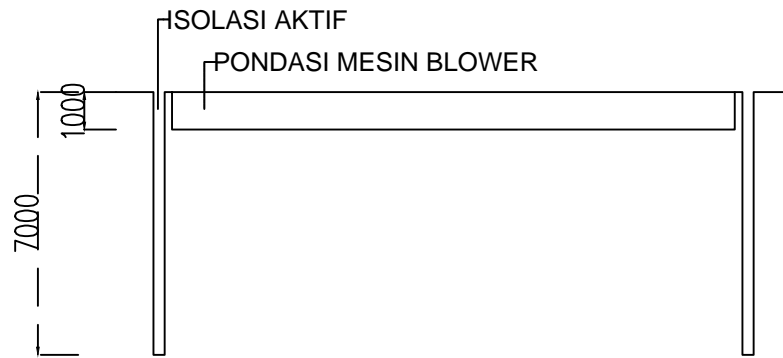
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------


39	70
----	----

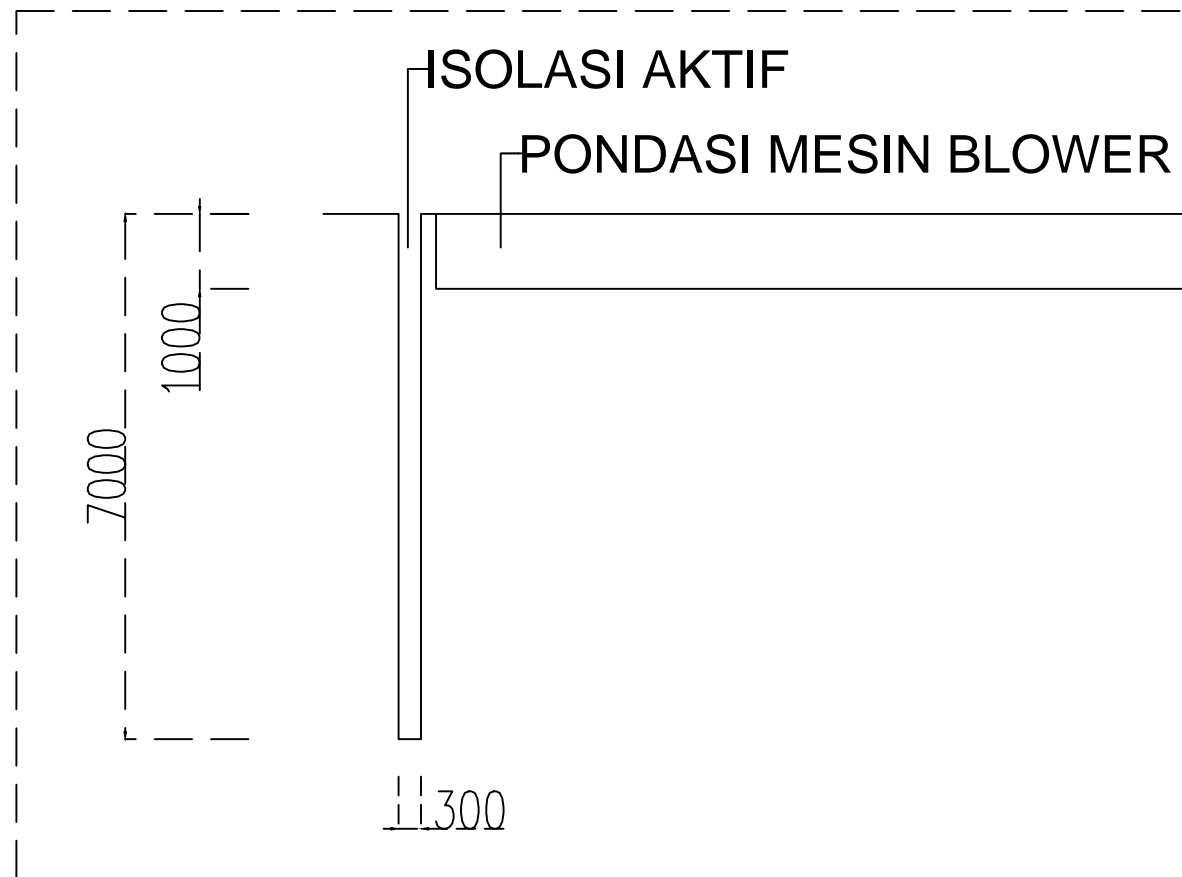
SKALA	CATATAN
-------	---------


1:100	
-------	--

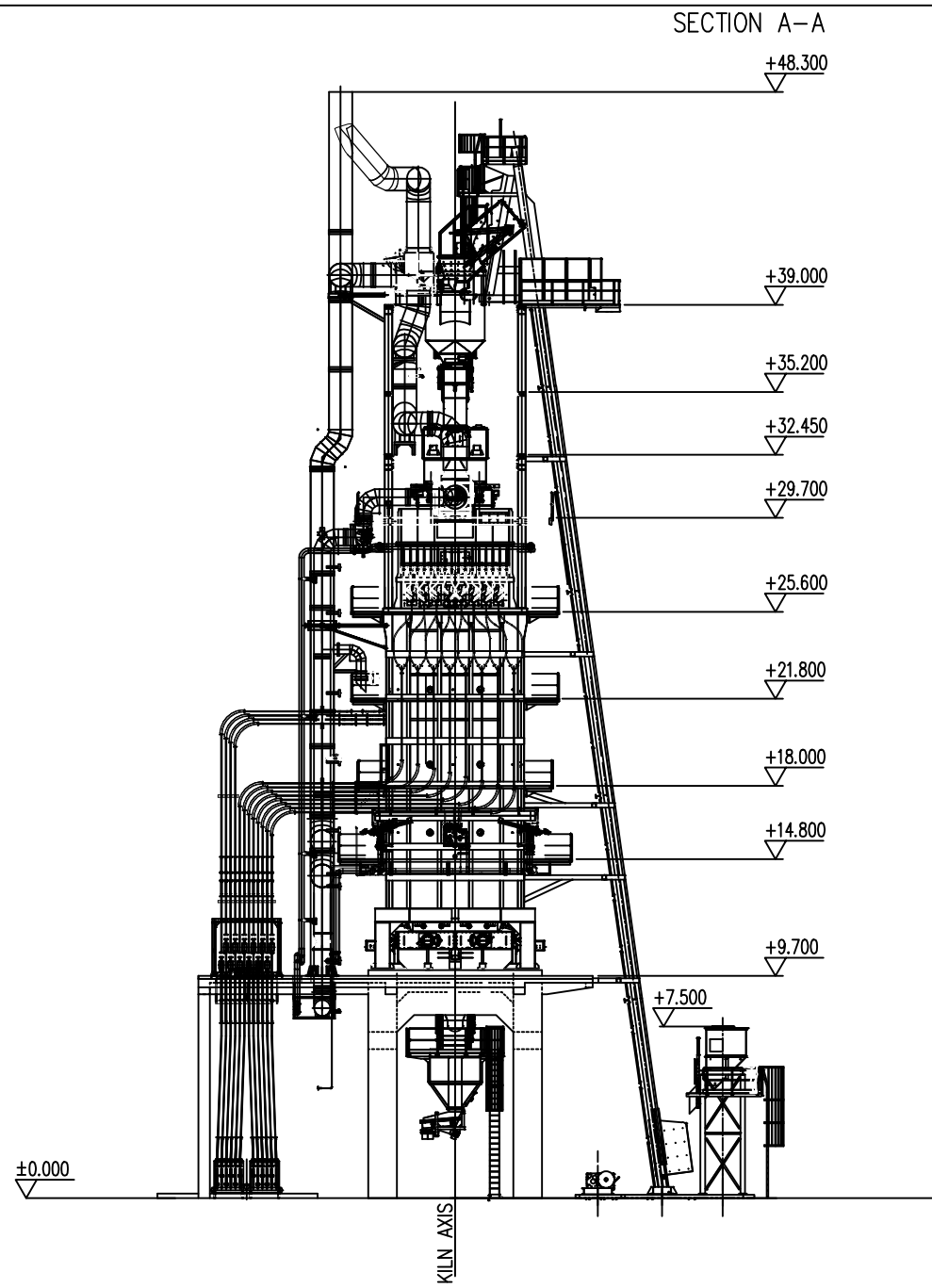
REVISI	TANGGAL
--------	---------



 DENAH PONDASI MESIN KILN
Skala 1 : 200 (satuan : mm)



 DETAIL AREA ISOLASI AKTIF
Skala 1 : 100 (satuan : mm)



GAMBAR MEKANIKAL MESIN PEMBAKARAN
Skala 1 : 100 (satuan : m)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
40	70
SKALA	CATATAN
1:100	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Tampak Samping Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

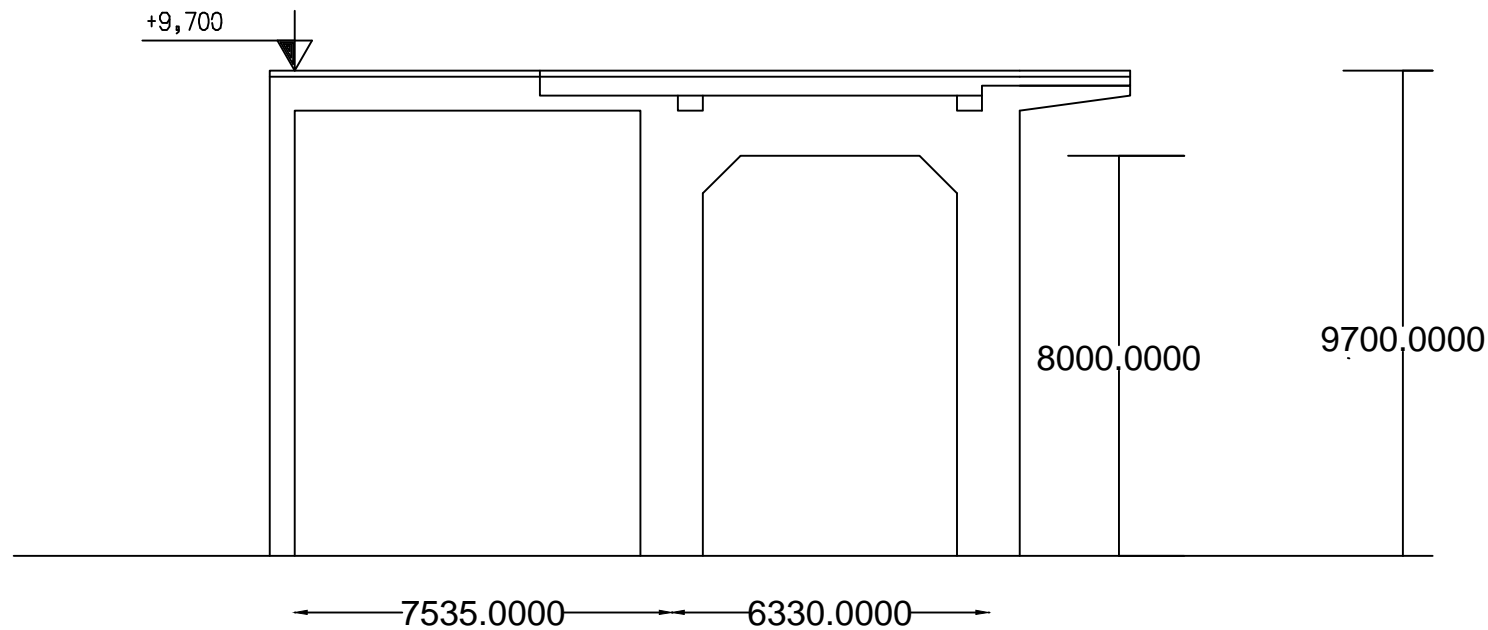
41	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:150	
-------	--

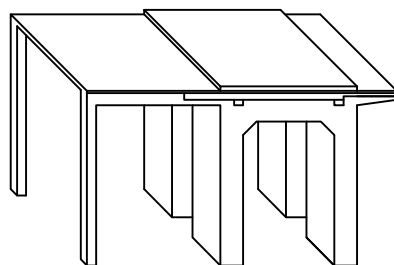
REVISI	TANGGAL
--------	---------

+9,700



TAMPAK SAMPIING BANGUNAN MESIN KILN

Skala 1 : 150 (satuan : mm)



PEMODELAN 3D BANGUNAN MESIN KILN

Skala 1 : 150



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Pembalokan dan Kolom
Mesin Kiln

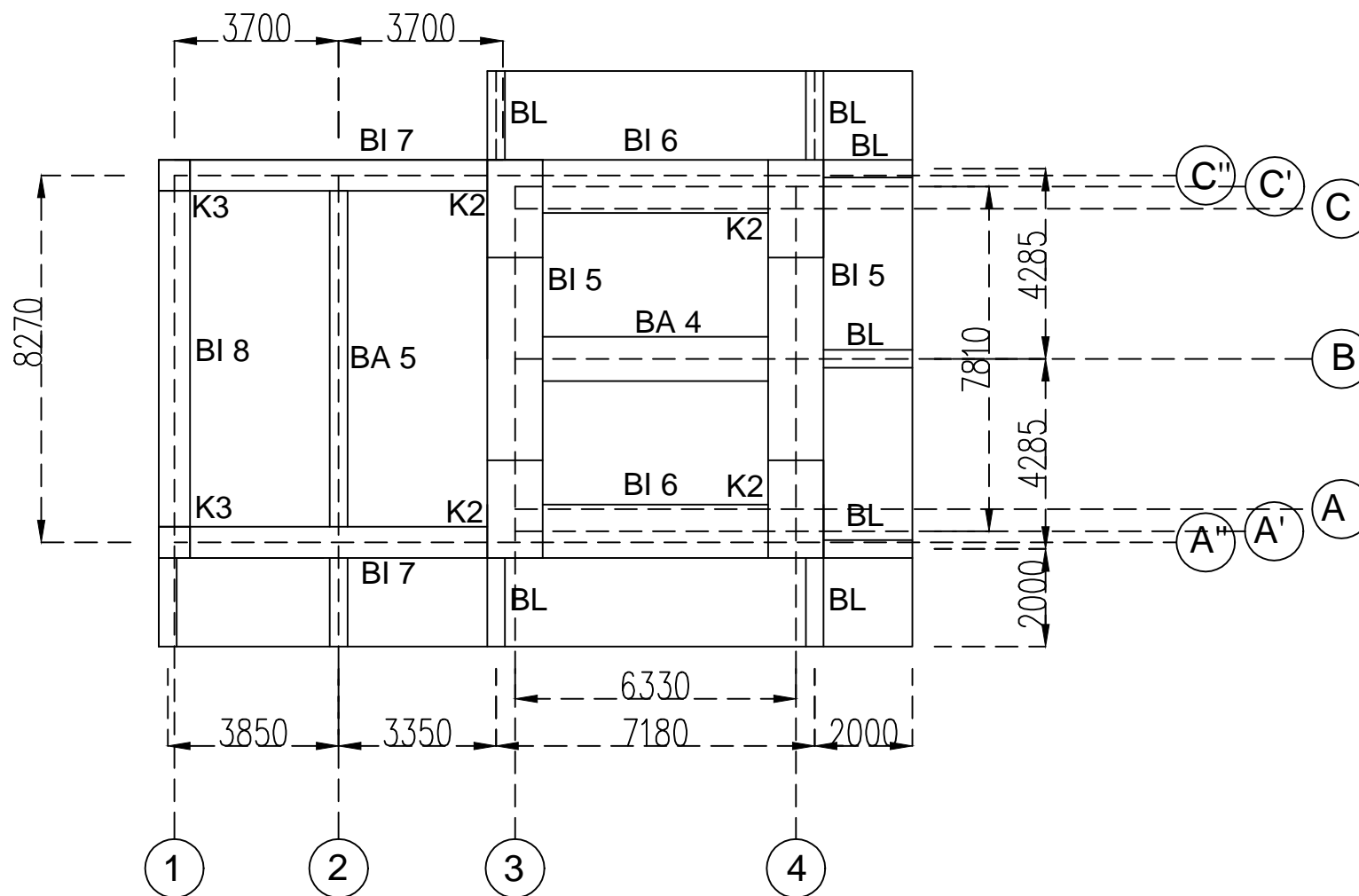
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

42	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

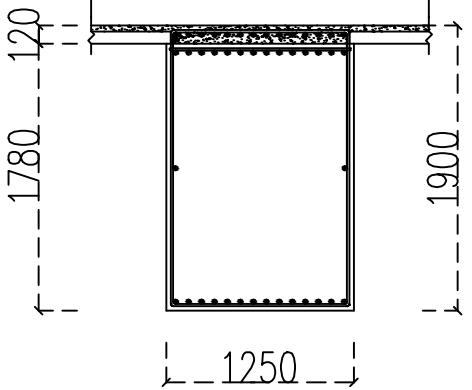
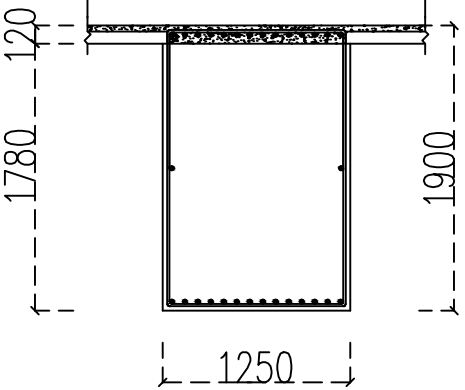
1:150	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DENAH PEMBALOKAN DAN KOLOM
Skala 1 : 150 (satuan : mm)

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK MESIN KILN

KODE	BI.5	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA		
KETERANGAN	Panjang = 780 cm	
PENAMPANG BALOK	1250 mm x 1900 mm	
DEKING	30 mm	
ATAS	14 D29	14 D29
TENGAH	14 D29	-
BAWAH	14 D29	14 D29
BEGEL	D13 - 100	D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK INDUK

Skala 1 : 50 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok
Induk Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

43

70

SKALA

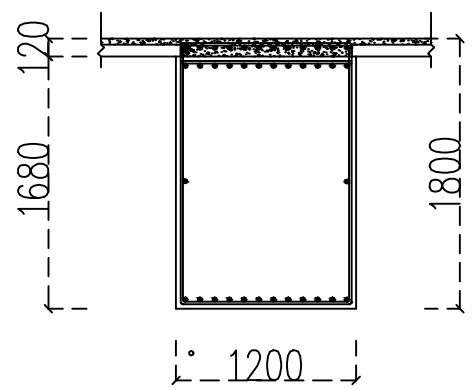
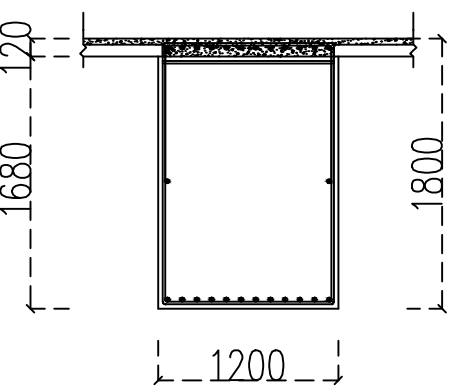
CATATAN

1 : 50

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK MESIN KILN

KODE	BI.6	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA		
KETERANGAN	Panjang = 630 cm	
PENAMPANG BALOK	1200 mm x 1800 mm	
DEKING	30 mm	
ATAS	12 D29	12 D29
TENGAH	12 D29	-
BAWAH	12 D29	12 D29
BEGEL	D13 - 100	D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK INDUK

Skala 1 : 50 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok
Induk Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

44

70

SKALA

CATATAN

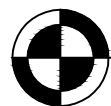
1 : 50

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK MESIN KILN

KODE	BI.7	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA		
KETERANGAN	Panjang = 860 cm	
PENAMPANG BALOK	700 mm x 1000 mm	
DEKING	30 mm	
ATAS	4 D29	4 D29
TENGAH	4 D29	-
BAWAH	4 D29	4 D29
BEGEL	2D13 - 100	2D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK INDUK

Skala 1 : 50 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok
Induk Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

45

70

SKALA

CATATAN

1 : 50

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK MESIN KILN

KODE	BI.8	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA		
KETERANGAN	Panjang = 780 cm	
PENAMPANG BALOK	700 mm x 1000 mm	
DEKING	30 mm	
ATAS	4 D29	4 D29
TENGAH	4 D29	-
BAWAH	4 D29	4 D29
BEGEL	2D13 - 100	2D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK INDUK

Skala 1 : 50 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok
Induk Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

46

70

SKALA

CATATAN

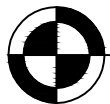
1 : 50

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK ANAK MESIN KILN

KODE	BA.4	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA		
KETERANGAN	Panjang = 630 cm	
PENAMPANG BALOK	1000 mm x 1500 mm	
DEKING	30 mm	
ATAS	9 D29	9 D29
TENGAH	9 D29	-
BAWAH	9 D29	9 D29
BEGEL	2D13 - 100	2D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK ANAK

Skala 1 : 50 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok Anak
Mesin Kiln

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

47

70

SKALA

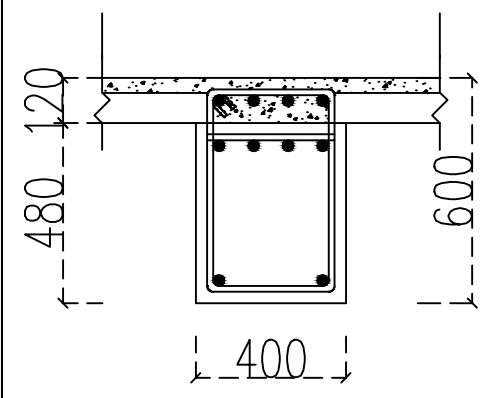
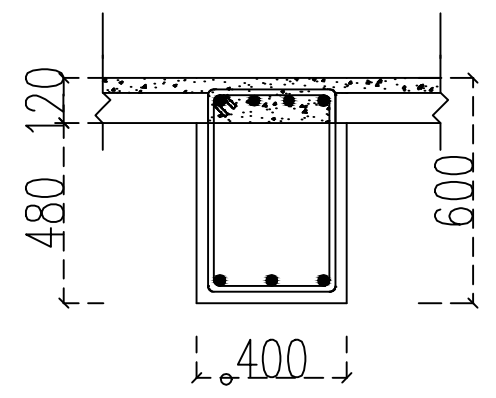
CATATAN

1 : 50

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK ANAK MESIN KILN

KODE	BA.5	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA		
KETERANGAN	Panjang = 780 cm	
PENAMPANG BALOK	400 mm x 600 mm	
DEKING	40 mm	
ATAS	4 D29	2 D29
TENGAH	2 D29	-
BAWAH	2 D29	3 D29
BEGEL	2D13 - 100	2D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK ANAK

Skala 1 : 20 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok Anak
Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

48

70

SKALA

CATATAN

1:20

REVISI

TANGGAL

TABEL PENULANGAN BALOK LEUVEL MESIN KILN

KODE	BALOK LEUVEL	
KONDISI	TULANGAN TUMPUAN	TULANGAN LAPANGAN
SKETSA		
KETERANGAN	Panjang = 200 cm	
PENAMPANG BALOK	400 mm x 600 mm	
DEKING	40 mm	
ATAS	4 D29	2 D29
TENGAH	2 D29	-
BAWAH	2 D29	3 D29
BEGEL	2D13 - 100	2D13 - 200



DETAIL PERENCANAAN BALOK LEUVEL

Skala 1 : 20 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Balok Leuvel
Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
49	70
SKALA	CATATAN
1:20	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18 pada
Halaman 56

JUDUL GAMBAR

Detail Balok BI.5

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

50

70

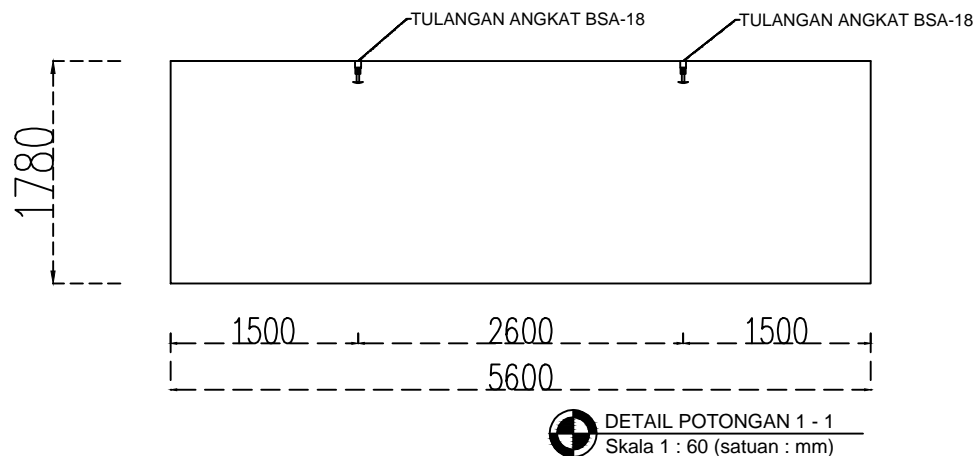
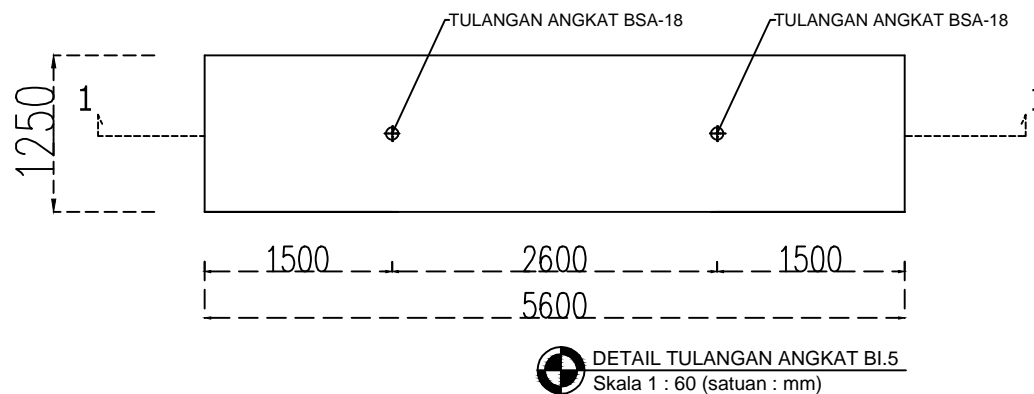
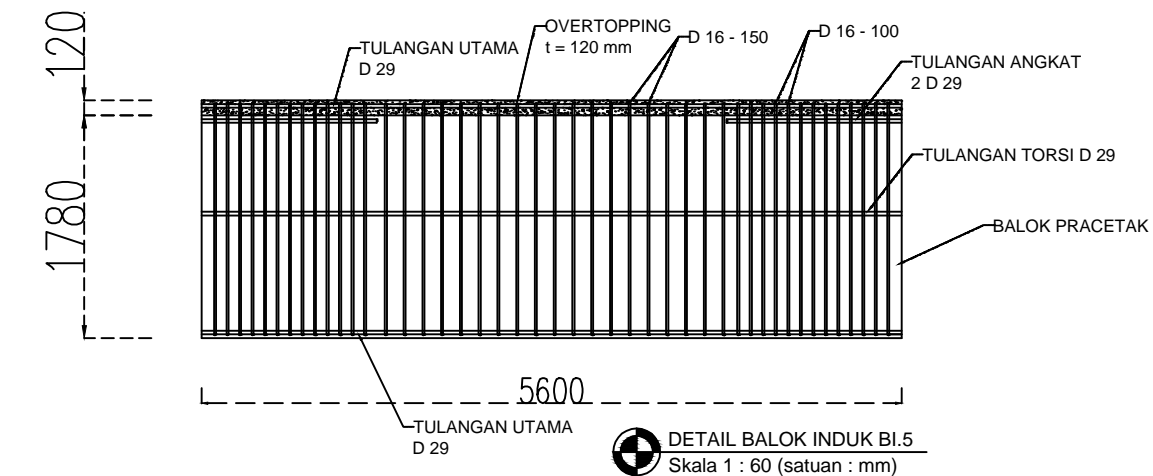
SKALA

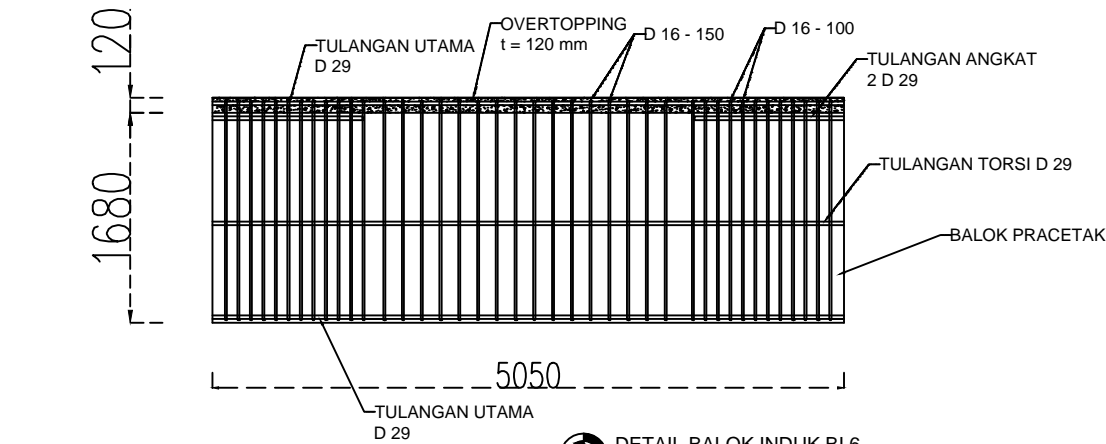
CATATAN

1:60

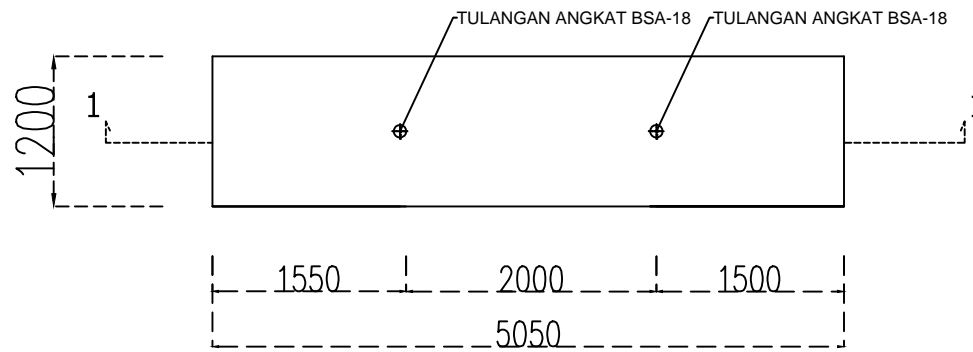
REVISI

TANGGAL

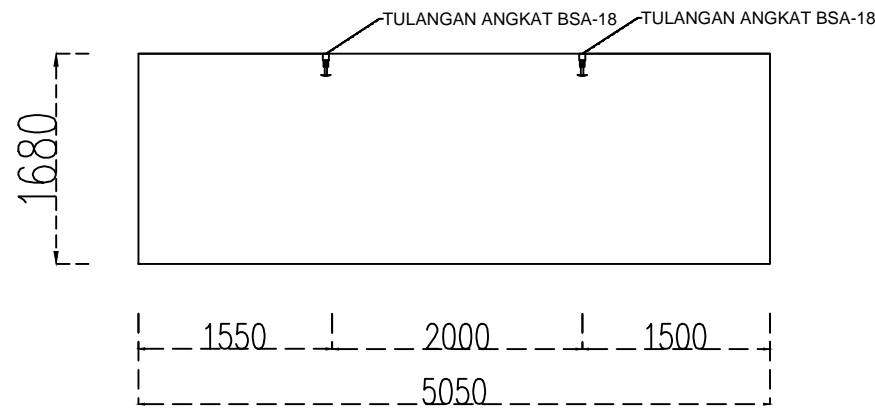




DETAIL BALOK INDUK BI.6
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT BI.6
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



DETAIL POTONGAN 1 - 1
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18 pada
Halaman 56

JUDUL GAMBAR

Detail Balok BI.6

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

51	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:60	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18 pada
Halaman 56

JUDUL GAMBAR

Detail Balok BI.7

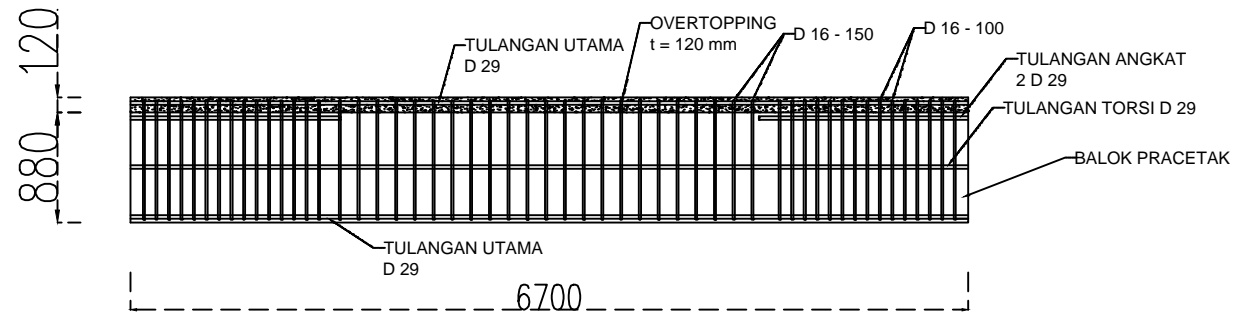
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

52	70
----	----

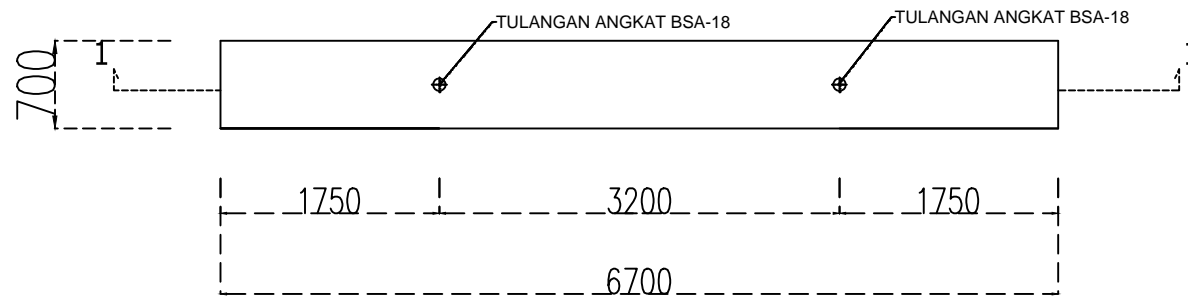
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:60	
------	--

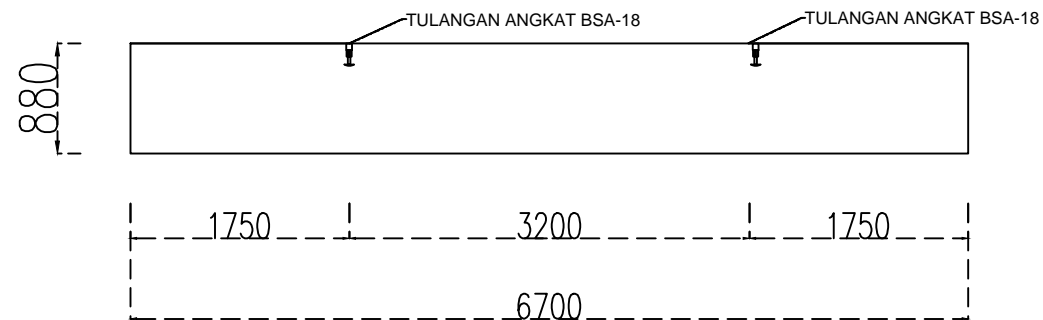
REVISI	TANGGAL
--------	---------



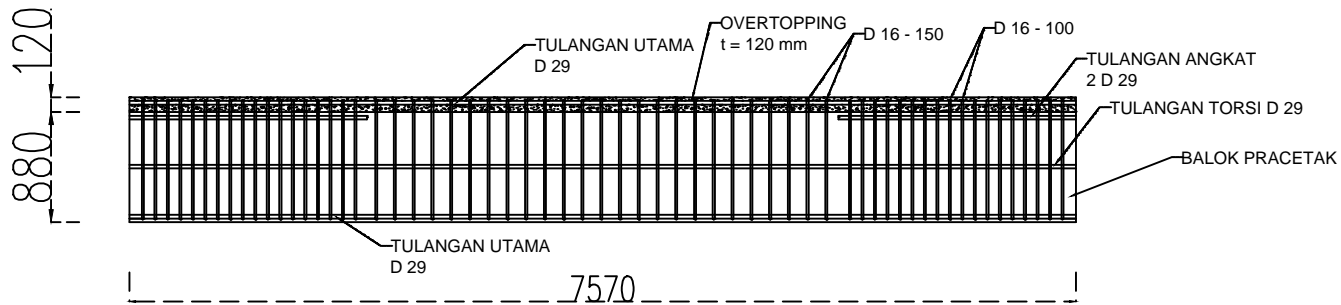
DETAIL BALOK INDUK BI.7
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



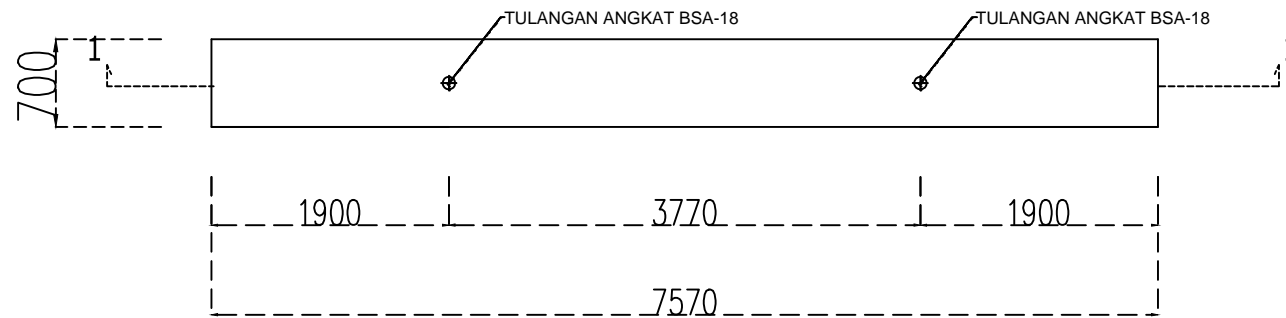
DETAIL TULANGAN ANGKAT BI.7
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



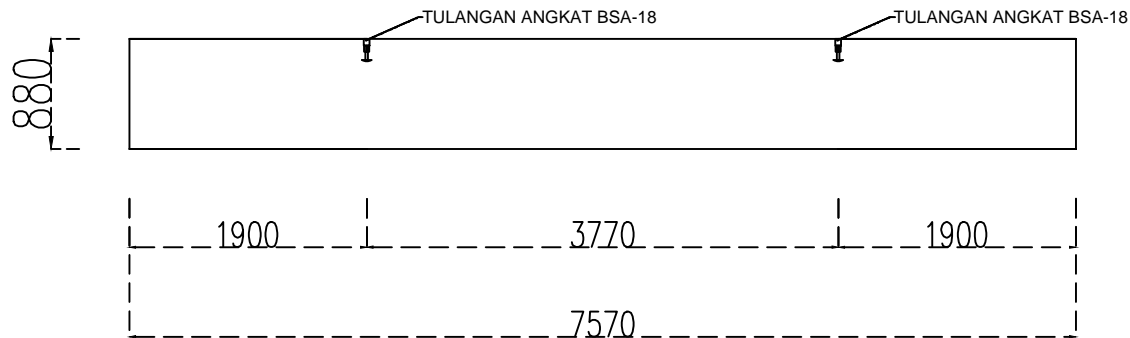
DETAIL POTONGAN 1 - 1
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



DETAIL BALOK INDUK BI.8
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT BI.8
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



DETAIL POTONGAN 1 - 1
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18 pada
Halaman 56

JUDUL GAMBAR

Detail balok BI.8

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

53	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:60	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18 pada
Halaman 56

JUDUL GAMBAR

Detail Balok BA.4

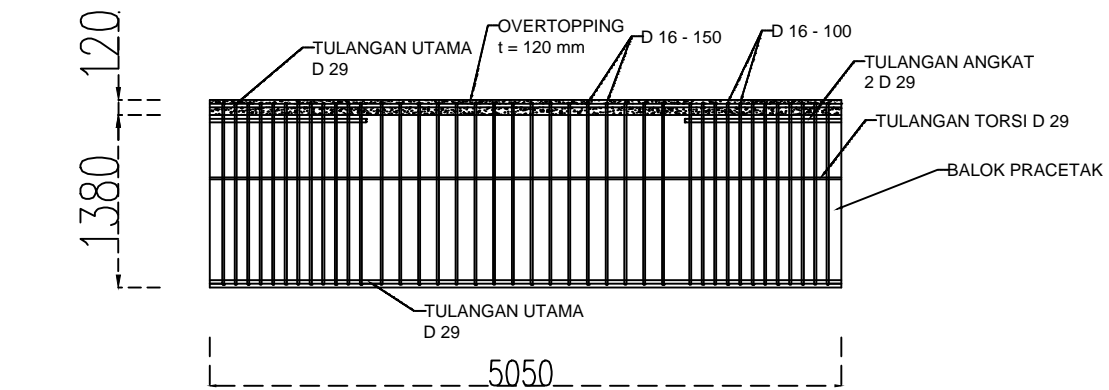
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

54	70
----	----

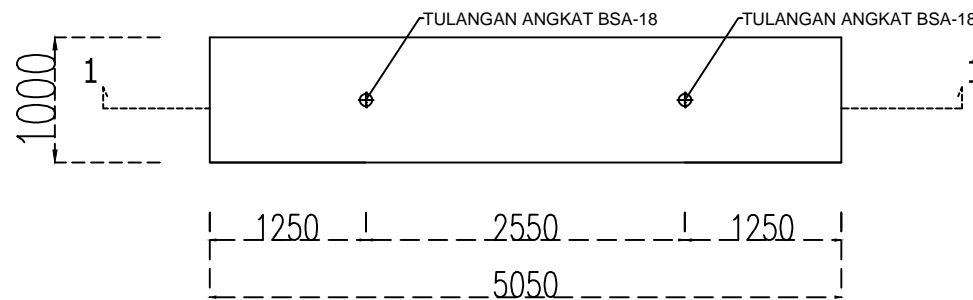
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:60	
------	--

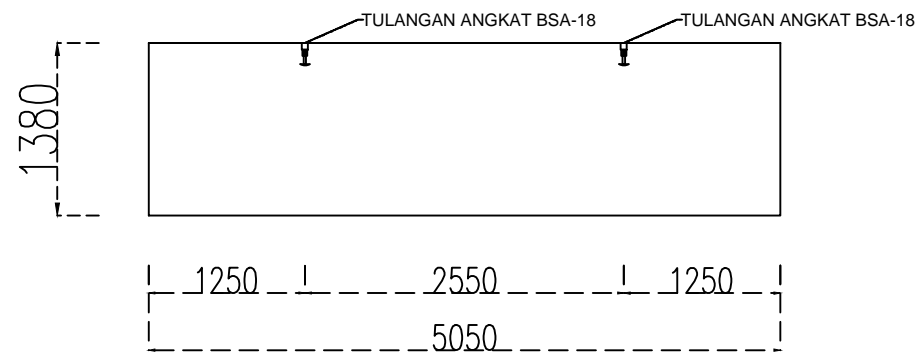
REVISI	TANGGAL
--------	---------



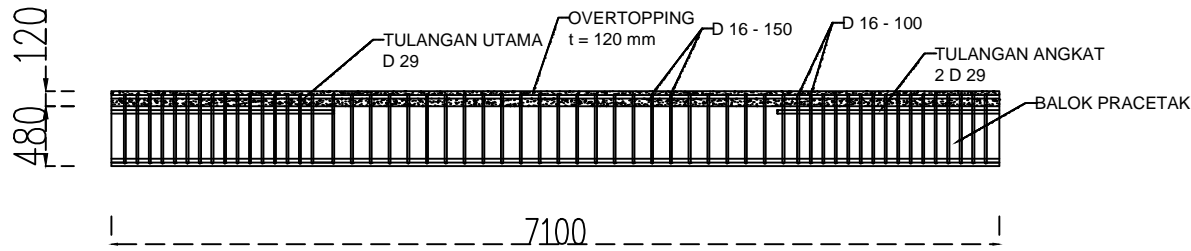
DETAIL BALOK ANAK BA.4
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



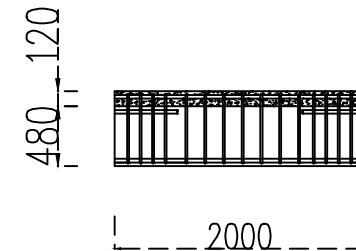
DETAIL TULANGAN ANGGAT BA.4
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



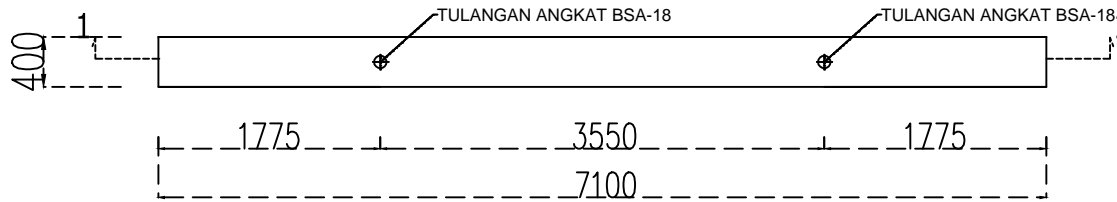
DETAIL POTONGAN 1 - 1
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



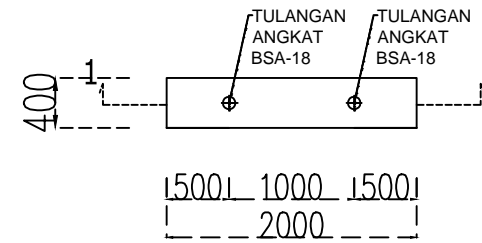
DETAIL BALOK ANAK BA.5
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



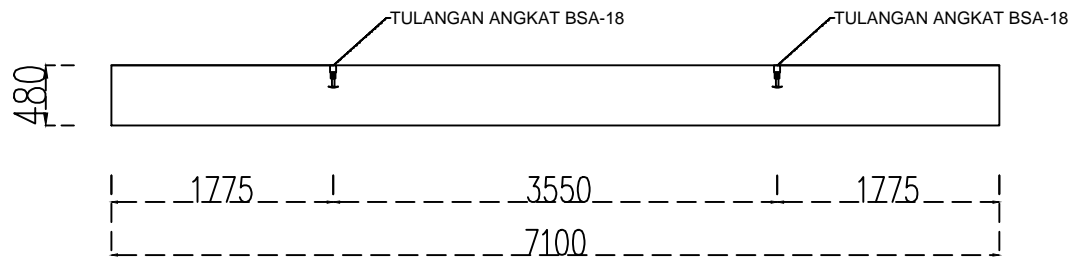
DETAIL BALOK LEUVEL
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



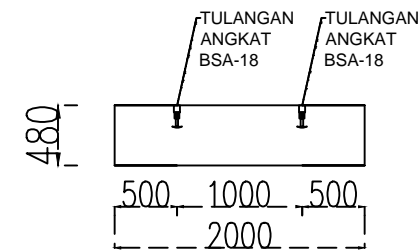
DETAIL TULANGAN ANGKAT BA.5
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT BALOK LEUVEL
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



DETAIL POTONGAN 1 - 1
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



DETAIL POTONGAN 1 - 1
Skala 1 : 60 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Tulangan Angkat BSA-18 pada
Halaman 56

JUDUL GAMBAR

Detail Balok BA.5 dan Balok
Leuvel

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

55	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:60	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Tulangan Angkat
BSA-18

NO. GAMBAR JML. GAMBAR

56

70

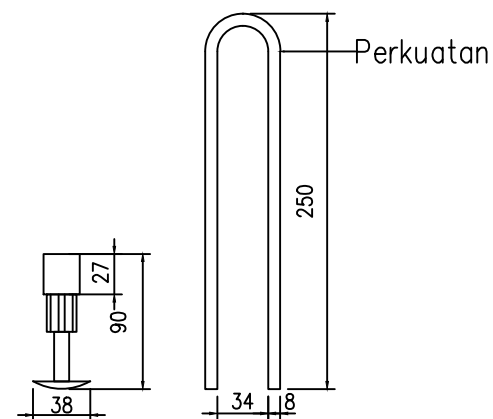
SKALA

CATATAN

1:50

REVISI

TANGGAL




 DETAIL TULANGAN ANGKAT BSA-18
Skala 1 : 100 (satuan : mm)

Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØDI [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Kolom
Mesin Kiln

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

57

70

SKALA

CATATAN

1:30

REVISI

TANGGAL

KODE	K1(MESIN KILN)	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA PENAMPANG		
PENAMPANG KOLOM	700 mm x 700 mm	700 mm x 700 mm
TULANGAN	8 D29	8 D29
BEGEL	D16 - 100	D16 - 150



DETAIL PERENCANAAN KOLOM

Skala 1 : 30 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Kolom
Mesin Kiln

NO. GAMBAR

58

JML. GAMBAR

70

SKALA

1:30

CATATAN

REVISI

TANGGAL

KODE	K2 (MESIN KILN)	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA PENAMPANG		
PENAMPANG KOLOM	1250 mm x 2200 mm	1250 mm x 2200 mm
TULANGAN	96 D36	96 D36
BEGEL	D16 - 100	D16 - 150

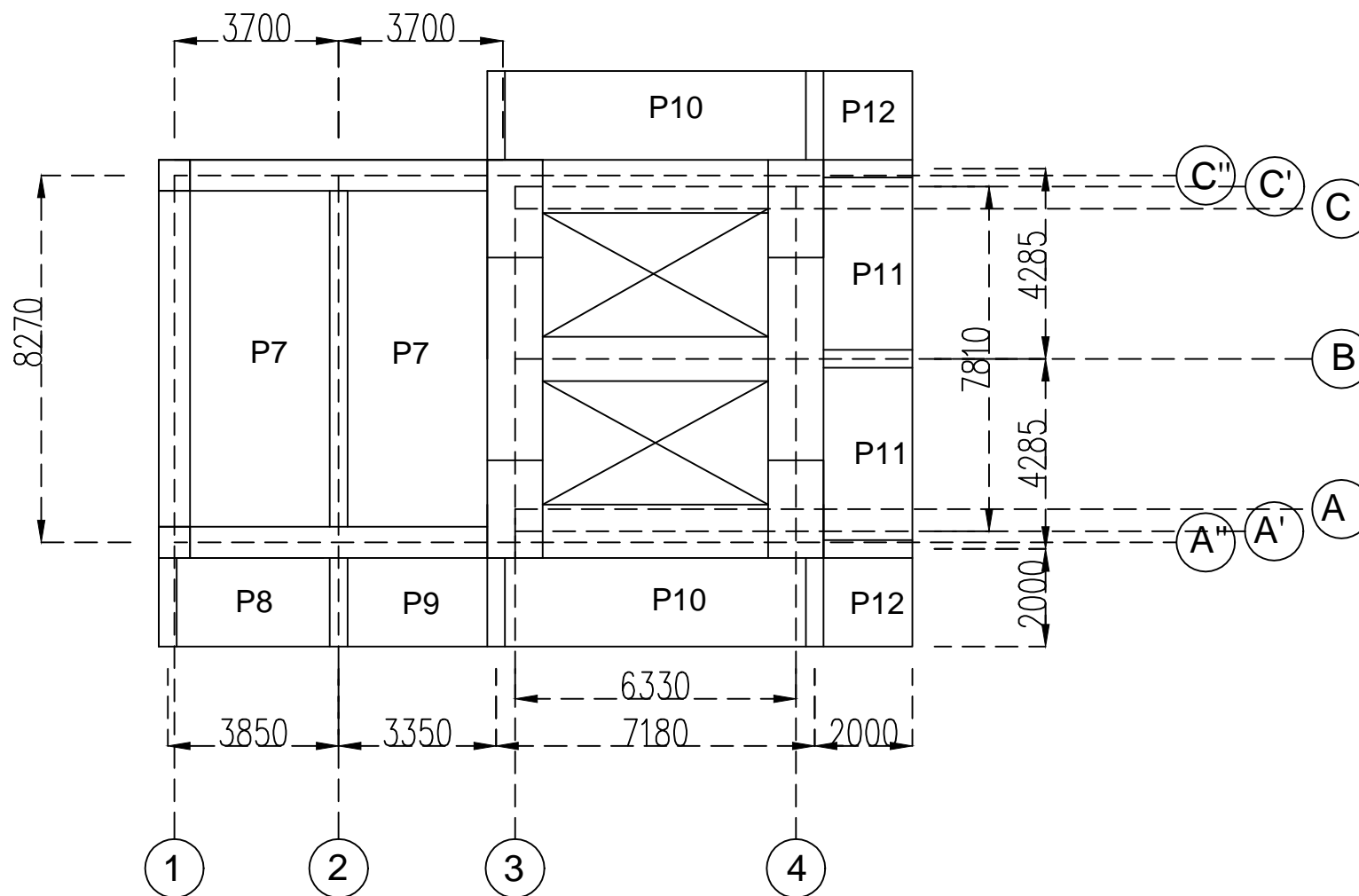


DETAIL PERENCANAAN KOLOM

Skala 1 : 30 (satuan : mm)



P12 : In Situ



DENAH PELAT

Skala 1 : 150 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat P7

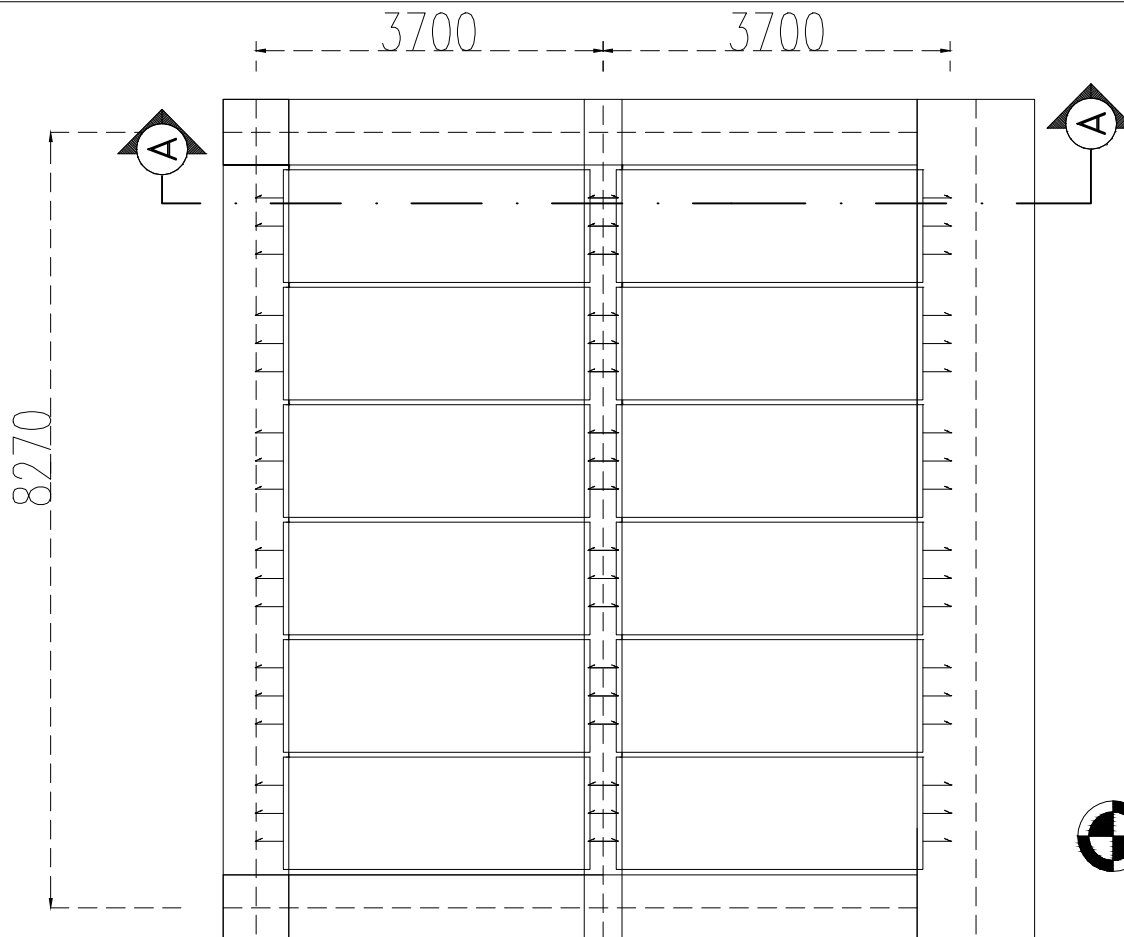
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

60	70
----	----

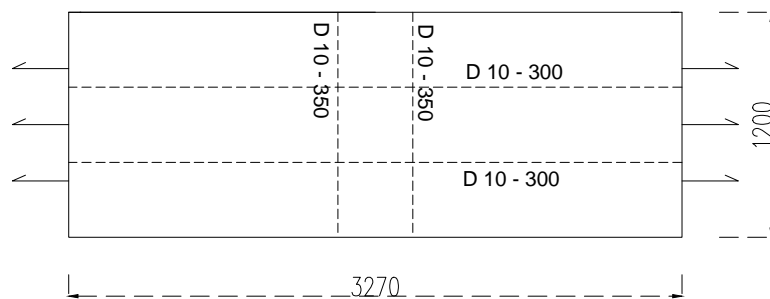
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:40	
------	--

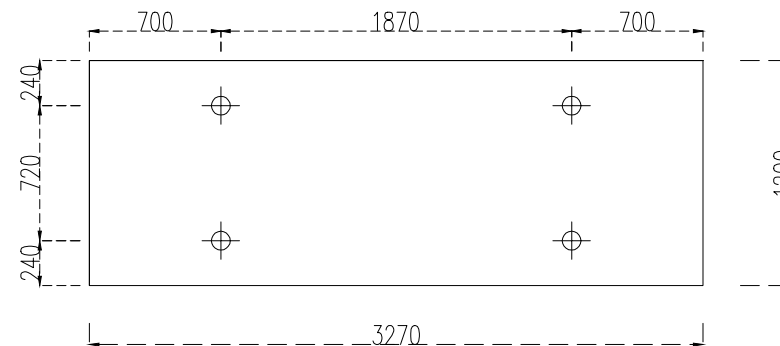
REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL PELAT P7
Skala 1 : 80 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN P7 (PARSIAL)
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT P7
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Pelat P8 dan P9

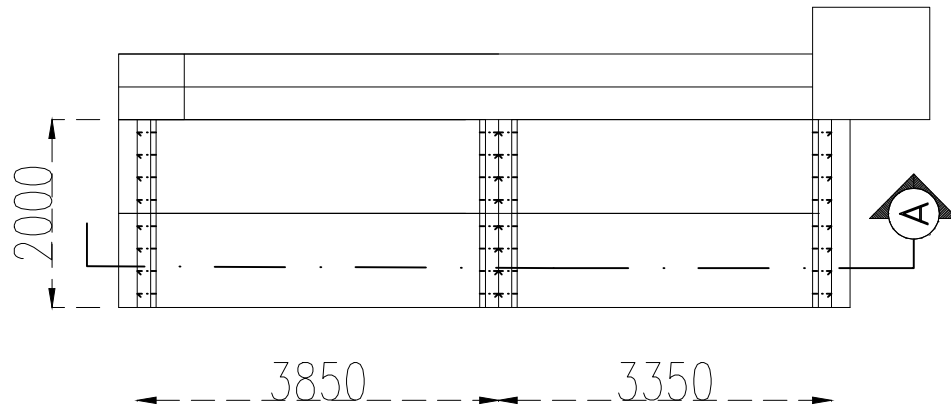
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

61	70
----	----

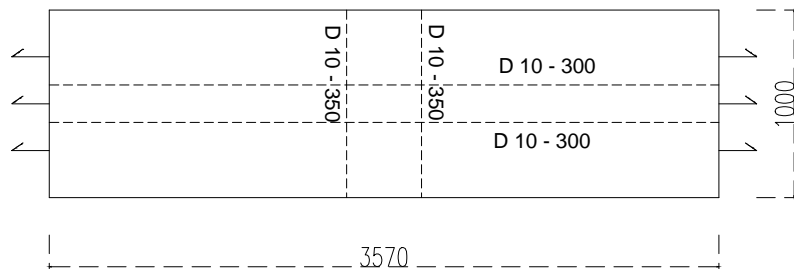
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:40	
------	--

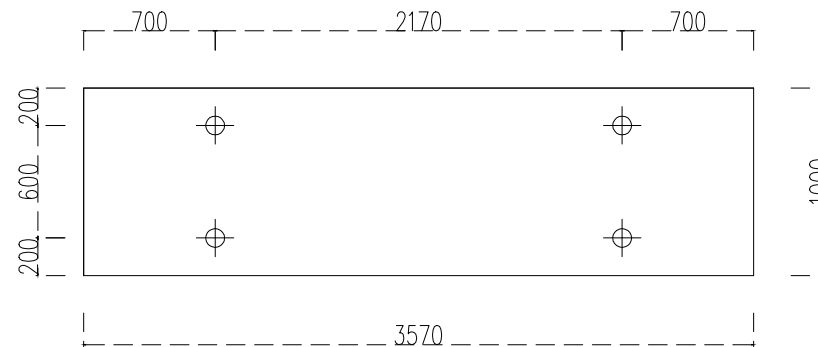
REVISI	TANGGAL
--------	---------



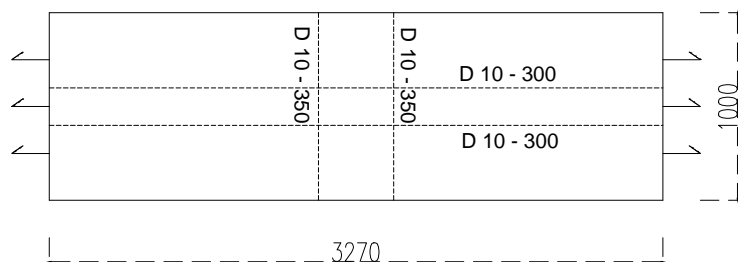
DETAIL PELAT P8 DAN P9
Skala 1 : 80 (satuan : mm)



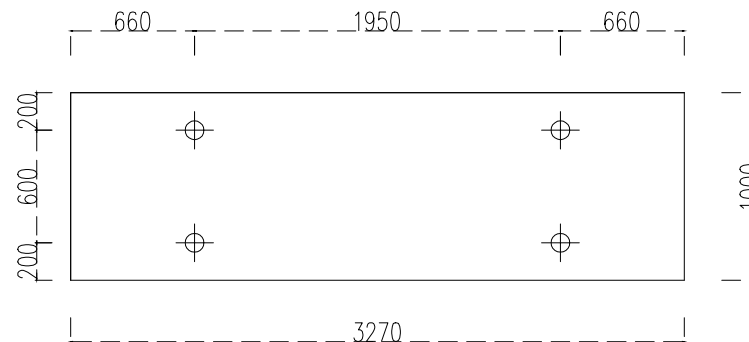
DETAIL TULANGAN P8 (PARSIAL)
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT P8
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN P9 (PARSIAL)
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT P9
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Pelat P10

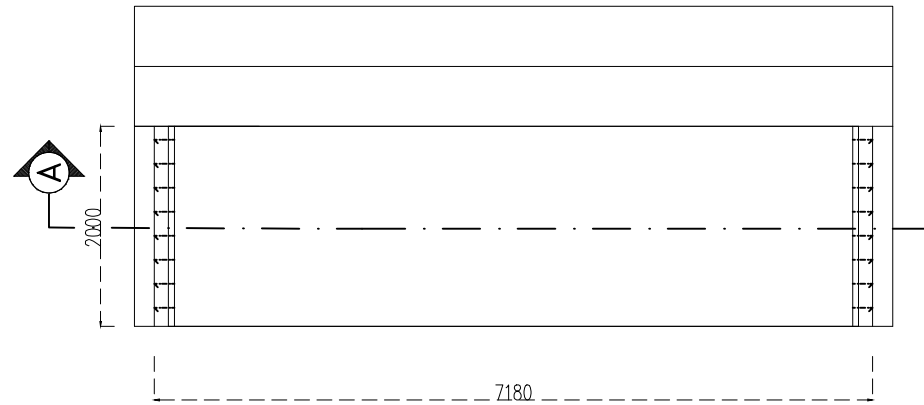
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

62	70
----	----

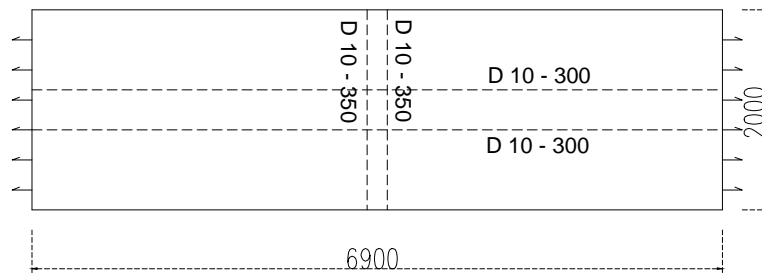
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:75	
------	--

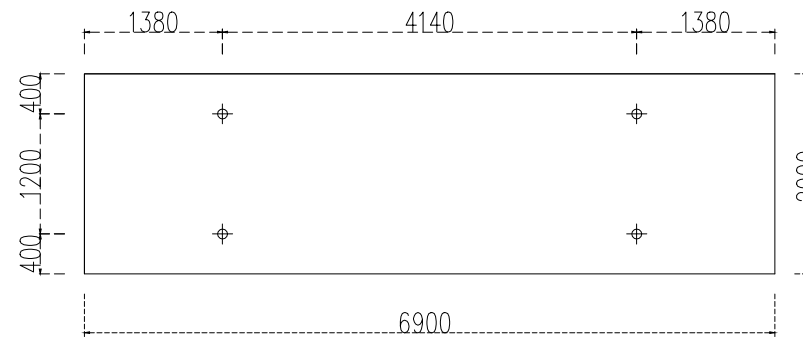
REVISI	TANGGAL
--------	---------



DETAIL PELAT P10
Skala 1 : 75 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN P10 (PARSIAL)
Skala 1 : 75 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ANGKAT P10
Skala 1 : 75 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Pelat P11

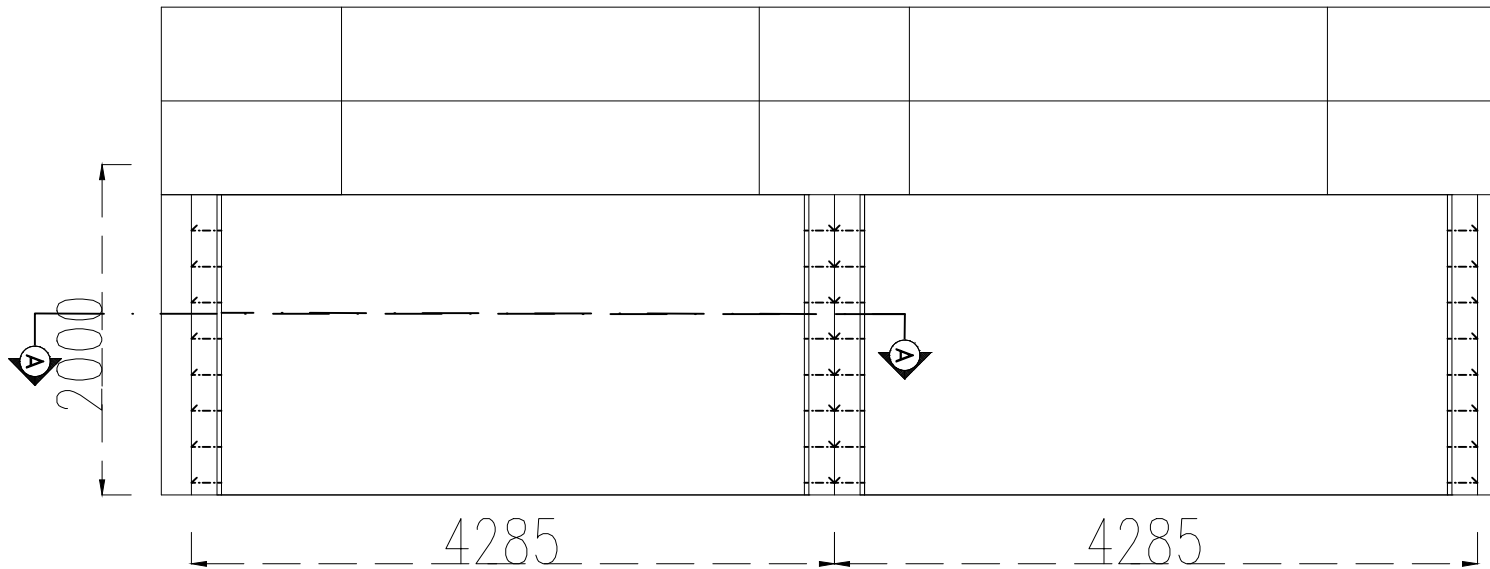
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------


63	70
----	----

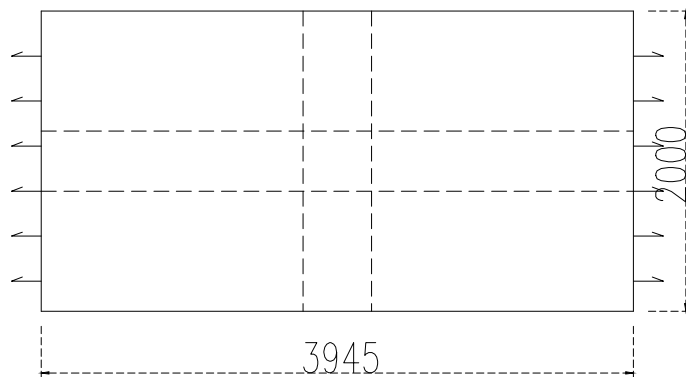
SKALA	CATATAN
-------	---------


1:50	
------	--

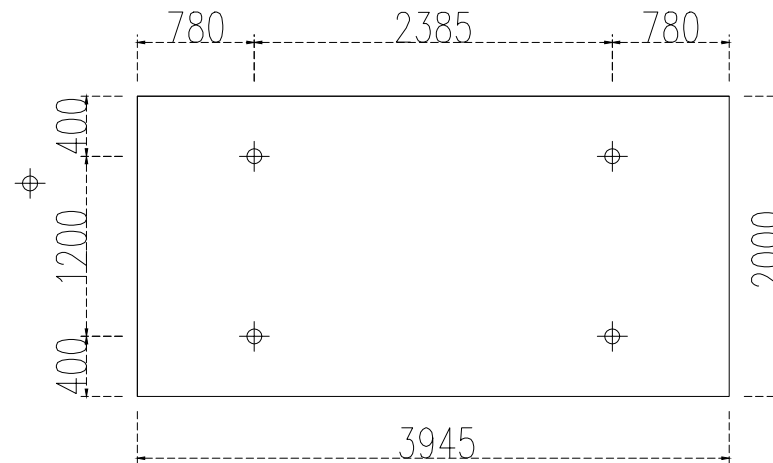
REVISI	TANGGAL
--------	---------




 **DETAIL PELAT P11**
Skala 1 : 50 (satuan : mm)



 **DETAIL TULANGAN P11 (PARSIAL)**
Skala 1 : 50 (satuan : mm)



 **DETAIL TULANGAN ANGKAT P11**
Skala 1 : 50 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Potongan A - A

NO. GAMBAR

64

JML. GAMBAR

70

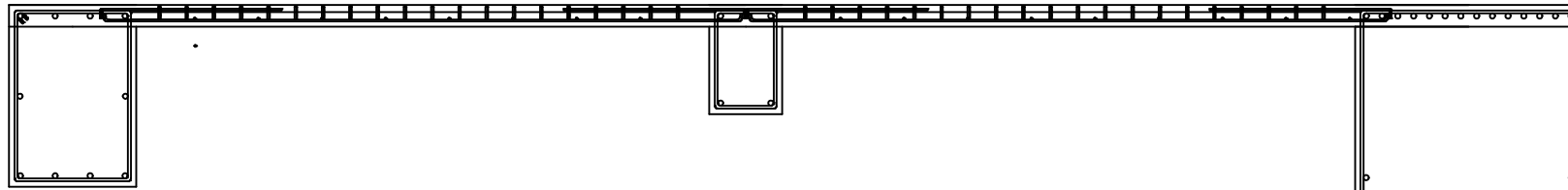
SKALA


1:50

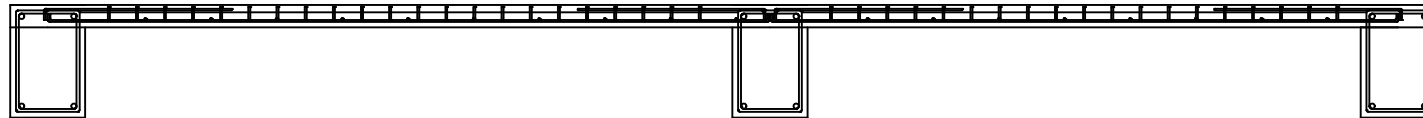
CATATAN


REVISI

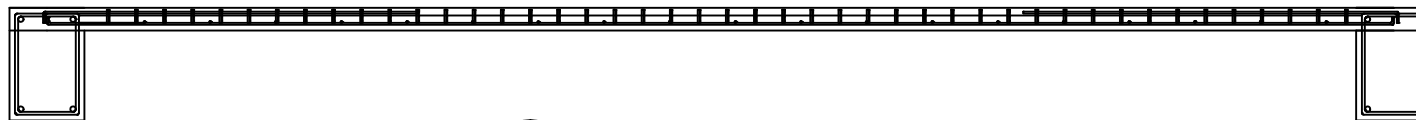
TANGGAL




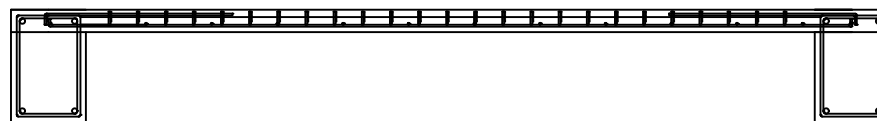
 **POTONGAN A - A PELAT P7**
Skala 1 : 40 (satuan : mm)




 **POTONGAN A - A PELAT P8 DAN P9**
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



 **POTONGAN A - A PELAT P10**
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



 **POTONGAN A - A PELAT P11**
Skala 1 : 40 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Sambungan
Kolom K2 - Balok Induk Mesin
Kiln

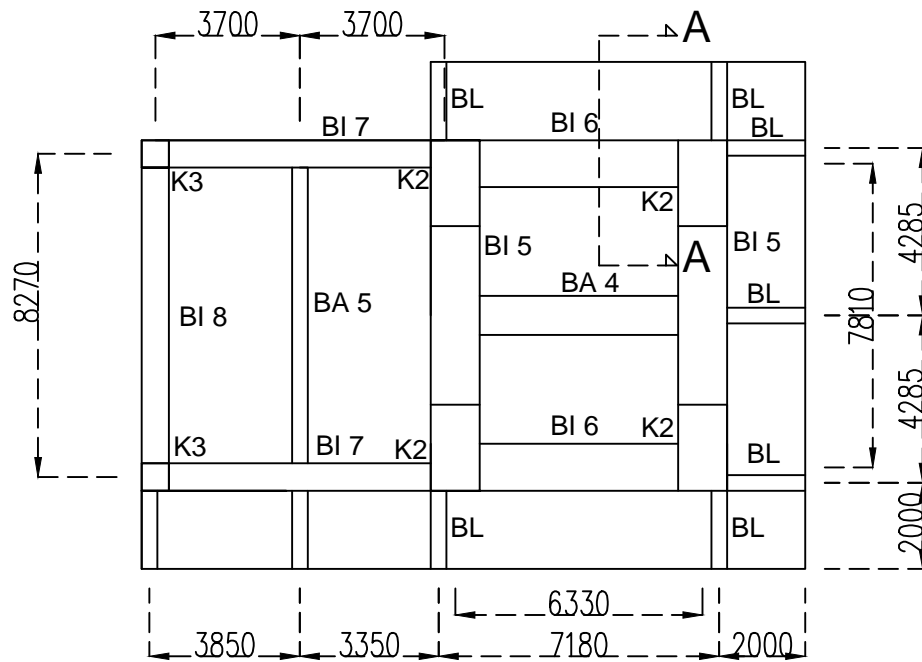
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

65	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

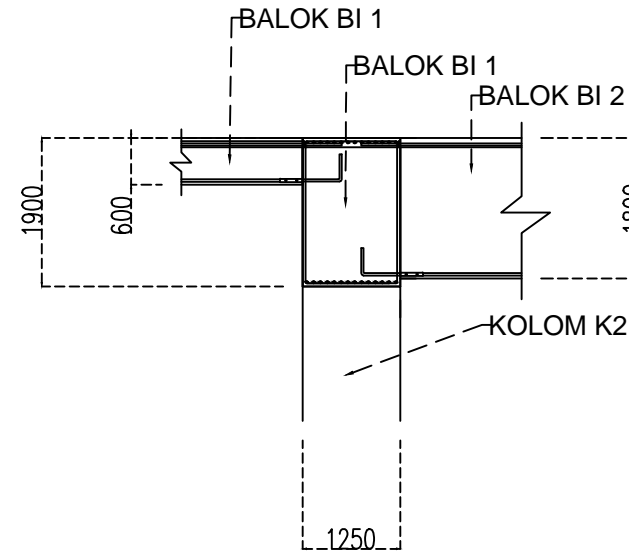
1:200	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



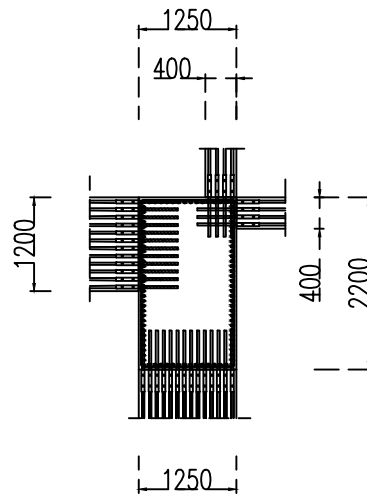
KEYPLAN MESIN KILN

Skala 1 : 200 (satuan : mm)



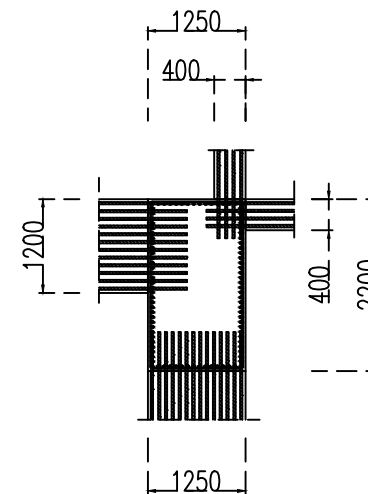
POTONGAN A-A

Skala 1 : 100 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN BAWAH SAMBUNGAN DI K2

Skala 1 : 100 (satuan : mm)



DETAIL TULANGAN ATAS SAMBUNGAN DI K2

Skala 1 : 100 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Detail Perencanaan Sambungan
Kolom K2 - Balok Induk Mesin
Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

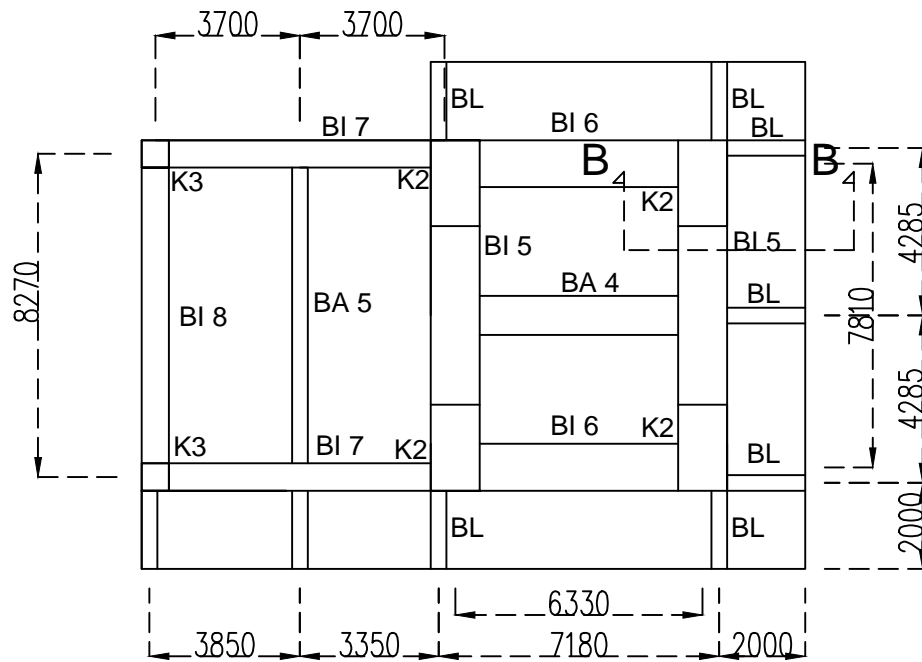
66	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:200	
-------	--

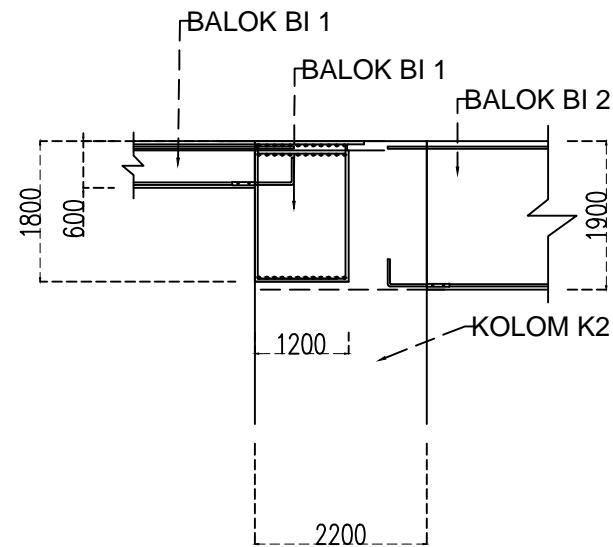
REVISI	TANGGAL
--------	---------

--	--



KEYPLAN MESIN KILN

Skala 1 : 200 (satuan : mm)



POTONGAN B-B

Skala 1 : 100 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

Anchor Bolt tidak
diperhitungkan karena
termasuk elemen fabrikasi dari
konsultan mesin kiln

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi

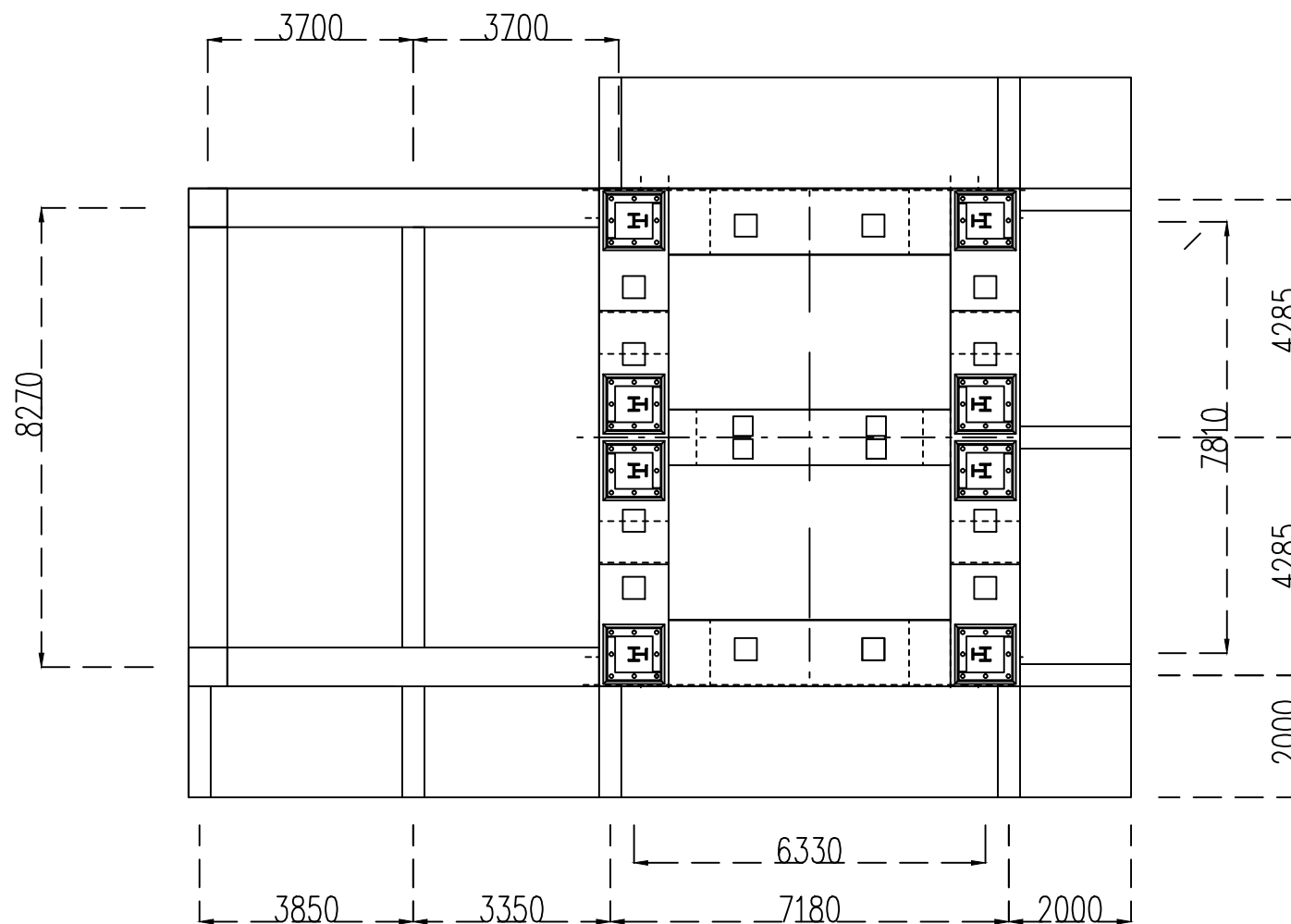
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

67	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:125	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DENAH ANCHOR BOLT UNTUK MESIN TUNGKU PEMBAKARAN
Skala 1 : 125 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi Mesin Kiln

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

68	70
----	----

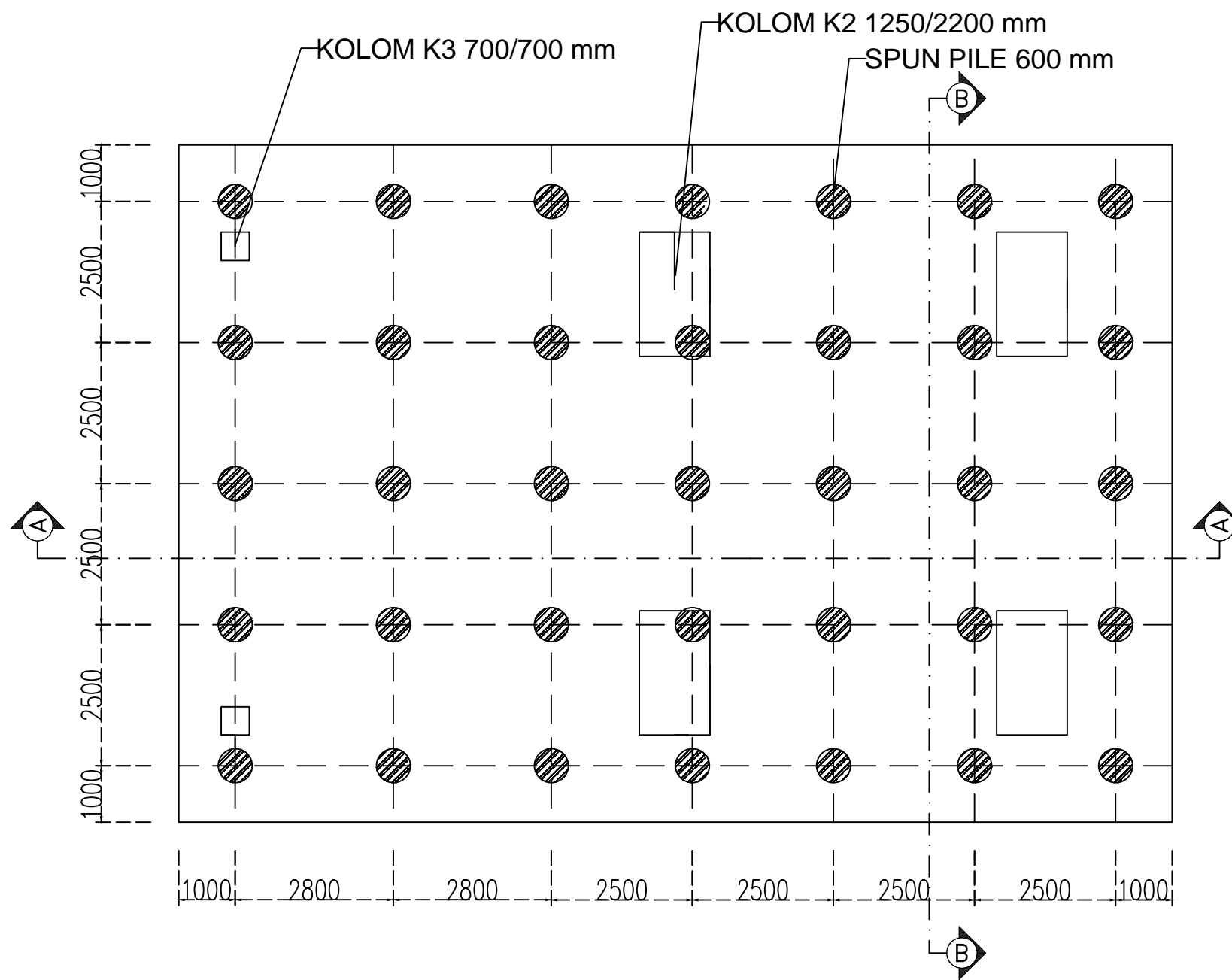
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:100	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



DENAH PONDASI MESIN KILN
Skala 1 : 100 (satuan : mm)





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni, ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang Pondasi
Mesin Kiln

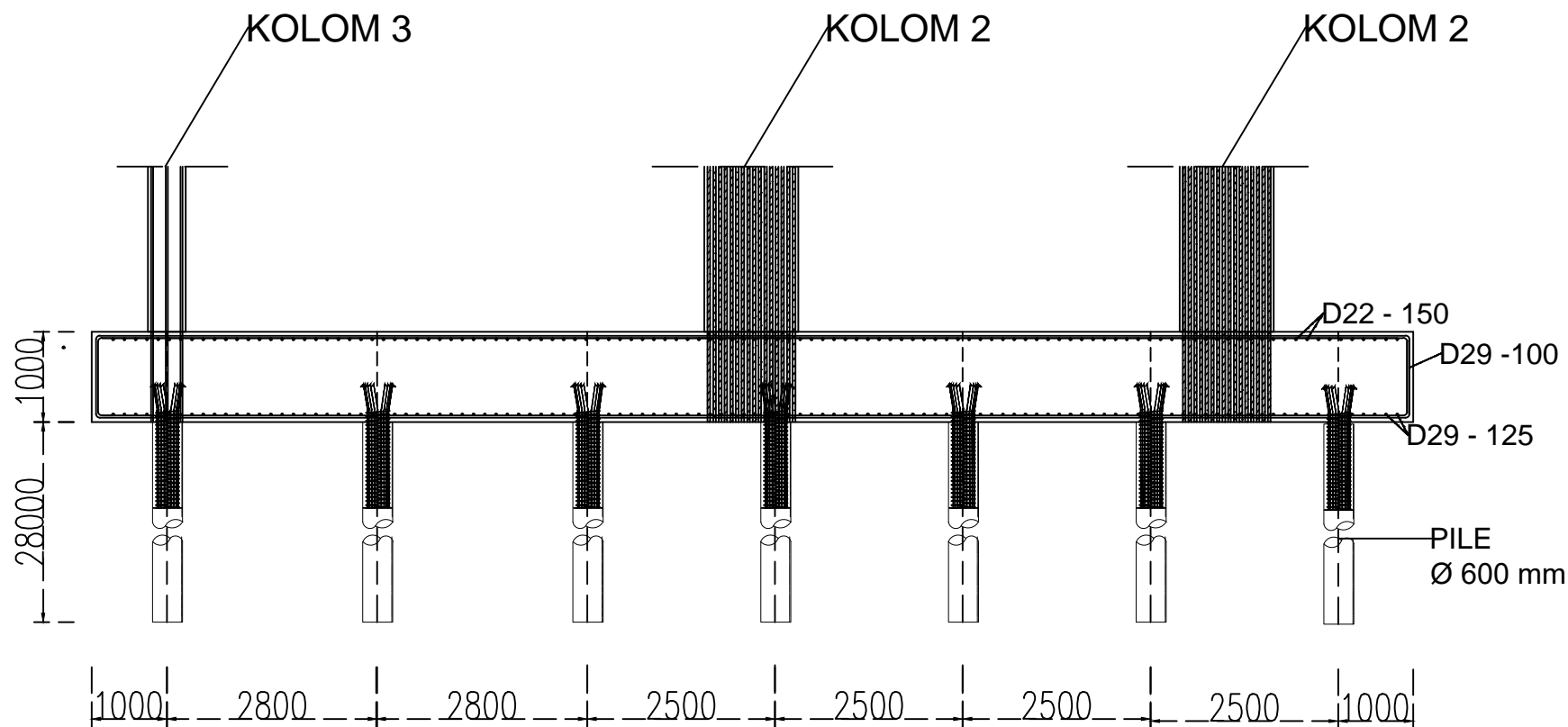
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

69	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:75	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



POTONGAN A-A
Skala 1 : 75 (satuan : mm)



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Bangunan Mesin Kiln
Menggunakan Metode Pracetak

MAHASISWA

Jody Inggil Pambudi
3 1 13 100 004

DOSEN PEMBIMBING I

Endah Wahyuni., ST., M.Sc.,
PhD.

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Ananta Sigit Sidharta.,
M.Sc., PhD.

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang Pondasi
Mesin Kiln

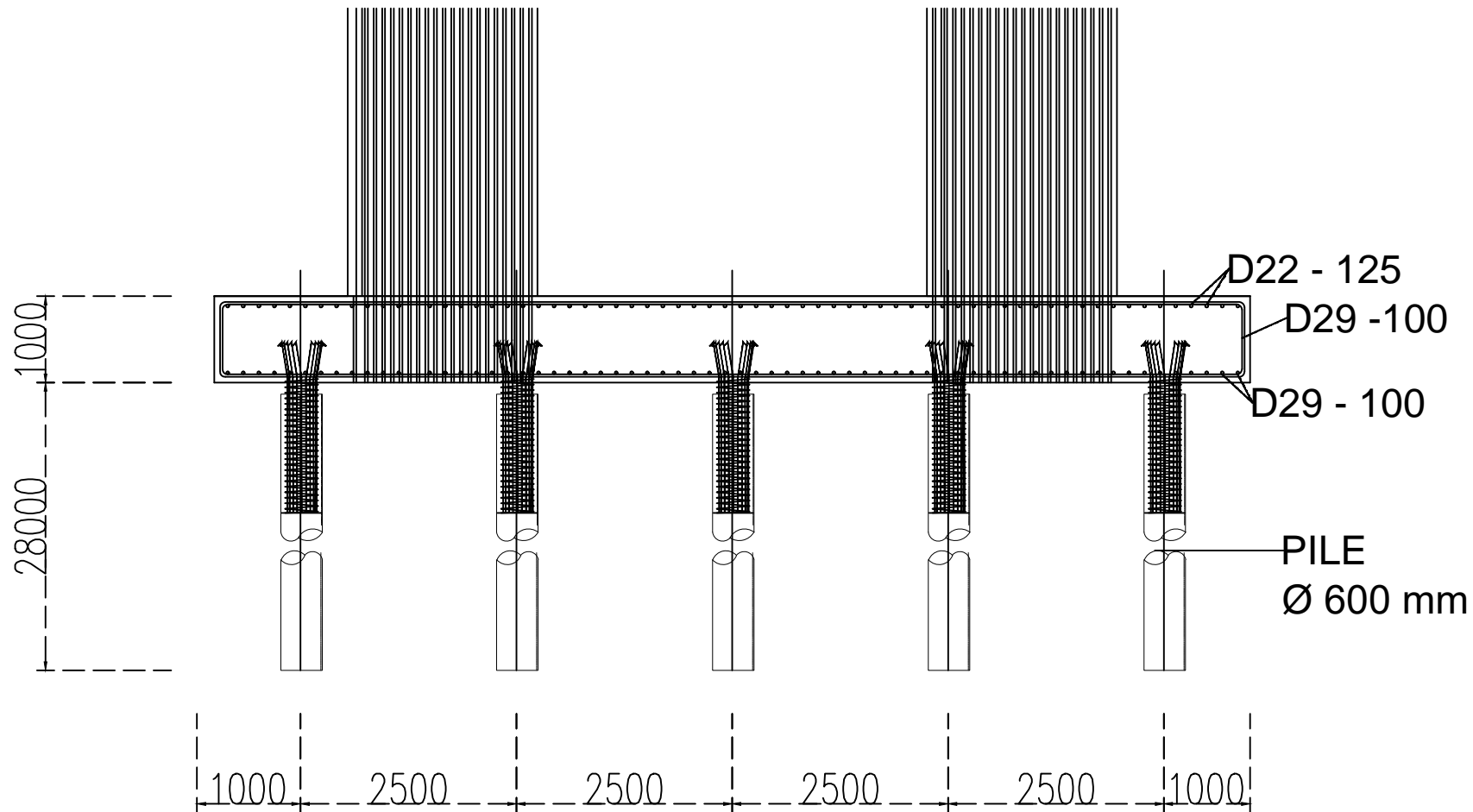
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

70	70
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:75	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



POTONGAN B-B
Skala 1 : 75 (satuan : mm)

CLIENT / Cliente	PT PENTAWIRA AGRAHA SAKTI	DOCUMENT REF./ Rif. Documento:	2002-FS09-TSP-002				
JOB NR. / Commessa:	5-002002-K-14-2	rev.	date	description	issued by	checked	approved
PLANT TYPE / Impianto:	No 2 LIME KILNS FS-9, SRT-ULD MODEL	0	22/09/2014	First issue	PLA	TC	DITEC
SECTION / Sezione:							

SUBJECT

GENERAL DATA

Description : **Rotary blower for combustion air - item 2050.001**
 Tag number : **K205001**
 Reference drawings : **E2002P124K**
 Quantity (#) : **1 (each kiln)**

SITE CONDITIONS

Plant site : **Indonesia**
 Altitude (m a.s.l.) : **< 300**
 Barometric pressure (mbar A) : **976**
 Relative humidity (%) : **< 80**
 Ambient temperature (outdoor) (°C) : **15 ÷ 40**

OPERATING DATA

Fluid : **Atmospheric air**
 Suction pressure (mbar A) : **976**
 Suction temperature (°C) : **25 (design, r.h. 70%)**
 Capacity (dry air) (Nm3/h) : **6700**
 Capacity (suction side) (m3/h) : **7758**
 Differential pressure (mbar) : **400 (**)**

TECHNICAL DATA

Type : **Rotary lobes blower**
 Absorbed power (kW) : **By supplier**
 Blower speed (rpm) : **1500 (*)**
 Sound pressure level (dB(A)) : **By supplier**
 Total efficiency (%) : **By supplier**
 Outlet nominal diameter (mm) : **By supplier**

Electric motor

Nominal power (kW VSD) : **132 (*)**
 Voltage (V AC) : **400**
 Frequency (Hz) : **50**
 Poles (#) : **4**

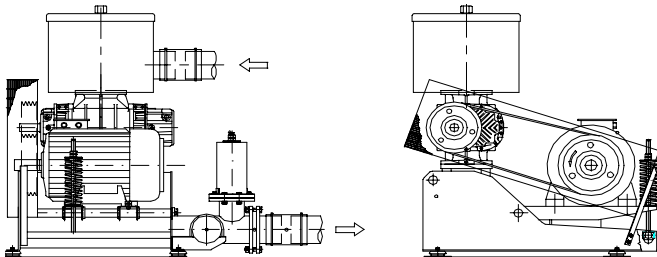
Transmission

Type : **V-belt and pulleys or coupling**

FEATURES

- Intake and outlet : top-bottom respectively
- Cooling by ambient air
- Blower unit in compact execution
- Motor basement equipped with shock absorbers
- Inlet silencer filter and outlet silencer
- Drive guard
- Safety valve
- Check valve
- Manometer with ball valve
- Anti-vibrating joint on the outlet mouth
- The machine is installed in closed space
- The machine has to be designed according to local safety norms

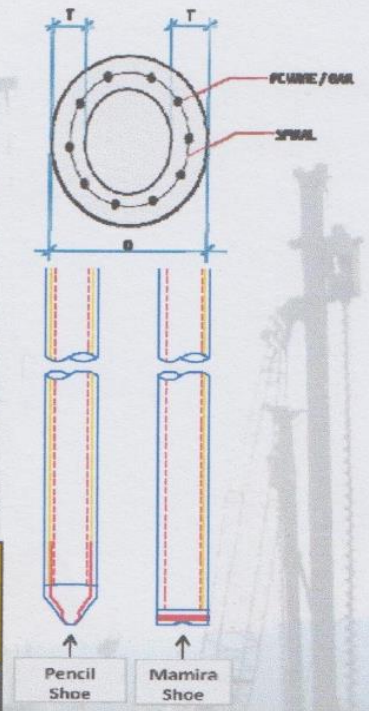
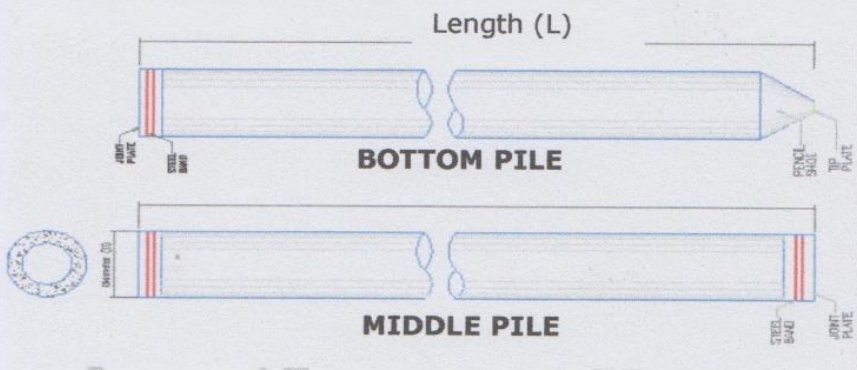
INDICATIVE SKETCH



NOTES

- (*) To be confirmed by the supplier
- (**) The safety valve should be foreseen for 450 mbar delta-p
- VSD : Variable Speed Drive motor (driven by frequency converter)

Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10



NMB

SPLICE-

NMB SPLICE-SLEEVE

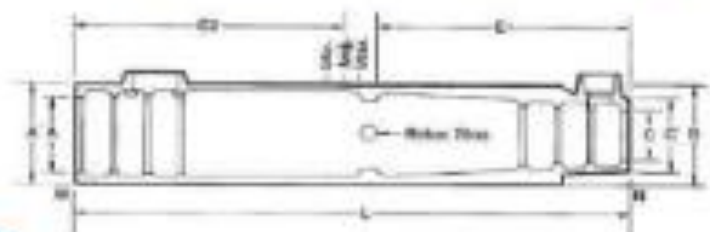
Steel Specification: The material properties of the NMB Splice-Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Models 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX 11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

Grout Specification: The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

Type 2 (ACI)	(100% Fu = 150% Fy = 90 ksi)	9,500 psi
Type 1 & AASHTO	(125% Fy = 75 ksi)	6,500 psi
Yield Strength	(100% Fy = 60 ksi)	3,000 psi

NOTE: To allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the GOR for removal of bracing and continued erection.

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*										RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH						
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) Inch (mm)	Narrow End Diameter		Max. Dia. (R) Inch (mm)	Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) Inch (mm)		Field Dowel (E2) Inch (mm)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) Inch (mm)	O.D. (C') Inch (mm)		I.D. (A) Inch (mm)	Total Tolerance Inch (mm)	O.D. (A') Inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
5U-X	0.625	#5	16 MM	5.65 (143)	0.87 (22)	1.58 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.03 (.8)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.20 (107)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.07 (1.7)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.00 (303)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.75 (44)	0.08 (2.0)	2.38 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.05 (1.20)
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.67 (370)	1.38 (35)	1.89 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.09 (2.3)	2.62 (64)	6.60 (167)	6.69 (170)	6.60 (167)	6.99 (178)	7.48 (190)	2.46 (1.17)
9U-X	1.125	#9	28 MM	16.34 (413)	1.43 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.09 (2.3)	2.67 (68)	7.48 (188)	7.56 (192)	7.48 (188)	7.88 (200)	8.26 (212)	3.06 (1.79)
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (453)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.09 (2.4)	2.87 (74)	8.19 (208)	8.26 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.12 (242)	4.04 (2.24)
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (493)	1.73 (44)	2.46 (62)	3.02 (77)	2.32 (59)	0.01 (0.3)	3.03 (77)	9.98 (253)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (3.72)
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (483)	1.89 (48)	3.02 (77)	3.02 (77)	2.32 (59)	0.01 (0.3)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	5.71 (3.29)
A11W	1.410	#11	35 MM	19.09 (483)	1.73 (44)	3.02 (77)	2.90 (74)	2.60 (66)	1.19 (30)	2.80 (71)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.60 (241)	6.99 (3.17)
14U-X	1.695	#14	40 MM	24.41 (619)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.01 (0.3)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.49 (313)	9.19 (4.17)
18U	2.250	#18	57 MM	36.22 (919)	2.68 (68)	3.66 (94)	4.72 (120)	3.27 (84)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (445)	18.11 (460)	25.31 (11.48)





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 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Endah Wahyuni, ST, MSc. PhD
NAMA MAHASISWA	: Jody Inggil Pambudi
NRP	: 3113100004
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN BANGUNAN MESIN KILN MENGGUNAKAN METODE PRACETAK
TANGGAL PROPOSAL	: 20 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.		- Preliminary design - Dimensi elemen pracetak	- Dimensi yg wajar digunakan sesuai yg dipakai di lapangan - Permodelan	
2		- Permodelan Blower Room dan Mesin Kiln	- Kategori gedung - Perhitungan gempa X dan Y - Kombinasi pembebanan sesuai SNI - Pengaruh gempa X dan Y	
3		- Struktur Sekunder	- Struktur Primer	
4		- Struktur primer	- Perhitungan tulangan angkat - Sendi plastis	
5		- Struktur Primer - Balok Induk - Kolom	- Pondasi	
6.		Pondasi dan Bangunan bawah		



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 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Ananta Sigit Sidharta, Msc., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Jody Inggil Pambudi
NRP	: 3113100009
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN BANGUNAN MESIN KILN MENGGUNAKAN METODE PRACETAK
TANGGAL PROPOSAL	: 20 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1		Daya dukung tiang Daya dukung tanah	Jumlah tiang dalam pair - konfigurasi tiang pancang	
2		Jumlah tiang pancang, konfigurasi tiang pancang, ketahanan dengan vertikal rotasi.	- ketahanan tiang pancang kelompok.	
3		ketahanan tiang kelompok dan ketahanan pilecap	- Damping faktor kelompok, damping factor pilecap dan tiang	
4		Damping faktor dan cek kondisi pondasi	Isolasi getaran	
5		Isolasi getaran, terhadap bobot	Isolasi getaran.	

BIODATA PENULIS



Jody Inggil Pambudi,
Penulis dilahirkan di Madiun, 28 Juli 1995, dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al – Hidayah Madiun, SDN 02 Pandean Madiun, SMP Negeri 4 Madiun, serta SMA Negeri 3 Madiun. Setelah masa SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS melalui jalur SNMPTN. Selama menempuh pendidikan sarjana (S-1), penulis mengambil bidang studi struktur. Penulis aktif dalam berbagai

kepanitiaan di berbagai kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi himpunan mahasiswa jurusan. Penulis pernah menjabat sebagai Staff Ahli Departemen Dana dan Usaha (DANUS LE-HMS) periode 2015-2016.

Email : jodyinggilpambudi@gmail.com