

~~20.628/H/04~~ 20.439/H/04



TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER GEDUNG PERKANTORAN DAN PERTOKOAN GRAHA ARJUNA DENGAN SISTEM PRACETAK

OLEH :

AGUNG BUDIHARTO
3199.100.098

RSS
690.523
Bud
P-1
2004



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	20-2-
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21959

PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER GEDUNG PERKANTORAN DAN PERTOKOAN GRAHA ARJUNA DENGAN SISTEM PRACETAK

SURABAYA, PEBRUARI 2004

MENGETAHUI / MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING



Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA

PROGRAM SARJANA (S-1)
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2004

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN TOWER GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA DENGAN SISTEM PRACETAK

OLEH :
AGUNG BUDIHARTO
3199.100.098

DOSEN PEMBIMBING:
Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

ABSTRAK

Penggunaan metode pracetak pada struktur-struktur dengan bentuk typical akan memberikan keuntungan antara lain : kualitas yang dihasilkan lebih terkontrol, ukuran dimensi lebih akurat, waktu pelaksanaan lebih singkat, penghematan material dan tenaga kerja serta dapat mengurangi gangguan pelaksanaan terhadap lingkungan sekitar. Sementara itu, penggunaan metode pracetak juga memiliki kekurangan antara lain pada masalah monolitas hubungan antara elemen. Dalam tugas akhir ini, komponen gedung yang direncanakan dengan sistem pracetak adalah balok induk, pelat atap dan pelat lantai, termasuk di dalamnya penulangan, pengangkatan, dan hubungan antar elemen pracetak serta hubungan antara elemen pracetak dengan elemen cor di tempat. Secara umum masalah yang dibahas antara lain: perencanaan struktur sekunder meliputi pelat dan tangga, perencanaan struktur utama (balok dan kolom) serta perencanaan struktur bawah (poer dan pondasi).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Kuasa atas segala berkat dan kemurahan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini, dengan judul "PERENCANAAN TOWER GEDUNG PERKANTORAN DAN PERTOKOAN GRAHA ARJUNA DENGAN SISTEM PRACETAK".

Tugas akhir ini diajukan sebagai persyaratan gelar kesarjanaan jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berharap tugas akhir ini dapat berguna bagi semua pihak dalam pengaplikasian ilmu dan teknologi dalam masyarakat. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu segala saran dan masukan tentang penulisan tugas akhir ini sangat diharapkan.

Dengan terselesaikannya tugas akhir ini, tidak lupa penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Ir. Indrasurya Budisatria Mochtar, MSc.PhD. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya.
2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
3. Ir. Wasis Wardoyo, MSc. selaku dosen wali dari penyusun tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang dimilikinya.
5. Serta tidak lupa, Bapak-bapak dan Ibu-ibu karyawan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya yang telah membantu penulis selama ini

Akhirnya semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis akan mendapat balasan dan berkah dari Allah SWT.

Penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan mahasiswa pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Surabaya, Januari 2004

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Tujuan	1
1.3. Lingkup Permasalahan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metode Perencanaan	3
BAB II DASAR – DASAR PERENCANAAN	4
2.1. Umum	4
2.2. Data-data Bangunan	4
2.3. Data Tanah	5
2.4. Peraturan-peraturan Perancangan	5
2.5. Pembebanan	5
2.6. Asumsi dan Metode Analisa	6
2.6.1. Asumsi	6
2.6.2. Metode Analisa	7
BAB III PENGANTAR BETON PRACETAK	8
3.1. Definisi Beton Pracetak	8
3.2. Industri Beton Pracetak	8
3.3. Transportasi Komponen Pracetak	9
3.4. Pemasangan Elemen Pracetak	10
3.5. Beberapa Type Elemen Pracetak	11
3.6. Keuntungan Beton Pracetak	13
3.7. Aplikasi Sistem Pracetak Pada Gedung	15
BAB IV DESAIN STRUKTUR SEKUNDER	16
4.1. Umum	16

4.2. Desain Pelat	16
4.2.1. Preliminary Design	16
4.2.2. Perhitungan Tebal Pelat	19
4.2.3. Permodelan dan Analisa Struktur Pelat	24
4.2.4. Penulangan Pelat	27
4.2.4.1. Penulangan Sebelum Komposit	28
4.2.4.2. Penulangan Sesudah Komposit	30
4.2.5. Penulangan Stud Pelat Lantai	33
4.2.6. Pengangkatan dan Penumpukan Elemen Pelat	35
4.2.6.1. Pengangkatan Elemen Pelat	35
4.2.6.2. Penumpukan Elemen Pelat	40
4.3. Desain Tangga	41
4.3.1. Perhitungan Pelat Tangga	41
BAB V DESAIN STRUKTUR UTAMA	49
5.1. Analisa Struktur Utama	49
5.1.1. Umum	49
5.1.2. Permodelan Struktur	49
5.1.3. Data-data Perancangan	49
5.1.4. Pembabanan Vertikal	50
5.1.5. Beban Lateral Akibat Beban Gempa	50
5.1.6. Beban Lateral Akibat Beban Angin	50
5.1.7. Perhitungan Gaya Dalam	50
5.1.8. Kontrol Periode (T)	51
5.1.9. Kontrol Periode (T) Berdasar Metode B	53
5.1.10. Kontrol Drift Tingkat	54
5.1.11. Kontrol Pengaruh P- Δ Effect	55
5.2. Penulangan Struktur Utama	56
5.2.1. Penulangan Lentur Balok Induk	56
5.2.2. Penulangan Geser dan Torsi	61
5.2.3. Penulangan Stud Balok Induk	62
5.2.4. Panjang Penyaluran	65
5.2.5. Pengangkatan dan Penumpukan Elemen Balok	67

5.2.6. Kontrol	69
5.3. Penulangan Kolom	70
5.3.1. Data Perancangan	70
5.3.2. Penulangan Lentur Kolom	71
5.3.3. Penulangan Geser Kolom	72
5.3.4. Panjang Penyaluran	74
BAB V I DESAIN SAMBUNGAN	75
6.1. Umum	75
6.2. Kriteria Perencanaan Sambungan	76
6.3. Konsep Desain Sambungan	78
6.3.1. Mekanisme Pemindahan Beban	78
6.3.2. Pola-pola Kehancuran	78
6.3.3. Stabilitas dan Keseimbangan	79
6.3.4. Klasifikasi Sistem dan Sambungan	80
6.4. Pertimbangan Rancangan	80
6.5. Penggunaan Toping Beton	82
6.6. Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom	84
6.6.1. Perencanaan Corbel Kolom	87
6.6.2. Perletakan Beton Bertulang untuk Balok Persegi	88
6.6.3. Perencanaan Sambungan Mekanik	91
6.7. Perencanaan Sambungan Balok dan Pelat	91
BAB VII DESAIN PONDASI	96
7.1. Umum	96
7.2. Data Tanah	96
7.3. Kriteria Desain	96
7.3.1. Kekuatan dan Dimensi Tiang	96
7.3.2. Tahapan Perancangan	97
7.4. Daya Dukung Tanah	97
7.4.1. Daya Dukung Tiang Tunggal	97
7.4.2. Daya Dukung Tiang Tunggal dalam Grup Tiang	98
7.4.3. Beban Maksimum Tiang	98
7.4.4. Daya Dukung Tiang Akibat Gaya Horizontal	99

7.5	Perhitungan Pondasi Kolom	100
7.5.1.	Perhitungan Daya Dukung 1 Tiang	101
7.5.2.	Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Horizontal	102
7.6	Perancangan Poer	103
7.7	Perancangan Sloof	106
BAB VIII TAHAP PELAKSANAAN		109
8.1	Umum	109
8.2	Proses Produksi Elemen Beton Pracetak	109
8.3	Proses Pemasangan dan Perakitan Elemen Pracetak	110
8.4	Penempatan Crane	113
BAB IX PENUTUP		114
LAMPIRAN		



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG.

Penggunaan metode pracetak pada konstruksi dan material konstruksi menjadi salah satu alternatif pada perencanaan konstruksi mengingat semakin besarnya tuntutan pelaksanaan konstruksi yang efektif dan efisien. Metode pracetak yang mempunyai beberapa keuntungan seperti kecepatan dan kemudahan dalam pelaksanaan serta kontrol kualitas yang lebih terjamin mampu menjawab tuntutan tersebut.

Penghematan dari segi waktu dan biaya menjadi target poin yang selalu diperhitungkan oleh perencana dalam merencanakan proyek konstruksi kiranya mampu dijawab dengan memanfaatkan metode pracetak. Dari segi pengerjaan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pekerjaan konstruksi dapat dikurangi tanpa harus mengesampingkan fungsi waktu, bahkan dengan metode ini diharapkan akan mampu mempercepat pelaksanaan konstruksi.

Dengan kelebihan-kelebihan itulah maka semakin banyak penggunaan metode pracetak pada pembangunan konstruksi-konstruksi di Indonesia, terutama tuntutan penggunaan metode pracetak pada struktur-struktur yang tinggi dengan bentuk gedung yang typical yang akan menguntungkan jika dilaksanakan dengan menggunakan metode pracetak ini.

Penggunaan metode pracetak pada struktur-struktur yang tinggi dihadapkan pada permasalahan utama bahwa diperlukan suatu ketentuan yang mengatur suatu struktur dengan menggunakan metode pracetak sehingga mempunyai kemampuan menerima gaya lateral yang besar akibat gempa yang bekerja padanya. Dimana peraturan-peraturan itu sedapat mungkin harus mengacu kepada peraturan-peraturan yang diakui secara internasional.

1.2 TUJUAN.

Tujuan utama penulisan tugas akhir ini adalah merencanakan struktur gedung dengan sistem pracetak menggunakan Intermediate Moment Resisting Fram System dengan didasarkan pada peraturan UBC tahun 1997 untuk pemodelan strukturnya.

1.3 LINGKUP PERMASALAHAN.

Permasalahan yang timbul dalam pemanfaatan beton pracetak akan berbeda apabila dibandingkan menggunakan beton dengan sistem pengecoran setempat.

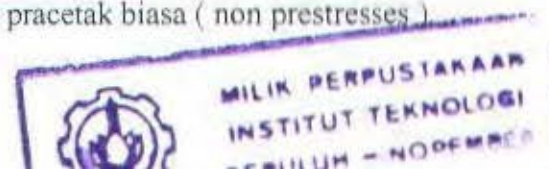
Permasalahan bagaimana menciptakan suatu struktur bangunan yang monolitik yang mampu menahan beban gravitasi maupun beban lateral pada struktur bangunan. Detailing sambungan pada komponen pracetak juga harus mendapatkan porsi pemikiran yang lebih. Dalam metode beton pracetak, kendala lain yang harus diatasi yaitu bagaimana merencanakan dimensi dari beton pracetak sehingga mampu mendapatkan dimensi yang efisien tanpa meninggalkan kesan estetis dari bangunan.

Demikian pula halnya dengan masalah produksi, pengangkutan, pengangkatan dan pemasangan diperlukan pertimbangan ekonomi dalam perencanaan untuk elemen-elemen pracetak. Dengan mempertimbangkan hal diatas maka akan didapatkan sistem yang tepat dan efisien.

1.4 BATASAN MASALAH.

Dalam perencanaan ini penulis mengambil batasan antara lain :

1. Dalam perencanaan struktur tower gedung ini, komponen yang menggunakan teknologi pracetak adalah : balok dan pelat. Sedangkan elemen lainnya seperti kolom, tangga dan overtopping direncanakan dengan menggunakan metode cor setempat.
2. Dalam perencanaan ini tidak melakukan analisa dari segi biaya, serta tidak membahas kecepatan pelaksanaan konstruksi menggunakan metode pracetak dibandingkan dengan metode cor setempat.
3. Pondasi direncanakan menggunakan tiang pancang, sedangkan untuk poe direncanakan menggunakan cor setempat.
4. Pracetak yang digunakan adalah pracetak biasa (non prestresses)



1.5 METODE PERENCANAAN.

Dalam sebuah perencanaan struktur umumnya digunakan metode pelaksanaan berbentuk beberapa tahapan yang saling mendukung dalam perencanaan struktur secara keseluruhan. Adapun metode yang digunakan dalam perencanaan dapat dibagi menjadi beberapa tahapan, antara lain :

1. Mengumpulkan dan mempelajari literature yang berkaitan dengan perencanaan.
2. Pendefinisian obyek perencanaan, termasuk dalam tahapan ini adalah penentuan gedung sebagai obyek perencanaan, peruntukan gedung, lokasi dibangunnya yang selanjutnya dapat digunakan dalam pemilihan daktilitas untuk perencanaan ketahanan struktur bangunan terhadap beban gempa.
3. Preliminary desain yang mencakup perkiraan dimensi elemen struktur.
4. Analisa pembebanan
5. Pemodelan struktur meliputi :
 - a. Struktur utama dimodelkan sebagai Intermediate Momen Resisting Fram System
 - b. Lantai dimodelkan sebagai sebuah diaphragma yang memiliki tumpuan jepit pada perletakannya.
 - c. Tangga dimodelkan sebagai frame 2 dimensi dengan perletakan jepit pada level lantai dan rol pada bagian bordes.
6. Analisa gaya-gaya dalam akibat pembebanan yang terjadi pada struktur.
7. Detail elemen struktur termasuk didalamnya pemilihan tipe sambungan yang akan digunakan.
8. Perhitungan pondasi dari struktur gedung.
9. Hasil dari perhitungan dibuat dalam bentuk tabel.
10. Struktur serta hasil perhitungannya akan dituangkan dalam bentuk gambar.



BAB II

DASAR – DASAR PERENCANAAN

BAB II

DASAR - DASAR PERANCANGAN

2.1 UMUM

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penggunaan teknologi *precast* akan efisien karena bentuk gedung yang dirancang bertipe *typical*. Dasar-dasar perancangan disini adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan dan akan mendukung dalam perencanaan sebuah struktur. Dasar perancangan meliputi data-data teknik lapangan, asumsi perancangan maupun metode yang digunakan.

Data-data teknis diambil dari gambar perancangan misalnya ukuran fisik dan elemen bangunan seperti dimensi kolom maupun balok, tebal pelat dan lain sebagainya. Data teknis dapat pula didapatkan dari pencatatan mengenai keadaan di lapangan misalnya pencatatan keadaan tanah untuk selanjutnya dimanfaatkan dalam perhitungan pondasi, pengamatan di lokasi juga untuk menentukan zona gempa dari lokasi tempat dibangunnya sebuah bangunan ataupun penentuan beban angin yang akan diterima bangunan.

Asumsi perancangan adalah suatu pemodelan yang sifatnya sangat penting untuk mengarahkan sebuah perhitungan. Asumsi teknik haruslah berdasar pada logika teknik yang biasa diterapkan pada perancangan sebuah struktur dan disesuaikan dengan data-data teknik yang didapatkan. Contohnya asumsi pada perancangan gedung perkantoran menggunakan *Moment Resisting Frame System* karena lokasi gedung yang terletak pada zona gempa yang kecil.

Dasar perancangan di atas selanjutnya digunakan untuk menentukan metode yang akan digunakan menghitung pelat, elemen unsur-unsur sekunder dan elemen unsur-unsur primer.

2.2 DATA-DATA BANGUNAN

Gedung yang akan direncanakan ini fungsi utamanya adalah sebagai gedung perkantoran. Adapun data-data gedung adalah sebagai berikut :

1. Lokasi : Jl. Panglima Sudirman, Surabaya

2. Tinggi gedung : 42,5 m dengan atap menggunakan pelat beton bertulang
3. Jumlah lantai : 13 lantai
4. Fungsi tiap lantai : Ruang perkantoran
5. Bahan struktur : - Beton pracetak untuk balok, pelat atap & lantai
- Beton cast in situ untuk tangga, kolom & overtopping.

2.3 DATA TANAH

Data tanah didapatkan setelah dilakukan penyelidikan tanah, dari data tanah dapat diketahui jenis tanah yang ada dan nilai CPT. Dengan demikian dapat dipergunakan untuk merencanakan pondasi. Termasuk di dalamnya jumlah dan kedalaman tiang pancang yang diperlukan untuk dapat menopang struktur bangunan atas.

2.4 PERATURAN-PERATURAN PERANCANGAN

Adapun peraturan-peraturan yang digunakan dalam perancangan struktur :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983
2. Uniform Building Code 1997 untuk perancangan struktur terhadap beban lateral
3. SK SNI T - 15 - 1991 - 03
4. PBI 1971
5. PCI Design Handbook

2.5 PEMBEBANAN

Pembebanan yang dimaksud dalam pembahasan berikut adalah beban-beban yang diperkirakan akan bekerja pada struktur. Adapun jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perancangan gedung ini meliputi :

1. Beban mati (*PPI'83 Bab 1 pasal 1 ayat 1*)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

2. Beban hidup (*PPI'83 Bab 1 pasal 1 ayat 1*)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk didalamnya beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

Untuk beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut table 3.1 PPI 1983 dimana ke dalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, dan juga dinding-dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m. Untuk gedung perkantoran ini, beban hidup pada lantai gedung direncanakan adalah sebagai berikut :

- Lantai 1-12 : 250 kg/m² (table 3.1 ayat c PPI 1983)
 - Atap : 100 kg/m²
3. Beban angin (*PPI'83 Bab I pasal 1 ayat 1*)

Beban angin harus diasumsikan segala arah horizontal. Pada perancangan gedung perkantoran ini tekanan angin yang bekerja diambil senilai 50 kg/m²

4. Beban gempa (*UBC 1997*)

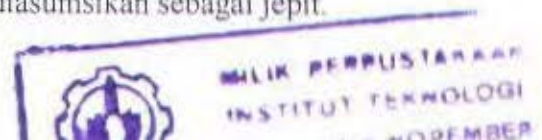
Dalam tugas akhir ini penulis merencanakan beban gempa untuk struktur gedung perkantoran ini menggunakan analisa statis.

2.6 ASUMSI DAN METODE ANALISA

2.6.1 Asumsi

Asumsi yang diterapkan oleh penulis berkaitan dengan perancangan gedung perkantoran ini adalah :

- Struktur tangga direncanakan sebagai frame 2 dimensi. Untuk perletakan bawah diasumsikan sebagai sendi, sedangkan perletakan pada borde diasumsikan sebagai rol. Hal ini diasumsikan untuk memberikan kesempatan bagi elemen tangga untuk mengalami pergerakan apabila menerima gaya horizontal.
- Untuk perletakan kolom dasar diasumsikan sebagai jepit.





BAB III
PENGANTAR BETON PRACETAK

BAB III

PENGANTAR BETON PRACETAK

3.1 DEFINISI BETON PRACETAK

Sistem beton pracetak di Indonesia telah mulai dikembangkan sebagai alternatif pelaksanaan konstruksi selain metode cor setempat (*cast in situ*) karena terbukti memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode pelaksanaan konstruksi *cast in situ* terutama dalam hal penghematan waktu yang hampir selalu berpengaruh dalam sebuah proyek konstruksi.

Definisi dari beton pracetak dapat disebutkan sebagai berikut :

1. Definisi Beton Pracetak menurut SKSNI T-15-1991-03 (pasal 3.9.1)

Beton Pracetak adalah komponen beton yang dicor di tempat yang bukan merupakan posisi akhir di dalam suatu struktur.

2. Definisi Beton Pracetak menurut *Plant Cast and Prestressed Concrete (Desain Guide)*

Beton Pracetak adalah beton yang dicetak di beberapa lokasi (baik lingkungan proyek maupun di pabrik-pabrik) yang pada akhirnya dipasangkan pada posisinya dengan suatu system sambungan sehingga rangkaian elemen-elemen beton pracetak menjadi satu kesatuan yang utuh sebagai suatu struktur.

3.2 INDUSTRI BETON PRACETAK

Pembuatan elemen pracetak dalam sebuah proyek konstruksi dapat dibagi menjadi dua macam pabrikasi antara lain :

1. Pabrikasi yang bersifat sementara

Pembuatan elemen pracetak di lapangan atau pabrikasi yang bersifat sementara dilakukan apabila luas areal dimana proyek tersebut dikerjakan cukup memadai. Disamping itu lingkungannya mendukung untuk pergerakan transportasi dari komponen pracetak itu sendiri. Pabrikasi akan berakhir seiring dengan selesainya pengerjaan proyek konstruksi.

Ketepatan tersedianya elemen pracetak dilokasi proyek adalah merupakan hal yang sangat ideal apabila elemen-elemen pracetak tepat sampai di lokasi pada saat elemen tersebut akan dipasang sehingga apabila hal tersebut benar-benar tercapai maka akan memperkecil luas total areal penumpukan (luas gudang) di lokasi, sehingga hal itu akan sangat menguntungkan karena ruang-ruang kerja di lokasi proyek menjadi lebih luas. Demikian pula halnya penggunaan peralatan waktu dan tenaga menjadi lebih efisien.

3.4 PEMASANGAN ELEMEN PRACETAK

Teknis pemasangan elemen pracetak sangat dipengaruhi beberapa hal yang harus dipertimbangkan oleh perencana sebagai berikut :

1. Site Plan
2. Peralatan
3. Siklus pemasangan
4. Tenaga

• Site Plan

Dalam pemasangan elemen pracetak sangat penting untuk mengetahui *Site Plan* dari proyek yang akan dikerjakan. Dengan *Site Plan* yang ada maka akan diperoleh hal-hal sebagai berikut :

1. Dapat direncanakan penempatan *tower crane* dilokasi proyek sehingga dapat difungsikan semaksimal mungkin dalam pengoperasiannya untuk pemasangan elemen-elemen pracetak ke posisi terakhirnya.
2. Dapat direncanakan tempat penumpukan elemen pracetak disesuaikan dengan posisi *tower crane* atau dalam pengertian lain gudang penumpukan elemen pracetak dalam jangkauan *tower crane*.
3. Perencanaan jalan proyek hendaknya seefisien mungkin terkait dengan posisi *tower crane* dan gudang penumpukan.

Oleh karena itu *Site Plan* sangat penting untuk dipelajari, agar pelaksanaan dari proyek dapat seefisien dan semaksimal mungkin:

• Peralatan

Dalam penggunaan elemen pracetak yang perlu menjadi pertimbangan perencana adalah sebagai berikut :

1. Berapa *tower crane* yang diperlukan dalam suatu proyek agar *Tower Crane* dapat difungsikan semaksimal mungkin.
2. Berapa diameter perputaran *tower crane*.
3. Berapa kapasitas angkat maksimal *tower crane*.
4. Peralatan pembantu serta jumlah kebutuhan guna mendukung siklus pemasangan elemen pracetak seperti truk dan lain sebagainya.

- **Siklus Pemasangan**

Secara besar siklus pemasangan dari elemen pracetak dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Pemasangan elemen kolom
2. Pemasangan elemen balok
3. Pemasangan elemen pelat
4. Pengecoran overtopping

- **Tenaga**

Dalam penggunaan elemen pracetak pemakaian tenaga menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan system konvensional (cor setempat). Justifikasi yang patut menjadi perhatian dalam hal ini adalah koordinasi dari tenaga yang ada guna menjamin kelancaran pergerakan elemen pracetak di lapangan sampai pada pemasangan ke posisi terakhirnya dalam struktur.

3.5 BEBERAPA TYPE ELEMEN PRACETAK

Pada tugas akhir ini elemen pracetak (*precast*) adalah pelat lantai, balok, kolom dan tangga. Pada elemen pelat lantai, setelah terpasang di lapangan ditambah dengan topping. Jenis-jenis elemen pracetak yang umum dipakai adalah

- **Pelat**

Untuk pelat pracetak (*precast slab*) ada 2 macam jenis yang umum dipakai yaitu :

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

Pelat pracetak dimana lebih tebal dan biasanya menggunakan kabel prateka. Keuntungannya adalah lebih ringan, durabilitas tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi.

2. Pelat pracetak tanpa lubang (*Non Hollow Core Slab*)

Pelat pracetak dimana ketebalan dari pelat tipis dan keuntungannya tidak banyak makan tempat sewaktu penumpukan.

- **Balok**

Untuk balok pracetak (*precast beam*) ada 2 macam jenis yang umum dipakai yaitu :

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

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

2. Balok berpenampang bentuk U (*U-Shell Beam*)

Keuntungan dari jenis ini adalah lebih ringan yang dapat digunakan pada bentang yang panjang dan penyambungan pada join lebih monolit.

- **Kolom**

Bentuk umum yang dipergunakan untuk elemen pracetak kolom adalah persegi (*rectangular*) baik merupakan kolom prategang (*prestress column*) maupun kolom dengan penulangan biasa (*reinforced column*).

- **Sambungan**

Fungsi sambungan sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur lainnya, gaya-gaya tersebut kemudian diteruskan ke pondasi. Selain itu sambungan digunakan untuk mendapatkan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Dalam konstruksi beton pracetak sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan segi ekonomis, selain itu juga ditinjau beberapa hal yaitu kekuatan, serviceability, dan produksi.

Macam-macam sambungan pada beton pracetak :

1. Sambungan daktail dengan cor setempat.

Sambungan ini menggunakan tulangan biasa untuk menyambung antar elemen beton pracetak, kemudian dicor menjadi kesatuan yang monolit. Sambungan ini dapat pula disebut dengan sambungan basah.

2. Sambungan daktail dengan las.

Keuntungan dari cara ini adalah dari segi pengerjaan dan pelaksanaannya, karena elemen-elemennya tunggal dan berbetuk lurus, pengangkutan dan pengangkatannya lebih mudah sehingga lebih ekonomis. Kerugiannya adalah sambungan pada balok kolom biaya relatif besar dan pekerjaan lebih sulit karena memerlukan ketelitian dalam pengelasan.

3. Sambungan daktail mekanik.

French and Friends (1989) mengembangkan sambungan yang menggunakan post-tension untuk menghubungkan antara balok dan kolom. Pada sambungan post-tension ini dirancang pelelehan terjadi pada daerah lokasi antara pertemuan balok-kolom. Treded coupler adalah tempat untuk sambungan pada ujung tulangan baja yang dimaksudkan pada alat tersebut. Dengan fasilitas yang tersedia pada alat tersebut sehingga ujung tulangan baja dapat dimasukkan pada lubang yang runcing.

4. Sambungan daktail dengan sistem baut.

Penyambungan daktail ini berisi sebuah tongkat yang akan meleleh pada kekuatan tertentu, berhasil membatasi beban yang ditransfer untuk kehilangan daktilitas dari komponen frame. Penyambungan ini mengijinkan balok dan kolom dibuat sendiri-sendiri dan digabungkan atau disambungkan oleh baut pada permukaan kolom.

3.6 KEUNTUNGAN BETON PRACETAK

Kualitas komponen beton pracetak dan beton pratekan yang diproduksi di bawah kondisi kontrol kualitas yang ideal akan mempunyai beberapa keuntungan sebagai berikut :

1. Ketebalan elemen kecil (*Shallow Construction Depth*)

Elemen pracetak yang dipratakan akan menyebabkan tebalnya menjadi minimum. Elemen stuktur mampu dipergunakan untuk bentang panjang dan yang terpenting dari segi struktur bisa meringankan berat struktur secara keseluruhan sehingga akan memperkecil beban gempa yang harus dipikul struktur.

2. Daya dukung beban tinggi (*High Load Capacity*)

Beton pracetak mempunyai kekuatan yang lebih tinggi guna menerima beban yang cukup berat.

3. Keawetan (*Durability*)

Beton dengan kualitas yang ideal memiliki kepadatan dan kedap air yang lebih tinggi sehingga beton pracetak lebih tahan terhadap korosi, cuaca dan kerusakan-kerusakan lain khususnya kerusakan yang tergantung waktu.

4. Bentang panjang (*Long Span*)

Dengan bentang yang lebih panjang akan lebih leluasa untuk desain interior gedung.

5. Fleksibel untuk dikembangkan (*Flexibility for Expansion*)

Beton pracetak dapat diproduksi untuk penyediaan fasilitas arah vertical dan horizontal secara lebih mudah. Misalnya untuk listrik, saluran air kotor dan lain sebagainya dengan biaya yang lebih rendah.

6. Sedikit perawatan (*Low Maintenance*)

Proses pabrikasi dari beton pracetak dengan kontrol kualitas yang baik akan dihasilkan beton dengan kepadatan yang tinggi sehingga lebih tahan terhadap keropos dan korosi. Oleh karena itu dalam penggunaannya hanya diperlukan sedikit perawatan.

7. Penyediaannya mudah (*Ready Availability*)

Penyediaan beton pracetak dapat dilakukan dengan mudah terutama untuk produksi massal disesuaikan dengan skedul pemasangan selama pemesanan masih di bawah kapasitas produksi maksimum.

8. Ekonomis (*Economy*)

Secara keseluruhan penggunaan pracetak mempunyai keuntungan biaya rendah dan dapat dilakukan penghematan biaya lain. Mahalnya tenaga kerja dan lapangan dapat dikurangi sehingga dapat menghemat biaya pelaksanaan.

9. Kontrol Kualitas (*Quality Control*)

Dalam produksinya beton pracetak lebih mudah dilakukan kontrol kualitas disesuaikan dengan spesifikasi yang direncanakan. Dalam pelaksanaannya kontrol kualitas merupakan program utama untuk standar tinggi dari pabrikasi.

10. Transmisi kegaduhan rendah (*Low Noise Transmission*)

Dikarenakan kegiatan elemen sudah banyak dilaksanakan di pabrik dan di lokasi proyek hanya tinggal pemasangannya saja, maka tingkat kegaduhan akan sangat berkurang jika dibandingkan dengan cara konvensional.

11. Kontrol dari Creep dan Shrinkage (*Control of Creep and Shrinkage*)

Elemen pracetak biasanya dirawat dalam tempat penyimpanan sesudah dicetak 30 sampai 60 hari sebelum dikirim ke lokasi. Bagian terpenting 50 % atau lebih pergerakan dari creep dan shrinkage jangka panjang mungkin terjadi sebelum komponen-komponen tergabung dalam satu kesatuan struktur.

12. Kecepatan konstruksi (*Speed of Construction*)

Konstruksi betoon pracetak akan sangat menghemat waktu pelaksanaan karena seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa seluruh elemen pracetak telah diproduksi terlebih dahulu sehingga beberapa tahapan pekerjaan dapat dilaksanakan secara sekaligus.

3.7 APLIKASI SYSTEM PRACETAK PADA GEDUNG

Dari keseluruhan metode sambungan yang diperkenalkan, untuk pemilihannya tergantung pada kondisi tempat dimana proyek akan dilaksanakan. Untuk perancangan gedung perkantoran ini, penulis merencanakan jenis-jenis elemen pracetak yang dipakai, system pabrikasi serta sambungannya adalah sebagai berikut :

1. Pelat lantai dan pelat atap direncanakan menggunakan jenis pelat pracetak tidak berlubang (Non Hollow Core Slab)
2. Balok utama direncanakan menggunakan jenis balok pracetak berpenampang persegi (Rectangular)
3. Sambungan yang dipakai adalah sambungan daktail dengan cor setempat atau sambungan basah
4. Elemen pracetak dibuat di lokasi proyek



BAB IV
DESAIN STRUKTUR SEKUNDER

BAB IV

DESAIN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 UMUM

Struktur Sekunder merupakan bagian dari stuktur gedung yang tidak menahan kekakuan secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan tegangan akibat pembebanan yang bekerja pada bagian tersebut secara langsung ataupun tegangan akibat perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian ini meliputi pelat dan tangga.

4.2 DESAIN PELAT

Pelat dalam perhitungan dapat dibagi dalam dua macam yaitu:

1. Pelat satu arah yaitu pelat yang panjangnya apabila dibandingkan dengan lebarnya, besarnya melebihi 2. Pada pelat satu arah pembebanan yang diterima pelat akan diteruskan pada balok-balok (pemikul bagian yang lebih panjang dan hanya sebagian kecil saja yang akan diteruskan kepada gelagar (pemikul pada bagian panel yang lebih pendek).
2. Pelat dua arah yaitu pelat yang rasio panjang dibandingkan dengan lebar kurang dari 2, sehingga sebagian besar pembebanan yang diterima diteruskan pada keseluruhan pemikul disekeliling panel dari pelat.

Dalam perancangan gedung Perkantoran ini menggunakan tipe pelat solid slab yaitu kombinasi antara pelat pracetak dengan pengecoran setempat pada bagian topping dari pelat. Pelat pracetak yang dikerjakan secara pabrikasi diharapkan akan membentuk suatu kerja komposit dengan overtopping dari pelat.

Pemodelan struktur yang digunakan adalah *Moment Resisting Frame System* dimana pelat difokuskan hanya menerima beban gravitasi. Pelat pada sisi-sisinya diasumsikan merupakan perletakan jepit.

4.2.1 Preliminary Design

Sebelum menentukan dimensi pelat, perlu diadakan *preliminary design* untuk menentukan besarnya pembebanan pada pelat.

Dimensi Balok Induk

Menurut persyaratan SKSNI T-15-1991-03 untuk dimensi balok pada dukungan adalah sebagai berikut :

$$h = \frac{1}{16} \times L_b \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad (\text{SKSNI T 15-1991-03 tabel 3.2.5-(a)})$$

$$1.5 \leq \frac{h}{b} \leq 2 \quad (\text{Wang-Salmon})$$

Pada balok dengan $L_b = 600$ cm ; dengan persyaratan $f_y = 320$ Mpa

$$h = \frac{1}{16} \times 600 \times \left(0.4 + \frac{320}{700} \right) = 32 \text{ cm ; digunakan } h \text{ setinggi } 60 \text{ cm}$$

$$1.5 \leq \frac{60}{b} \leq 2 \text{ ; lebar balok digunakan } 40 \text{ cm}$$

Balok induk bentang 6 m digunakan ukuran 40/60

L_b = bentang kotor balok (cm)

f_y = mutu tulangan baja (Mpa)

Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SKSNI T-15-1991-03 psl. 3.2.5-3.3 yaitu :

$$h_1 = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0.12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \quad (\text{SKSNI T 15-1991-03 pers.3.2-12})$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_2 = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \quad (\text{SKSNI T 15-1991-03 pers.3.2-13})$$

dan tidak perlu lebih dari :

$$h_3 = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} \quad (\text{SKSNI T 15-1991-03 pers.3.2-14})$$

ketiga perumusan di atas menggunakan nilai f_y dengan satuan Mpa.

Dalam segala hal tebal minimum dari pelat tidak boleh kurang dari :

- Untuk $\alpha_m < 2$ 120 mm
- Untuk $\alpha_m \geq 2$ 90 mm

Dimana :

l_n = panjang bentang bersih arah memanjang pelat.

β = rasio panjang bentang bersih arah memanjang pelat terhadap arah memendek pelat.

α_{om} = nilai rata-rata dari α untuk semua balok pada tepi dari suatu panel.

α = rasio dari kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan pelat

$$= \frac{Ecb \times lb}{Ecs \times ls}$$

dimana:

Ecb = Modulus Elastisitas balok

Ecs = Modulus Elastisitas pelat

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

$$ls = \frac{1}{12} \times bs \times t^3$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)} \quad (\text{Wang-Salmon})$$

be = lebar efektif, harga minimum (Wang-Salmon)

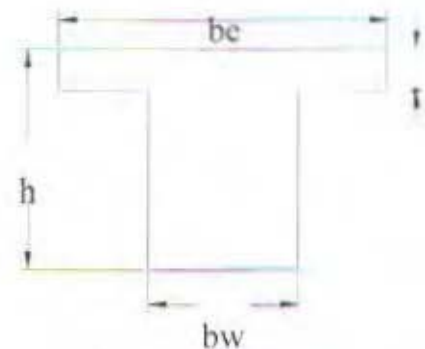
Menurut SKSNI T 15-1991-03 3.1.10 disebutkan beberapa kriteria menentukan lebar efektif (be) dari balok T.

Interior

$$be_1 = \frac{1}{4} \cdot l_s$$

$$be_2 = bw + 16t$$

$$be_3 = \frac{1}{2} \cdot (l_s - bw)$$



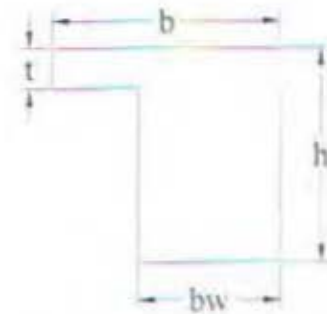
Gb. 4.1 balok interior

Eksterior

$$be_1 = \frac{1}{12} L_b$$

$$be_2 = bw + 6t$$

$$be_3 = \frac{1}{2} (L_b - bw)$$



Gh. 4.2 balok eksterior

Preliminary Dimensi Balok*Balok Lantai***Balok induk dengan bentang 6,75 meter**

$$h = L/10 = 675 / 12 = 67,5 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (67,5) = 45 \text{ cm}$$

Balok induk dengan bentang 6 meter

$$h = L/10 = 675 / 12 = 6 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (67,5) = 4 \text{ cm}$$

Balok induk dengan bentang 4 meter

$$h = L/10 = 400 / 10 = 40 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (40) = 26,67 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

Balok anak dengan bentang 6 meter

$$h = L/12 = 600 / 12 = 50 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (50) = 33,333 \text{ cm} \rightarrow 35 \text{ cm}$$

Balok anak dengan bentang 4 meter

$$h = L/12 = 400 / 12 = 33,333 \text{ cm} \rightarrow 35 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (35) = 23,333 \text{ cm} \rightarrow 25 \text{ cm}$$

Balok anak dengan bentang 3,375 meter

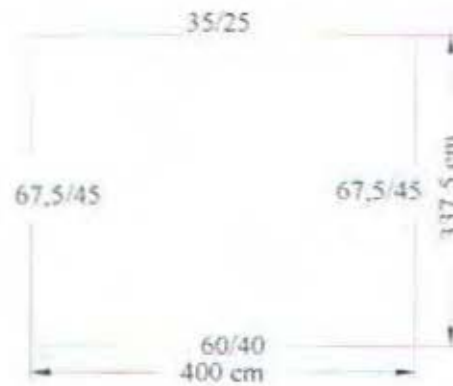
$$h = L/12 = 400 / 12 = 28,125 \text{ cm} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 h = 2/3 (35) = 20 \text{ cm}$$

4.2.2 Perhitungan Tebal Pelat

Contoh Perhitungan Pelat

Pelat A (400 cm x 337.5 cm)



$$L_n = 400 - (45 / 2 + 45 / 2) = 355 \text{ cm}$$

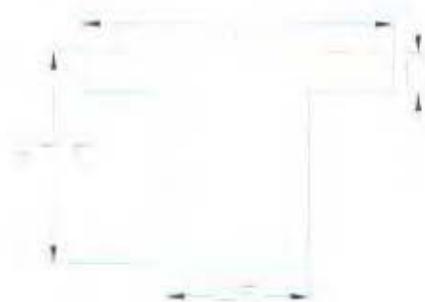
$$S_n = 337,5 - (40 / 2 + 25 / 2) = 305 \text{ cm}$$

$$\beta_s = \frac{L_n}{S_n} = \frac{355}{305} = 1,164$$

pelat dua arah

Direncanakan menggunakan ketebalan pelat 13 cm.

1. Balok induk 67,5/45



$$be_1 = \frac{1}{4} L_n$$

$$= \frac{1}{4} \times 675 = 168,75 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 16t$$

$$= 40 + (16 \times 13) = 248 \text{ cm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} (L_n - bw)$$

$$= \frac{1}{2} (675 - 45) = 315 \text{ cm}$$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{150}{40} - 1 \right) \left(\frac{12}{60} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60} \right) + 4 \left(\frac{12}{60} \right)^2 + \left(\frac{150}{40} - 1 \right) \left(\frac{12}{60} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{150}{40} - 1 \right) \left(\frac{12}{60} \right)}$$

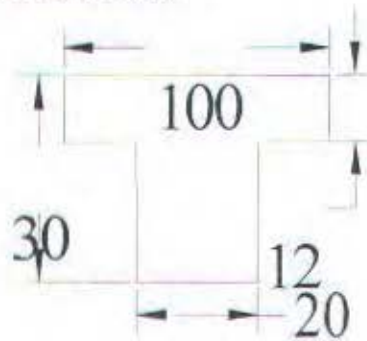
$$= 1,7$$

$$\begin{aligned}
 I_b &= \frac{1}{12} \times bw \times h^3 \times k \\
 &= \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 1,7 = 1226369 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_s &= \frac{1}{12} \times bs \times t^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 600 \times 12^3 = 86400 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_s} = \frac{1226369}{86400} = 14,194$$

2. Balok anak 30/20



$$\begin{aligned}
 be_1 &= \frac{1}{4} L_b \\
 &= \frac{1}{4} \times 400 = 100 \text{ cm} \\
 be_2 &= bw + 16t \\
 &= 20 + (16 \times 12) = 212 \text{ cm} \\
 be_3 &= \frac{1}{2} (L_b - bw) \\
 &= \frac{1}{2} (400 - 20) = 390 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

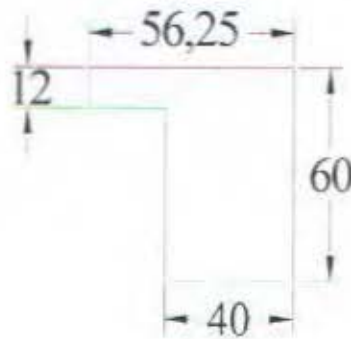
$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1 + \left(\frac{100}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{30}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{30}\right) + 4\left(\frac{12}{30}\right)^2 + \left(\frac{100}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{30}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{100}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{30}\right)} \\
 &= 1,92
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_b &= \frac{1}{12} \times bw \times h^3 \times k \\
 &= \frac{1}{12} \times 20 \times 30^3 \times 1,92 = 86427,69 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_s &= \frac{1}{12} \times bs \times t^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 400 \times 12^3 = 57600 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_s} = \frac{78377}{57600} = 1,36$$

3. Balok as B (1-2) dan balok as 1 (B-C)



$$be_1 = \frac{1}{2} \cdot I_b$$

$$= \frac{1}{2} \times 675 = 56,25 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + (6 \cdot xt)$$

$$= 40 + (6 \times 12) = 112 \text{ cm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} \cdot (I_b - bw)$$

$$= \frac{1}{2} (675 - 40) = 317,5 \text{ cm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{56,25}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{56,25}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{56,25}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

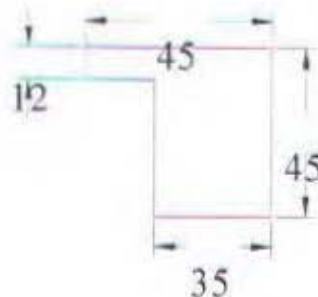
$$= 0,927$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 60^3 \times 0,927 = 667352,97 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 600 \times 12^3 = 97200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_s} = \frac{667352,97}{86400} = 6,866$$

4. Balok as B (1-2) dan balok as 1 (B-C)



$$be_1 = \frac{1}{2} \cdot I_b$$

$$= \frac{1}{2} \times 400 = 35 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + (6 \cdot xt)$$

$$= 35 + (6 \times 12) = 107 \text{ cm}$$

$$be_3 = \frac{1}{2} \cdot (I_b - bw)$$

$$= \frac{1}{2} (400 - 35) = 182,5 \text{ cm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{33,33}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{33,33}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{33,33}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$= 0,867$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 35 \times 45^3 \times 0,856 = 230447,8 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \times 400 \times 12^3 = 57600 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_s} = \frac{230447,8}{57600} = 4$$

$$\alpha_m = \frac{1}{4} (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4)$$

$$= \frac{1}{4} (14,194 + 1,36 + 6,866 + 4) = 6,6$$

Syarat ketebalan pelat dua arah menurut SKSNI T 15-1991-03 yaitu :

$$h_1 = \frac{560 \left(0,8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + 5 \times 1,143 \left[6,6 - 0,12 \left(1 + \frac{1}{1,143} \right) \right]} \quad (\text{SKSNI T 15-1991-03 pers.3.2-12})$$

$$= 7,83 \text{ cm}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_2 = \frac{560 \left(0,8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + 9 \times 1,143} \quad (\text{SKSNI T 15-1991-03 pers.3.2-13})$$

$$= 12,26 \text{ cm}$$

dan tidak perlu lebih dari :

$$h_2 = \frac{560 \left(0.8 + \frac{320}{1500} \right)}{36}$$

$$= 15,76 \text{ cm}$$

(SKSNI T 15-1991-03 pers.3.2-14)

Jadi tebal pelat 13 cm memenuhi(OK!)

4.2.3 Permodelan dan Analisa Struktur Pelat

Desain pelat direncanakan menggunakan ketebalan 13 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 8 cm dengan cor setempat setebal 5 cm. Peraturan yang digunakan dalam menentukan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)

Desain pelat direncanakan pada dua 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 yang terjadi adalah jepit.

Pemodelan pelat terutama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan pelat. Pelat pada saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakan bebas dengan penggunaan hanya tulangan lapangan saja, sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan jepit. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan dua keadaan di atas. Selain itu perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

Pembebanan Pelat Lantai

Dalam pembebanan sebelum komposit akan diperhitungkan dua keadaan yaitu :

- o Pemasangan pelat pracetak ataupun pengecoran topping, dalam hal ini dianggap yang bekerja adalah beban kerja (b), beban berat topping (a) belum bekerja.

- Topping telah terpasang tetapi belum berkomposit dengan pelat pracetak sehingga yang terjadi hanya beban topping (a).

Pada kedua keadaan ini dicari nilai yang paling kritis.

Pembebanan Pelat Lantai

- *Sebelum Komposit*

1. Beban Mati (DL)

$$\text{berat sendiri} : 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{berat topping} : 0,05 \times 2400 \dots\dots\dots(a) = 120 \text{ kg/m}^3$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{beban kerja} \dots\dots\dots(b) = 200 \text{ kg/m}^3$$

- *Sesudah Komposit*

1. Beban Mati (DL)

$$\text{berat sendiri} : 0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{penutup lantai (teraso)} = 24 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{spesi (t = 2 cm)} : 0,02 \times 2200 = 44 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ducting AC + pipa} = \underline{30 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{DL} = 410 \text{ kg/m}^3$$

2. Beban Hidup (LL)

$$= 250 \text{ kg/m}^3$$

Kombinasi Pembebanan

Beban Kombinasi Pelat Lantai

- *Beban Kombinasi sebelum komposit*

$$Qu_1 = 1,2 (192) + 1,6 (200) \text{ (keadaan 1, ada beban kerja)}$$

$$= 550,4 \text{ kg/m}^2$$

$$Qu_{1*} = 1,2 (192 + 120) + 1,6 (0) \text{ (keadaan 2, topping telah terpasang)}$$

$$= 374,4 \text{ kg/m}^2$$

- *Beban Kombinasi sesudah komposit*

$$Qu_2 = 1,2 (410) + 1,6 (250)$$

$$= 892 \text{ kg/m}^2$$

Pembebanan Pelat Atap

▪ *Sebelum Komposit*

1. Beban Mati (DL)

$$\text{berat sendiri} : 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{berat topping} : 0,05 \times 2400 \dots\dots (a) = 120 \text{ kg/m}^3$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{beban kerja} \dots\dots\dots(b) = 200 \text{ kg/m}^3$$

▪ *Sesudah Komposit*

1. Beban Mati (DL)

$$\text{berat sendiri} : 0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{aspal (t = 2 cm)} : 0,02 \times 1400 = 28 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ducting AC + pipa} = 30 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{plafon + penggantung} = \underline{18 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{DL} = 388 \text{ kg/m}^3$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{pasal 3.2 PPIUG}^* 83 = 100 \text{ kg/m}^3$$

Kombinasi Pembebanan

Beban Kombinasi Pelat Lantai

▪ *Beban Kombinasi sebelum komposit*

$$Qu_1 = 1,2 (192) + 1,6 (200) \text{ (keadaan 1, ada beban kerja)}$$

$$= 550,4 \text{ kg/m}^2$$

$$Qu_{1*} = 1,2 (192 + 120) + 1,6 (0) \text{ (keadaan 2, topping telah terpasang)}$$

$$= 374,4 \text{ kg/m}^2$$

▪ *Beban Kombinasi sesudah komposit*

$$Qu_2 = 1,2 (410) + 1,6 (250)$$

$$= 892 \text{ kg/m}^2$$

Beban Kombinasi Pelat Atap

▪ *Beban Kombinasi sebelum komposit*

$$Qu_1 = 1,2 (192) + 1,6 (200) \text{ (keadaan 1, ada beban kerja)}$$

$$= 550,4 \text{ kg/m}^2$$

$$Qu_1 = 1,2 (192 + 120) + 1,6 (0) \text{ (keadaan 2, topping telah terpasang)}$$

$$= 374,4 \text{ kg/m}^2$$

- *Beban Kombinasi sesudah komposit*

$$Qu_2 = 1,2 (388) + 1,6 (100)$$

$$= 625,6 \text{ kg/m}^2$$

4.2.4 Penulangan Pelat

Seperti pembahasan diatas, perhitungan penulangan akan direncanakan dalam dua tahap untuk kemudian memilih tulangan yang layak untuk digunakan yang tentu saja memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua tulangan diatas, tulangan pelat mempergunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan.

Tahapan yang akan digunakan penulis dalam menentukan tulangan lentur pelat antara lain :

1. Menentukan data-data d , f_y , f_c' dan M_u
2. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

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

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{min} = 0,002 \dots\dots\dots \text{SKSNI T 15-1991-03 3.16.12-2.1}$$

hitung rasio tulangan yang dibutuhkan

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right), \text{ dan dibandingkan dengan harga } \rho_{min}$$

3. Menentukan luas tulangan (A_s) dari ρ yang didapatkan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Adapun data-data perancangan untuk penulangan pelat :

- Dimensi pelat $(4 \times 3,375) \text{ m}^2$
- Tebal pelat 80 cm

- Tebal decking 20 cm
- Diameter tulangan rencana 12 mm
- Mutu tulangan dengan f_y 320 Mpa
- Mutu beton f_c 30 Mpa

Untuk sebelum komposit :

$$dx = 80 - 20 - \frac{1}{2}(12) = 54 \text{ mm}$$

$$dy = 80 - 20 - 12 - \frac{1}{2}(12) = 42 \text{ mm}$$

Untuk sesudah komposit :

$$dx = 130 - 20 - \frac{1}{2}(12) = 104 \text{ mm}$$

$$dy = 130 - 20 - 12 - \frac{1}{2}(12) = 92 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ untuk } f_c \text{ hingga } 30 \text{ Mpa (SKSNI T 15-1991-03 3.3.2-7)}$$

4.2.4.1 Penulangan Sebelum Komposit

$$Q_{ultimate} = 550,4 \text{ kg/m}^2$$

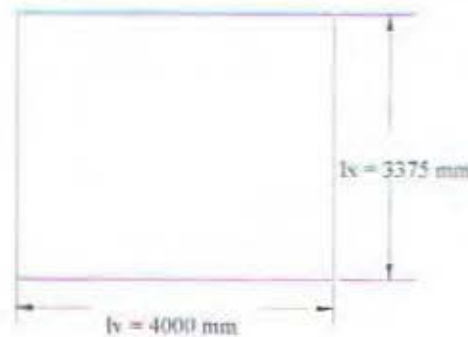
$$dx = 54 \text{ mm}$$

$$dy = 42 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 320} \right)}{320} = 0,044$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,044 = 0,033$$

$$\rho_{min} = 0,002$$



$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{400}{337,5} = 1,18$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen :

- $M_lx = 0,001 q l_x^2 \cdot x$; dengan nilai $x = 59$
- $M_ly = 0,001 q l_y^2 \cdot x$; dengan nilai $x = 45$

Sehingga :

$$Mlx = 0,001 \times 550,4 \times 3,375^2 \times 59 = 369,89 \text{ Kgm}$$

$$Mly = 0,001 \times 550,4 \times 3,375^2 \times 45 = 282,12 \text{ Kgm}$$

Penulangan arah x

$$Rn = \frac{0,37 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 54^2} = 1,586 \text{ Mpa} \qquad m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,586}{320}} \right) = 0,00512$$

ternyata ($\rho_{min} = 0,002$) < ρ < ($\rho_{max} = 0,033$)

maka digunakan $\rho = 0,00512$

tulangan arah x sebelum komposit :

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00512 \times 1000 \times 54 = 276,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SKSNI T-15-1991 3.16.6-5 disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat (= 240 mm)
 ≤ 500 mm

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 12$ -240

$$\begin{aligned} As_{\text{ada}} &= (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/240) \\ &= 471,24 \text{ mm}^2 > 276,54 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Penulangan arah y

$$Rn = \frac{0,28 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 42^2} = 1,98 \text{ Mpa} \qquad m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,98}{320}} \right) = 0,0065$$

ternyata ($\rho_{min} = 0,002$) < ρ < ($\rho_{max} = 0,033$)

maka digunakan $\rho = 0,015$

tulangan arah y sebelum komposit :

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0065 \times 1000 \times 42 = 271,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 12 - 240$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ ada}} &= (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/240) \\ &= 471,24 \text{ mm}^2 > 271,42 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Penulangan sesudah Komposit

$$Q_{\text{ultimate}} = 892 \text{ kg/m}^2$$

$$dx = 104 \text{ mm}$$

$$dy = 92 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,044$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times 0,044 = 0,033$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002$$

Perletakan diasumsikan sebagai perletakan jepit :

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen :

- $M_{lx} = 0,001 q l_x^2 \cdot x$; dengan nilai $x = 28$
- $M_{ly} = 0,001 q l_y^2 \cdot x$; dengan nilai $x = 20$
- $M_{tx} = -0,001 q l_x^2 \cdot x$; dengan nilai $x = 64$
- $M_{ty} = -0,001 q l_y^2 \cdot x$; dengan nilai $x = 56$

Sehingga :

$$M_{lx} = 0,001 \times 892 \times 3,375^2 \times 28 = 284,5 \text{ Kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 892 \times 3,375^2 \times 20 = 203,2 \text{ Kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \times 892 \times 3,375^2 \times 64 = -650,3 \text{ Kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 892 \times 3,375^2 \times 56 = -568,98 \text{ Kgm}$$

Penulangan arah x

Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{0,284 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 104^2} = 0,33 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,33}{320}} \right) = 0,001$$

ternyata $\rho < (\rho_{\min} = 0,002)$

maka digunakan $\rho_{\min} = 0,002$

tulangan lapangan arah x sesudah komposit :

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

$$= 0,002 \times 1000 \times 104 = 237,4 \text{ mm}^2$$

Menurut SKSNI T-15-1991 3.16.6-5 disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 390 \text{ mm}$)

$$\leq 500 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 12 - 350$

$$A_{s \text{ ada}} = (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/350)$$

$$= 322,97 \text{ mm}^2 > 237,4 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Tulangan tumpuan

$$R_n = \frac{0,65 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 104^2} = 0,756 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,765}{320}} \right) = 0,0024$$

ternyata $(\rho_{\min} = 0,002) < \rho < (\rho_{\max} = 0,033)$

maka digunakan $\rho = 0,0024$

tulangan tumpuan arah x sesudah komposit :

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

$$= 0,0024 \times 1000 \times 104 = 249,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 12 - 350$

$$A_{s \text{ ada}} = (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/350)$$

$$= 322,97 \text{ mm}^2 > 249,6 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penulangan arah y

Tulangan lapangan

$$R_n = \frac{0,203 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 92^2} = 0,3 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,3}{320}} \right) = 0,001$$

ternyata $\rho < (\rho_{\min} = 0,002)$

maka digunakan $\rho_{\min} = 0,002$

tulangan lapangan arah y sesudah komposit :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 92 = 184 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SKSNI T-15-1991 3.16.6-5 disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat ($= 390 \text{ mm}$)
 $\leq 500 \text{ mm}$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 12$ -350

$$\begin{aligned} A_{s \text{ ada}} &= (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/350) \\ &= 322,97 \text{ mm}^2 > 184 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

tulangan tumpuan

$$R_n = \frac{0,57 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 92^2} = 0,84 \text{ Mpa} \qquad m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,84}{320}} \right) = 0,0027$$

ternyata $(\rho_{\min} = 0,002) < \rho < (\rho_{\max} = 0,033)$

maka digunakan $\rho = 0,0027$

tulangan tumpuan y sesudah komposit :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0027 \times 1000 \times 92 = 248,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 12$ -350

$$\begin{aligned} A_{s \text{ ada}} &= (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/240) \\ &= 322,97 \text{ mm}^2 > 248,4 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 50 \times 1000 = 1275000 \text{ N} = 1275 \text{ KN}$$

$$C = T$$

$$= A_s \cdot f_y$$

$$= 1046,67 \times 320 = 334934,4 \text{ N} = 334,934 \text{ KN}$$

$$\text{jadi } F_{nh} = C = 334,9344 \text{ KN}$$

$$0,6 \cdot A_c = 0,6 (b_v \cdot L_v)$$

$$= 0,6 \times 1000 \times \frac{1}{2} \cdot 4000$$

$$= 1200000 \text{ N} = 1200 \text{ KN} > F_{nh} (= 334,934 \text{ KN})$$

Karena F_{nh} kurang dari $0,6 \cdot A_c$, sehingga menurut SK SNI T-15-1991-03 3.10.5.2.2 dan 3, bila permukaan temunya bersih dan bebas dari serpihan dan tidak dikasarkan maka dipasang sengkang pengikat minimum. Jarak sengkang minimum tidak boleh melebihi $4 \times$ dimensi terkecil dari elemen yang didukung atau 600 mm , sehingga jarak sengkang pelat $\leq 4 \times t$ topping $= 4 \times 50 = 200 \text{ mm}$

$$A_{v_{\min}} = \frac{b \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{1000 \times 200}{3 \times 320} = 208,33 \text{ mm}^2$$

maka dipakai stud $\emptyset 8-200$ ($A = 251,2 \text{ mm}^2$)

Kontrol retak

Distribusi tulangan lentur harus diatur sedemikian rupa untuk membatasi retak lentur yang terjadi. Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 Mpa , penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian hingga nilai Z yang diberikan oleh

$$Z = f_s \sqrt{d_c \cdot A} \quad \dots \dots \dots \text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.6}$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan.

dengan lebar retak :

$$W_{\max} = 0,076 \cdot \beta \cdot f_s \sqrt{d_c \cdot A} \quad \dots \dots \dots (\text{Edward G. Nawit})$$

dimana :

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja ($0,6 f_y$)

$$= 0,6 \times 320 = 192 \text{ Mpa} = 27,85 \text{ ksi}$$

β = harga rata-rata faktor tinggi = 1,2

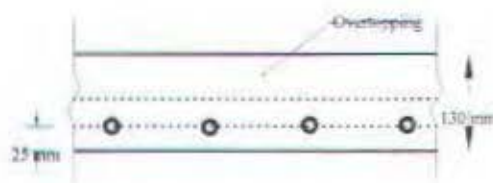
d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan

$$= 25 \text{ mm} = 0,98 \text{ in (decking + jari-jari tulangan)}$$

A = luas beton yang tertarik dibagi dengan banyaknya tulangan.

$$= \frac{b \cdot (2 \cdot dc)}{\gamma_{bc}} \text{ dimana } \gamma_{bc} = \text{banyak tulangan pada sisi yang tertarik}$$

$$= \frac{1 \times (2 \times 0,025)}{14} = 0,0036 \text{ m}^2 = 5,54 \text{ in}^2$$



$$Z = 192 \cdot \sqrt{0,025 \times 0,0036} = 8,6 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

$$W_{\min} = 0,076 \cdot \beta \cdot f_s \cdot \sqrt{dc \cdot A}$$

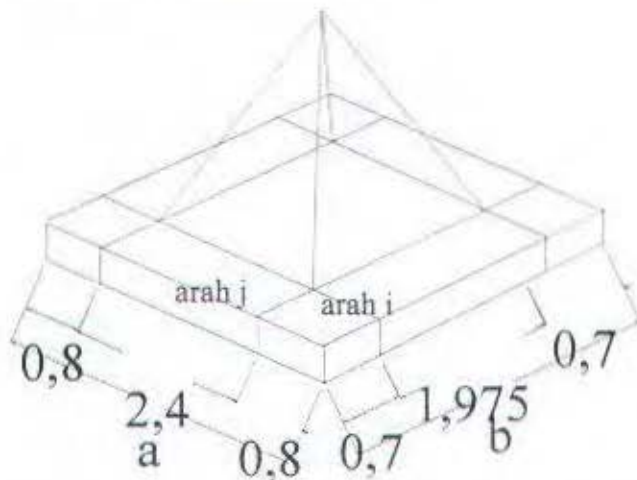
$$= 0,076 \times 1,2 \times 27,85 \times \sqrt{0,098 \times 5,54 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,0045 \text{ in} = 0,11 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Pengangkatan dan Penumpukan Elemen Pelat

Dalam pemasangan pelat pracetak harus pula diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat.

Contoh perhitungan pelat dimensi 400 cm x 337,5 cm dengan empat titik pengangkatan (*four point pick-up*).



Gaya akibat pengangkatan ditransformasikan ke arah horizontal, yaitu arah i dan j.

Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 150 cm.

Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut (1,2) pada saat pengangkatan.

Pembebanan :

Beban mati

- berat sendiri : $4 \times 3,375 \times 0,08 \times 2400 = 2592 \text{ kg}$
- stud + tulangan : $1 \% \times 2592 = 25,9 \text{ kg}$
- DL = 2617,9 kg

Setiap tumpuan memikul beban mati sebesar $5817,6 / 4 = 654,5 \text{ kg}$

Beban hidup (LL) = 100 kg

Beban ultimate = $(1,2 \times 1,2 \times 654,5) + (1,2 \times 1,6 \times 100)$
 $= 1134,48 \text{ kg}$

Gaya angkat (Tu) setiap tulangan = 1134,48 kg

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, tegangan tarik baja U32.

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{3200}{1,5} = 2133,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka diameter tulangan angkat} = \sqrt{\frac{4 \times 1134,48}{\pi \times 2133,33}} = 0,82 \text{ cm}$$

Faktor gaya horizontal :

$$T_i = 1134,48 \times 1,2 / 2,16 = 630,27 \text{ kg}$$

$$T_j = 1134,48 \times 0,99 / 2,16 = 515,97 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.6, tegangan geser baja U32:

$$P_{\text{ijin}} = 0,58 \times \sigma_{\text{tarik ijin}} = 0,58 \times 2133,33 = 1237,14 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$\phi_{\text{tul. angkat}} \geq \sqrt{\frac{4 \times 630,27}{\pi \times 1237,14}}$$

$$\geq 0,8 \text{ cm}$$

$$\phi_{tul. angkat} \geq \sqrt{\frac{4 \times 515,97}{\pi \times 1237,14}}$$

$$\geq 0,73 \text{ cm}$$

Dipasang tulangan angkat 4 ϕ 10 mm

Kontrol tegangan handling

$$f_{\text{plat}} \leq f_r$$

untuk beton $f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3,834 \text{ Mpa}$ (PBI '89 pasal 9.5.2.3)

Lentur arah melintang pelat

M ditahan oleh penampang dengan lebar 15 t atau $\frac{1}{4} b$, dan ambil yang terkecil

$$\rightarrow 15 \times 80 = 1200 \text{ mm.}$$

$$\rightarrow \frac{1}{4} \times 4000 = 1000 \text{ mm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 1000 \times 80^2 = 1,07 \cdot 10^6 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan Pci Design Handbook, momen maksimum diperhitungkan :

$$\begin{aligned} + M_x = - M_x &= 0,0107 w a^2 b \\ &= 0,0107 \times (0,08 \times 2400) \times 4^2 \times 3,375 \\ &= 110,94 \text{ kgm} = 1,11 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen tambahan akibat sudut angkat :

$Y_c = 0,09 \text{ m}$; asumsi $\rightarrow \frac{1}{2} t +$ tinggi stud (5cm)

$$\begin{aligned} M_{\theta} &= P \frac{Y_c}{\text{tg} \theta} \\ &= 1134,48 \frac{0,09}{(1,2/1,5)} = 127,63 \text{ kgm} = 1,276 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{total}} = 1,11 \times 10^6 + 1,276 \times 10^6 = 2,386 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$f_i = f_b = \frac{M}{Z} = \frac{2,386 \times 10^6}{1,07 \times 10^6} = 2,23 \text{ Mpa} < f_r = 3,834 \text{ Mpa} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

Penulangan momen negatif arah y

$$R_n = \frac{0,2386 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 42^2} = 1,98 \text{ Mpa} \quad m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,98}{320}} \right) = 0,0065$$

ternyata ($\rho_{\min} = 0,002$) < ρ < ($\rho_{\max} = 0,033$)

maka digunakan $\rho = 0,015$

tulangan arah y sebelum komposit :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0065 \times 1000 \times 42 = 271,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 12 - 240$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ ada}} &= (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/240) \\ &= 471,24 \text{ mm}^2 > 271,42 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Lentur arah memanjang pelat

M ditahan oleh penampang dengan lebar $\frac{1}{2} a = \frac{1}{2} \times 3375 \text{ mm}$

$$Z = \frac{1}{6} \times 1687,5 \times 80^2 = 1,8 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan Pci Design Handbook, momen maksimum diperhitungkan :

$$\begin{aligned} - M_i &= - M_i = 0,0054 w a b^2 \\ &= 0,0054 \times (0,08 \times 2400) \times 4 \times 3,375^2 \\ &= 93,6 \text{ kgm} = 0,936 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen tambahan akibat sudut angkat :

$Y_c = 0,09$; asumsi $\rightarrow \frac{1}{2} t +$ tinggi stud (sama dg tebal overtopping)

$$\begin{aligned} M_{\theta} &= P \frac{Y_c}{\text{tg} \theta} \\ &= 1134,48 \frac{0,09}{(0,99/1,5)} = 154,7 \text{ kgm} = 1,547 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{total}} = 0,936 \times 10^6 + 1,547 \times 10^6 = 2,483 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$f_t = f_b = \frac{M}{Z} = \frac{2,438 \times 10^6}{1,8 \times 10^6} = 1,354 \text{ Mpa} < f_r = 3,834 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penulangan momen negatif arah x

$$R_n = \frac{0,248 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 54^2} = 1,06 \text{ Mpa} \qquad m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,06}{320}} \right) = 0,00338$$

ternyata ($\rho_{\min} = 0,002$) < ρ < ($\rho_{\max} = 0,033$)

maka digunakan $\rho = 0,00338$

tulangan arah x sebelum komposit :

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

$$= 0,00338 \times 1000 \times 54 = 182,756 \text{ mm}^2$$

Menurut SKSNI T-15-1991 3.16.6-5 disebutkan :

Jarak tulangan utama $\leq 3 \times$ tebal pelat (= 240 mm)

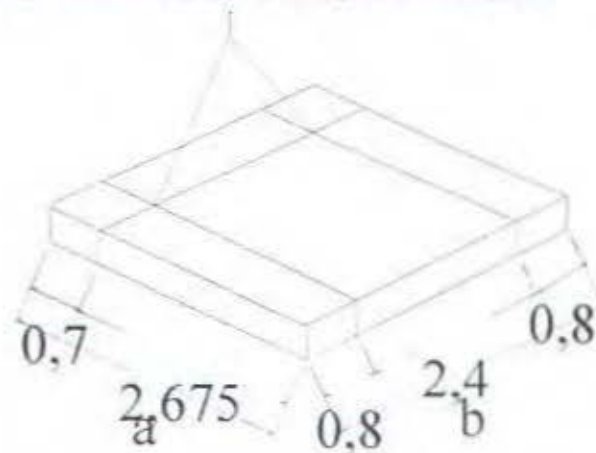
$$\leq 500 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 12$ -240

$$A_{s \text{ ada}} = (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/240)$$

$$= 471,24 \text{ mm}^2 > 182,756 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Kontrol tegangan handling pada saat pemutaran pelat



Gbr. 4.71. a) b) c) d) e) f) g) h) i) j) k) l) m) n) o) p) q) r) s) t) u) v) w) x) y) z)

Momen arah melintang pelat :

$$R_L = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot w \cdot a^2 \right)$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\frac{1}{2} \times 2400 \times 0,08 \times 4 \times 1,2 \times 3,375^2}{4} \right) = 437,4 \text{ kg}$$

$$R_R = w \cdot z - R_L$$

$$= \left(\frac{2400 \times 0,08 \times 4 \times 1,2}{4} \times 3,375 \right) - 437,4 = 340,2 \text{ kg}$$

$$M_a = \frac{1}{2} \cdot w \cdot 0,8^2$$

$$= \frac{1}{2} \times \left(\frac{2400 \times 0,08 \times 4 \times 1,2}{4} \right) \times 0,8^2 = 73,73 \text{ kgm} = 0,74 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{b_{\max}} \text{ di } \rightarrow \frac{R_R}{w} = \frac{340,2}{230,4} = 1,476 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_b &= R_R (1,476) - \frac{1}{2} \cdot w \cdot (1,476)^2 \\ &= 288 (1,476) - \frac{1}{2} \times 345,6 (1,476)^2 \\ &= 120 \text{ kgm} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Z = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

untuk beton $f_r = 0,7 \sqrt{f'c} = 3,834 \text{ Mpa}$

$$f_t = \frac{0,74 \times 10^6}{1,8 \times 10^6} = 0,411 \text{ Mpa} < 3,834 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

$$f_b = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1,8 \cdot 10^6} = 0,667 \text{ Mpa} < 3,834 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penumpukan Elemen Pelat

W pelat A : $0,8 \times 4 \times 3,375 \times 2400 = 25920 \text{ kg} (= 259200 \text{ N})$

Ditumpuk pada umur beton 28 hari ($f_r = 0,7 \sqrt{f'c} = 3,834 \text{ Mpa}$)

Tumpuan menggunakan kayu dimensi $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$

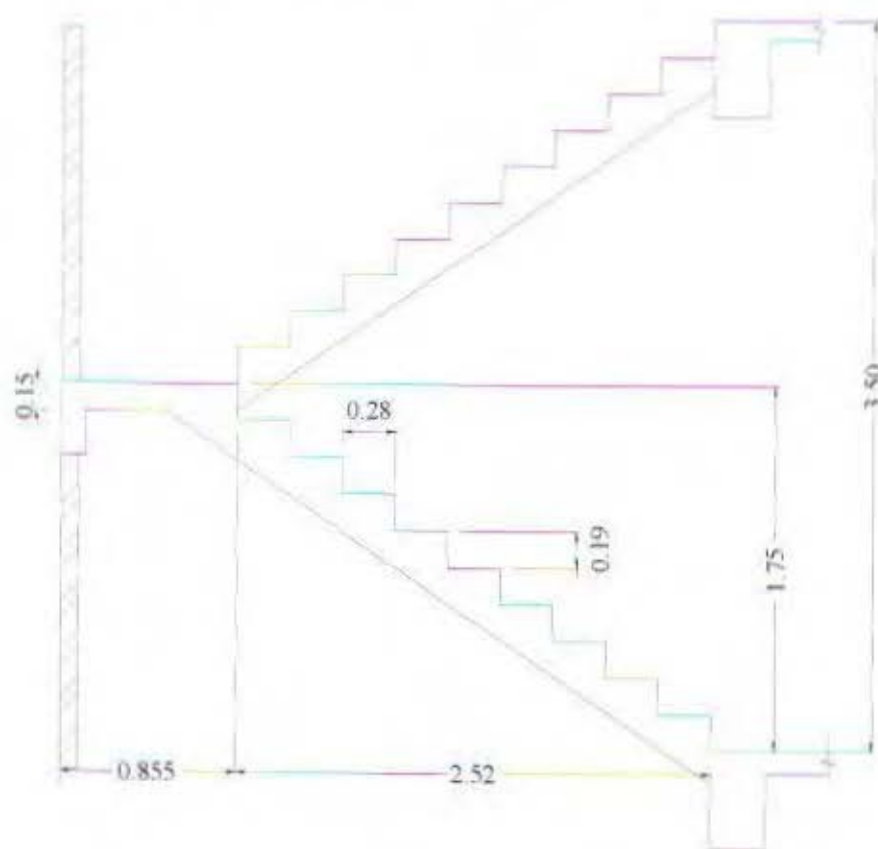
Kontrol tegangan yang terjadi pada tengah bentang :

$$\text{Pelat A : } \frac{\frac{1}{2} \times W_{\text{pelat}}}{A_{\text{bidang tumpuan}}} = \frac{\frac{1}{2} \times 252900}{100 \times 3375} = 0,384 \text{ Mpa}$$

$$\text{Ditumpuk sebanyak } \frac{3,834}{0,384} = 9,98 \rightarrow 9 \text{ tumpuk}$$

4.3 DESAIN TANGGA

Tangga direncanakan menggunakan metode cor setempat. Tumpuan untuk tangga pada perhitungan analisa struktur diasumsikan sebagai tumpuan sendi dan rol.



Rencana Tangga

4.3.1 Perhitungan Pelat Tangga.

Syarat perencanaan : $60 < (2t + 1) < 64$ cm.

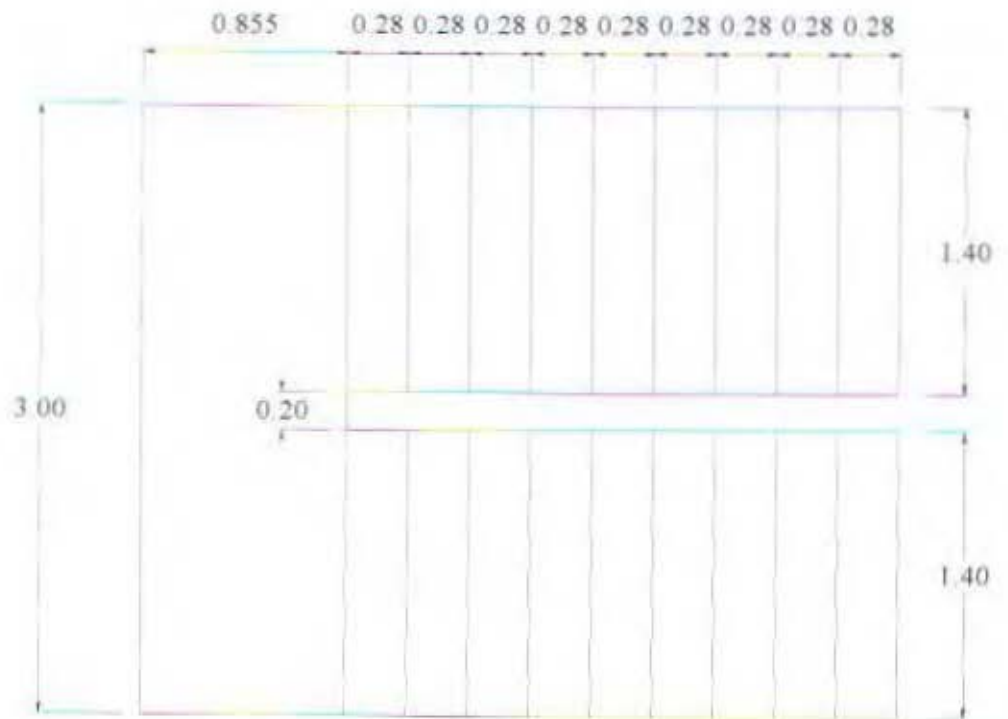
$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

dimana : t = tinggi injakan (cm)

l = lebar injakan (cm)

α = kemiringan tanjakan





Denah Tangga

Data-Data Perancangan :

- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu tulangan = 320 Mpa
- Lebar tangga = 140 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Lebar bordes = 100 cm
- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Tinggi injakan = 19 cm
- Lebar injakan = 28 cm
- Kemiringan tangga = $\text{arc. tan}\left(\frac{19}{28}\right) = 34,16^\circ$

Perhitungan tebal rata-rata pelat

$$t_1 = 15 \text{ cm}$$

$$t_2 = \frac{1}{2} 19 \times \cos(34,16^\circ) = 8,3 \text{ cm}$$

$$t_r = t_1 + t_2$$

$$= 15 + 8,3 = 23,3 \text{ cm}$$

Perhitungan Pembebanan Tangga dan Bordes

Pelat tangga

- Beban mati
 - berat sendiri = $0,233 \times 2400 \times 1,4 \text{ m}$ = 783 kg/m
 - spesi (2 cm) = $0,02 \times 2400 \times 1,4 \text{ m}$ = 67,2 kg/m
 - tegel = $24 \text{ kg/m}^2 \times 1,4 \text{ m}$ = 33,6 kg/m
 - sandaran = 20 kg/m
- = 903,8 kg/m
- Beban hidup = 300 kg/m
- $Q_{ult} = (1,2 \times 903,8) + (1,6 \times 300)$ = 1564,6 kg/m

Pelat bordes

- Beban mati
 - berat sendiri = $0,15 \times 2400 \times 1,5 \text{ m}$ = 540 kg/m
 - spesi (2 cm) = $0,02 \times 2400 \times 1,5 \text{ m}$ = 792 kg/m
 - tegel = $24 \text{ kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m}$ = 36 kg/m
- = 1368 kg/m
- Beban hidup = 300 kg/m
- $Q_{ult} = (1,2 \times 1368) + (1,6 \times 300)$ = 2121,6 kg/m

Untuk perhitungan gaya dalam digunakan SAP 2000.

Didapatkan :

Pelat anak tangga = 4173,92 kgm

Pelat bordes = 3182,20 kgm



Penulangan Lentur Pelat Tangga dan Bordes.

- **Penulangan lentur pelat tangga**

Penulangan arah x

$$\rho_k = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.1.4.3.}$$

$$\rho_k = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,044$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,044 = 0,033$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

direncanakan menggunakan tulangan $\emptyset 12$ mm

$$d = 233 - 20 - \frac{1}{2} \times 12 = 207 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{4,173 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 207^2} = 1,22 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,22}{320}} \right) = 0,0039$$

ternyata $(\rho_{\min} = 0,002) < \rho < (\rho_{\max} = 0,033)$

maka digunakan $\rho = 0,0039$

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

$$= 0,0039 \times 1000 \times 207 = 1131,77 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 12-75$

$$A_{s \text{ ada}} = (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/75)$$

$$= 1507,2 \text{ mm}^2 > 1131,77 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penulangan arah y

Direncanakan sebagai pelat satu arah, maka penulangan arah y adalah

tulangan pembagi dengan jumlah tulangan :

$$\text{Tulangan pembagi} = 0,002 \times A_{\text{bruto}}$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 194 = 388 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 12-250$

$$A_{s \text{ ada}} = (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/250)$$

$$= 452,16 \text{ mm}^2 > 388 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

- **Penulangan lentur pelat bordes**

Penulangan arah x

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,044$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,044 = 0,033$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

direncanakan menggunakan tulangan Ø 12 mm

$$d = 150 - 20 - \frac{1}{2} \times 12 = 124 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{3,182 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 124^2} = 2,59 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 2,73}{320}} \right) = 0,0085$$

ternyata $(\rho_{min} = 0,002) < \rho < (\rho_{max} = 0,033)$

maka digunakan $\rho = 0,0085$

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,009 \times 1000 \times 124 = 1060,54 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan Ø 12-100

$$As_{ada} = (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/100)$$

$$= 1130,4 \text{ mm}^2 > 1121,09 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penulangan arah y

Direncanakan sebagai pelat satu arah, maka penulangan arah y adalah tulangan pembagi dengan jumlah tulangan :

$$\text{Tulangan pembagi} = 0,002 \times A_{bruto}$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 124 = 248 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan Ø 12-250

$$As_{ada} = (0,25 \times 3,14 \times 12^2) \times (1000/250)$$

$$= 452,16 \text{ mm}^2 > 248 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penulangan Geser

- Penulangan geser pelat tangga

$$Vu = 3918,72 \text{ kg}$$

Sumbangan kekuatan geser beton :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b w d \dots\dots\dots (\text{SKSNI T-15-03-1991 pasal 3.4.4-1})$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 1000 \times 194 \\ &= 106258,18 \text{ N} \\ &= 10625,82 \text{ kg} > V_u \end{aligned}$$

karena $V_u < \Phi V_c$, maka tidak perlu tulangan geser.

- Penulangan geser pelat bordes

$$V_u = 4012,04 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 1000 \times 124 \\ &= 67917,59 \text{ N} \\ &= 6791,76 \text{ kg} > V_u \end{aligned}$$

karena $V_u < \Phi V_c$, maka tidak perlu tulangan geser.

Dari perhitungan diatas kebutuhan penulangan tangga adalah:

Tulangan pelat tangga

- tulangan lentur arah x : Ø 12-75
- tulangan lentur arah y : Ø 12-250

Tulangan pelat bordes

- tulangan lentur arah x : Ø 12-100
- tulangan lentur arah y : Ø 12-250

Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan dimensi balok 20 x 30 cm

Pembebanan :

- berat sendiri balok : $0,2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$
- berat tembok : $0,5 \times 4 \times 250 = 500 \text{ kg/m}$
- $= 644 \text{ kg/m}$

$$q_u = 1,2 \cdot q_d = 1,2 \times 644 = 772,8 \text{ kg/m}$$

Perhitungan momen ultimate (PBI 71).

$$M_u \text{ Tump} = \frac{1}{10} \cdot q_u \cdot L_u^2$$

$$Mu_{lap} = \frac{1}{2} q_u L u^2$$

- **Tulangan Tumpuan**

Tulangan Tumpuan Atas

$$Mu_{Tump} = \frac{1}{10} \times 772,8 \times 3^2 = 695,52 \text{ kgm} = 0,696 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan $\emptyset 12 \text{ mm}$

$$d = 300 - 40 - \frac{1}{2} \times 12 = 254 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{0,696 \times 10^7}{0,8 \times 200 \times 254^2} = 0,67 \text{ Mpa} \qquad m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,5 \times 0,67}{320}} \right) = 0,0021$$

ternyata $(\rho_{min} = 0,002) < \rho < (\rho_{max} = 0,033)$

maka digunakan $\rho = 0,0021$

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0021 \times 200 \times 254 = 108,45 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 $\emptyset 12$ ($As = 226,08 \text{ mm}^2$)

Tulangan tumpuan bawah

Diasumsikan $\delta = 0,5$ SKSNI T 15-1991 pasal 3.14.3-2

$$As' = 0,5 \times 108,45 = 54,225 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 $\emptyset 12$ ($As = 226,08 \text{ mm}^2$)

- **Tulangan Lapangan**

Tulangan Lapangan Bawah

$$Mu_{Tump} = \frac{1}{12} \times 772,8 \times 3^2 = 500,27 \text{ kgm} = 0,5 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan $\emptyset 12 \text{ mm}$

$$d = 300 - 40 - \frac{1}{2} \times 12 = 254 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{0,5 \times 10^7}{0,8 \times 200 \times 254^2} = 0,48 \text{ Mpa} \qquad m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,5 \times 0,48}{320}} \right) = 0,0015$$

ternyata $\rho < (\rho_{min} = 0,002)$

maka digunakan $\rho = 0,002$

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

$$= 0,002 \times 200 \times 254 = 101,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 Ø 12 ($A_s = 226,08 \text{ mm}^2$)

Tulangan Lapangan Atas

Diasumsikan $\delta = 0,5$ SKSNI T 15-1991 pasal 3.14.3-2

$$A_s' = 0,5 \times 101,6 = 50,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 Ø 12 ($A_s = 226,08 \text{ mm}^2$)

- **Penulangan geser balok bordes**

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L = \frac{1}{2} \times 772,8 \times 6 = 2318,4 \text{ kg} = 23184 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 200 \times 254$$

$$= 27824,3 \text{ N} > V_u$$

karena $V_u < \phi V_c$, maka dipasang tulangan geser minimum Ø 10 – 200



BAB V
DESAIN STRUKTUR UTAMA

BAB V

DESAIN STRUKTUR UTAMA

5.1 ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1.1 Umum

Struktur utama adalah komponen utama dari struktur bangunan yang berfungsi menahan pembebanan yang berasal dari beban hidup ataupun beban mati. Juga mampu menahan beban lateral berupa beban gempa dan angin.

5.1.2 Permodelan Struktur

Perancangan gedung perkantoran ini memodelkan struktur sebagai *Momen Resisting Frame System (MRFs)*, yaitu dimana beban gravitasi dipikul sepenuhnya oleh frame, sedangkan beban lateralnya dipikul oleh aksi lentur framenya. Permodelan struktur ini mengambil permodelan yang disyaratkan dalam peraturan UBC 1997.

5.1.3 Data-data Perancangan

Perancangan gedung perkantoran ini berdasarkan atas data-data sebagai berikut :

1. Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
2. Mutu baja tulangan = 320 Mpa
3. Jumlah lantai = 12
4. Tinggi lantai dasar = 4 m
5. Tinggi lantai 1 - 12 = 3,5 m
6. Tinggi bangunan = 42,5 m
7. Ukuran bangunan = 27 m x 16 m
8. Dimensi kolom = 60 cm x 60 cm
9. Dimensi balok = 40 cm x 67,5 cm
10. Wilayah gempa = Zone 2a
11. Tipe tanah = Sd

5.1.4 Pembebanan Vertikal

Pembebanan gravitasi dari pelat akan langsung dimasukkan sebagai beban sendiri dari pelat ke dalam program bantu ETABS dan akan diubah menjadi beban *Tributary Area*.

5.1.5 Beban Lateral Akibat Beban Gempa

Beban lateral akibat gempa akan secara otomatis dihitung oleh program bantu ETABS, dengan menggunakan peraturan UBC 1997.

5.1.6 Beban Lateral Akibat Beban Angin

Beban angin dihitung berdasarkan PPI 1987

Tekanan angin $\rightarrow q_s = 50 \text{ kg/m}^2$ (dekat pantai)

- Pada portal dinding memanjang

$$q_{\text{portal-A}} = 0,9 \times 50 \times 6,75 = 303,75 \text{ kg/m (tekan)}$$

$$q_{\text{portal-E}} = 0,4 \times 50 \times 6,75 = 135 \text{ kg/m (isap)}$$

5.1.7 Perhitungan Gaya Dalam

System struktur dimodelkan sebagai *Moment Resisting Frame System* dengan perletakan jepit sebagai dasar kolom.

Struktur utama dianalisa dengan bantuan program ETABS analisa statis dilakukan dengan kombinasi-kombinasi pembebanan yang disyaratkan dalam UBC 1997.

Untuk menyalurkan gaya lateral supaya dapat diterima oleh komponen struktur penahan gaya lateral, maka lantai dimodelkan sebagai diafragma yang kaku (*rigid floor diaphragm*), jadi seluruh joint dalam satu bidang lantai dianggap tidak bisa bergerak relatif satu sama lain.

Adapun kombinasi pembebanan yang disyaratkan oleh UBC 1997 sebagaimana yang terdapat dalam section 1612.2.1 adalah sebagai berikut :

- | | | |
|----|--------------------------|----------------------------------|
| 1. | 1,4 D | (Per.12.2 section 16 UBC 1997) |
| 2. | 1,2 D + 1,6 L | (Per.12.3 section 16 UBC 1997) |
| 3. | 1,2 D + f_1 L + 1,3 W | (Per.12.4 section 16 UBC 1997) |
| 4. | 1,1(1,2 D + f_1 L + E) | (Per.12.5 section 16 UBC 1997) |
| 5. | 1,1(0,9 D + E) | (Per.12.6 section 16 UBC 1997) |

dimana : $f_1 = 1,0$ untuk lantai pada tempat umum, untuk beban hidup lebih dari $4,9 \text{ KN/m}^2$ dan untuk beban hidup garasi.

$= 0,5$ untuk beban hidup lainnya

Untuk beban gempa (E) ditentukan sesuai dengan section 1630.1.1 yaitu:

- untuk kombinasi biasa

$$E = \rho \cdot E_h + E_v$$

untuk struktur pada zone gempa 0, 1, dan 2, menurut section 1630.1.1 UB 1997 maka diambil $\rho = 1$

$$E_v = 0,5 \cdot C_a \cdot I \cdot D$$

$$= 0,5 \times 0,12 \times 1 \times D = 0,06 D$$

$$E = E_h + 0,06 D$$

Setelah didapatkan nilai-nilai f_1 dan E seperti diatas maka kombinasi pembebanan menjadi sebagai berikut :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L$
3. $1,2 D + 0,5 L + 1,3 W$
4. $1,386 D + 0,55 L + 1,1 E$
5. $1,056 D + 1,1 E$

5.1.8 Kontrol Periode (T)

Dari perhitungan analisa struktur ETABS didapatkan hasil perhitungan akibat gaya gempa sebagai berikut :

AUTO SEISMIC UBC 97

Case: QUAKE

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY

Typical Eccentricity = 5%

Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Method A

$C_t = 0.03$ (in feet units)

Top Story: STORY12

Bottom Story: BASE

$R = 5.5$

$I = 1$

$h_n = 42.500$ (Building Height)

Soil Profile Type = SD

$Z = 0.15$

$C_a = 0.2200$

$C_v = 0.3200$

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$$T_a = C_t (h_n^{3/4})$$

$$V = (C_v I W) / (R T) \quad (\text{Eqn. 1})$$

$$V \leq 2.5 C_a I W / R \quad (\text{Eqn. 2})$$

$$V \geq 0.11 C_a I W \quad (\text{Eqn. 3})$$

If $T \leq 0.7$ sec, then $F_t = 0$

If $T > 0.7$ sec, then $F_t = 0.07 T V \leq 0.25 V$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

$T_a = 1.2173$ sec

T Used = 1.2173 sec

W Used = 8230002.86

$$V \text{ (Eqn 1)} = 0.0478W$$

$$V \text{ (Eqn 2)} = 0.1000W$$

$$V \text{ (Eqn 3)} = 0.0242W$$

$$V \text{ (Eqn 4)} = 0.0349W$$

$$V \text{ Used} = 0.0478W = 393355.788$$

$$F_t \text{ Used} = 33518.557$$

Didalam analisa ETABS secara auto seismic, didapatkan hasil :

Periode (T_A)=1,2173 detik.

5.1.9 Kontrol Periode (T) Berdasarkan Metode B

Periode yang didapatkan pertama kali dari perumusan :

$$T = C_t (h_n)^{3/4}$$

selanjutnya harus ditinjau dengan Metode B dengan perumusan :

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2 \right) + \left(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \delta_i \right)} \dots \dots \dots \text{Pers.(30-10)}$$

dimana : w_i = berat struktur pada lantai i

δ_i = defleksi elastis pada lantai i

g = percepatan gravitasi

f_i = gaya gempa pada lantai i

Dari analisa struktur yang dilakukan didapat nilai δ .

Harga δ tiap tingkat digunakan untuk mendapatkan displacement relatif tingkat

(δ_i) dengan rumus : $\delta_i = \delta - \delta_{i-1}$

Tabel 5.5 Kontrol periode dengan Metode B

Lantai	δ (m)	δ_i (m)	w_i (kg)	f_i (kg)	$W_i \delta_i^2$ (kgm ²)	$F_i \delta_i$ (kgm)
12	0.1646	0.0055	296986	78444.893	8.9838265	431.44691
11	0.1591	0.0076	296986	51919.551	17.153911	394.58859
10	0.1515	0.0098	296986	47360.111	28.522535	464.12909
9	0.1417	0.0119	296986	42600.664	42.056187	506.9479
8	0.1298	0.0136	296986	37941.216	54.930531	516.00054

7	0.1162	0.0153	296986	33281.769	69.521453	509.21107
6	0.1009	0.0165	296986	28622.321	80.854439	472.2683
5	0.0844	0.0177	296986	23962.873	93.042744	424.14285
4	0.0667	0.0184	296986	19303.426	100.54758	355.18304
3	0.0483	0.0186	296986	14643.978	102.74528	272.37799
2	0.0297	0.0175	296986	9984.531	90.951963	174.72929
1	0.0122	0.0122	296986	5390.447	44.2034	65.76345
TOTAL					733.5138	4586.789

$$T = 2 \times 3,14 \sqrt{(733,5138) \div (9,8 \times 4586,789)} = 0,8022 \text{ detik}$$

Hasil Metode B $\rightarrow T = 0,723$ detik **OK!**

Karena perencanaan pada Zone 2 :

Maka : $T_B \leq 1,4 T_A$, jadi T terpakai = T_A

$T_B \geq 1,4 T_A$, jadi T terpakai = T_B

Hasil Metode A $\rightarrow T = 1,2173$ detik

$$T + 0,4 T = 1,7042 \text{ detik } (T_B \leq 1,4 T_A)$$

Dari data-data diatas didapatkan bahwa berat dan gaya geser bangunannya adalah :

berat total bangunan = 8230002,86 kg

gaya geser total = 393355,399 kg

5.1.10 Kontrol Drift Tingkat

Kontrol drift pada perancangan ini menggunakan data *displacement* dari analisa struktur yang telah dilakukan.

Perumusan drift pada setiap tingkat :

$$\Delta_M = 0,7 \cdot R \cdot \Delta_S \dots \dots \dots \text{Pers.(30-17)}$$

nilai R = 5,5 untuk *Concrete Intermediate Moment-Resisting Frame*

untuk struktur dengan periode $T > 0,7$ detik batasan yang diberikan section 1630.10.2 UBC 1997 adalah $\Delta_M \leq 0,02 h_i$

$$\leq 0,02 \times 4 \text{ m} \quad (\text{lantai 1})$$

$$\leq 0,08 \text{ m}$$

$$\Delta_M \leq 0,02 \times 3,5 = 0,07 \text{ m} \quad (\text{lantai 2 - 12})$$

Contoh perhitungan lantai 12 :

$$\Delta_S = 0,0055$$

$$\begin{aligned}\Delta_M &= 0,7 R \cdot \Delta_S \\ &= 0,7 \times 5,5 \times 0,0055 = 0,021\end{aligned}$$

Tabel 5.6 Kontrol drift

Lantai	Δ (m)	Δ_S (m)	Δ_M (m)	Batas (m)	Ket.
12	0.1646	0.0055	0.021	0.07	OK
11	0.1591	0.0076	0.029	0.07	OK
10	0.1515	0.0098	0.038	0.07	OK
9	0.1417	0.0119	0.046	0.07	OK
8	0.1298	0.0136	0.052	0.07	OK
7	0.1162	0.0153	0.059	0.07	OK
6	0.1009	0.0165	0.063	0.07	OK
5	0.0844	0.0177	0.068	0.07	OK
4	0.0667	0.0184	0.069	0.07	OK
3	0.0483	0.0186	0.068	0.07	OK
2	0.0297	0.0175	0.067	0.07	OK
1	0.0122	0.0122	0.067	0.08	OK

5.1.11 Kontrol Pengaruh P- Δ Effect

Pengaruh P- Δ yang disebabkan oleh gaya gempa dalam perencanaan struktur tahan gempa harus diperhitungkan dalam penilaian stabilitas seluruh struktur frame dan harus dihitung dengan gaya yang menghasilkan displacement (Δ_S). Namun berdasarkan section 1630.1.3 UBC 1997 pengaruh P- Δ dapat diabaikan jika ratio dari secondary moment terhadap primary moment tidak lebih dari 0,10.

Besarnya koefisien stabilitas (θ) secara matematis dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\theta = \frac{w_i \Delta_S}{V_x h_i}$$

dimana :

w_i = beban gravitasi total tak terfaktor pada level x

Δ_S = drift lantai

V_x = gaya geser level x dan x-1

h_i = tinggi tingkat i

Tabel 5.7 Kontrol Koefisien Stabilitas

Lantai	Beban (kg)	Drift (m)	Gaya lateral (kg)	Tinggi tingkat (m)	θ
12	296986	0.0055	78444.893	3.5	0.005949
11	296986	0.0076	51919.551	3.5	0.012421
10	296986	0.0098	47360.111	3.5	0.017558
9	296986	0.0119	42600.664	3.5	0.023703
8	296986	0.0136	37941.216	3.5	0.030416
7	296986	0.0153	33281.769	3.5	0.039008
6	296986	0.0165	28622.321	3.5	0.048916
5	296986	0.0177	23962.873	3.5	0.062676
4	296986	0.0184	19303.426	3.5	0.080882
3	296986	0.0186	14643.978	3.5	0.107776
2	296986	0.0175	9984.531	3.5	0.148723
1	296986	0.0122	5390.447	4	0.168039

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai koefisien stabilitas (θ) pada lantai 1, 2, 3 $> 0,10$ sehingga pengaruh dari P- Δ effect perlu diperhitungkan dalam input analisa struktur memakai program bantu ETABS.

5.2 PENULANGAN STRUKTUR UTAMA

Perancangan struktur utama dapat dilakukan setelah mendapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur utama hasil dari analisa menggunakan software analisa struktur. Perhitungan penulangan struktur utama akan menggunakan peraturan SKSN T-15-1991-03 serta peraturan lainnya yang menunjang.

Perencanaan tulangan balok induk dihitung dalam dua kondisi. Kondisi yang pertama adalah kondisi pada saat balok belum berkomposit dengan elemen struktur yang lain, dan keadaan yang kedua adalah pada saat balok telah berkomposit. Dari dua keadaan ini akan dihitung tulangan yang lebih kritis untuk digunakan.

Data-data perancangan :

- Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) : 320 Mpa
- Dimensi balok : 40/67,5

5.2.1 Penulangan lentur balok induk

Penulangan lentur sebelum komposit



Balok precast pada saat sebelum komposit dihitung sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi.

Pembebanan pada balok induk sebelum komposit konsepnya sama dengan pembebanan balok induk sesudah komposit yang telah dihitung sebelumnya, namun beban yang dihitung hanyalah pembebanan yang berasal dari pelat overtopping dan berat balok itu sendiri.

Persyaratan tulangan

- Rasio tulangan balance

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \quad \beta_1 = 0,85 \text{ untuk } 0 < f_c' < 30 \text{ Mpa} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 320} \right)}{320} \\ &= 0,044\end{aligned}$$

- Rasio tulangan maksimum

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,044 = 0,033\end{aligned}$$

- Rasio tulangan minimum

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

- Rasio antara baja dan beton

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

Penulangan lentur sebelum komposit

Contoh perhitungan :

Bentang balok induk = 6,75 m

Perhitungan pembebanan

- beban mati

$$\text{berat sendiri pelat pracetak} = 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{berat overtopping} = 0,05 \times 2400 = \underline{120 \text{ kg/m}^2}$$

$$q = 312 \text{ kg/m}^2$$

- beban kerja

$$q = 200 \text{ kg/m}^2$$

beban equivalen yang bekerja pada balok (pelat 337,5 cm x 400 cm)

beban mati : $q_{ek} = \frac{1}{3} q_{lx}$

$$= \frac{1}{3} \times 312 \times 4 = 416 \text{ kg/m}$$

beban hidup : $q_{ek} = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 200 \times 4 = 160 \text{ kg/m}$

beban mati juga mendapatkan tambahan dari berat sendiri balok :

$$q_{ek} = 416 + (0,675 - 0,13) \times 0,40 \times 2400 = 939,2 \text{ kg/m}$$

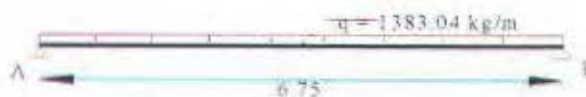
kombinasi pembebanan :

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

$$= 1,2 (939,2) + 1,6 (160) = 1383,04 \text{ kg/m}$$

momen lapangan (M) = $\frac{1}{8} q l^2$

$$= \frac{1}{8} \times 1383,04 \times 6,75^2 = 7876,845 \text{ kgm}$$



Gb 5.1 Pembebanan Sebelum Komposit

$$M_u = 7876,845 \text{ kgm} = 78768,45 \text{ Nm}$$

direncanakan menggunakan tulangan D 22

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d_x = 675 - 130 - 20 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 502 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{7,876 \times 10^7}{0,8 \times 400 \times 502^2} = 0,977 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,977}{320}} \right) = 0,0031$$

ternyata $\rho < (\rho_{\min} = 0,0044)$

maka digunakan $\rho = 0,0044$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0044 \times 400 \times 502 = 883,52 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3 D 22 ($A_s = 1140,398 \text{ mm}^2$)

Penulangan lentur setelah komposit

Contoh perhitungan :

Dimensi balok induk 40/67,5 cm

Bentang balok induk = 6,75 m

Dari hasil analisa struktur dengan software ETABS didapatkan nilai momen sebagai berikut :

$$M_{\text{tumpuan}} = - 24708,24 \text{ kgm} = 2,4 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = + 15807,31 \text{ kgm} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

Pada tumpuan → balok dianggap persegi

- *Tulangan tumpuan atas*

direncanakan menggunakan tulangan D 22

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$d_x = 675 - 20 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 632 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{2,4 \times 10^8}{0,8 \times 400 \times 632^2} = 1,878 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,878}{320}} \right) = 0,0061$$

ternyata $(\rho_{\min} = 0,0044) < \rho < (\rho_{\max} = 0,033)$

maka digunakan $\rho = 0,0061$

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0061 \times 400 \times 632 = 1542,08 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 5 D 22 ($A_s = 1900,66 \text{ mm}^2$)

- *Tulangan tumpuan bawah*

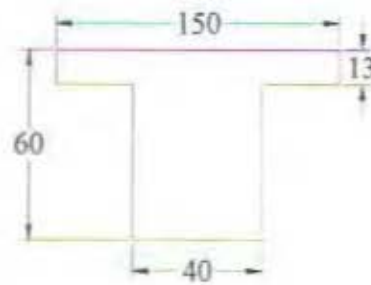
Diasumsikan $\delta = 0,5$ SKSNI T 15-1991 pasal 3.14.3-2

$$A_s' = 0,5 \times 1542,08 = 771,04 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3 D 22 ($A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$)

Pada lapangan → balok dianggap sebagai balok T palsu

- *Tulangan lapangan bawah*



$$\begin{aligned}
 be_1 &= \frac{1}{4} \cdot L_s \\
 &= \frac{1}{4} \times 675 = 168,75 \text{ cm} \\
 be_2 &= bw + 16t \\
 &= 40 + (16 \times 13) = 248 \text{ cm} \\
 be_3 &= \frac{1}{2} (L_s - bw) \\
 &= \frac{1}{2} (675 + 40) = 357,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$b = be = 1687,5 \text{ mm}$$

$$dx = 675 - 20 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 632 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan 4 D 22 ($A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$)

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 1520,53 \times 320 = 486569,87 \text{ N}$$

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot be \cdot hf$$

$$= 0,85 \times 30 \times 1687,5 \times 130 = 5594062,5 \text{ N}$$

Karena $C > T$, maka balok dianggap sebagai balok T palsu, berperilaku sebagai balok persegi dengan lebar be .

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times be} = \frac{1520,53 \times 320}{0,85 \times 30 \times 1687,5} = 11,31 \text{ mm} < t = 13 \text{ mm}$$

$$\rho_{aktual} = \frac{A_s}{bw \cdot d} = \frac{1520,53}{400 \times 632} = 0,006 > \rho_{min} = 0,0044 \dots \dots \text{OK!}$$

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

$$= 0,6 \times 1520,53 \times 320 \left(632 - \frac{11,31}{2} \right) = 1,83 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

$$M_{lapangan} < \phi Mn \rightarrow 1,5 \cdot 10^8 \text{ Nmm} < 1,83 \cdot 10^8 \text{ Nmm} \dots \dots \text{OK!}$$

Jadi digunakan tulangan 4 D 22 ($A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$)

- *Tulangan lapangan atas*

Diasumsikan $\delta = 0,5 \dots \dots \dots$ SKSNI T 15-1991 pasal 3.14.3-2

$$A_s' = 0,5 \times 1520,53 = 760,265 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 22 ($A_s = 760,265 \text{ mm}^2$)

5.2.2 Penulangan geser dan torsi

Tabel keputusan untuk kombinasi geser dan torsi

Zone	Kondisi Desain	Referensi SK SNI T-15-991-03	Tulangan perlu
1	$T_u < \Phi \frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \sum x^2 y$ torsi dapat diabaikan $V_u < \Phi \frac{1}{2} V_c$	Pasal 3.4.6 butir 1	Tidak ada
2	$T_u < \Phi \frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \sum x^2 y$ torsi dapat diabaikan $\Phi V_c > V_u > \Phi \frac{1}{2} V_c$	Pasal 3.4.6 butir 1 Pasal 3.4.5 butir 5-3	Geser minimum saja Pers. 3.4-14 $A_v = \frac{b_w s}{3 f_y}$
3	$T_u < \Phi \frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \sum x^2 y$ torsi dapat diabaikan $V_u > \Phi V_c$	Pasal 3.4.6 butir 1 Pasal 3.4.5 butir 6-1	Hitung minimum saja Pers. 3.4-17 $A_v = \frac{(V_u - \Phi V_c) s}{\Phi f_y d}$
4	$T_u < \Phi \frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \sum x^2 y$ $V_u < \Phi \frac{1}{2} V_c$	Pasal 3.4.6 butir 1 Pasal 3.4.5 butir 5-1	Torsi minimum saja Pers. 3.4-16 dan untuk A_t pa Pers. 3.4-24 dan Pers. 3.4-25 $2A_t = \frac{b_w s}{3 f_y}$
5	$T_u > \Phi T_c$ $\Phi V_c > V_u > \Phi \frac{1}{2} V_c$	Pasal 3.4.6 butir 1 Pasal 3.4.5 butir 5-5	Kombinasi geser dan torsi Pers. 3.4-16 $A_v + 2A_t = \frac{b_w s}{3 f_y}$
6	$T_u > \Phi T_c$ momen torsi dibutuhkan untuk keseimbangan Desain untuk T_u	Pasal 3.4.6 butir 9-1 Pasal 3.4.5 butir 2	Hitung kombinasi geser dan to Pers. 3.4-23 dan untuk A_t pa Pers. 3.4-24 dan 3.4-25 $A_t = \frac{(T_u - \Phi T_c) s}{\Phi f_y \alpha_1 x_1 y_1}$
7	$T_u > \Phi T_c$ Analisa penampang tak retak untuk momen torsi T_u Desain untuk T_u atau desain berlebih untuk torsi retak	Pasal 3.4.6 butir 9-1	Hitung kombinasi geser dan to Pers. 3.4-23 dan untuk A_t pa Pers. 3.4-24 dan 3.4-25 $A_t = \frac{(T_u - \Phi T_c) s}{\Phi f_y \alpha_1 x_1 y_1}$

8	$Tu > 4 Tc$	Pasal 3.4.6 butir 9-4	Berdasarkan penampang
---	-------------	-----------------------	-----------------------

Contoh perhitungan :

Dimensi balok induk 40 / 67,5 cm.

Dari output program ETABS dipergunakan nilai yang paling kritis untuk penulangan geser dan torsi.

$$Vu = 9191 \text{ kg} = 9,191 \times 10^4 \text{ N}$$

$$Tu = 14340,97 \text{ kgm} = 143,41 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Direncanakan :

Diameter tulangan geser = 12 mm

$b = 400 \text{ mm}$

$d = 675 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 12 = 649 \text{ mm}$

- Torsi maksimum yang mampu dipikul penampang,

$$Tu_{min} = \frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \sum x^2 y$$

dimana :

$$\sum x^2 y = (400)^2 \cdot (675) + 2 (130)^2 \cdot (390) = 1,21 \cdot 10^8 \text{ mm}^3 \text{ (menentukan)}$$

$$\sum x^2 y = (400)^2 \cdot (470) + (130)^2 \cdot (1180) = 0,95 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$Tu_{min} = \frac{1}{20} \sqrt{30} \times 1,09 \cdot 10^8 = 33,21 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$Tu < 4Tu_{min} \rightarrow$ Torsi dapat dihitung berdasar penampang.

- Kebutuhan tulangan geser

$$\phi Vc = \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{6} bw.d$$

$$= \frac{0,6 \times \sqrt{30}}{6} \times 400 \times 649 = 1,42 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$$\frac{\phi Vc}{2} = 0,71 \cdot 10^5 \text{ N}$$

$Vu = 9,191 \cdot 10^4 \text{ N} < \phi Vc = 1,42 \cdot 10^5 \text{ N}$ maka : tidak perlu tulangan geser

5.2.3 Penulangan stud balok induk

Transfer gaya horizontal

Perencanaan berdasarkan pada kekuatan geser friksi pada bidang temu dimana kekuatan geser tersebut mampu menjamin perubahan actual gaya tekan/tarik yang terjadi pada penampang yang ditinjau.

$$V_u \leq \Phi V_{nh}$$

dimana :

V_u = gaya geser horizontal berfaktor dari penampang yang ditinjau

V_{nh} = kekuatan geser horizontal nominal

$$\Phi = 0,65$$

Menurut SK SNI '91 pasal 3.10.5 ada tiga kasus yang mungkin terjadi, yaitu :

1. Bila bidang kontak nya bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan, maka kuat geser $V_{nh} \leq 0,6 \text{ bv.d (Newton)}$
2. Bila dipasang sengkang pengikat minimum tetapi tidak sengaja dikasarkan, maka kuat geser $V_{nh} \leq 0,6 \text{ bv.d (Newton)}$
3. Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan pasal 3.10.6 SK SNI '91, bersih dan bebas dari serpihan dan sengaja dikasarkan hingga mencapai tingkat kekasaran penuh dengan tonjolan dan cekungan permukaan kira-kira 5 mm, maka kuat geser $V_{nh} \leq 2,5 \text{ bv.d (Newton)}$
 - Kuat geser nominal maksimum yang didasarkan pada beton adalah : $1,2 \cdot f_c' \cdot b_v \cdot l_v h$ atau $5,5 \cdot b_v \cdot l_v h$ (Newton)
 - Jadi dengan kata lain $F_{nh \text{ max}} = 1,2 \cdot f_c' \cdot b_v \cdot l_v h$
 - Luas tulangan geser horizontal dapat dihitung dengan persamaan :

$$A_{vf} = \frac{V_{nh}}{\mu \cdot f_y} \dots\dots\dots \text{SK SNI .91 pasal 3.4.7}$$

dimana :

A_{vf} = luas tulangan geser horizontal

V_{nh} = gaya geser horizontal nominal

μ = 1 x 1 untuk komposit

1 = 1 untuk beton normal

= 0,85 untuk beton pasir ringan

= 0,75 untuk beton ringan

f_y = tegangan leleh tulangan

Tulangan geser dipasang dalam bentuk sengkang pengikat dengan jarak sengkang :

$$s = \frac{L_v h A_{ti}}{A_{vi}}$$

$$s_{\max} = 4 \times \text{dimensi terkecil elemen yang didukung} \\ = 600 \text{ mm}$$

Penulangan geser minimum :

$$A_{vi_{\min}} = \frac{b_v l_v h}{3 f_y}$$

Perhitungan penulangan Stud

Stud berfungsi sebagai pengikat antara elemen pracetak dan elemen cast in place. Stud harus mampu mentransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horizontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen. Dengan demikian kedua elemen tersebut dapat menjadi suatu elemen yang komposit dalam memikul beban.

- Penulangan Stud di daerah tumpuan

Sejarak 0 sampai 1500 mm

Tulangan atas = 5 D 22 ($A_s = 1900,66 \text{ mm}^2$)

Tulangan bawah = 3 D 22 ($A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$)

$V_{nh} = T = A_s \times f_y = 1900,66 \times 320 = 608200,2 \text{ N}$

$0,6 \cdot b_v \cdot d = 0,6 \times 400 \times 649 = 129360 \text{ N} < V_{nh}$

Apabila dari ketiga kondisi diatas diambil kondisi ke-2 (dua) bila dipasang sengkang pengikat minimum, tetapi tidak sengaja dikasarkan, maka :

Geser $V_{nh} \leq 0,6 \cdot b_v \cdot d \rightarrow V_{nh} = 155760 \text{ N}$

$$A_{vi} = \frac{V_{nh}}{\mu \cdot f_y} = \frac{155760}{1 \times 320} = 486,75 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat $\emptyset 12$ ($A_{ti} = 113,1 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{L_v h A_{ti}}{A_{vi}} = \frac{1500 \times 113,1}{486,75} = 348,53 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.10.6.1 :

$$S_{\max} = 4 \times t \text{ pelat} \leq 600 \text{ mm} \\ = 4 \times 130 = 520 \text{ mm}$$

Jadi dipasang sengkang pengikat $\varnothing 12 - 300 \text{ mm}$

- Penulangan Stud di daerah lapangan

$$\text{Tulangan atas} = 2 \text{ D } 22 \text{ (} A_s = 759,88 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$\text{Tulangan bawah} = 4 \text{ D } 22 \text{ (} A_s = 1520,53 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$V_{nh} = T = A_s \times f_y = 759,88 \times 320 = 243161,6 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot b_v \cdot d = 0,6 \times 400 \times 649 = 155760 \text{ N} < V_{nh}$$

Apabila dari ketiga kondisi diatas diambil kondisi ke-2 (dua) bila dipasang sengkang pengikat minimum, tetapi tidak sengaja dikasarkan, maka :

$$\text{Geser } V_{nh} \leq 0,6 \cdot b_v \cdot d \rightarrow V_{nh} = 155760 \text{ N}$$

$$A_{vi} = \frac{V_{nh}}{\mu \cdot f_y} = \frac{155760}{1 \times 320} = 484,75 \text{ mm}^2$$

Direncanakan sengkang pengikat $\varnothing 12$ ($A_b = 113,1 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{L_{vh} \cdot A_{bi}}{A_{vi}} = \frac{1500 \times 113,1}{484,75} = 348,53 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.10.6.1 :

$$S_{\max} = 4 \times t \text{ pelat} \leq 600 \text{ mm} \\ = 4 \times 130 = 520 \text{ mm}$$

Jadi dipasang sengkang pengikat $\varnothing 12 - 300 \text{ mm}$

5.2.4 Panjang penyaluran

Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.5.2 sebagai berikut :

Untuk batang D_{36} atau lebih kecil

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot A_b \cdot f_y}{\sqrt{f_c'}} \quad \text{tetapi tidak kurang dari } L_{db} = 0,06 \cdot d_b \cdot f_y$$

dimana :

A_b = luas satu batang tulangan (mm^2)

f_y = tegangan leleh tulangan (Mpa)

f_c' = tegangan leleh beton (Mpa)

db = diameter batang tulangan (mm)

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan factor-faktor yang berlaku untuk :

- tulangan berada 300 mm di atas dasar1,4
- memakai $f_y > 400$ Mpa $[2-(400/f_y)]$
- tulangan yang dililit spiral dengan diameter > 5 mm dan jarak lilitan < 100 mm0,75

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm.

Contoh perhitungan :

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2\right) \cdot 320}{\sqrt{30}} = 443,95 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari $L_{db} = 0,06 \cdot 22 \cdot 320 = 422,4$ mm

$L_{db} = 1,4 \times 443,95 = 621,53$ mm \rightarrow diambil $L_{db} = 650$ mm

Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.5.3 sebagai berikut :

$$L_{db} = \frac{db \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \text{ tetapi tidak kurang dari } L_{db} = 0,04 \cdot db \cdot f_y$$

dimana :

f_y = tegangan leleh tulangan (Mpa)

f_c' = tegangan leleh beton (Mpa)

db = diameter batang tulangan (mm)

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan factor-faktor yang berlaku untuk :

- tulangan yang dililit spiral dengan diameter > 5 mm dan jarak lilitan < 100 mm0,75

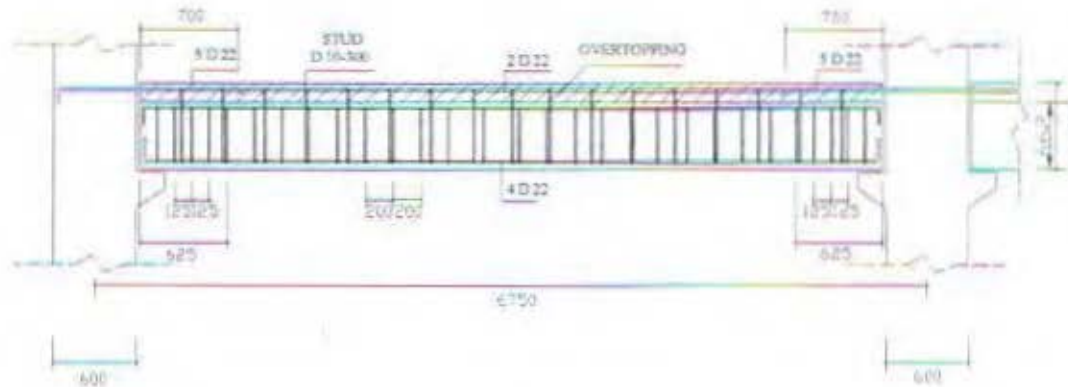
Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm.

Contoh perhitungan :

$$L_{db} = \frac{(22) \times 320}{4 \cdot \sqrt{30}} = 321,33 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari $L_{db} = 0,04 \cdot 22 \cdot 320 = 281,6 \text{ mm}$

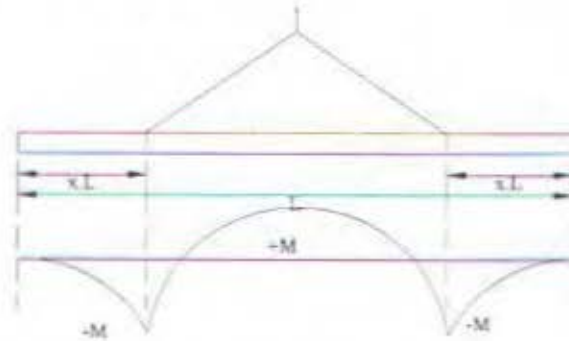
→ diambil $L_{db} = 400 \text{ mm}$



5.2.5 Pengangkatan dan Penumpukan Elemen Balok

Pengangkatan Elemen Balok

Balok induk diproduksi secara pracetak di lokasi, sehingga perlu dikontrol pada saat pengangkatan.



$$Y_t = Y_b = 23,5 \text{ cm} \quad \text{pada Saat Pengangkatan Balok}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 40 \times 54,5^3 = 539595,42 \text{ cm}^4$$

$$Y_c = Y_t + 5 = 28,5 \text{ cm}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4.Y_c}{L \cdot \tan \theta}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4.Y_c}{L \cdot \tan \theta} \right)} \right]}$$

$$x = \frac{1 + \frac{4 \times 28,5}{675 \cdot \tan 45}}{2 \left[1 + \sqrt{1 + \frac{23,5}{23,5} \left(1 + \frac{4 \times 28,5}{675 \cdot \tan 45} \right)} \right]} = 0,23$$

$$x.L = 0,23 \times 675 = 159,54 \text{ cm}$$

beban yang bekerja pada balok :

$$\cdot \text{ berat sendiri : } 0,4 \times 0,545 \times 2400 = 654 \text{ kg/m}$$

momen yang terjadi :

$$\text{untuk beton } f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 3,834 \text{ Mpa (PBI '89 pasal 9.5.2.3)}$$

Momen lapangan

$$+M = \frac{w.L^2}{8} \left(1 - 4x + \frac{4.Y_c}{L \cdot \tan \theta} \right)$$

$$+M = \frac{654 \times 6,75^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,24 + \frac{4 \times 0,285}{6,75 \cdot \tan 45} \right) = 467 \text{ kgm} = 4,67 \cdot 10^6$$

Nmm

Tegangan yang terjadi :

$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{4,67 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 400 \times 470^2}$$

$$= 0,32 \text{ Mpa} < f_r = 3,834 \text{ Mpa} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

Momen tumpuan

$$-M = \frac{1}{2} \cdot w \cdot x^2 \cdot L^2 = \frac{1}{2} \times 451,2 \times 1,44^2 = 467,8 \text{ kgm} = 4,68 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Tegangan yang terjadi :

$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{4,68 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 400 \times 545^2}$$

$$= 0,32 \text{ Mpa} < f_r = 3,834 \text{ Mpa} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

Tulangan angkat :

Diperhitungkan terhadap koefisien kejut = 1,2

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot [(1,2 \times 1,2 \times 451,2 \times 6) = 1949,18 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI 1983 pasal 2.2.2, untuk baja bertulang mutu U 32

$$\sigma \text{ tarik ijin} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{3200}{1,5} = 2133,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{O tulangan angkat} &\geq \sqrt{\frac{4Vu}{\sigma_{ijin} \pi}} \\ &\geq \sqrt{\frac{4 \times 1949,18}{2133,33 \times \pi}} = 1,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

dipergunakan tulangan angkat 2 O 12 mm

Penumpukan Elemen Balok

W balok : $6,75 \times 0,4 \times 0,675 \times 2400 = 4374 \text{ kg} (= 43740 \text{ N})$

Ditumpuk pada umur beton 28 hari ($f_r = 0,7 \sqrt{f_{c'}} = 3,834 \text{ Mpa}$)

Tumpuan menggunakan kayu dimensi $10 \times 10 \times 60 \text{ cm}$

Kontrol tegangan yang terjadi pada tengah bentang :

$$\text{Balok} : \frac{\frac{1}{2} \times W_{\text{balok}}}{A_{\text{bidangkontak}}} = \frac{\frac{1}{2} \times 43740}{100 \times 400} = 0,55 \text{ Mpa}$$

$$\text{Ditumpuk sebanyak } \frac{3,834}{0,55} = 7,0123 \rightarrow 7 \text{ tumpuk}$$

5.2.6 Kontrol

Kontrol lendutan

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03, apabila lendutan tidak dihitung maka tebal balok harus lebih besar dari tebal minimum yang disyaratkan. Adapun syarat tebal minimum yang tercantum pada table 3.2.5 a. sebagai berikut :

- balok dua tumpuan $h_{\text{min}} = \frac{1}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$
- satu ujung menerus $h_{\text{min}} = \frac{1}{18,5} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$
- kedua ujung menerus $h_{\text{min}} = \frac{1}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$
- kantilever $h_{\text{min}} = \frac{1}{8} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$

Dari preliminary design telah diperhitungkan batasan ketebalan di atas.

Kontrol retak

Distribusi tulangan lentur harus diatur sedemikian rupa untuk membatasi retak lentur yang terjadi. Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 Mpa, nilai Z diberikan oleh :

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.6}$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan.
dengan lebar retak :

$$W_{\max} = 0,076 \cdot \beta \cdot f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad \dots\dots\dots (\text{Edward G. Nawri})$$

dimana :

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja ($0,6 f_y$)

$$= 0,6 \times 320 = 192 \text{ Mpa} = 27,85 \text{ Psi}$$

β = harga rata-rata faktor tinggi = 1,2

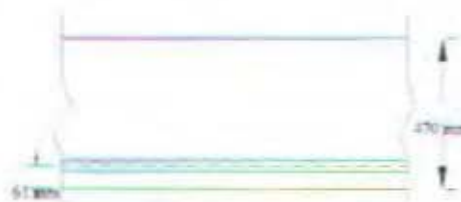
d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 61 \text{ mm} = 2,4 \text{ in}$$

A = luas beton yang tertarik dibagi dengan banyaknya tulangan.

$$= \frac{b \cdot (2 \cdot d_c)}{\gamma_{bc}} \quad \text{dimana } \gamma_{bc} = \text{banyak tulangan pada sisi yang tertarik}$$

$$= \frac{0,4 \times (2 \times 0,061)}{3} = 0,016 \text{ m}^2 = 24,8 \text{ in}^2$$



Gb.5.3 Kontrol retak

$$Z = 192 \sqrt[3]{0,061 \times 0,016} \\ = 19,04 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \quad \dots\dots \text{OK!}$$

$$W = 0,076 \times 1,2 \times 27,85 \times \sqrt[3]{2,4 \times 24,8 \times 10^{-3}} \\ = 0,01 \text{ in} \\ = 0,25 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm} \quad \dots\dots \text{OK!}$$

5.3 Penulangan Kolom

5.3.1 Data Perancangan

- dimensi kolom = 60 cm x 60 cm
- tinggi kolom = 4 m

- mutu beton ($f'c$) = 30 Mpa
- mutu baja (f_y) = 320 Mpa
- selimut beton = 40 mm
- tulangan longitudinal / utama = D 25
- tulangan geser / sengkang = D 10

5.3.2 Penulangan Lentur Kolom

Perhitungan factor tekuk (k)

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'c} = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

EI balok (ukuran 450 mm x 675 mm)

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 450 \times 675^3 = 1,15 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$EI_{\text{balok}} = \frac{0,5 \cdot E_c \cdot I_g}{(1 + \beta_d)}$$

$$= \frac{0,5 \times 25742,96 \times 1,15 \cdot 10^{10}}{(1 + 0,65)} = 8,997 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

EI kolom (ukuran 600 mm x 600 mm)

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 600 \times 600^3 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 \cdot (1 + \beta_d)}$$

$$= \frac{25742,96 \times 1,08 \cdot 10^{10}}{2,5 \cdot (1 + 0,65)} = 6,74 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Faktor jepitan atas

$$\Psi_A = \frac{\sum (EI_c / L_c)_{\text{kolom}}}{\sum (EI_b / L_b)_{\text{balok}}} = \frac{2 \times 6,74 \cdot 10^{13} / 3500}{4 \times 8,997 \cdot 10^{13} / 6750} = 0,72$$

Faktor jepitan bawah

$$\Psi_B = 0 \text{ (secara teoritis)}$$

Tetapi *Struktural Stability Research Council* menyarankan bahwa untuk tujuan praktek Ψ_B tidak boleh diambil kurang dari 1, sehingga nilai $\Psi_B = 1$

Kontrol kelangsingan

Jenis kolom dalam perancangan ini adalah kolom tanpa pengaku samping (unbraced)

Jari-jari girasi (r) = 0,3.h = 0,3 x 600 = 180

Nilai kelangsingan = $\frac{k.Lu}{r} = \frac{1,3 \times 4000}{180} = 21,82 < 22$

Kolom termasuk Kolom Pendek, maka pengaruh kelangsingan diabaikan sehingga tidak perlu dilakukan pembesaran momen

Mencari rasio tulangan dengan program PCACOL

Gaya-gaya yang bekerja adalah :

- $P_u = 56322,73 \text{ kN}$
- $M_u = 763,7368 \text{ kNm}$

Didapat 32 D25 (As = 16320 mm²)

Selanjutnya penulangan lentur dapat ditabelkan di lampiran.

5.3.3 Penulangan Geser Kolom

- Cek apakah memenuhi syarat:

$$P_u = 56322730 \text{ N} \quad \left. \vphantom{P_u} \right\} P_u > A_g \cdot f_c / 10$$

$$A_g \cdot f_c / 10 = (600^2 \times 30) / 10 = 1080000 \text{ N}$$

- $P_u = \phi P_n = \phi [0.85 f_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$
 $= 0.7 [0.85 \times 30 (600^2 - 16320) + 320 \times 16320] = 9790368 \text{ N}$

$$0.3 P_u = 0.3 \times 9790368 = 2937110,4 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Dengan demikian, kolom harus didesain sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam section-section berikut :

- 1921.4.3 menyebutkan bahwa ρ tulangan longitudinal adalah 0,01 – 0,06.

- 1921.4.4.3 menyebutkan bahwa kait silang (crossties) atau kaki dari segkang tertutup majemuk (overlapping hoops) tidak boleh dipasang dengan spasi lebih dari 356 mm dari pusat ke pusat dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari komponen struktur.
- Pada sect. 1921.8.5.1 menyebutkan panjang pemasangan penulangan transversal harus dipasang melebihi lo dari muka kolom, sebesar :
 - 1). d kolom $\Rightarrow 542,5$ mm
 - 2). 1/6 tinggi bersih kolom $\Rightarrow 1/6 \times 3325 = 554,17$ mm (dipakai)
 - 3). 18 in (457mm)
- Spasi sengkang maksimum (S_o) sepanjang tinggi kolom adalah :
 - (1) 6 kali diameter tulangan longitudinal yang terkecil $\Rightarrow 6 \times 25 = 150$ mm
 - (2) 16 kali diameter sengkang $\Rightarrow 16 \times 10 = 160$ mm
 - (3) 1/2 kali dimensi kolom terkecil $\Rightarrow 1/2 \times 500 = 250$ mm
 - (4) 152 mm

Berdasarkan 1911.3.1.2 untuk komponen struktur dengan beban tekan aksial kuat geser yang disumbangkan oleh beton dapat dihitung dari :

$$V_c = 0,166 \left(1 + 0,073 \frac{N_u}{A_g} \right) \sqrt{f'_c} b_w d \quad \text{Pers. (11-4)}$$

Dengan mengambil nilai aksial berfaktor (N_u) yang terkecil $\rightarrow 5632730$ N

$$V_c = 0,166 \left(1 + 0,073 \times \frac{5632730}{600 \times 600} \right) \sqrt{30} \times 600 \times 542,5 = 633983,85 \text{ N}$$

ϕ = factor reduksi kekuatan untuk komponen struktur dengan beban geser
 $= 0,85$ [UBC '97 1909.3.2.3]

$$\phi V_c = 0,85 \times 633983,85 = 538886,275 \text{ N} > V_u = 262649,4 \text{ N (ETABS)}$$

(dipakai tulangan sengkang praktis dengan diameter 10 mm, spasi 120 mm.)

5.3.4 Panjang penyaluran

Panjang penyaluran tulangan dasar harus dihitung sesuai dengan perumusan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.5.2 sebagai berikut :

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot A_b \cdot f_y}{\sqrt{f_c'}} \quad \text{tetapi tidak kurang dari } L_{db} = 0,06 \cdot d_b \cdot f_y$$

dimana : A_b = luas satu batang tulangan (mm^2)

f_y = tegangan leleh tulangan (Mpa)

f_c' = tegangan leleh beton (Mpa)

d_b = diameter batang tulangan (mm)

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan factor-factor yang berlaku untuk :

- tulangan berada 300 mm di atas dasar1,4
- memakai $f_y > 400$ Mpa $[2 \cdot (400/f_y)]$
- tulangan yang dililit spiral dengan diameter > 5 mm dan jarak lilitan < 100 mm0,75

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300 mm.

Contoh perhitungan :

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 25^2\right) \cdot 320}{\sqrt{30}} = 573,28 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari $L_{db} = 0,06 \cdot 25 \cdot 320 = 480$ mm

dipakai $L_{db} = 600$ mm

BAB VI
DESAIN SAMBUNGAN



BAB VI

DESAIN SAMBUNGAN

6.1 UMUM

Dalam bab ini akan diuraikan criteria desain sambungan, konsep, jenis sambungan dan hal-hal yang berkaitan dengan alat-alat sambungan. Penggunaan sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (*non topping*) seperti *mechanical connection* dan *welding connection* yang cukup kompleks.

Untuk sambungan basah dalam daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran, 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 tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara beton pracetak dan beton topping agar beton bersifat monolitik dalam satu kesatuan integritas struktur.

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.

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. Factor 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.

Selain itu desain sambungan antar komponen pracetak memegang peranan penting dalam menjamin suatu gedung berespon menjadi satu kesatuan disaat terjadi gempa kuat, baik itu untuk struktur yang rumit ataupun yang sederhana.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan selama terjadi gempa besar dengan waktu ulang 200 tahun.

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*).

6.2 KRITERIA PERENCANAAN SAMBUNGAN

Criteria perencanaan sambungan disesuaikan dengan desain, karena ada perbedaan criteria untuk masing-masing type sambungan. Persyaratan suatu sambungan dapat menjadi syarat yang tidak terlalu penting untuk sambungan lain. Hal ini diakibatkan karena perbedaan asumsi / anggapan atau perbedaan spesifikasi dari pihak perancang dan pemilik struktur.

• Kekuatan

Suatu sambungan harus mempunyai kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang diterapkan sepanjang umur dari sambungan. Beberapa dari gaya ini disebabkan oleh gaya gravitasi, angin, gempa dan perubahan volume.

• Daktilitas

Daktilitas sering didefinisikan sebagai kemampuan relatif struktur untuk menampung deformasi yang besar tanpa mengalami runtuh. Untuk materi struktur, daktilitas diukur dengan total deformasi yang terjadi saat leleh awal terhadap leleh batas (*ultimate failure*).

Daktilitas pada portal sering digabungkan dengan ketahanan terhadap momen, hal ini dipakai dalam perencanaan gempa. Pada elemen sambungan tahan momen, tegangan tarik lentur biasanya ditahan oleh komponen baja. Dalam kondisi runtuh akhir dapat terjadi karena kondisi putusnya baja, hancurnya beton atau kegagalan dari sambungan baja dan beton.

- **Perubahan Volume**

Kombinasi pemendekan akibat dari rangkai, susut dan penurunan suhu dapat menyebabkan beberapa tegangan pada elemen beton pracetak ataupun perletakkannya ditarik pergerakannya. Tegangan ini harus dimasukkan pada desain dan akan lebih baik bila sambungan diijinkan untuk berpidah tempo untuk mengurangi besarnya tegangan tersebut.

- **Daya Tahan**

Sambungan yang diperkirakan akan langsung dapat bersentuhan dengan cuaca harus dilakukan tindakan perlindungan dengan beton atau dengan cat (*galvanis*). Daya tahan yang buruk dapat diakibatkan oleh retak, spalling beton dan korosi dari komponen baja elemen beton pracetak.

- **Ketahanan Terhadap Kebakaran**

Beberapa sambungan beton pracetak tak mudah terpengaruh akibat api seperti pada perletakan antara pelat dan balok yang secara umum tidak memerlukan perlindungan secara khusus terhadap api. Apabila pelat diletakkan di atas *bearing pads* yang terbuat dari bahan yang mudah terbakar, maka perlindungan khusus dari *bearing pads* tersebut tidak perlu karena keadaan terburuk dari *pads* tidak akan menyebabkan runtuh, tetapi sesudah kebakaran *pads* harus diganti. Untuk sambungan yang tidak tahan api memerlukan perlindungan khusus seperti dengan melapisi beton, gypsum wallboard atau bahan lain yang tahan api.

- **Kesederhanaan Sambungan**

Criteria penyederhanaan sambungan adalah :

1. Memakai bahan-bahan standar
2. Menggunakan detail yang sama (berulang)
3. Mengurangi bagian-bagian yang perlu ditancapkan pada elemen sehingga memerlukan presisi tinggi untuk menempatkannya.
4. Mempersiapkan cara-cara pergantian.

- **Kesederhanaan Pemasangan**

Kesederhanaan pemasangan elemen beton pracetak sangat menentukan keberhasilan pencapaian tujuan penerapan konstruksi beton pracetak. Kesederhanaan pemasangan tidak lepas dari bentuk dan type sambungan yang dipilih. Kesederhanaan suatu sambungan biasanya menjamin dalam kemudahan pemasangan.

6.3 KONSEP DESAIN SAMBUNGAN

6.3.1 Mekanisme Pemindahan Beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam. Pemindahan beban diteruskan ke kolom melalui beberapa tahap :

- a. Beban diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser
- b. Perletakan ke *haunch* melalui gaya tekan *pads*
- c. *Haunch* menyerap gaya vertical dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.
- d. Gaya geser vertical dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las.
- e. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

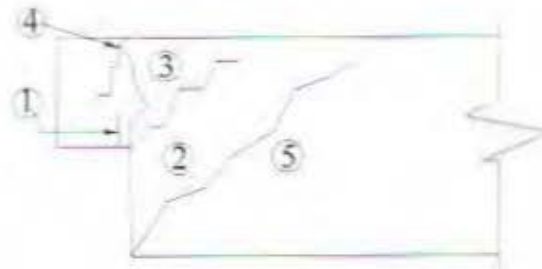
Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut

- a. Balok beton ke tulangan dengan lekatan / ikatan.
- b. Tulangan baja siku di ujung balok diikat dengan las.
- c. 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*.
- d. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
- e. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh *stud* ke kolom beton melalui ikatan / lekatan.

6.3.2 Pola-pola Kehancuran

Sebagian perencanaan diharuskan untuk menguji masing-masing pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana

akan tampak nyata. Sebagai contoh pada kehancuran untuk sambungan sederhana dapat dilihat pada gambar 6.1



Gb.6.1 Model-model keruntuhan di ujung

PCI Design Handbook memberikan lima 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

Dalam tugas akhir ini, penulis merencanakan system balok pracetak yang mampu menumpu pada kolom dengan bantuan konsol pendek dengan menggunakan system sambungan las pada pertemuan antara balok dan kolom

6.3.3 Stabilitas dan Keseimbangan

Adapun permasalahan utama pada struktur beton pracetak biasanya disebabkan oleh kesalahan perencanaan dalam menghitung stabilitas dan keseimbangan dari struktur dan komponen-komponennya, bukan hanya pada kedudukan akhir tetapi juga selama fase pelaksanaan konstruksi.

Sebagai contoh pada balok induk, karena eksentrisitas beban pada balok terjadi torsi dan balok cenderung berputar pada perletakan. Jadi perencanaan perlu untuk memperhitungkan kondisi pada saat pemasangan balok tersebut.

Pada kenyataannya struktur balok pracetak, diinginkan agar stabilitas lateral diciptakan oleh shearwall atau bracing atau dapat juga oleh portal tahan momen. Gaya lateral didistribusikan ke setiap bagian struktur lateral melalui aksial diafragma dari pelat lantai.

6.3.4 Klasifikasi Sistem dan Sambungannya

System pracetak didefinisikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambungan :

1. Lokasi penyambungan

Portal daktail dapat dibagi sesuai dengan letak penyambung dan lokasi yang diharapkan terjadi pelelehan atau tempat sendi daktailnya. Symbol-simbol di bawah ini digunakan untuk mengidentifikasi perilaku dan karakteristik pelaksanaannya.

- *Strong*, sambungan elemen-elemen pracetak yang kuat dan tidak akan leleh akibat gempa-gempa yang besar.
- *Sendi*, sambungan elemen-elemen pracetak bila dilihat dari momen akibat beban lateral gempa dapat bersifat sebagai sendi.
- *Daktail*, sambungan elemen-elemen pracetak yang daktail dan berfungsi sebagai pemencar energi.
- Lokasi sendi plastis

2. Jenis alat penyambung

- *Shell pracetak* dengan bagian intinya di cor beton setempat
- *Cold joint* yang diberi tulangan biasa
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint digROUT.
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint tidak digROUT.
- Sambungan-sambungan mekanik

6.4 PERTIMBANGAN-PERTIMBANGAN RANCANGAN

1. Sambungan-sambungan sendi

Pertimbangan pertama adalah menentukan letak sambungan pada titik momen minimum, namun sambungan tersebut masih harus didesain terhadap momen yang masih terjadi. Momen yang terjadi lantai per lantai akibat beban mati dan beban hidup biasanya tidak banyak berbeda, tetapi pergeseran-pergeseran bidang momen akibat ragam-ragam yang lebih tinggi dalam keadaan *in elastic* perlu diperhatikan.

2. Sambungan daktail pemencar energi

Bila sambungan diletakkan pada titik-titik dimana sendi plastis akan terjadi, maka penyambungannya harus mampu berotasi bolak-balik secara plastis tanpa mengurangi kekuatan momen dan kapasitas geser dari joint tersebut.

System sambungan terjadi sangat kompleks dan sedikit sekali penelitian dilakukan dalam hal ini. Keadaan ini cenderung dihindari oleh para desainer dan letak joint dengan lokasi sendi plastis berusaha dipisahkan.

Dari segi pengerjaan dan pelaksanaan beton pracetak, peletakan lokasi joint yang sama dengan lokasi sendi plastis sangatlah ekonomis sebab elemen-elemen tunggal dan berbentuk lurus, pengangkutan dan pengangkatannya lebih mudah.

Sebelum pelat mencapai momen lelehnya, keretakan mungkin terjadi pada kolom, sehingga rotasi *post elastis* akan terjadi pada suatu daerah yang menyebabkan peningkatan kekangan pada joint dan *defleksi post yield* elemen baloknya sehingga menghasilkan retakan yang besar pada joint. Beban siklik yang terjadi pada joint di daerah ini mengakibatkan pengurangan gaya gesernya. Regangan-regangan tinggi yang berulang dan bolak-balik pada tulangan yang dimaksud mengakibatkan penurunan momen yang besar jika tidak direncanakan penulangannya. Bila akibat beban tarik kemudian diberikan gaya tekan kembali mengakibatkan gaya lateral yang cukup besar pada beton yang berada di sekeliling tulangan, hal ini dapat mengakibatkan pengurangan kapasitas beton untuk menerima gaya tekan bolak-balik.

Untuk struktur beton bertulang cor setempat, degradasi ini diatasi dengan adanya tulangan lateral (*sengkang*). Efektifitas tulangan tersebut yang terletak pada suatu *cold joint* sampai sekarang belum begitu terbukti. Di masa yang akan datang perlu dikembangkan joint-joint yang dapat berperilaku baik dalam keadaan *post yield*.

3. Alat penyambung kuat (tidak leleh dulu dibandingkan sendi plastisnya)

Untuk menghindari letak joint antar elemen pracetak yang bertepatan dengan letak sendi plastis adalah dengan cara memaksakan agar letak sendi tersebut jauh dari joint. Kapasitas elastis pada permukaan kolom harus lebih dari yang diperkirakan dengan meletakkan sendi plastis tersebut pada pelat.

Kapasitas momen elastis pada bagian muka kolom harus lebih besar daripada kapasitas momen plastis pada lokasi sendi.

Agar mekanisme yang diharapkan dapat tercapai maka kapasitas momen kolom gabung harus lebih besar daripada kapasitas yang dihasilkan pada saat sendi plastis menempel pada kolom. Sambungan-sambungan dapat direncanakan secara plastis dengan banyak kemungkinan jenis-jenis sambungan yang dapat dipakai diantaranya sambungan las, sambungan post-tension atau sambungan *grouting*.

4. Sambungan *cold joint* yang diberi tulangan biasa

Jenis joint ini diletakkan di daerah momen yang kecil. Pemakaian yang umum yaitu dengan menggunakan sendi yang bebas berputar, sebab biasanya sendi tersebut dipasang di daerah yang secara analisa memang terjadi persendian (*inflection point*).

Pada permukaan elemen pracetak direncanakan suatu sambungan yang tidak akan terjadi pelelehan sambungan. Dari sudut pelaksanaannya adalah sangat menguntungkan dan agar panjang sambungan sependek mungkin serta mengurangi kemungkinan besarnya momen yang terjadi.

Transfer bond dari tegangan yang berasal dari tulangan tarik biasanya sering dipilih sebab tidak akan menimbulkan masalah yang berarti pada waktu pemasangan *mechanical aplices*. Transfer geser diperbaiki dengan mengubal tulangan pengekang.

Sambungan-sambungan basah biasanya tidak dapat dipakai pada sambungan kolom sehingga kebanyakan digunakan sambungan *dowel* atau sambungan-sambungan mekanik. Untuk gempa besar biasanya jenis sambungan ini tidak dapat memenuhi persyaratan. Selain terjadi gaya geser yang cukup besar yang harus ditransferkan, juga terjadi momen yang cukup besar akibat pergeseran *inflection point* akibat sifat-sifat *m elastis* bila terjadi cukup banyak sendi-sendi plastis pada struktur. Pengaruh ragam yang lebih tinggi dapat menggeser letak *inflection point* pada analisa elastis. Gaya geser yang cukup besar dapat ditransferkan lewat *shear keys*.

6.5 PENGGUNAAN TOPPING BETON

Penggunaan topping beton komposit disebabkan karena berbagai pertimbangan. Tujuan utamanya adalah :

1. untuk menjamin agar lantai beton pracetak dapat bekerja sebagai satu kesatuan diafragma horizontal yang cukup kaku.
2. agar penyebaran atau distribusi beban hidup vertical antar komponen pracetak lebih merata.
3. meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau cambe mereduksi kebocoran air.

Tebal topping umumnya berkisar antara 50 mm sampai 100 mm.

Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak melampaui $5,50 \text{ kg/cm}^2$. Bila tegangan geser tersebut dilampaui, maka topping beton tidak boleh dianggap sebagai struktur komposit melainkan harus dianggap sebagai beban mati yang bekerja pada komponen beton pracetak tersebut.

Kebutuhan baja tulangan pada topping dalam menampung gaya geser horizontal tersebut dapat direncanakan dengan menggunakan geser friksi (*shear friction concept*).

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu} \geq A_{vf} \text{ min}$$

dimana :

A_{vf} = luas tulangan geser friksi

V_n = luas geser nominal $< 0,2 f_c A_c$ (Newton)
 $< 5,5 A_c$ (Newton)

A_c = luas penampang beton yang memikul penyaluran geser

f_y = kuat leleh tulangan

μ = koefisien friksi (1)

$A_{vf} \text{ min} = 0,018 A_c$ untuk baja tulangan mutu 400 Mpa

$= 0,018 \frac{400}{f_y} A_c$ untuk tulangan $f_y > 400$ Mpa diukur pada teg. leleh 0,35%

= dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0,0014 A_c

6.6 PERENCANAAN SAMBUNGAN BALOK DAN KOLOM

6.6.1 Perencanaan Corbel Kolom

Corbel digunakan sebagai tumpuan untuk meletakkan precast. Pada pelaksanaannya, pengecoran dari *corbel* bersamaan dengan pengecoran kolom. Jadi direncanakan antara *corbel* dan kolom bersifat monolit. Pada setiap kolom tempat menumpu balok precast, dimensi dari *corbel* direncanakan sama semua.

Adapun prosedur pendesainan dari *corbel* adalah sebagai berikut :

- $\frac{a}{d} \leq 1$
- $Nu \leq Vu$ $\Phi =$ untuk semua perhitungan
- Jangkar pada bagian muka dari *corbel* harus disediakan dengan las
- Beban-beban terpusat dari *corbel* menerus boleh didistribusikan

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. tetapkan dimensi *corbel* b, d, h dan a
hitung Vu , Nu dan $Mu = Vu \cdot a + Nu (h-d)$
2. tentukan apakah $Vu < Vu_{max}$

menurut PB'89 pasal 11.9.3.2.1 untuk beton normal beban geser Vu

$$Vu_{max} < 0,2 f_c' b_w d$$

$$< 5,5, b_w d$$

kalau $Vu > Vu_{max}$ maka perbesar dimensi

kalau $Vu < Vu_{max}$ maka hitung ;

Desain penulangan *corbel* (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.9) :

$$A_f = \frac{Mu}{0,85 \phi f_y d}$$

$$A_n = \frac{Nuc}{\phi f_y}$$

$$A_{vf} = \frac{Vn_{max}}{\phi f_y \mu}$$

$$As_1 = \frac{2}{3} A_{vf} + A_n = \frac{1}{\phi f_y} \left(\frac{2Vu}{3 \mu e} + Nu \right)$$

$$As_2 = A_f + A_n = \frac{1}{\phi f_y} \left[\frac{2Vu}{a_d} + Nu \left(\frac{h}{d} \right) \right]$$

ambil nilai terbesar

dan tidak boleh kurang dari :

$$A_{s_{min}} = 0,04 \frac{f'_c}{f_y} b.d$$

dimana :

$$\Phi = 0,65$$

A_n = luas tulangan yang diperlukan untuk melawan tarik aksial

N_u = gaya tarik horizontal terfaktor yang tegak lurus asumsi bidang retak (lb)

A_{vf} = luas tulangan nominal tegak lurus bidang retak

f_y = tegangan leleh dari A_{vf} (≤ 6000 psi)

V_u = gaya geser terfaktor

Sebagai tambahan, sejumlah sengkang ikat dengan luas total A_h harus disebarakan secara merata dalam batas $\frac{2}{3}$ tebal efektif.

$$A_{h_{min}} = 0,5 (A_s - A_n)$$

3. Kalau $A_{s1} > A_{s2}$ maka hitung :

$$A_s = A_{s1}$$

$$A_h = \frac{1}{3} A_{vf}$$

kalau $A_{s1} < A_{s2}$ maka hitung :

$$A_s = A_{s2}$$

$$A_h = 0,5 (A_s - A_n)$$

4. pilih tulangan.

Contoh Perhitungan Corbel :

Data-data structural:

$$V_u = 339243 \text{ N} = 76,27 \text{ kip}$$

$$N_u = 67848,6 \text{ N} = 15,25 \text{ kip}$$

$$f_y = 320 \text{ MPa} = 46,41 \text{ ksi} = 46410 \text{ psi}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa} = 4,35 \text{ ksi} = 4350 \text{ psi}$$

Data-data yang diperlukan:

$$b = 450 \text{ mm} = 17,72 \text{ in.}$$

$$l_p = 250 \text{ mm} = 9,84 \text{ in.}$$

- Mencari tinggi dan penulangan korbel:

$$\text{Dicoba } h = 280 \text{ mm} = 11,811 \text{ in.}$$

$$d = 250 \text{ mm} = 9,84 \text{ in.}$$

$$a = 0,75 l_p = 187,5 \text{ mm}$$

Dari Table 6.7.1:

$$\begin{aligned} V_n \text{ max} &= 1000 \delta^2 A_{cv} \\ &= 1000(1)^2 (17,72 \times 11,811)/1000 \\ &= 209,25 \text{ kips} = 930744 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u \text{ max} = 0,85(930744) = 791132,4 \text{ N} > V_u \text{ (OK)}$$

Dengan persamaan 6.11.3:

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{\phi_y} \left[V_u \left(\frac{a}{d} \right) + N_u \left(\frac{h}{d} \right) \right] \\ &= \frac{1}{0,85(320)} \left[339243 \left(\frac{187,5}{250} \right) + 67848,6 \left(\frac{280}{250} \right) \right] \\ &= 1214,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan persamaan 6.7.2:

$$\begin{aligned} \mu_e &= \frac{1000 \lambda b h \mu}{V_u} \\ &= 1000(1)(17,72)(11,811)(1,4)(1)/76268,66 \\ &= 3,84 > 3,4, \text{ pakai } 3,4 \end{aligned}$$

Dengan persamaan 6.11.4:

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{\phi_y} \left[\frac{2V_u}{3\mu_e} + N_u \right] \\ &= \frac{1}{0,85(46,41)} \left[\frac{2(76,27)}{3(3,4)} + 15,25 \right] \\ &= 0,766 \text{ in.}^2 = 495,22 \text{ mm}^2 < 1214,79 \end{aligned}$$

dengan persamaan 6.11.5:

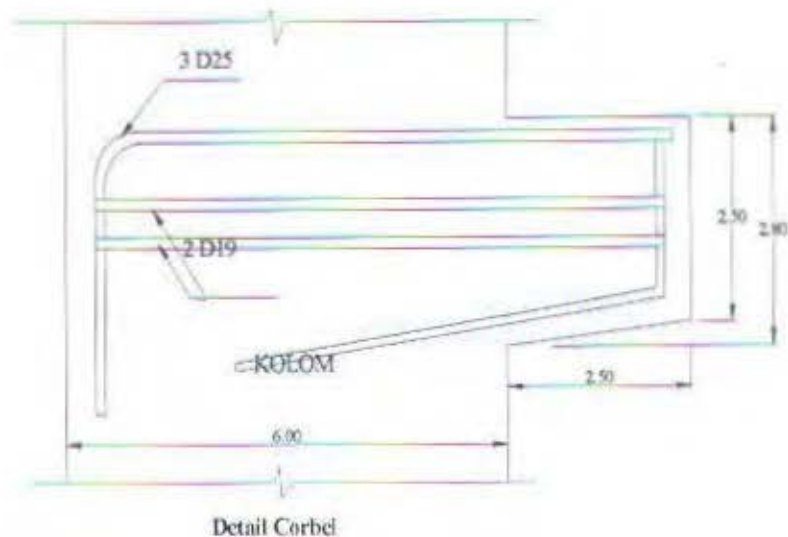
$$\begin{aligned} \text{min. } A_s &= 0,04bd(f'c/f_y) \\ &= 0,04(450)(250)(30/320) \\ &= 421,875 \text{ mm}^2 < 1214,9 \end{aligned}$$

dipakai tulangan 3 D25 ($A = 1472,62 \text{ mm}^2$)

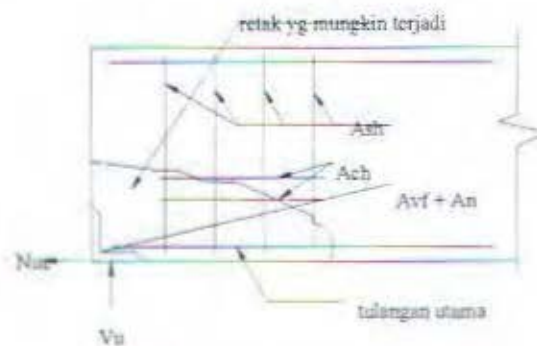
$$\begin{aligned} A_h &= 0,5(A_s - A_n) \\ &= 0,5 [1214,79 - (67484,6 / (0,85 \times 320))] \end{aligned}$$

$$= 483,34 \text{ mm}^2$$

pakai sengkang 2 D19 ($A_s = 567,06 \text{ mm}^2$)



6.6.2 Perletakan Beton Bertulang untuk Balok Persegi



Gb 6.4 Konsep geser pada tumpuan balok

Data-data yang diperlukan:

$$b = 450 \text{ mm} = 17,72 \text{ in.}$$

$$h = 675 \text{ mm} = 26,57 \text{ in.}$$

Dari Table 6.7.1:

$$\begin{aligned} V_n \text{ max} &= 1000 \delta^2 A_{cr} \\ &= 1000(1)^2 (17,72 \times 26,57)/1000 \\ &= 470,9 \text{ kips} = 2094587,7 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u \text{ max} = 0,85(2094587,7) = 1780399,56 \text{ N} > V_u \text{ (OK)}$$

Dengan persamaan 6.7.2:

$$\begin{aligned}\mu_e &= \frac{1000 \lambda b h \mu}{V_u} \\ &= 1000(1)(17,72)(26,57)(1,4)(1)/76268,66 \\ &= 8,64 > 3,4, \text{ pakai } 3,4\end{aligned}$$

Dengan persamaan 6.7.1:

$$\begin{aligned}A_{vf} &= V_u / (\Phi f_y \mu_e) \\ &= 76268,66 / [0,85(46410)(3,4)] \\ &= 0,57 \text{ sq in}\end{aligned}$$

Dengan persamaan 6.7.3:

$$\begin{aligned}A_e &= N_u / \Phi f_y \\ &= 12250 / 0,85(46410) \\ &= 0,31 \text{ sq in}\end{aligned}$$

$$A_{vf} + A_e = 0,57 + 0,31 = 0,88 \text{ sq in.} = 200,355 \text{ mm}^2$$

Dipakai tul 3 D10 ($A = 235,619 \text{ mm}^2$)

Mencari l_d dengan persamaan 11.2.8:

Untuk $\alpha_a = 1 = \alpha_b$, $(l_d)_1 = 15,9 \text{ in.}$

Untuk $\alpha_c = 1 = \alpha_E$ & $\alpha_{mi} = 1$

$$l_d = 15,9(1)(1)(1)(1) = 15,9$$

$$A_{cr} = l_d b = 15,9(17,72) = 281,748 \text{ sq in.}$$

$$\begin{aligned}\mu_e &= 1000(1)(281,748)(1,4)(1) / [(0,93)(46410)] \\ &= 9,14 > 3,4, \text{ pakai } 3,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{sb} &= (A_{vf} + A_e) f_y / [(\mu_e)(f_{ys})] \\ &= (0,88)(46410) / [(3,4)(46410)] \\ &= 0,25 \text{ sq in.} = 166,99 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Pakai 3 D10 ($A = 235,62 \text{ mm}^2$)

6.6.3 Perencanaan Sambungan Mekanik

Perencanaan sambungan ini memiliki kelebihan :

- mudah dalam pengerjaan / instalasi
- memiliki ketahanan momen pada sambungan


Perencanaan las (PCI Design Handbook)

Data-data perencanaan :

$$V_u = 197450,1 \text{ N}$$

$$M_u = 21719511 \text{ Nmm}$$

Perencanaan las pada daerah sendi plastis (Fig 6.5.12) :



$$I_p = \frac{d^3}{12} \quad (\text{rencana panjang las} = 190 \text{ mm} = 7,5 \text{ inch})$$

$$= \frac{7,5^3}{12} = 35,16 \text{ in}^4$$

$$f_y = \frac{P_y}{A_w} + \frac{M_t x}{I_p}$$

dimana :

$$P_y = V_u$$

x = jarak horizontal dari pusat massa dari las grup ke titik yang ditinjau
= diambil 0 (bukan las grup)

M_t = momen torsi

$$f_y = \frac{197450,1 / (1000 \times 4,448) \text{ kip}}{7,5 t_w}$$

$$= \frac{5,92 \text{ kip}}{t_w} / \text{in}$$

Asumsi $f_x = f_y$

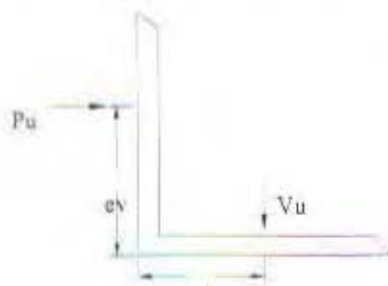
$$f_r = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{5,92}{t_w}\right)^2 + \left(\frac{5,92}{t_w}\right)^2} = \left(\frac{8,37}{t_w}\right)$$

Dari tabel 6.20.1 PCI Design Handbook untuk elektroda E 70 $f_r = 31,5 \text{ ksi}$

$$31,5 = \frac{8,37}{t_w} \rightarrow t_w = 0,27 \text{ in } (= 0,7 \text{ cm})$$

Perencanaan Connection Angle (PCI Design Handbook)



$$P_u = V_u \frac{ev}{ei} \quad (\text{Eq. 6.5.18})$$

$$= 197450,1 \times \frac{\frac{1}{2} \times 200}{\frac{2}{3} \times 200} = 148087,58 \text{ N}$$

$$t = \sqrt{\frac{4V_u e v}{\phi f_y b n}} \quad (\text{Eq. 6.5.19}) \quad \text{dimana } b n = \text{panjang pelat}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 148087,58 \times 100}{0,9 \times 320 \times 200}} = 3,2 \text{ cm dipakai } 4 \text{ cm}$$

Perencanaan Stud (PCI Design Handbook)

Perencanaan Stud termasuk dalam kasus 3 (*free edges on two opposite sides*)



$$F_c' = 5000 \text{ psi}$$

$$\lambda = 1,0$$

$$4 \text{ stud diameter } \frac{3}{8} \text{ in.} \rightarrow A_b = 0,307 \text{ sq. in.}$$

panjang stud 4 in.

$$d_h = 1,25 \text{ in.}$$

$$\phi P_c = \phi \cdot 4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot x_1 \cdot (y_1 + 2l_e)$$

$$x_1 = 20 \text{ cm} = 7,87 \text{ in}$$

$$y_1 = 40 \text{ cm} = 15,74 \text{ in}$$

$$l_e = 4 \text{ in}$$

$$\Phi = 0,85$$

Dari tabel 6.20.7A PCI Design Handbook didapatkan $\Phi P_c = 46 \text{ kip}$.

$$P_c = \frac{46}{0,85} = 54,12 \text{ kips}$$

$$= 54,12 \times 4448 \text{ N} = 240715,29 \text{ N} > P_u \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Gaya geser stud (4 buah)

$$\phi V_c = \phi \cdot 800 \cdot A_b \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot n \quad (\text{Eq. 6.5.8})$$

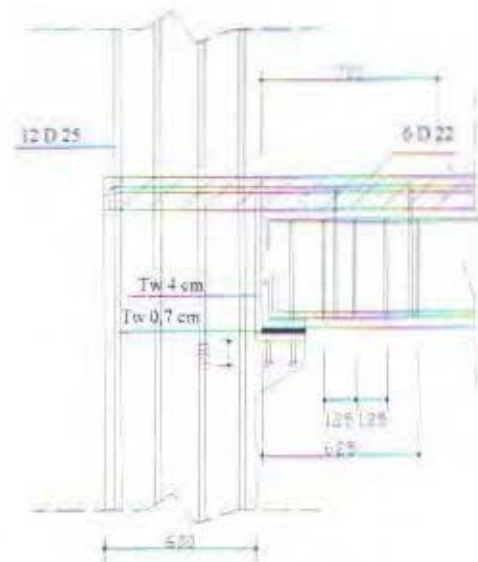
$$= 0,85 \times 800 \times 0,307 \times 1 \times \sqrt{5000} \times 4 \times 10^{-3}$$

$$= 59,03 \text{ kip} = 262580,27 \text{ N} > V_u \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Kombinasi tarik dan geser :

$$\left[\left(\frac{P_u}{P_c} \right)^2 + \left(\frac{V_u}{V_c} \right)^2 \right] \leq 1,0 \quad (\text{Eq. 6.5.15})$$

$$\left[\left(\frac{148087,58}{240715,29} \right)^2 + \left(\frac{194750,1}{262580,27} \right)^2 \right] = 0,94 \leq 1,0 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

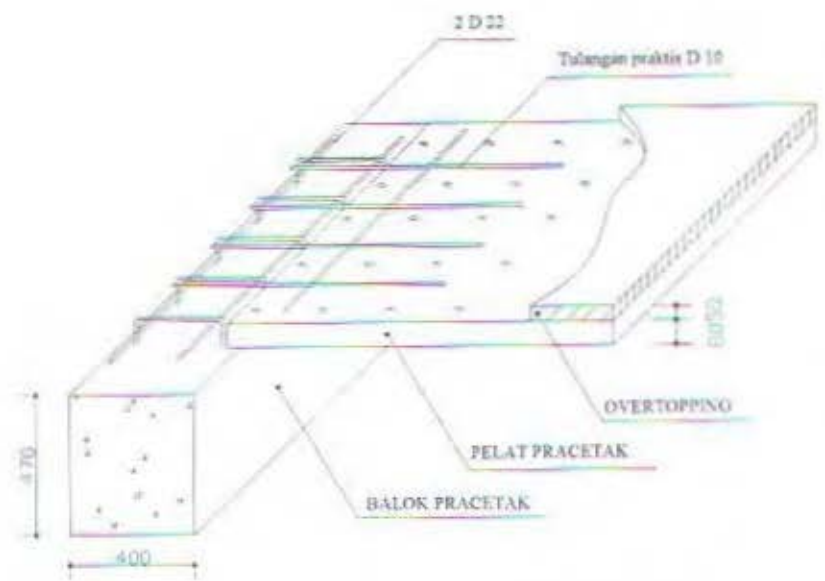


Gb. 6.6 Sambungan Balok dengan Kolom

6.7 PERENCANAAN SAMBUNGAN PELAT DENGAN BALOK

Sambungan ini selanjutnya akan dimanfaatkan untuk pelat lantai, pelat atap, dan pelat bordes dari tangga.

Untuk perencanaan sambungan pelat dan balok induk, penulis merencanakan sambungan basah dengan tidak menambahkan tulangan pada sambungan karena pelat dapat cukup kuat bertumpu pada balok memanfaatkan tulangan *stud* pada balok.



Gb. 6.8 Sambungan Pelat dengan Balok

MILITARI PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER



BAB VII
DESAIN PONDASI

BAB VII

DESAIN PONDASI

7.1 UMUM

Dari data tanah diketahui bahwa tanah pada lokasi dibangunnya gedung perkantoran ini terdiri dari dua bagian yang dominan yaitu tanah lempung berlanau berpasir.

Jenis tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang beton pratekan (*Prestressed Concrete Pile*) dengan bentuk penampang bulat berongga (*Round Hollow*) produksi PT. Wijaya Karya.

7.2 DATA TANAH

Penyelidikan tanah berfungsi untuk mengetahui jenis dari tanah sehingga dapat diantisipasi perancangan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Perancangan pondasi pada gedung perkantoran ini sesuai dengan penyelidikan tanah di lapangan. Dari data hasil penyelidikan tanah dapat diketahui jenis tanah yang ada dan nilai CPT. Dalam perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan akan digunakan data tanah hasil uji dari *Cone Penetrometer Station (CPT)*.

7.3 KRITERIA DESIGN

7.3.1 Kekuatan dan Dimensi Tiang

- Dipakai tiang pancang beton pratekan (*Prestressed Concrete Pile*) dengan bentuk penampang bulat berongga (*Round Hollow*).
- Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days*).
- Tiang pancang yang direncanakan adalah menggunakan alternatif jenis tiang dengan spesifikasi sebagai berikut :

WIKA PILE CLASSIFIKATION

Pile Diameter (mm)	Class	Area of Steel (cm ²)	Area of Concrete (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Moment Crack (tm)	Allowable Axial (ton)	Mom Ulti (tm)
500	C	15,27	1159,25	10583,74	17	155,64	34

Untuk spesifikasi jenis tiang lainnya dapat dilihat pada lampiran.

7.3.2 Tahapan Perancangan

1. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja (axial, horizontal dan momen) akibat upper struktur.
2. Perhitungan daya dukung tanah dasar.
3. Perhitungan jumlah tiang dalam satu poer / kelompok.
4. Perhitungan daya dukung tanah.

7.4. Daya Dukung Tanah

7.4.1. Daya dukung tiang tunggal

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji digunakan metode Philipponnat.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

dengan :

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$= \alpha_p \cdot R_p \cdot A_p \rightarrow R_p = \frac{1}{6 \cdot B} \int_{Z_p-3 \cdot B}^{Z_p+3 \cdot B} R_p(Z) \cdot dz$$

$$Q_s = P \sum f_{ui} \cdot h_i \rightarrow f_{ui} = \alpha_f \frac{R_p}{\alpha_p}$$

dimana :

R_p = rata-rata conus sepanjang 3.B diatas hingga 3.B dibawah pondasi

Z_p = posisi ujung bawah tiang

A = luas tiang bagian bawah

P = keliling tiang

B = diameter tiang

α_p = koefisien jenis tanah

- α_s = koefisien fungsi tanah
 α_t = koefisien tipe tiang
 Σh_i = kedalaman tiang (D)

7.4.2. Daya dukung tiang tunggal dalam group tiang

Untuk menghitung daya dukung tiang tunggal dalam group tiang, maka jarak antar tiang mempengaruhi efisiensi dari tiang tersebut. Oleh karena itu daya dukung tiang dalam group tiang harus dikoreksi dengan efisiensi yang terjadi.

$$P_{ijin\ group} = n \cdot P_{ijin\ (tunggal)} \cdot Eff$$

dimana :

- N = jumlah tiang dalam group
 P_{ijin} = daya dukung tiang tunggal
 Eff = efisiensi tiang

Perumusan harga efisiensi dari group tiang adalah menggunakan perumusan dari

Converse Labare sebagai berikut :

$$Eff = 1 - \frac{\theta \{ (n-1)m + (m-1)n \}}{90mm}$$

dimana :

- θ = arc tan (D/s)
 D = diameter tiang
 s = jarak antar sumbu
 m = jumlah tiang per baris (lajur x)
 n = jumlah tiang per baris (lajur y)

Effisiensi tidak perlu diperhitungkan bila jarak dari as ke as lebih dari 3.D

7.4.3. Beban maksimum tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam kelompok tiang dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen-momen yang bekerja pada tiang.

Adapun rumus yang digunakan yaitu :

$$P_{maks} = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{My \cdot x_{max} \cdot 0,3}{\Sigma x^2} + \frac{Mx \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} \leq \bar{P}_{ijin} \cdot Atiang$$

dimana :

P_u	= daya dukung ijin tiang dalam satu kelompok
P_{maks}	= beban maksimum 1 tiang pancang
$\sum P_u$	= jumlah total beban aksial
n	= banyaknya tiang dalam kelompok tiang
M_x	= momen yang terjadi pada arah x
M_y	= momen yang terjadi pada arah y
x_{max}	= absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
y_{max}	= ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang
$\sum x^2$	= jumlah dari kuadrat absis tiap tiang
$\sum y^2$	= jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang

7.4.4. Daya dukung tiang akibat gaya horizontal

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horizontal dengan cara mengubah gaya horizontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen ini kemudian harus di cek terhadap kekakuan *bending* dari tiang pancang yang digunakan.

Untuk mendapatkan momen akibat gaya horizontal ini, dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku Pedoman Untuk Beton Bertulang Untuk Gedung Tahun 1983.

Untuk mengontrol kemampuan masing-masing tiang maupun kelompok tiang perlu dibedakan antara tiang panjang dan tiang pendek, dimana tiang panjang dan tiang pendek ditentukan dengan rumus :

$$L_2 = 2,2 L_1$$

$$L_1 = f + 1,5 D$$

$$f = \frac{H}{9.C_r.D}$$

$$C_r = 0,5 C_u$$

dimana :

L_2	= kedalaman dimana momen lentur adalah nol
L_1	= kedalaman dimana momen lentur adalah maksimum
f	= panjang daerah perlawanan
C_u	= harga kohesi tanah

Untuk single pile $\rightarrow D =$ diameter tiang

Untuk group pile $\rightarrow D =$ lebar dari kelompok tiang yang tegak lurus arah beban

Apabila L tiang $> L_2$ maka tiang dianggap sebagai tiang panjang

7.5 PERHITUNGAN PONDASI KOLOM

PERHITUNGAN PONDASI KOLOM

Data-data perhitungan pondasi tiang pancang :

$P_B = 527,08$ ton	$P_A = 423,875$ ton
$M_{XB} = 84,72$ tm	$M_{XA} = 73,65$ tm
$M_{yB} = 3,96$ tm	$M_{yA} = 4,09$ tm
$H_{xB} = 31,33$ ton	$H_{xA} = 21,60$ ton
$H_{yB} = 2,087$ ton	$H_{yA} = 1,653$ ton

Letak Resultan Gaya Antara Dua Kolom

$$P(x) = P(4 - x)$$

$$423,875(x) = 527,08(4 - x)$$

$$x = 2,22 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R &= 527,08 + 423,875 \\ &= 950,955 \text{ ton} \end{aligned}$$

7.5.1 Perhitungan Daya Dukung 1 Tiang

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_{adm} = Q_u / SF$$

dengan :

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$= \alpha_p \cdot R_p \cdot A_p \rightarrow R_p = \frac{1}{6 \cdot B} \int_{Z_p-3.B}^{Z_p+3.B} R_p \cdot (Z) \cdot dz$$

$$Q_s = P \sum f_{ui} \cdot h_i \rightarrow f_{ui} = \alpha_f \frac{R_f}{\alpha_s}$$

dimana :

R_p = rata-rata conus sepanjang 3.B diatas hingga 3.B dibawah pondasi

Z_p = posisi ujung bawah tiang

A = 1963,5 cm²

P = 157 cm

B = 50 cm

α_p = 0,45 (tanah lunak)

α_s = 0,60 (tanah lunak)

α_f = 1,25 (tiang pancang dari beton)

$\sum h_i$ = kedalaman tiang (D)

Tabel daya dukung pondasi

Kedalaman (m)	Data Conus q_p (kg/cm ²)	JHP $\Sigma_r \cdot D$ (kg/cm)	Q_p (kg)	Q_f (kg)	Q_{adm} (kg)
2	8.52	60	7528.06	9420.00	8474.03
4	15.25	130	13474.52	20410.00	16942.26
6	7.33	200	6476.60	31400.00	18938.30
8	4.68	242	4135.13	37994.00	21064.57
10	4.23	298	3737.52	46786.00	25261.76
12	3.23	305	2853.95	47885.00	25369.47
14	8.98	400	7934.50	62800.00	35367.25
16	13.68	500	12087.31	78500.00	45293.65
18	17.32	605	15303.52	94985.00	55144.26
20	24.65	672	21780.12	105504.00	63642.06
22	39.89	895	35245.81	140515.00	87880.40
24	69.97	1200	61823.74	188400.00	125111.87
25	100	1300	88357.50	204100.00	146228.75

P_{ijin} daya dukung tanah ($< P_{ijin}$ tiang pancang tipe 500 C = 155,64 ton) menentukan

- Jarak as ke as pondasi tiang pancang kelompok

$$S_{min} = \frac{1,57 \times D \times m \times n - 2 \cdot D}{m + n - 2} \quad \text{atau} \quad S \geq 3 \cdot D \dots \dots \dots \text{J.E Bowles}$$

dimana :

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

D = diameter tiang

$$S = \frac{1,57 \times 0,5 \times 3 \times 3 - 2 \times 0,5}{3 + 3 - 2} = 1,51625 \text{ m} \quad \text{atau} \quad S \geq 3 \times 0,5 = 1,5 \text{ m}$$

Jarak antar tiang rencana = 1,6 m (pengaruh efisiensi diabaikan)

- Gaya maksimum 1 tiang (P_{max})

Beban normal P_{total} yang bekerja

- reaksi kolom = 950,955 kg

- berat poer : $5,9 \times 4,7 \times 1 \times 2400 = 83,544 \text{ kg}$

$$P_{total} = 1.034,499 \text{ kg}$$

$$P_{maks} = \frac{\sum Pu}{n} + \frac{My \cdot x_{max} \cdot 0,3}{\sum x^2} + \frac{Mx \cdot y_{max}}{\sum y^2} \leq \bar{P}_{ijin} \cdot n_{tiang}$$

$$P_{maks} = \frac{1034,5}{9} + \frac{(8,05 + 4,74 \times 1) \times 2,2 \times 0,3}{6 \times 2,2^2} + \frac{(158,37 + 52,94 \times 1) \times 1,6}{6 \times 1,6^2}$$

$$= 137,25 \text{ ton} < P_{ijin} \text{ dukung pondasi (} Q_{adm} = 25 \text{ m} = 146,23 \text{ ton) } \dots \dots \dots \text{OK!}$$

7.5.2 Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi Terhadap Gaya Lateral

$$H_x = 52,94 \text{ ton}$$

$$H_y = 4,74 \text{ ton}$$

$$H_o = \sqrt{52,94^2 + 4,74^2}$$

$$= 53,15 \text{ ton (untuk 9 tiang)}$$

$$= 5,9 \text{ ton / tiang}$$

$$C_r = \frac{1}{2} \cdot C_u$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,108 = 0,054 \text{ kg/cm}^2 = 0,54 \text{ t/m}^2$$

$$f = \frac{H}{9.C_r.D}$$

$$f = \frac{5}{9 \times 0,54 \times 0,5} = 2,06 \text{ m}$$

$$L_1 = f + 1,5 D = 2,06 + 1,5 \times 0,5 = 2,81 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 L_1 = 2,2 \times 2,81 = 6,177 \text{ m} < \text{panjang tiang pancang} = 26 \text{ m}$$

Berarti tiang pancang tersebut termasuk tiang panjang.

Untuk restraint pile (tiang pancang yang ujungnya tertahan) didapatkan harga kuat geser tanah :

$$H_{o \text{ tiang}} = 9 \times C_u \times D \times (L_1 - 1,5.D)$$

$$= 9 \times 1,08 \times 0,5 \times (2,81 - 1,5 \times 0,5) = 10,01 \text{ ton} > 6,177 \text{ ton} \dots\dots \text{OK!}$$

Momen yang terjadi :

$$H = 5,23 \text{ ton} \rightarrow M_{ult} = H_u \times (1,5.D + 0,5.f)$$

$$= 5,9 \times (1,5 \times 0,5 + 0,5 \times 2,06)$$

$$= 10,502 \text{ tm} < M_{crack} = 17 \text{ tm}$$

7.6. PERANCANGAN POER

Data-data perancangan poer

- $P_u = 624,365 \text{ ton}$
- Jumlah tiang pancang = 9
- Dimensi kolom = $600 \times 600 \text{ mm}$

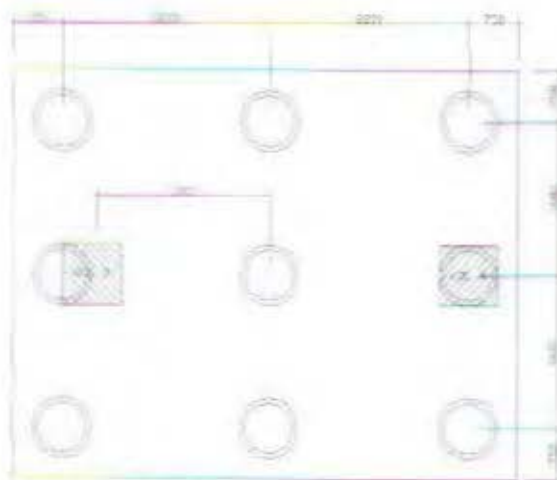
• Sedangkan untuk data-data dari poer adalah sebagai berikut

- Dimensi poer = $5,9 \times 4,7 \times 1 \text{ m}$
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 320 Mpa
- Dimeter tulangan 25 mm ($A_v = 490,625 \text{ mm}^2$)
- Selimut beton = 70 mm

Tinggi efektif (d) :

$$d_x = 1000 - 70 - 25 = 917,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 892,5 \text{ mm}$$



Kontrol geser pons pada poer

Pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.11 butir 2. Kuat geser yang disumbangkan beton

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) b_o d$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\phi V_c = \phi \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton

$$= \frac{600}{600} = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis pada poer

Akibat kolom

- Keliling penampang kritis

$$b_o = 2 (b_k + d) + (h_k + d)$$

dimana :

b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = tinggi efektif poer

$$b_o = 2 (600 + 892,5) + 2 (600 + 892,5) = 5970 \text{ mm}$$

- Batas geser pons

$$\phi V_c = 0,6 \times \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \times 5970 \times 892,5 = 5836778,05 \text{ N} = 583,68 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 0,6 \left(1 + \frac{2}{1} \right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 5970 \times 892,5 = 8755167,07 \text{ N} = 90875,52 \text{ ton} > 583,68 \text{ ton}$$

$$P_u = 624,366 \text{ ton} < \phi V_c (90875,52 \text{ ton})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons

Penulangan poer

Perhitungan :

Penulangan lentur arah x

$$q = 4,7 \times 1 \times 2,4 = 11,28 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= (3 \times 137,25 \times 0,4) - \frac{1}{2} \times 11,28 \times 1,15^2 \\ &= 157,24 \text{ tm} = 1,57 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{1,57 \times 10^9}{0,8 \times 4700 \times 917,5^2} = 0,496 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 0,496}{320}} \right) = 0,00156$$

ternyata $\rho < \rho_{\min}$

maka digunakan $\rho = 0,0044$

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0044 \times 4700 \times 917,5 = 23818,3 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 25 - 500$

$$A_s_{\text{ada}} = (3,14 \times 0,25 \times 25^2) \times (5900/500)$$

$$= 15792,3 \text{ mm}^2 > 2381,3 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penulangan lentur arah y

$$q = 5,9 \times 1 \times 2,4 = 14,16 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= (3 \times 137,25 \times 1,6) - \frac{1}{2} \times 14,16 \times 2,35^2 \\ &= 619,7 \text{ tm} = 6,2 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{7,88 \times 10^9}{0,8 \times 5900 \times 892,5^2} = 1,65 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 30} = 12,55$$

$$\rho = \frac{1}{12,55} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,55 \times 1,65}{320}} \right) = 0,00533$$

ternyata $\rho > \rho_{\min} = 0,00533$

maka digunakan $\rho = 0,00533$

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

$$= 0,00533 \times 5900 \times 892,5 = 28075,14 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur $\emptyset 25 - 100$

$$A_{s \text{ ada}} = (3,14 \times 0,25 \times 25^2) \times (5900/100)$$

$$= 28961,56 \text{ mm}^2 > 28075,14 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

7.7.2 Penulangan sloof

Dimensi sloof

- Kolom yang mempunyai gaya normal terbesar yaitu $P_u = 624,365$ ton

$$F_r = f_{ct} = 0,7 \cdot \sqrt{f_c'} = \frac{N_u}{0,8 \cdot b \cdot h} \quad (\text{PBI'89 pasal 9.5.2.3})$$

Data perencanaan :

- $f_c' = 30$ Mpa
- $f_y = 320$ Mpa
- $b = 400$ mm
- $h = 600$ mm

$$f_{ct} = 0,7 \cdot \sqrt{30} = 3,834 \text{ Mpa}$$

$$F_{r \text{ ada}} = \frac{P_u}{0,8 \cdot b \cdot h} = \frac{624365}{0,8 \times 400 \times 600} = 3,25 \text{ Mpa} < f_{ct} = 3,843 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penulangan sloof

Penulangan lentur

Perhitungan penulangan lentur sloof sama dengan perhitungan kolom.

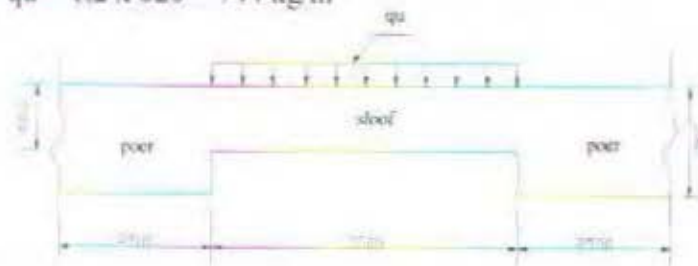
Data perencanaan :

- Dimensi sloof = 400×600 mm
- Decking = 70 mm
- Tulangan utama = $D 25$

- Tulangan sengkang = D 10
- $d = 600 - 70 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 507,5 \text{ mm}$

Beban yang diterima sloof :

- berat sendiri sloof : $0,4 \times 0,6 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$
- beban tembok : $4 \times 11 = 44 \text{ kg/m}$
- beban total = 620 kg/m
- $q_u = 1,2 \times 620 = 744 \text{ kg/m}$



$$M_u = \frac{1}{12} q_u l^2$$

$$= \frac{1}{12} \times 744 \times 3,7^2 = 848,78 \text{ kgm} = 8,488.10^6 \text{ Nmm}$$

$$P_u \text{ sloof} = 10 \% P_u \text{ kolom} = 10 \% \times 624,365 \text{ ton} = 62,437 \text{ ton}$$

$$k = \frac{P_u}{A_g} = \frac{6,244.10^5}{400 \times 600} = 2,6$$

$$k_{sh} = \frac{M_u}{A_g h} = \frac{8,488.10^6}{400 \times 600 \times 600} = 0,059$$

Dari diagram interaksi M-N non dimensi pada lampiran didapat $\rho < \rho_{\min}$ (dipakai $\rho_{\min} = 1$ %).

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,01 \times 400 \times 507,5 = 1522,5 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 4 D 25 ($A_s = 1962,5 \text{ mm}^2$)

Penulangan geser

Geser yang terjadi :

$$V_u = \frac{1}{2} q_u \cdot l$$

$$= \frac{1}{2} \times 744 \times 3,7 = 1376,4 \text{ kg} = 13764 \text{ N}$$

$$V_c \text{ max} = \phi \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,6 \times \frac{2}{3} \times \sqrt{30} \times 400 \times 507,5 = 444750,7 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \cdot \gamma_c \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \\ &= 0.6 \times \gamma_c \times \sqrt{30} \times 300 \times 507,5 \left(1 + \frac{6,244 \times 10^5}{14 \times 400 \times 600} \right) = 131850.N > V_c \text{ max}\end{aligned}$$

Dipasang tulangan praktis D 10 – 200



BAB VIII
TAHAP PELAKSANAAN

BAB VIII

TAHAP PELAKSANAAN

8.1 UMUM

Tahap pelaksanaan adalah realisasi dari proses perancangan. Tahap pelaksanaan memiliki peranan yang sama penting dengan tahap perancangan. Pelaksanaan beton pracetak dalam pelaksanaan pada proyek konstruksi terdapat bagian-bagian pekerjaan yang dibagi menjadi beberapa item pekerjaan.

Dalam produksi beton pracetak, ada 2 proses pekerjaan yang dapat dilaksanakan :

1. Proses pencetakan secara pabrikasi di Industri Pracetak.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam proses pabrikasi adalah :

- perlunya standart khusus sehingga hasil pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran.
- 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.

2. Proses pencetakan di lapangan / lokasi proyek.

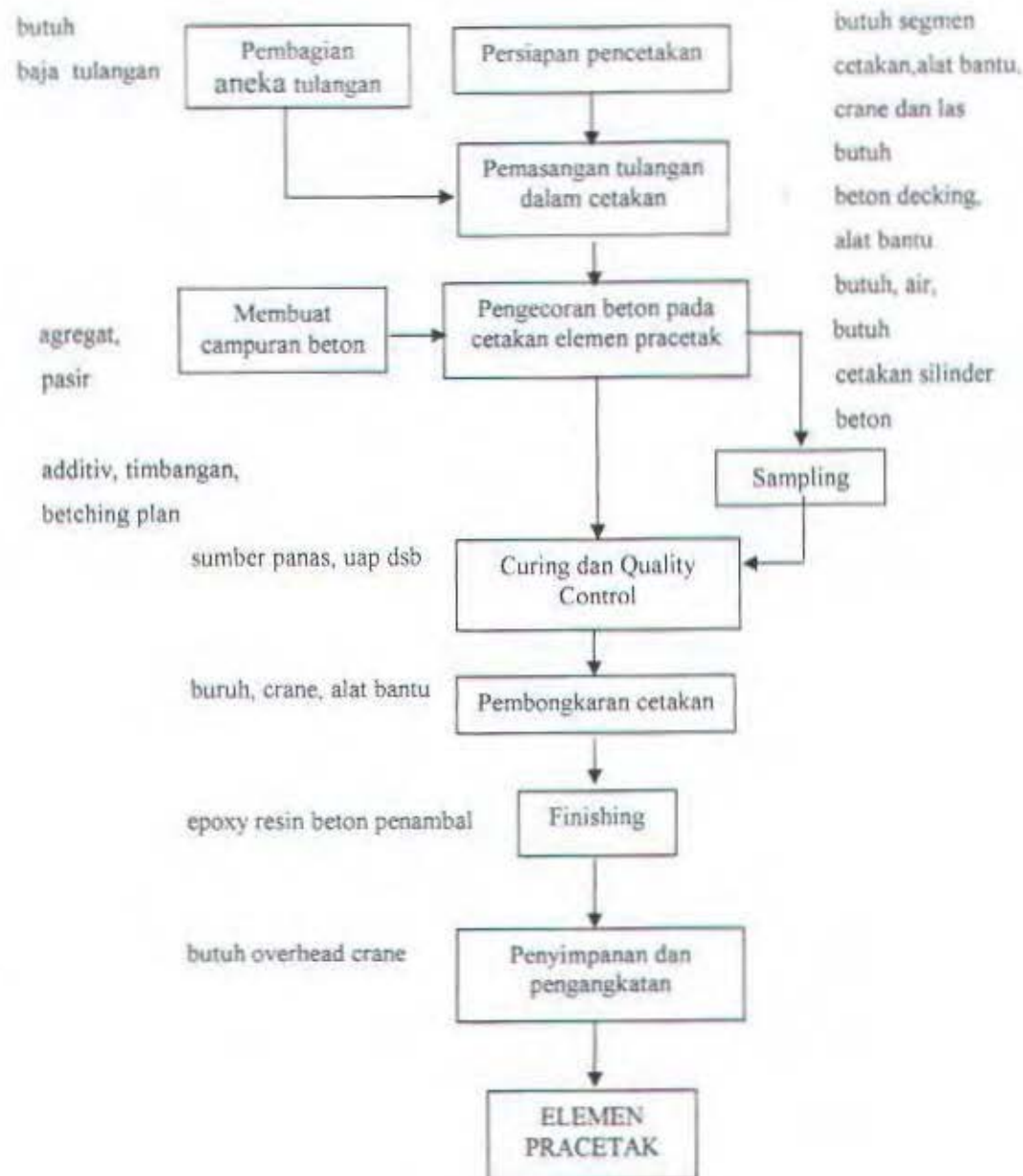
Untuk proses yang kedua, hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah :

- proses ini sering dilakukan pada proyek-proyek lokal.
- umur dari proses produksi pencetakan disesuaikan dengan usia proyek.
- proses ini lebih disukai bila dimungkinkan untuk dilaksanakan dikarenakan standarisasi hasil pencetakan disesuaikan dengan keperluan proyek.

8.2 PROSES PRODUKSI ELEMEN BETON PRACETAK

Setelah pelaksanaan pengecoran, pada beton pracetak dilakukan *curing* untuk menghindari penguapan air semen secara drastis sehingga mutu beton yang direncanakan terpenuhi. Pembukaan bekisting dilakukan setelah kekuatan beton antara 20 % - 60 % dari kekuatan akhir yang dapat tercapai, kurang lebih umur 3 - 7 hari pada suhu kamar.

Proses produksi beton pracetak akan dijelaskan dengan bagan berikut ini :



8.3 PROSES PEMASANGAN DAN PERAKITAN ELEMEN PRACETAK

Secara garis besarnya tahapan-tahapan proses pemasangan dan perakitan elemen beton pracetak adalah sebagai berikut :

1. pekerjaan tiang pancang

2. pekerjaan poer
3. pekerjaan sloof
4. pengecoran kolom
5. pemasangan elemen balok
6. pemasangan elemen pelat
7. pengecoran balok anak, sambungan antara elemen pracetak dan overtopping



Bagan tahapan-tahapan pemasangan elemen beton pracetak

- **Pekerjaan Tiang Pancang**

Alat-alat pemancangan :

- o crane
- o mesin pemancang

o theodolith

- **Pekerjaan Poer**

Adapun langkah-langkah pekerjaan sebagai berikut :

1. penggalian poer
2. pembuatan lantai kerja poer
3. pemasangan batako sebagai bekisting poer
4. pemasangan tulangan poer
5. pengecoran

- **Pekerjaan Sloof**

Adapun langkah-langkah pekerjaan sloof sebagai berikut :

1. penggalian lubang untuk sloof
2. pembuatan lantai kerja dan pemasangan batako untuk bekisting
3. pemasangan tulangan
4. pengecoran

- **Pekerjaan Kolom**

Adapun langkah-langkah pemasangan kolom sebagai berikut :

1. pekerjaan dilakukan setelah pengecoran poer dan sloof
2. pemasangan bekisting kolom
3. pengecoran kolom

- **Pemasangan Balok Pracetak**

Pemasangan balok pracetak dilakukan setelah pengecoran kolom. Diperlukan *crane* dan *scaffolding* untuk membantu menunjang balok pracetak.

- **Pemasangan Pelat Pracetak**

Adapun langkah-langkah pemasangan elemen pelat pracetak sebagai berikut :

1. pemasangan elemen pelat pracetak dipasang setelah balok pracetak terpasang



2. penulangan pelat meliputi merakit tulangan susut, lentur negatif (tulangan tumpuan) dan tulangan geser antar pelat
3. pengecoran overtopping setebal 5 cm
4. alat yang dipergunakan adalah *crane* untuk mengangkat elemen pelat pracetak dan dibantu dengan *scaffolding* / tiang perancah

8.4 PENEMPATAN CRANE

Data-data Crane yang digunakan :

Jenis Crane : UNIMAC UG 55.25

Jarak jangkau minimum : 17 m, dengan beban maksimum 10 ton

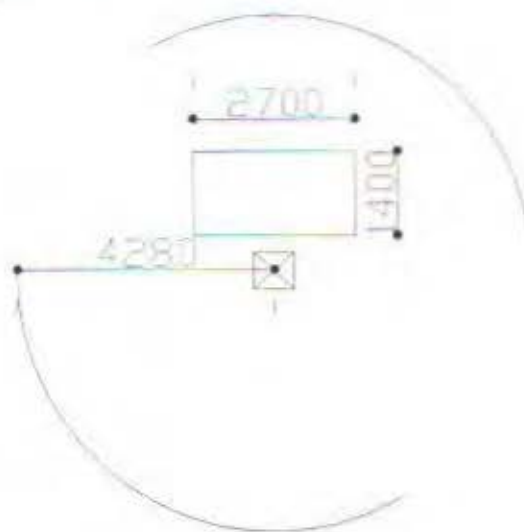
Jarak jangkau maksimum : 44 m, dengan beban maksimum 3,5 ton

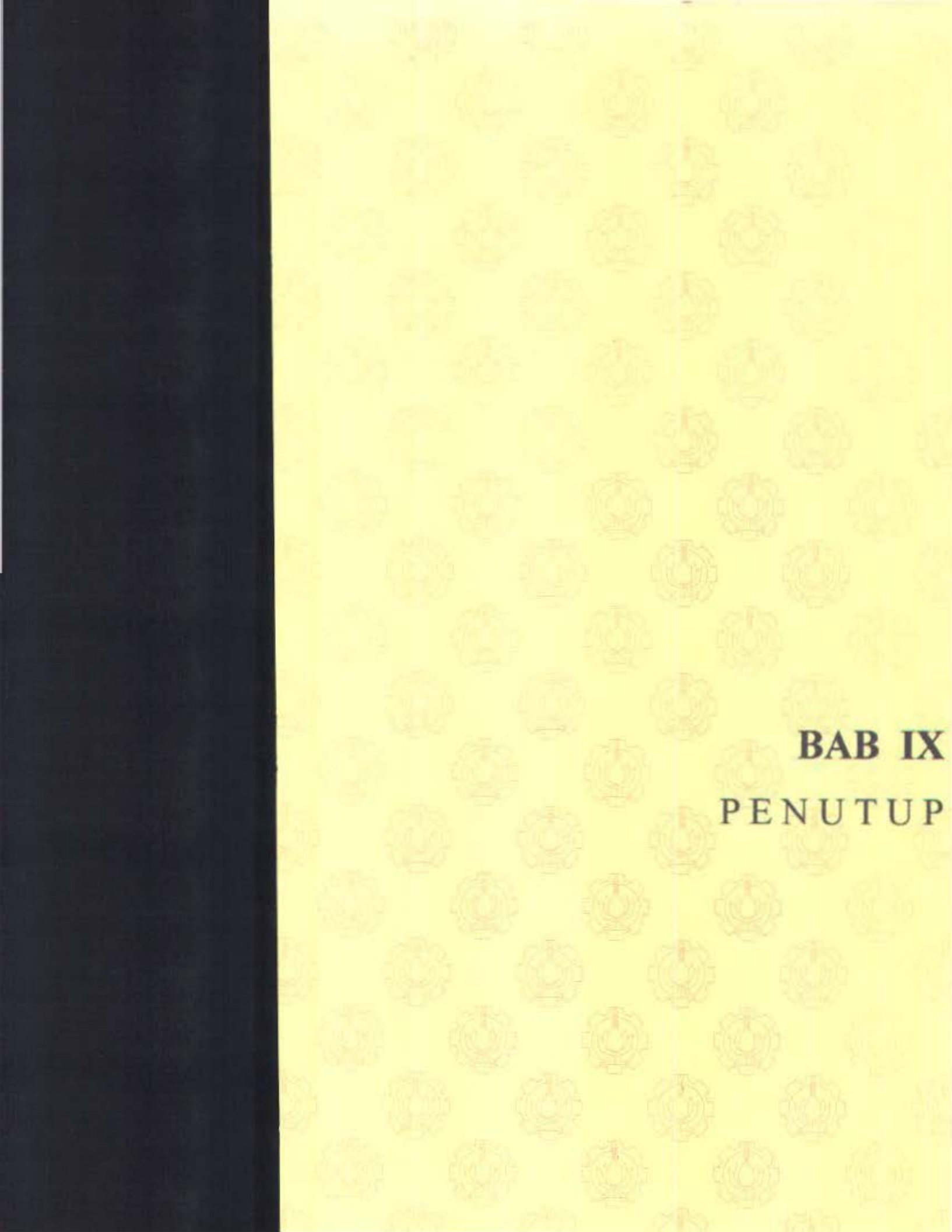
Elemen struktur yang dipracetak :

1. Pelat type A $W = 0,08 \times 4 \times 3,375 \times 2400 = 2592 \text{ kg}$
2. Pelat type B $W = 0,08 \times 3,375 \times 3 \times 2400 = 1944 \text{ kg}$
3. Balok (6,75 m) $W = 0,45 \times (0,65 - 0,13) \times 6,75 \times 2400 = 3790,8 \text{ kg}$
4. Balok (6 m) $W = 0,4 \times (0,6 - 0,13) \times 6 \times 2400 = 2707,2 \text{ kg}$
5. Balok (4 m) $W = 0,3 \times (0,4 - 0,13) \times 4 \times 2400 = 777,6 \text{ kg}$

Untuk mengangkat beban maksimum 3790,8 kg, maka jangkauan lengan crane maksimum adalah 42,8 m.

Untuk menjangkau keseluruhan areal konstruksi, maka direncanakan menggunakan 1 crane.





BAB IX
PENUTUP

BAB IX PENUTUP

Dengan manajemen konstruksi yang profesional akan didapat banyak keuntungan dalam penggunaan komponen beton pracetak pada gedung bertingkat diantaranya adalah kualitas beton yang terkontrol, waktu pelaksanaan yang dapat dipercepat yang pada akhirnya dapat menghemat biaya total konstruksi bangunan.

Dari perencanaan struktur yang telah dilakukan, ada hal yang perlu diutarakan dalam bagian penutup ini adalah :

1. Pemanfaatan elemen pracetak dapat dibuat mendekati sifat monolit dan pekerjaan yang dilakukan dengan system cor setempat, dengan pemilihan tipe sambungan yang disesuaikan dengan keadaan dari struktur yang direncanakan misalnya lokasi zone gempa dari gedung yang ditinjau, analisa struktur dari gedung dan yang lainnya.
2. Sistem pracetak dapat dipergunakan pada berbagai permodelan struktur, salah satunya adalah permodelan sebagai *Moment Resisting Frame System* dimana perencanaan elemen frame dimungkinkan menggunakan elemen pracetak untuk mencapai sifat permodelan struktur yang dikehendaki.
3. Pelaksanaan metode pracetak menjadi sesuatu hal yang sangat mungkin untuk diterapkan di Indonesia melihat dari metode pelaksanaannya, namun disini diperlukan keahlian dan ketelitian yang tinggi.

• SARAN

1. Riset dan pengembangan teknologi pracetak perlu ditingkatkan untuk memasyarakatkan system pracetak pada jasa konstruksi di Indonesia.
2. Perlu dibuatnya standar perencanaan beton pracetak di Indonesia sehingga dengan demikian pracetak akan lebih banyak dapat diterapkan.
3. Industri konstruksi beton pracetak hendaknya dikembangkan menjadi industri yang membuat elemen-elemen pracetak berdasarkan tuntutan konsumen seperti

segi arsitektur, bentang dan modul, sehingga beton pracetak menjadi sangat fleksibel dan kompetitif.

4. Demi efektifitas dan efisiensi dari metode pracetak, pembatasan jumlah elemen seragam yang dibuat perlu diperhatikan.
5. Perlu dibuat kerjasama yang terpadu antara produsen elemen struktur pracetak dan pelaku konstruksi di lapangan, untuk menghindari terjadinya stok elemen habis maupun terjadinya penumpukan elemen pracetak yang terlalu lama.
6. Diadakannya tinjauan kecepatan pelaksanaan konstruksi tiap lantai dan melakukan analisa biaya pada pelaksanaan konstruksi beton pracetak, karena analisa waktu dan biaya adalah alasan utama diterapkannya metode konstruksi pracetak.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Computer and Structures Inc., **SAP 2000 Manual**, Computer and Structures Inc., Berkeley, California USA.

Departemen Pekerjaan Umum, **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983**, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan .

Departemen Pekerjaan Umum, **SKSNI T-15-1991-03, Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**, Yayasan LPBM, Bandung.

International Conference of Building Officials, 1997, **Uniform Building Code**, Whittier, California.

PCI Design Handbook, 1992, Fourth Edition, Illinois, Chicago.

R. Park, T. Pauly, **Reinforced Concrete Structures**, A Wiley Interscience Publication.

S.K Ghost, August W. Domel Jr, David A Fanella, 1995, **Design of Concrete Buildings for Earthquake and Wind Forces, Second Edition**, Illinois, PCA.

T. Pauly, M. J. N Priestly, **Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings**, A Wiley Interscience Publication.



LAMPIRAN 1

TABEL PENULANGAN PELAT SEBELUM KOMPOSIT

Pelat	Arah	Dimensi Pelat (cm)	Tebal Pelat (cm)	Qu (kg/m ²)	Tulangan Lapangan					
					M _{lap.} (kgm)	P _{perlu}	P _{pada}	As _{perlu} (mm ²)	Tulangan	As _{pakai} (mm ²)
A	x	301 x 384	8.00	550,40	811.84	0.012	0.012	633.97	Ø 12-175	645,94
	y	301 x 384	8.00	550,40	686.90	0.010	0.010	529.46	Ø 12-200	565,2
	y	301 x 384	8.00	550,40	378.68	0.009	0.009	372.97	Ø 12-300	376,8
B	x	274 x 311	8.00	550,40	811.84	0.012	0.012	633.97	Ø 12-175	645,94
	y	274 x 311	8.00	550,40	686.90	0.010	0.010	529.46	Ø 12-200	565,2
	y	274 x 311	8.00	550,40	378.68	0.009	0.009	372.97	Ø 12-300	376,8
C	x	174 x 301	8.00	550,40	686.90	0.000	0.000	0.00	Ø 12-301	376,9
	y	174 x 301	8.00	550,40	619.20	0.000	0.000	0.00	Ø 12-302	376,10

TABEL PENULANGAN PELAT SETELAH KOMPOSIT

Lokasi	Kondisi	Tipe Pelat	Dimensi Pelat (cm)	Tebal Pelat (cm)	Qu (kg/m ²)	Tulangan Tumpuan					Tulangan Lapangan						
						M _{tump.} (kgm)	P _{perlu}	P _{pada}	As _{perlu} (mm ²)	Tulangan	As _{pakai} (mm ²)	M _{lap.} (kgm)	P _{perlu}	P _{pada}	As _{perlu} (mm ²)	Tulangan	As _{pakai} (mm ²)
Pelat Atap	Tulangan Arah x	A	600 x 500	8.00	892.00	1427.20	0.005	0.005	554.62	Ø 12-200	565,2	624.40	0.002	0.002	237.94	Ø 12-350	322,97
		B	600 x 400	8.00	892.00	1084.67	0.004	0.004	417.94	Ø 12-250	452,16	513.79	0.002	0.002	195.28	Ø 12-350	322,97
	Tulangan Arah y	A	600 x 500	8.00	892.00	1248.80	0.006	0.006	550.93	Ø 12-200	565,2	446.00	0.002	0.002	191.88	Ø 12-350	322,97
		B	600 x 400	8.00	892.00	813.50	0.004	0.004	353.95	Ø 12-300	376,8	242.62	0.001	0.001	103.75	Ø 12-350	322,97
Pelat Lantai	Tulangan Arah x	A	600 x 500	8.00	892.00	1427.20	0.005	0.005	554.62	Ø 12-200	565,2	624.40	0.002	0.002	237.94	Ø 12-350	322,97
		B	600 x 400	8.00	892.00	1084.67	0.004	0.004	417.94	Ø 12-250	452,16	513.79	0.002	0.002	195.28	Ø 12-350	322,97

PENULANGAN BALOK LANTAI DAERAH TUMPUAN

Dimensi (mm)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Mu (Nmm)	Ru	P _{perlu}	P _{pakai}	Tulangan Tarik			Tulangan Tekan		
								As _{perlu} (mm ²)	Tulangan pakai	As _{pakai} (mm ²)	As _{perlu} (mm ²)	Tulangan pakai	As _{pakai} (mm ²)
450 x 675	6750	450	634	2.47E+08	1.71	0.00553	0.00553	1577.08	5 D 22	1900.66	788.54	3 D 22	1140.40
400 x 600	6000	400	559	6.89E+08	6.90	0.02569	0.02569	5744.01	16 D 22	6082.12	2872.00	8 D 22	3041.06
300 x 400	4000	300	359	2.57E+08	8.30	0.03259	0.03259	3509.58	10 D 22	3801.33	1754.79	5 D 22	1900.67
350 x 500	6000	350	439	1.80E+08	3.34	0.01122	0.01122	1724.28	5 D 22	1900.66	862.14	3 D 22	1140.40
250 x 350	4000	250	289	4.66E+07	2.79	0.00927	0.00927	669.42	2 D 22	760.27	334.71	2 D 22	760.27
250 x 350	3375	250	289	1.22E+08	7.31	0.02763	0.02763	1996.12	6 D 22	2280.79	998.06	3 D 22	1140.40

PENULANGAN BALOK LANTAI DAERAH LAPANGAN

Dimensi (mm)	L (mm)	be (mm)	d (mm)	As pakai (mm ²)	T (N)	C (N)	Analisa	a	Check ρ_{min}			Check Momen			Tulang an Tarik	Tulang an Tekan
									P _{aktual}	ρ_{min}	Ket.	Mu (Nmm)	M _{lap} (Nmm)	Ket.		
450 x 675	6750	1688	634	1520.53	486570	5594063	Balok T palsu	11.307355	0.0053	0.004375	OK!	4.42E+08	1.70E+08	OK!	4 D 22	2 D 22
400 x 600	6000	1500	559	1140.4	364928	4972500	Balok T palsu	9.5406013	0.0051	0.004375	OK!	2.49E+08	1.15E+08	OK!	3 D 22	2 D 22
300 x 400	4000	1000	359	760.27	243286	3315000	Balok T palsu	9.5406431	0.0071	0.004375	OK!	1.1E+08	3.59E+07	OK!	2 D 22	2 D 22
350 x 500	6000	1500	439	760.27	243286	4972500	Balok T palsu	6.3604288	0.0049	0.004375	OK!	1.11E+08	8.57E+07	OK!	2 D 22	2 D 22
250 x 350	4000	1000	289	760.27	243286	3315000	Balok T palsu	9.5406431	0.0105	0.004375	OK!	1.1E+08	2.00E+07	OK!	2 D 22	2 D 22
250 x 350	3375	843.8	289	760.27	243286	2797031	Balok T palsu	11.307429	0.0105	0.004375	OK!	1.1E+08	5.84E+07	OK!	2 D 22	2 D 22

PENULANGAN BALOK ATAP DAERAH TUMPUAN

Dimensi (mm)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Mu (Nmm)	Rn	P _{perlu}	P _{pakai}	Tulangan Tarik			Tulangan Tekan		
								As _{perlu} (mm ²)	Tulangan pakai	As _{pakai} (mm ²)	As _{perlu} (mm ²)	Tulangan pakai	As _{pakai} (mm ²)
450 x 675	6750	450	634	1.72E+08	1.19	0.00380	0.0044	1255.32	4 D 22	1520.53	627.66	2 D 22	760.27
400 x 600	6000	400	559	1.40E+08	1.40	0.00450	0.0045	1005.27	3 D 22	1140.40	502.63	2 D 22	760.27
300 x 400	4000	300	359	9.91E+07	3.21	0.01074	0.0107	1156.72	4 D 22	1520.53	578.36	2 D 22	760.27
350 x 500	6000	350	439	5.25E+07	0.97	0.00310	0.0044	676.06	3 D 22	1140.40	338.03	2 D 22	760.27
250 x 350	4000	250	289	5.59E+07	3.35	0.01126	0.0113	813.70	3 D 22	1140.40	406.85	2 D 22	760.27
250 x 350	3375	250	289	3.13E+07	1.87	0.00608	0.0061	439.41	2 D 22	760.27	219.70	2 D 22	760.27

PENULANGAN BALOK ATAP DAERAH LAPANGAN

Dimensi (mm)	L (mm)	be (mm)	d (mm)	As pakai (mm ²)	T (N)	C (N)	Analisa	a	Check ρ _{min}			Check Momen			Tulangan Tarik	Tulangan Tekan
									P _{aktual}	ρ _{min}	Ket.	Mu (Nmm)	Mlap (Nmm)	Ket.		
450 x 675	6750	1688	634	1520.53	486570	5594063	Balok T palsu	11.307355	0.0053	0.004375	OK	4.42E+08	1.21E+08	OK!	4 D 22	2 D 22
400 x 600	6000	1500	559	1140.40	364928	4972500	Balok T palsu	9.5406013	0.0051	0.004375	OK	2.49E+08	9.40E+07	OK!	3 D 22	2 D 22
300 x 400	4000	1000	359	760.27	243286	3315000	Balok T palsu	9.5406431	0.0071	0.004375	OK	1.1E+08	1.32E+07	OK!	2 D 22	2 D 22
350 x 500	6000	1500	439	760.27	243286	4972500	Balok T palsu	6.3604288	0.0049	0.004375	OK	1.11E+08	6.14E+07	OK!	2 D 22	2 D 22
250 x 350	4000	1000	289	760.27	243286	3315000	Balok T palsu	9.5406431	0.0105	0.004375	OK	1.1E+08	1.63E+07	OK!	2 D 22	2 D 22
250 x 350	3375	843.8	289	760.27	243286	2797031	Balok T palsu	11.307429	0.0105	0.004375	OK	1.1E+08	1.38E+07	OK!	2 D 22	2 D 22

SENGKANG BALOK LANTAI

Balok	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Vu (N)	Tu (Nmm)	Tu _{min} (Nmm)	Φ Vc (N)	½ Φ Vc (N)	S _{perlu} (mm)	S _{max}		Sengkang	
										Tumpuan (mm)	Lapangan (mm)	Tumpuan	Lapangan
450 x 675	6750	450	634	1.84E+05	2.35E+08	7.02E+07	1.56E+05	7.81E+04	611.09	138,75	277,5	Ø 10 - 125	Ø 10 - 250
400 x 600	6000	400	559	3.39E+05	2.15E+07	1.99E+07	1.22E+05	6.12E+04	77.18	77.18	154.36	Ø 10 - 75	Ø 10 - 150
300 x 400	4000	300	359	1.86E+05	1.38E+06	8.98E+06	5.90E+04	2.95E+04	131.86	131.86	263.72	Ø 10 - 125	Ø 10 - 250
350 x 500	6000	350	439	1.68E+05	4.90E+06	2.04E+07	8.42E+04	4.21E+04	198.99	138,75	277,5	Ø 10 - 125	Ø 10 - 250
250 x 350	4000	250	289	7.97E+04	4.41E+06	9.60E+06	3.96E+04	1.98E+04	417.08	138,75	277,5	Ø 10 - 125	Ø 10 - 250
250 x 350	3375	250	289	4.60E+04	2.34E+07	9.60E+06	3.96E+04	1.98E+04	2621.16	138,75	277,5	Ø 10 - 125	Ø 10 - 250

TABEL PENULANGAN KOLOM

Level	EI Balok	EI Kolom	P	M _{2bx}	M _{2xt}	M _{2by}	M _{2yt}	ψ _A	ψ _B	Pc	δ _b	δ _s	Mux	Muy	Φ _{Mnx}	Tulangan
Lt. 0 - 1	5.62E+13	6.74E+13	5158009	45205.5	173756.9	37122.9	152230.3	0.9	1.0	24576074	1.48	1.27	287605.0	248308.2	421309.4	12 Ø 25
Lt. 1 - 2	5.62E+13	6.74E+13	4591447	70544.3	198818.0	55544.6	148084.6	0.9	0.9	24576074	1.40	1.23	344389.8	260722.2	484778.7	12 Ø 25
Lt. 2 - 3	5.62E+13	6.74E+13	4040782	81597.2	202874.3	62598.9	139833.2	0.9	0.9	24576074	1.34	1.20	352781.0	251667.8	488294.4	12 Ø 25
Lt. 3 - 4	5.62E+13	6.74E+13	3505906	92882.1	210442.6	70268.2	140962.9	0.9	0.9	24576074	1.28	1.17	365106.9	254879.4	502349.7	12 Ø 25
Lt. 4 - 5	5.62E+13	6.74E+13	2989973	102091.7	212702.9	76327.3	139883.1	0.9	0.9	24576074	1.23	1.14	368299.2	253513.0	504806.2	12 Ø 25
Lt. 5 - 6	5.62E+13	6.74E+13	2475401	109659.2	210989.2	81404.3	137535.8	0.9	0.9	24576074	1.18	1.11	364806.9	249544.7	499177.2	12 Ø 25
Lt. 6 - 7	5.62E+13	6.74E+13	1961984	115674.5	205473.1	84992.6	135222.6	0.9	0.9	24576074	1.14	1.09	355478.5	244049.9	486890.0	12 Ø 25
Lt. 7 - 8	5.62E+13	6.74E+13	1449575	120031.2	196193.1	89682.2	132849.7	0.9	0.9	24576074	1.10	1.06	348200.0	238000.0	470000.0	12 Ø 25

TABEL SENGGANG KOLOM

Level	Dimensi (mm)	Vu (N)	Nu (N)	ΦVc (N)	$\frac{1}{2} \Phi Vc$ (N)	S_{max} (mm)	Sengkang
Lantai 0-1	600 x 600	282580.8	5743790	2294256.21	1147128.11	150	Ø 10 – 150
Lantai 1-2	600 x 600	368677.1	5216740	2180986.51	1090493.25	150	Ø 10 – 150
Lantai 2-3	600 x 600	357684.5	4703920	2070775.01	1035387.50	150	Ø 10 – 150
Lantai 3-4	600 x 600	350415.9	4198210	1962091.54	981045.77	150	Ø 10 – 150
Lantai 4-5	600 x 600	334776.6	3698990	1854802.85	927401.42	150	Ø 10 – 150
Lantai 5-6	600 x 600	315281.1	3205490	1748743.46	874371.73	150	Ø 10 – 150
Lantai 6-7	600 x 600	291602.6	2716940	1643747.89	821873.95	150	Ø 10 – 150
Lantai 7-8	600 x 600	264031.6	2232580	1539652.81	769826.40	150	Ø 10 – 150
Lantai 8-9	600 x 600	232354.3	1751670	1436299.17	718149.59	150	Ø 10 – 150
Lantai 9-10	600 x 600	197942.2	1273500	1333534.39	666767.20	150	Ø 10 – 150
Lantai 10-11	600 x 600	154330.7	796936.3	1231114.83	615557.42	150	Ø 10 – 150
Lantai 11-12	600 x 600	136948.6	323728.6	1129416.52	564708.26	150	Ø 10 – 150

Letak titik angkat pelat pracetak (PCI Design Handbook, Fig. 5.2.5)

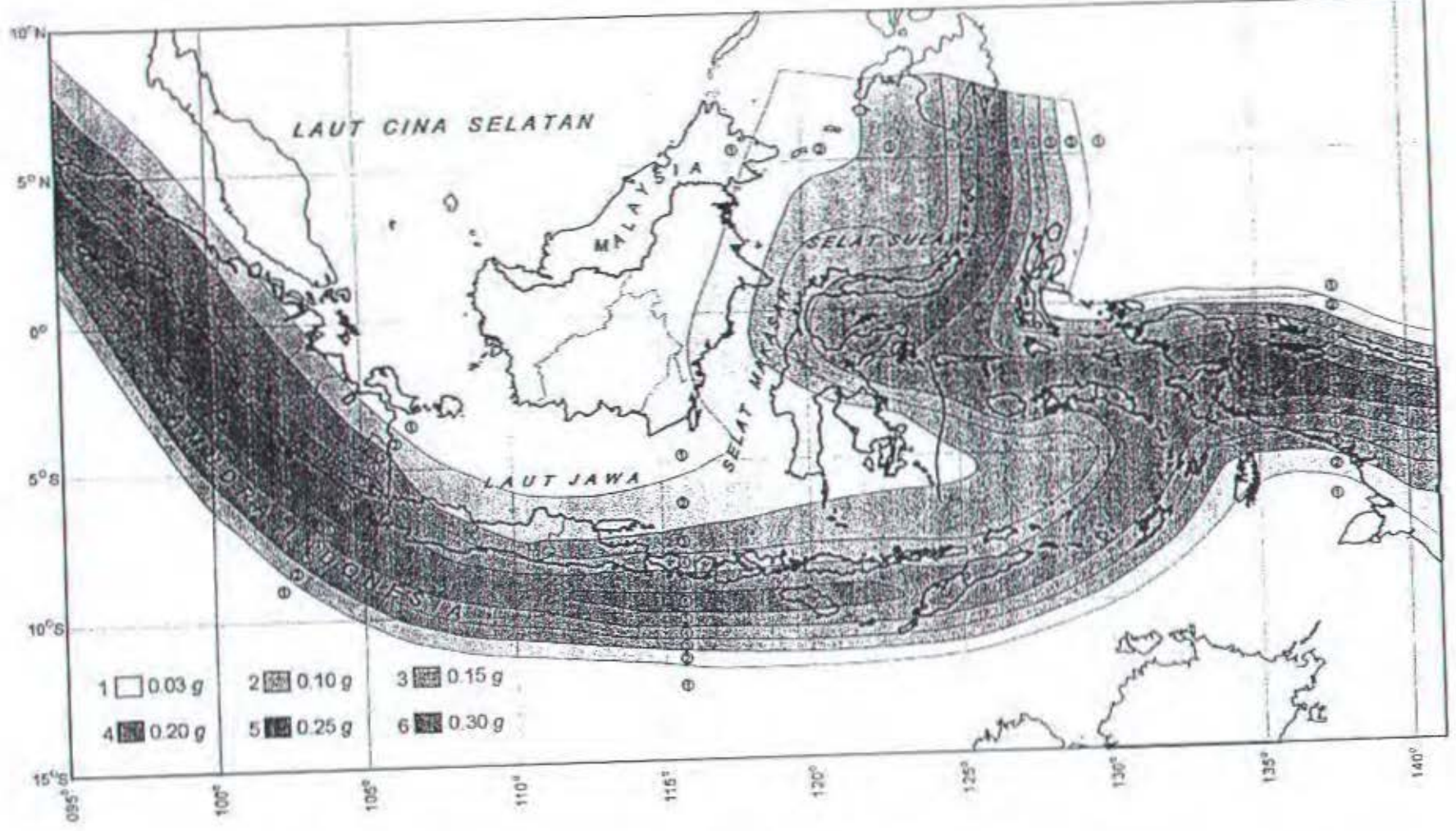
Pelat	Arah	Dimensi (cm)	Tul. Angkat	Bentang (cm)	
				Tengah	Tepi
A	x	300	4 Φ 10	197,5	70
	y	385		240	80
B	x	275	4 Φ 10	161	57
	y	310		182	64
C	x	175	4 Φ 10	103	36
	y	300		176	62

Letak titik angkat balok pracetak (PCI Design Handbook, Fig. 5.2.8)

Dimensi (mm)	L. (mm)	Tul. Angkat	Bentang (cm)	
			Tengah	Tepi
450 x 675	6750	2 Φ 12	365	155
400 x 600	6000	2 Φ 12	324	138
300 x 400	4000	2 Φ 12	216	92



LAMPIRAN 2



LEGENDA : LEMPUNG LANAU PASIR KERIKIL KULIT KERANG LURUANG BETON COR

MUKA AIR TANAH

BOR HOLE NO : B-1 LOKASI : JL. PANDUGO RUNGKUT SURABAYA MASTER BOR : SAMPUN TANGGAL : 5 JANUARI 2001

DEPTH (m)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH/BATUAN	URAIAN WJED SAMPLE	GRADASI			KONSISTENSI			BERAT VOLUME DAN SPECIFIC GRAVITY							UJI KUAT TEKAN / GESER			UJI KONSOLIDASI				DAYA DUKUNG PONDASI MENEMUS σ_{pm} (ton/m ²)												
				G	S	SIH+C	LL	PL	PI	e	Gs	Sr	n	Wc	γ_1	γ_{1d}	γ_s	ϕ	C	Cu	Qu	Po	Pp	Cc	Cv	SF<2	SF<3									
0																																				
0-10		LEMPUNG BERPASIR ABU-ABU																																		
10-30		LEMPUNG ABU-ABU																																		
30-50																																				

BOR HOLE NO : B-2 LOKASI : JL. PANDUGO RUNGKUT SURABAYA MASTER BOR : SAMPUN TANGGAL : 5 JANUARI 2001

DEPTH (m)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH/BATUAN	URAIAN WJED SAMPLE	GRADASI			KONSISTENSI			BERAT VOLUME DAN SPECIFIC GRAVITY							UJI KUAT TEKAN / GESER			UJI KONSOLIDASI				DAYA DUKUNG PONDASI MENEMUS σ_{pm} (ton/m ²)														
				G	S	SIH+C	LL	PL	PI	e	Gs	Sr	n	Wc	γ_1	γ_{1d}	γ_s	ϕ	C	Cu	Qu	Po	Pp	Cc	Cv	SF<2	SF<3											
0																																						
0-10		LEMPUNG ABU-ABU																																				
10-30		LEMPUNG ABU-ABU																																				
30-50		LEMPUNG ABU-ABU																																				

KETERANGAN : LL = Batas cair e = Angka Pori γ_1 = Berat volum tanah (gr/cc) C = Kohesi (kg/cm²) Po = Tekanan Overburden (kg/cm²) $q_u = c'.Nc' + \gamma'.Df.Nq' + 0.5.B.\gamma'.Ny'$
 G = Kerikil PL = Batas plastis n = Porositas (%) γ_d = Berat volum tanah kering (gr/cc) ϕ = Sudut geser dalam (derajat) Pp = Tekanan Prækonsolidasi (kg/cm²) $Cc = qu/25$ (ton/m²)
 S = Pasir PI = Indeks plastisitas Gs = Gravitasi spesifik γ_{1d} = Berat volum tanah kering (gr/cc)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATU JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP - ITS

Campus ITS Sukoflio Surabaya 60111, Telp. (031) 5994251-55 psw. 1140, Telp. / Faks: (031) 5928601, e-mail : itslabsoil@telk

PEMBANGUNAN RUKO PANDUGO RUNGKUT SURABAYA PT YEKAPE SURABAYA

GRAFIK SONDIR

: S-1
: JL. PANDUGO SURABAYA
: 0,00 m

MASTER SONDIR : SAMPUN
TANGGAL : 5 JANUARI 2001

TEKANAN KONUS (Kg/Cm²)
50 100 150 200 250 300

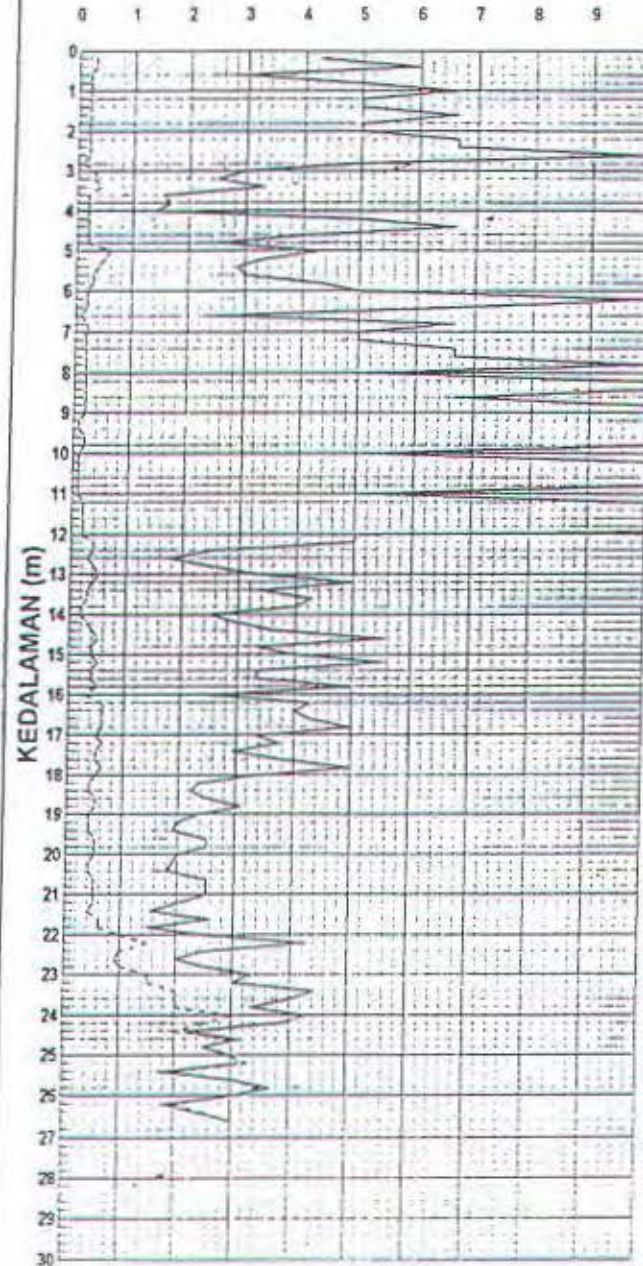


1000 1500 2000 2500 3000

JMLAH HAMBATAN PELEKAT (Kg/Cm)

--- Grafik Jumlah Hambatan Pelekat

RASIO GESEKAN (%)



KEDALAMAN (m)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

LOCAL FRICTION (Kg/Cm²)

— Grafik Rasio Gesekan --- Grafik Lokal Friction

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BANGUNAN JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP - ITS

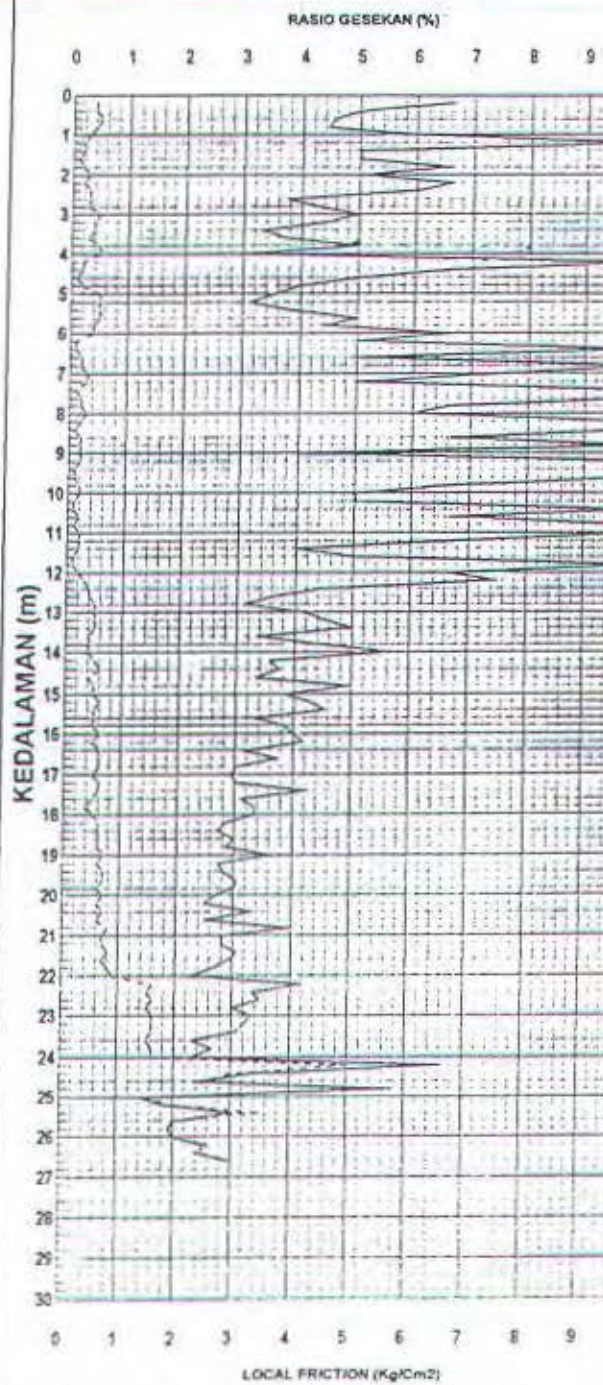
Kampus ITS Sukoilo Surabaya 60111, Telp. (031) 5994251-55 psw. 1140, Telp. / Faks: (031) 5928601, e-mail : itslabsoil@e

PEMBANGUNAN RUKO PANDUGO RUNGKUT SURABAYA PT YEKAPE SURABAYA

GRAFIK SONDIR

: S-3
 : JL. PANDUGO SURABAYA
 : 0,00 m

MASTER SONDIR : SAMPUN
 TANGGAL : 6 JANUARI 2001



--- Grafik Jumlah Hambatan Pelekat — Grafik Rasio Gesekan --- Grafik Local Friction

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATU JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP - ITS

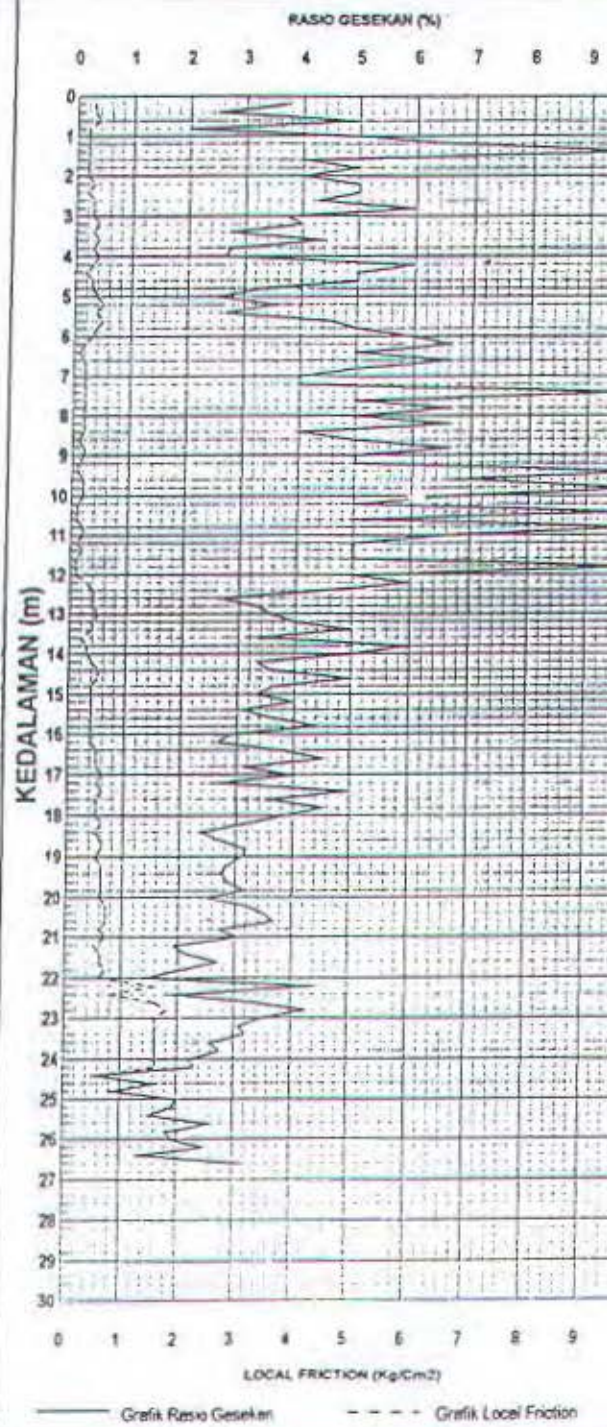
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111, Telp. (031) 5994251-55 psw. 1140, Telp. / Faks: (031) 5928601, e-mail : itslabsoil@t

PEMBANGUNAN RUKO PANDUGO RUNGKUT SURABAYA PT YEKAPE SURABAYA

GRAFIK SONDIR

: S-2
 : JL. PANDUGO SURABAYA
 : 0,00 m

MASTER SONDIR : SAMPUN
 TANGGAL : 5 JANUARI 2001





LAMPIRAN 3

STORY DATA

STORY	SIMILAR TO	HEIGHT	ELEVATION
STORY12	None	3.500	42.500
STORY11	STORY12	3.500	39.000
STORY10	STORY12	3.500	35.500
STORY9	STORY12	3.500	32.000
STORY8	STORY12	3.500	28.500
STORY7	STORY12	3.500	25.000
STORY6	STORY12	3.500	21.500
STORY5	STORY12	3.500	18.000
STORY4	STORY12	3.500	14.500
STORY3	STORY12	3.500	11.000
STORY2	STORY12	3.500	7.500
STORY1	STORY12	4.000	4.000
BASE	None		0.000

MATERIAL PROPERTY MASS AND WEIGHT

MATERIAL NAME	MASS PER UNIT VOL	WEIGHT PER UNIT VOL
STEEL	7.9814E+02	7.8334E+03
CONC	2.4480E+02	2.4026E+03

MATERIAL DESIGN DATA FOR CONCRETE MATERIALS

MATERIAL NAME	LIGHTWEIGHT CONCRETE	CONCRETE FC	REBAR FY	REBAR FYS	LIGHTWT REDUC FACT
CONC	No	3000000.000	32000000	32000000	N/A

FRAME SECTION PROPERTY DATA

FRAME SECTION NAME	MATERIAL NAME	SECTION SHAPE NAME OR NAME IN SECTION DATABASE FILE	CONC COL	CONC BEAM
B45/67.5	CONC	Rectangular		Yes
B40/60	CONC	Rectangular		Yes
B30/40	CONC	Rectangular		Yes
BA35/50	CONC	Rectangular		Yes
BA25/35	CONC	Rectangular		Yes
K60/60	CONC	Rectangular	Yes	
K70/70	CONC	Rectangular	Yes	

FRAME SECTION NAME	SECTION DEPTH	FLANGE WIDTH TOP	FLANGE THICK TOP	WEB THICK	FLANGE WIDTH BOT	FLANGE THICK BOT
B45/67.5	0.6750	0.4500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B40/60	0.6000	0.4000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B30/40	0.4000	0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
BA35/50	0.5000	0.3500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
BA25/35	0.3500	0.2500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
K60/60	0.6000	0.6000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
K70/70	0.7000	0.7000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

FRAME SECTION NAME	SECTION AREA	TORSIONAL CONSTANT	MOMENTS OF INERTIA		SHEAR AREAS	
			I33	I22	A2	A3
B45/67.5	0.3038	0.0120	0.0115	0.0051	0.2531	0.2531
B40/60	0.2400	0.0075	0.0072	0.0032	0.2000	0.2000
B30/40	0.1200	0.0019	0.0016	0.0009	0.1000	0.1000
BA35/50	0.1750	0.0041	0.0036	0.0018	0.1458	0.1458
BA25/35	0.0875	0.0010	0.0009	0.0005	0.0729	0.0729
K60/60	0.3600	0.0183	0.0108	0.0108	0.3000	0.3000
K70/70	0.4900	0.0338	0.0200	0.0200	0.4083	0.4083

FRAME SECTION NAME	PLASTIC MODULI				RADIUS OF GYRATION	
	S33	S22	Z33	Z22	R33	R22
B45/67.5	0.0342	0.0228	0.0513	0.0342	0.1949	0.1299
B40/60	0.0240	0.0160	0.0360	0.0240	0.1732	0.1155
B30/40	0.0080	0.0060	0.0120	0.0090	0.1155	0.0866
BA35/50	0.0146	0.0102	0.0219	0.0153	0.1443	0.1010
BA25/35	0.0051	0.0036	0.0077	0.0055	0.1010	0.0722
K60/60	0.0360	0.0360	0.0540	0.0540	0.1732	0.1732
K70/70	0.0572	0.0572	0.0858	0.0858	0.2021	0.2021

FRAME SECTION WEIGHTS AND MASSES

FRAME SECTION NAME	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
B45/67.5	860573.7683	87683.3834
B40/60	186539.0985	19006.3652
B30/40	117343.7606	11956.0906
BA35/50	121091.8414	12337.9805
BA25/35	158065.8476	16105.2414
K60/60	666005.1275	67858.8926
K70/70	94182.5433	9596.2070

CONCRETE COLUMN DATA

FRAME SECTION NAME	REINF CONFIGURATION		REINF SIZE/TYPE	NUM BARS 3DIR/2DIR	NUM BARS CIRCULAR	BAR COVER
	LONGIT	LATERAL				
K60/60	Rectangular	Ties	25Ø/Design	5/5	N/A	0.0400
K70/70	Rectangular	Ties	25Ø/Design	5/5	N/A	0.0400

FRAME SECTION NAME	TOP COVER	BOT COVER	TOP LEFT AREA	TOP RIGHT AREA	BOT LEFT AREA	BOT RIGHT AREA
B45/67.5	0.0300	0.0200	0.000	0.000	0.000	0.000
B40/60	0.0300	0.0200	0.000	0.000	0.000	0.000
B30/40	0.0300	0.0200	0.000	0.000	0.000	0.000
BA35/50	0.0300	0.0300	0.000	0.000	0.000	0.000
BA25/35	0.0300	0.0300	0.000	0.000	0.000	0.000

SHELL SECTION PROPERTY DATA

SHELL SECTION	MATERIAL NAME	SHELL TYPE	LOAD DIST ONE WAY	MEMBRANE THICK	BENDING THICK	TOTAL WEIGHT	TOTAL MASS
PELAT	CONC	Membrane	No	0.1500	0.1500	1496079	152434.6472

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	AUTO LAT LOAD	SELF WT MULTIPLIER
DEAD	DEAD	N/A	1.0000
LIVE	LIVE	N/A	0.0000
QUAKE	QUAKE	UBC97	0.0000
WIND	WIND	USER	0.0000

LOADING COMBINATIONS

COMBO	COMBO TYPE	CASE	CASE TYPE	SCALE FACTOR
COMB1	ADD	DEAD	Static	1.4000

COMB2	ADD	DEAD	Static	1.2000
		LIVE	Static	1.6000
COMB3	ADD	DEAD	Static	1.2000
		LIVE	Static	0.5000
		WIND	Static	1.3000
COMB4	ADD	DEAD	Static	1.3860
		LIVE	Static	0.5500
		QUAKE	Static	1.1000
COMB5	ADD	DEAD	Static	1.0560
		QUAKE	Static	1.1000

AUTO SEISMIC UBC 97
Case: QUAKE

AUTO SEISMIC INPUT DATA

Direction: X + EccY
Typical Eccentricity = 5%
Eccentricity Overrides: No

Period Calculation: Program Calculated
Ct = 0.03 (in feet units)

Top Story: STORY12
Bottom Story: BASE

R = 5.5
I = 1
hn = 42.500 (Building Height)

Soil Profile Type = SD

Ca = 0.2200
Cv = 0.3200

AUTO SEISMIC CALCULATION FORMULAS

$$T_a = C_t (h_n^{3/4})$$

If $Z \geq 0.35$ (Zone 4) then: If $T_{etabs} \leq 1.30 T_a$ then $T = T_{etabs}$, else $T = T_a$
If $Z < 0.35$ (Zone 1, 2 or 3) then: If $T_{etabs} \leq 1.40 T_a$ then $T = T_{etabs}$, else $T = T_a$

$$V = (C_v I W) / (R T) \quad \text{(Eqn. 1)}$$

$$V \leq 2.5 C_a I W / R \quad \text{(Eqn. 2)}$$

$$V \geq 0.11 C_a I W \quad \text{(Eqn. 3)}$$

If $T \leq 0.7$ sec, then $F_t = 0$

If $T > 0.7$ sec, then $F_t = 0.07 T V \leq 0.25 V$

AUTO SEISMIC CALCULATION RESULTS

$$T_a = 1.2173 \text{ sec}$$

$$T \text{ Used} = 1.0000 \text{ sec}$$

$$W \text{ Used} = 3649845.98$$

$$V \text{ (Eqn 1)} = 0.0582W$$

$$V \text{ (Eqn 2)} = 0.1000W$$

$$V \text{ (Eqn 3)} = 0.0242W$$

$$V \text{ (Eqn 4)} = 0.0349W$$

$$V \text{ Used} = 0.0582W = 212354.68$$

$$F_t \text{ Used} = 14864.83$$

AUTO SEISMIC STORY FORCES

STORY	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY12	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 42.5000)					
	43045.66	0.00	0.00	0.000	0.000	-634800.981
STORY11	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 39.0000)					
	27896.56	0.00	0.00	0.000	0.000	-402952.873
STORY10	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 35.5000)					
	25393.02	0.00	0.00	0.000	0.000	-366790.436
STORY9	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 32.0000)					
	22889.49	0.00	0.00	0.000	0.000	-330627.999
STORY8	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 28.5000)					
	20385.95	0.00	0.00	0.000	0.000	-294465.561
STORY7	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 25.0000)					
	17882.41	0.00	0.00	0.000	0.000	-258303.124
STORY6	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 21.5000)					
	15378.87	0.00	0.00	0.000	0.000	-222140.687
STORY5	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 18.0000)					
	12875.34	0.00	0.00	0.000	0.000	-185978.249
STORY4	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 14.5000)					
	10371.80	0.00	0.00	0.000	0.000	-149815.812
STORY3	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 11.0000)					
	7868.26	0.00	0.00	0.000	0.000	-113653.374
STORY2	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 7.5000)					
	5364.72	0.00	0.00	0.000	0.000	-77490.937
STORY1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 4.0000)					

AUTO SEISMIC DIAPHRAGM FORCES

STORY	DIAPHRAGM	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
STORY12	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 42.5000)					
		43045.66	0.00	0.00	0.000	0.000	-634800.981
STORY11	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 39.0000)					
		27896.56	0.00	0.00	0.000	0.000	-402952.873
STORY10	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 35.5000)					
		25393.02	0.00	0.00	0.000	0.000	-366790.436
STORY9	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 32.0000)					
		22889.49	0.00	0.00	0.000	0.000	-330627.999
STORY8	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 28.5000)					
		20385.95	0.00	0.00	0.000	0.000	-294465.561
STORY7	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 25.0000)					
		17882.41	0.00	0.00	0.000	0.000	-258303.124
STORY6	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 21.5000)					
		15378.87	0.00	0.00	0.000	0.000	-222140.687
STORY5	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 18.0000)					
		12875.34	0.00	0.00	0.000	0.000	-185978.249
STORY4	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 14.5000)					
		10371.80	0.00	0.00	0.000	0.000	-149815.812
STORY3	D1	(Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 11.0000)					
		7868.26	0.00	0.00	0.000	0.000	-113653.374

5364.72 0.00 0.00 0.000 0.000 -77490.937

STORY1 D1 (Forces reported at X = 0.0000, Y = 0.0000, Z = 4.0000)
 3002.59 0.00 0.00 0.000 0.000 -43428.425

AUTO SEISMIC POINT FORCES

STORY	POINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
-------	-------	----	----	----	----	----	----

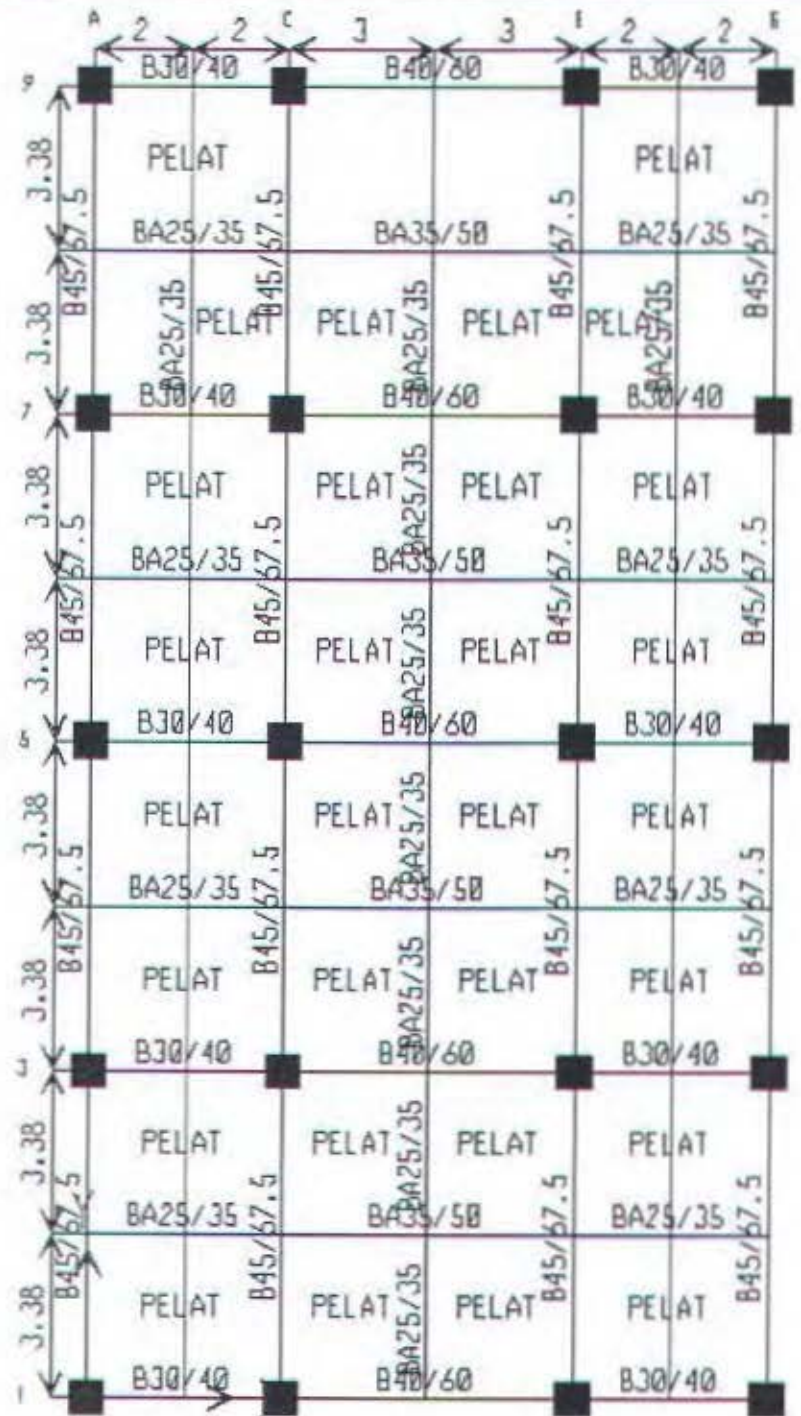
SUPPORT (RESTRAINT) DATA

STORY	POINT	/-----RESTRAINED DOF's-----/					
		UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
BASE	-21	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-22	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-25	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-26	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-29	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-30	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-33	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-34	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-37	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-38	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-23	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-24	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-28	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-27	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-31	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-32	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-36	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-35	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-39	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BASE	-40	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes



LAMPIRAN 4

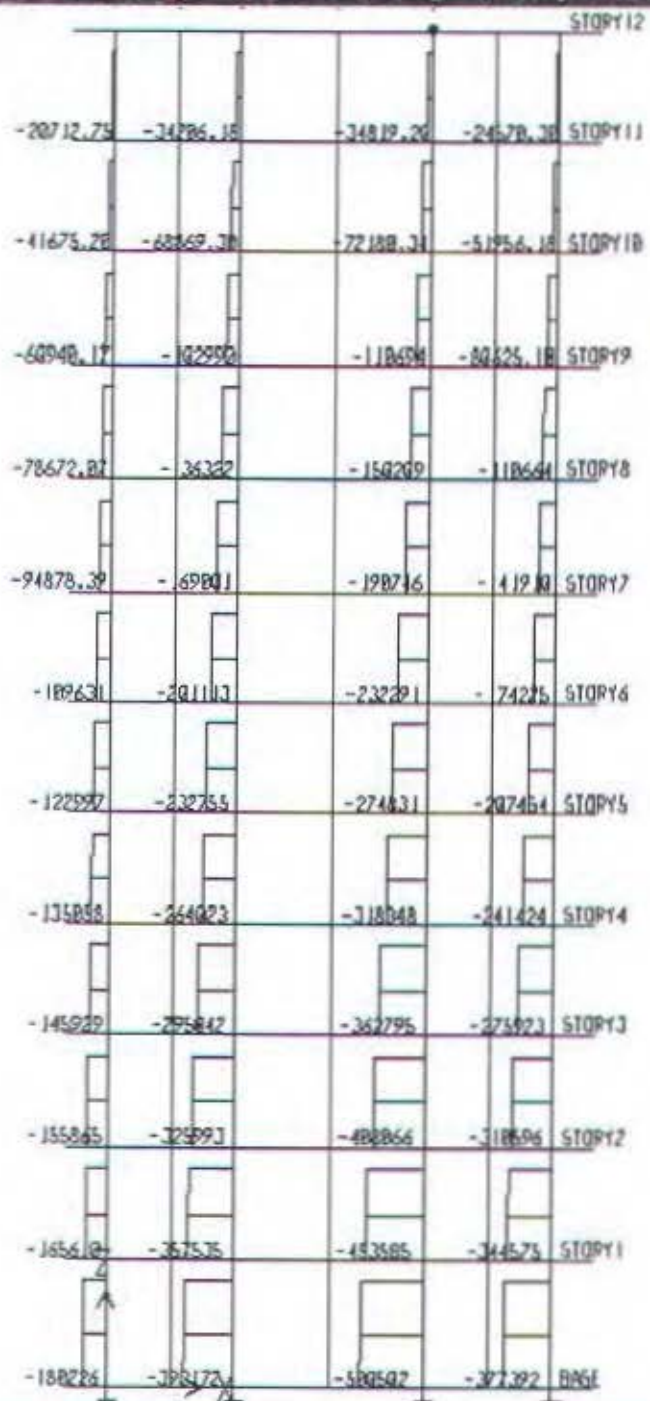
Plan View - STORY1 - Elevation 4



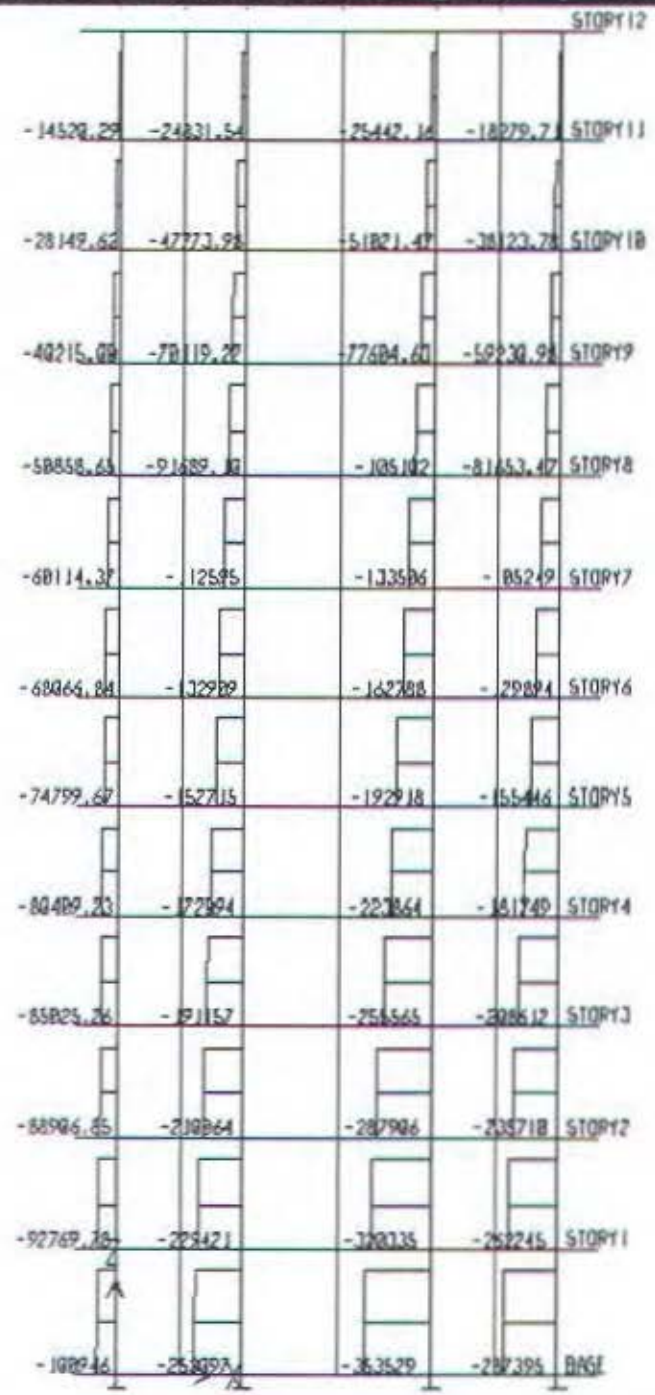
Elevation View - 5

	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP17
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP17
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP16
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP15
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP14
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP13
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP12
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP11
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP10
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP9
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP8
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP7
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP6
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP5
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP4
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP3
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP2
K6B/6Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	B1DP1
K7B/7Q	B3B/4Q	B4B/6Q	B3B/4Q	BASE

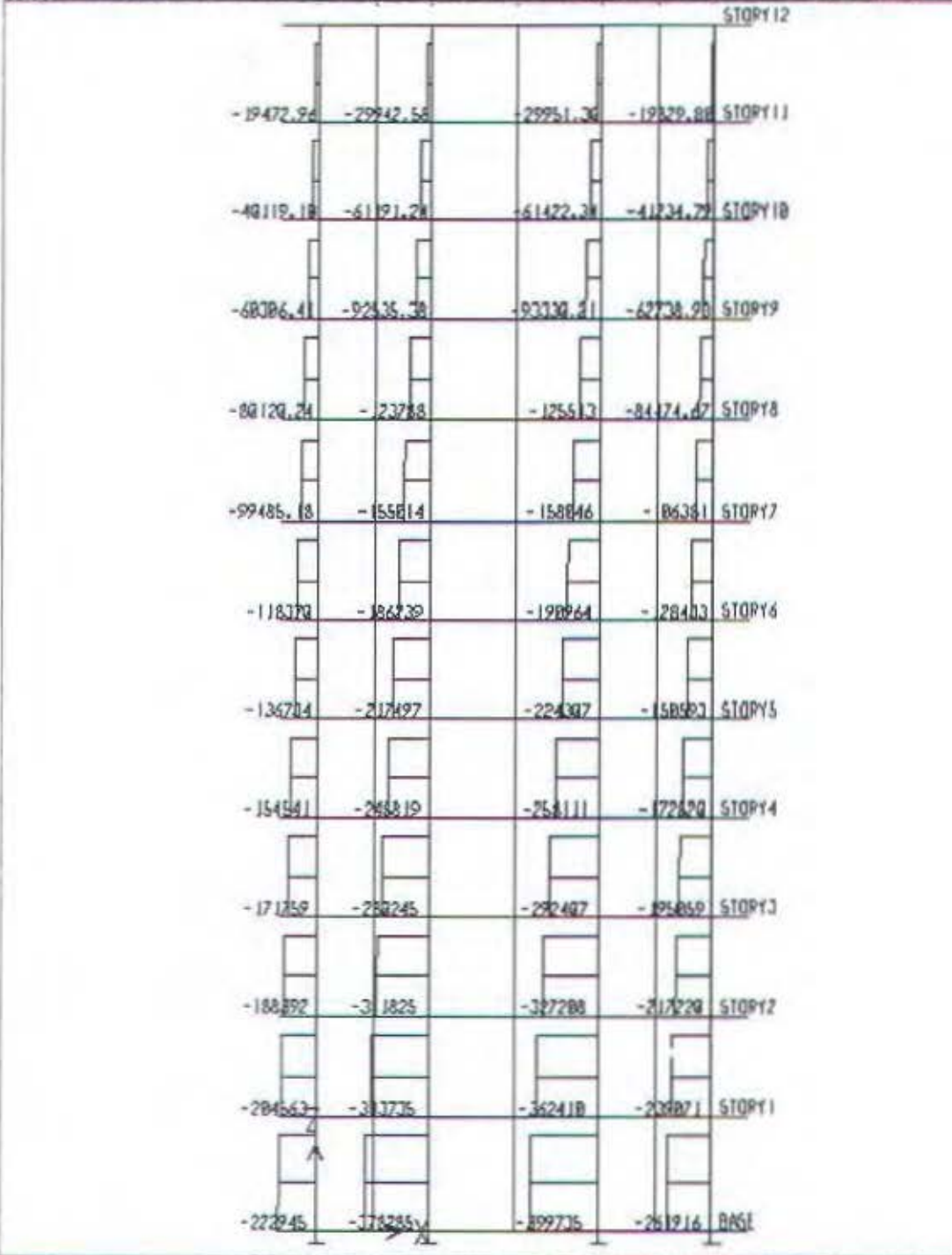
Elevation View - 5 Axial Force Diagram (COMB4)



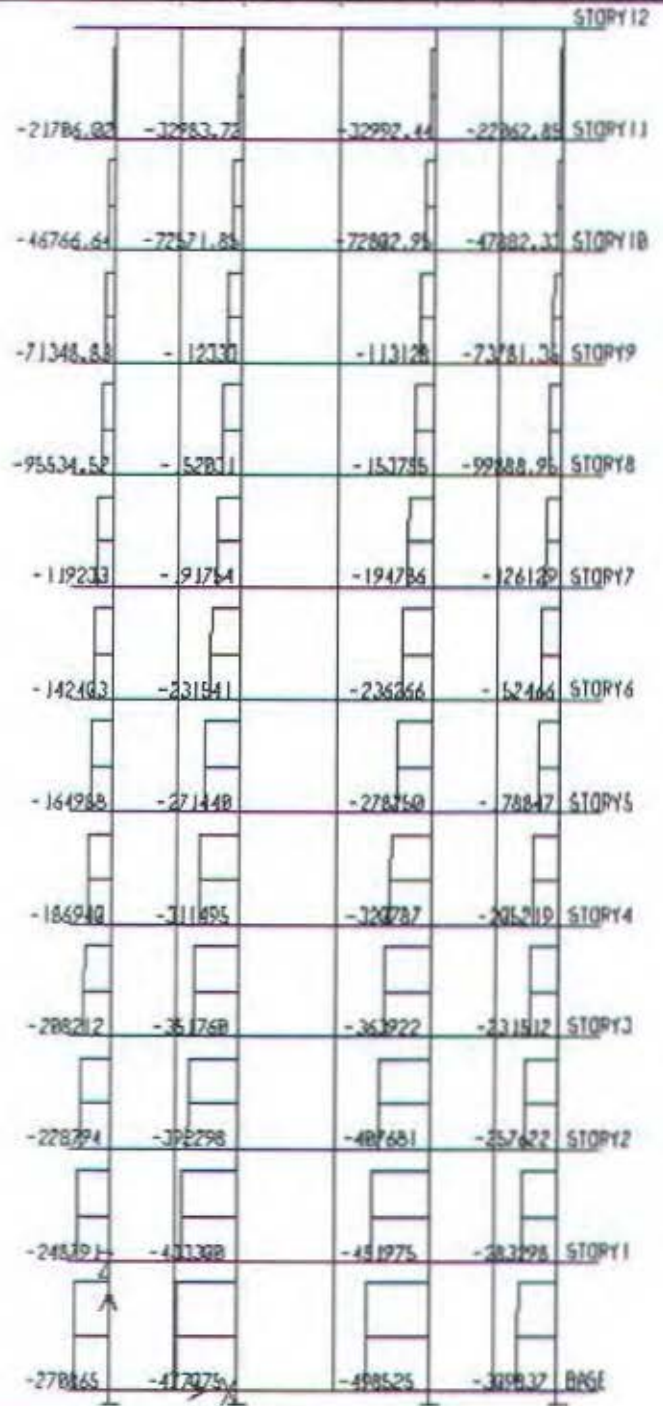
Elevation View - 5 Axial Force Diagram (COMB5)



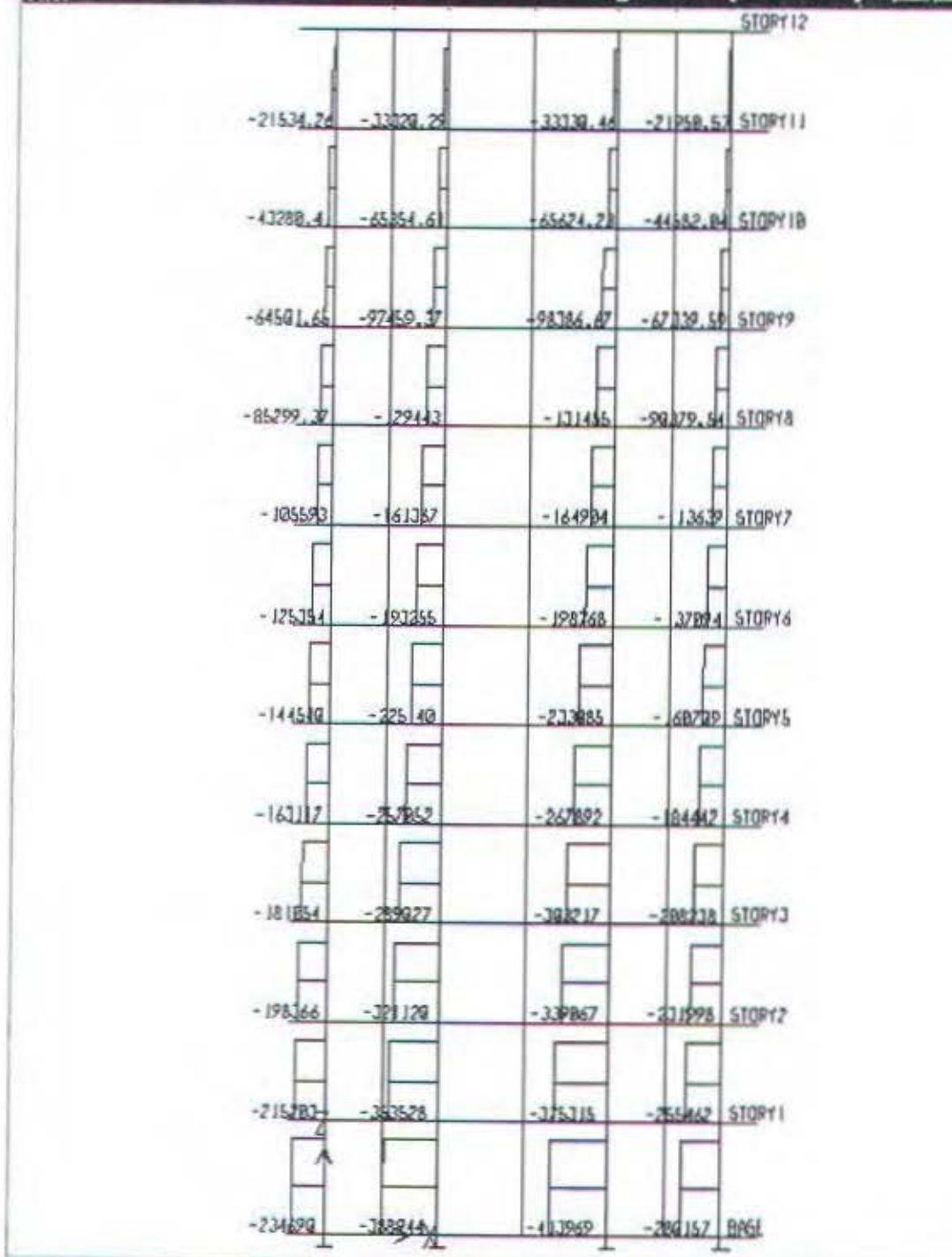
Elevation View - 5 Axial Force Diagram (COMB3)



Elevation View - 5 Axial Force Diagram (COMB2)



Elevation View - 5 Axial Force Diagram (COMB1)



MILIK PERPUSTAKAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH - NOPEMBER

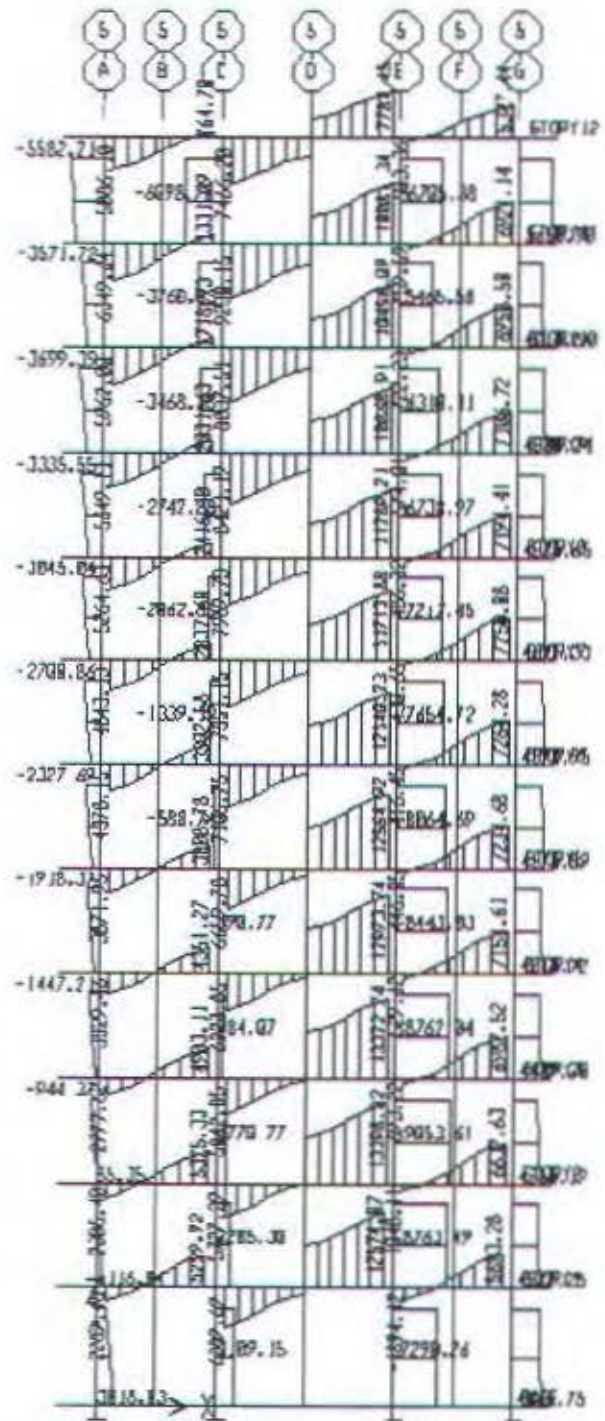
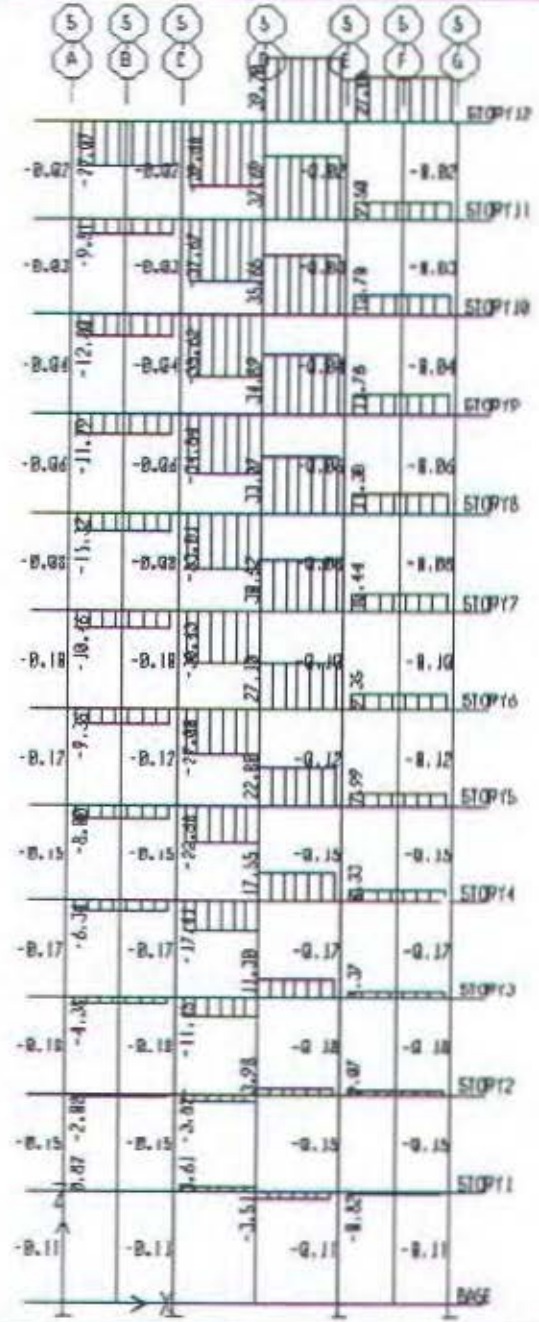


Diagram Geseur Elevasi-5 (COMB-2)

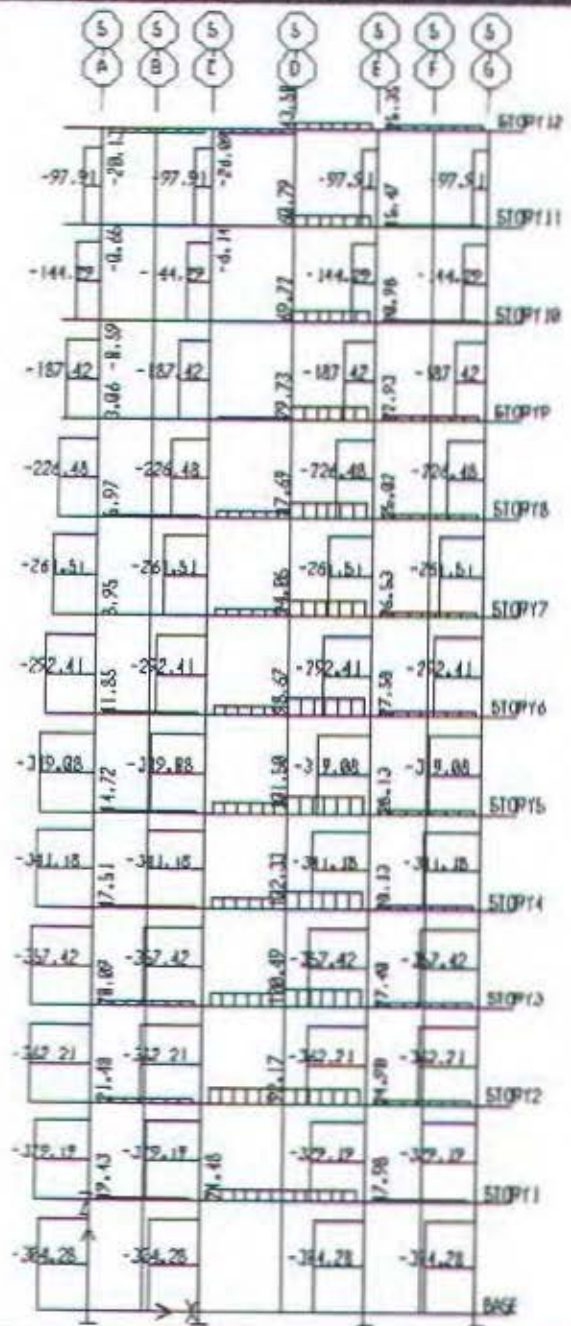


Diagram Geser Elevasi-5 (COMB-4)

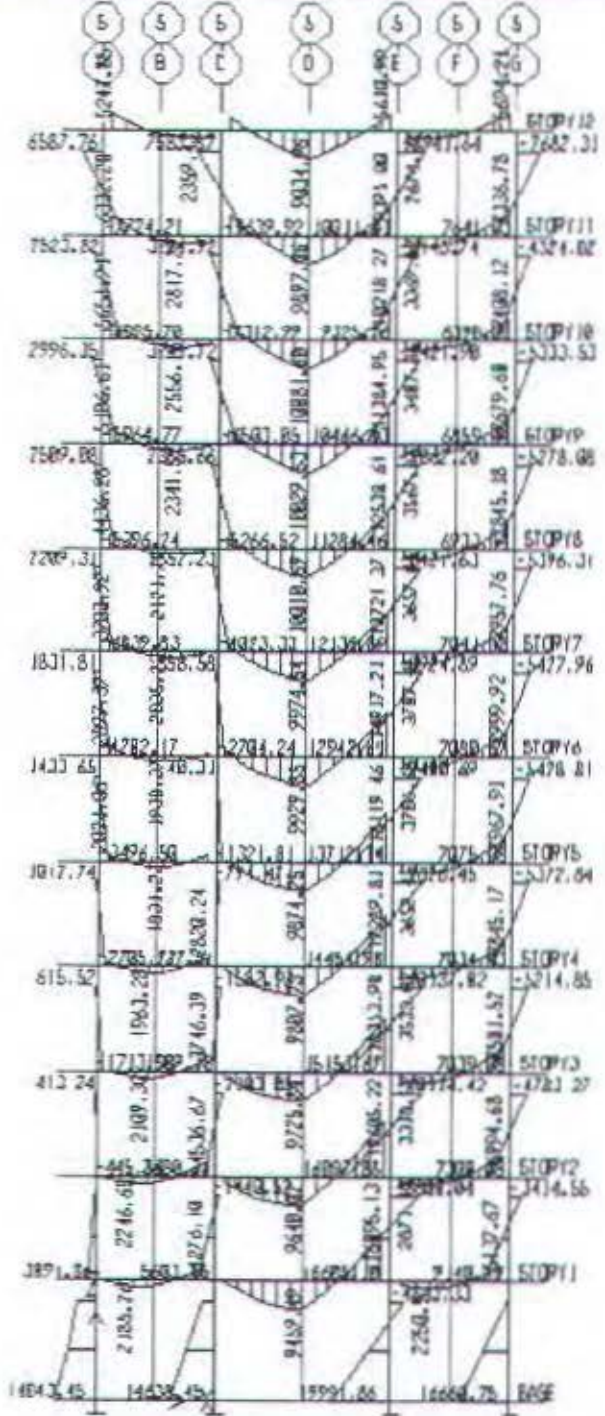
Elevation View - 5 Torsion Diagram (COMB2)



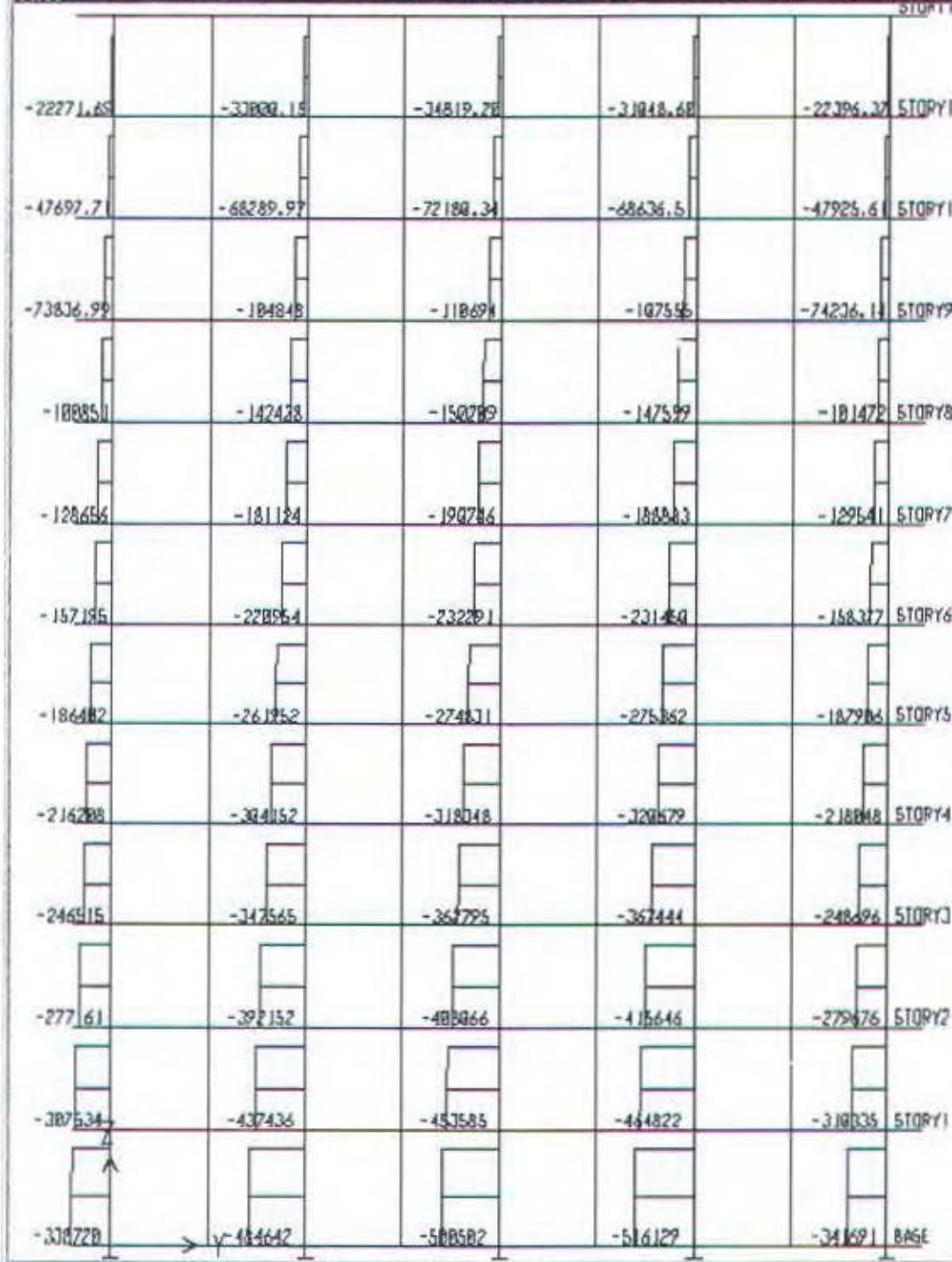
Elevation View -5 Torsion Diagram (COMB4)



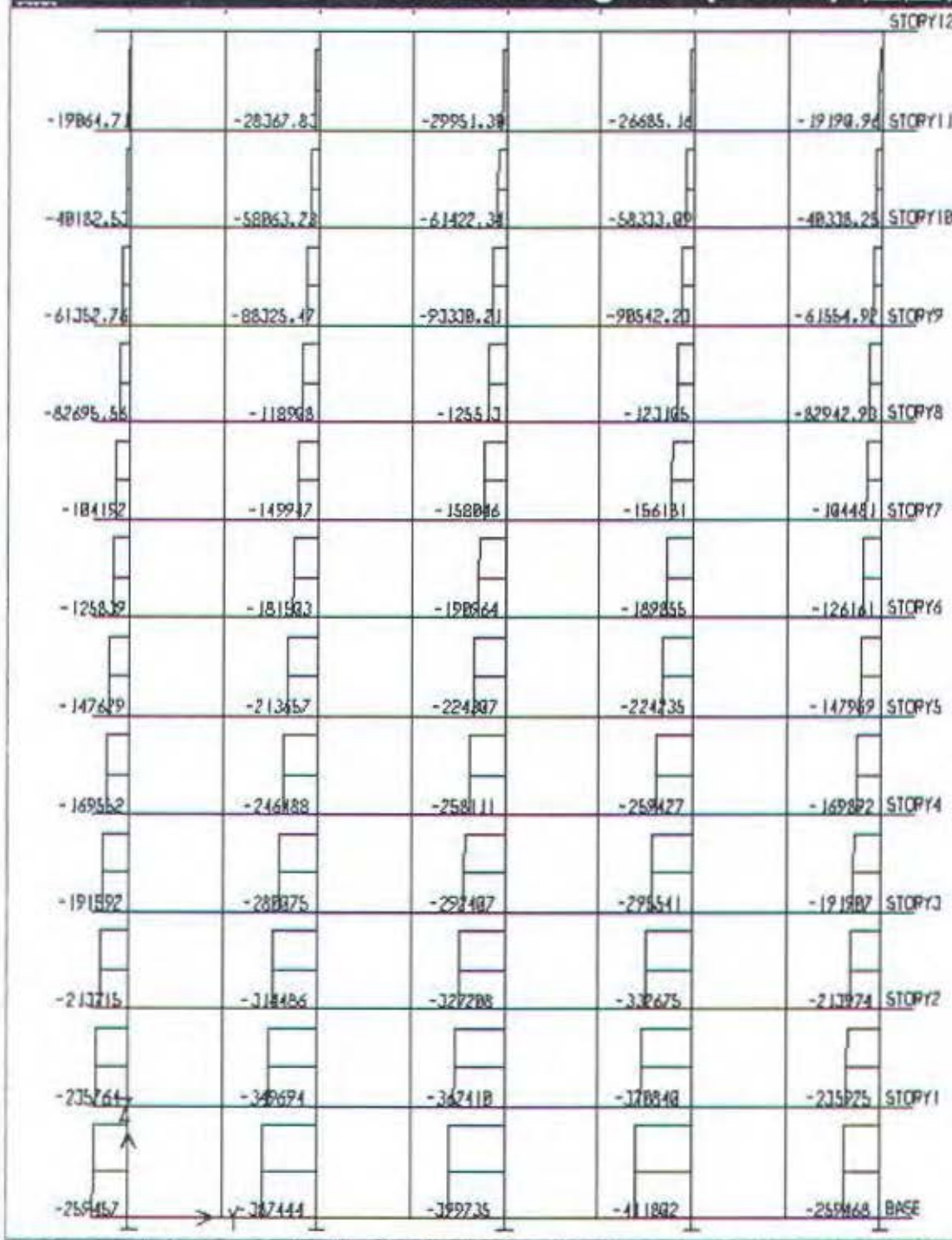
Elevation View - 5 Moment 3-3 Diagram (COMB2)



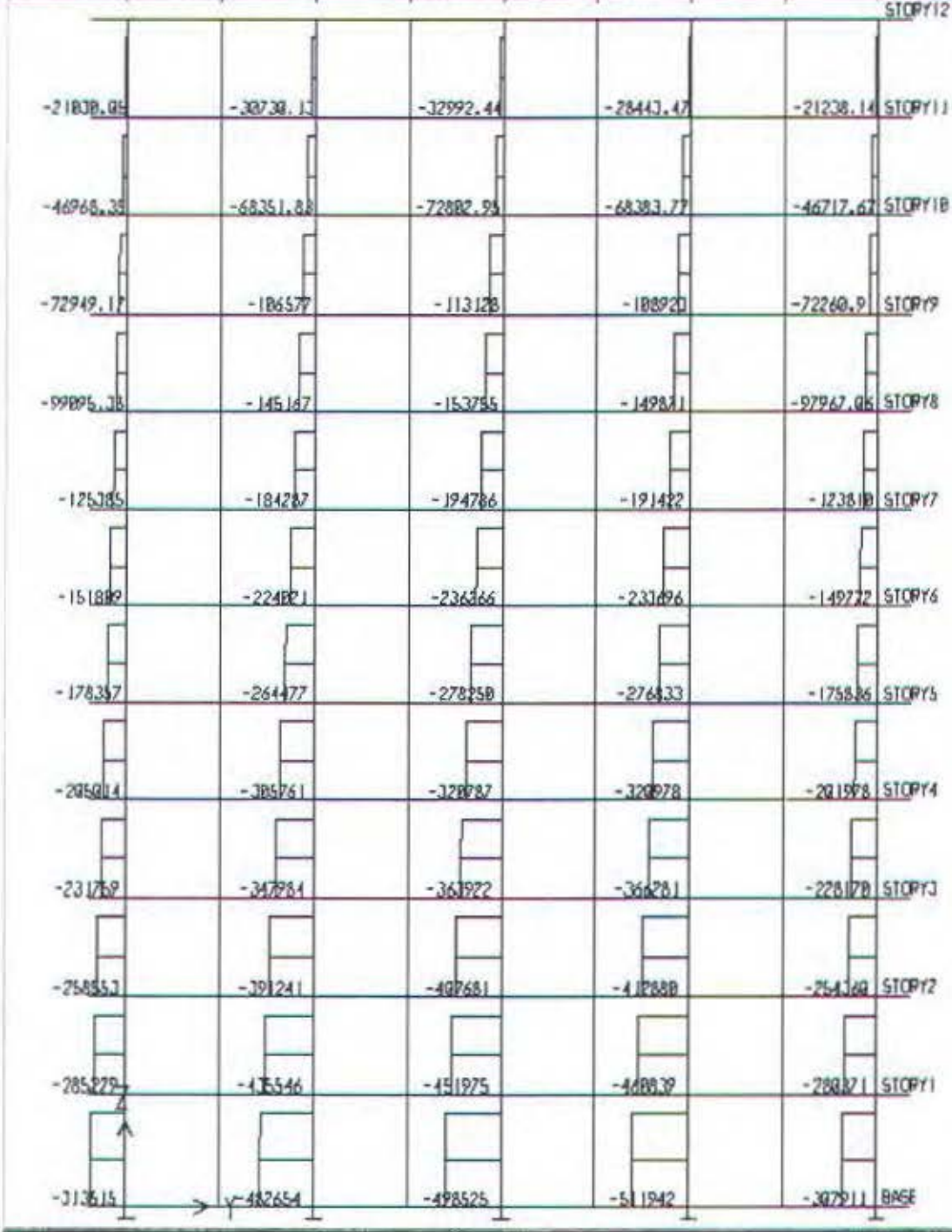
Elevation View - E Axial Force Diagram (COMB4)



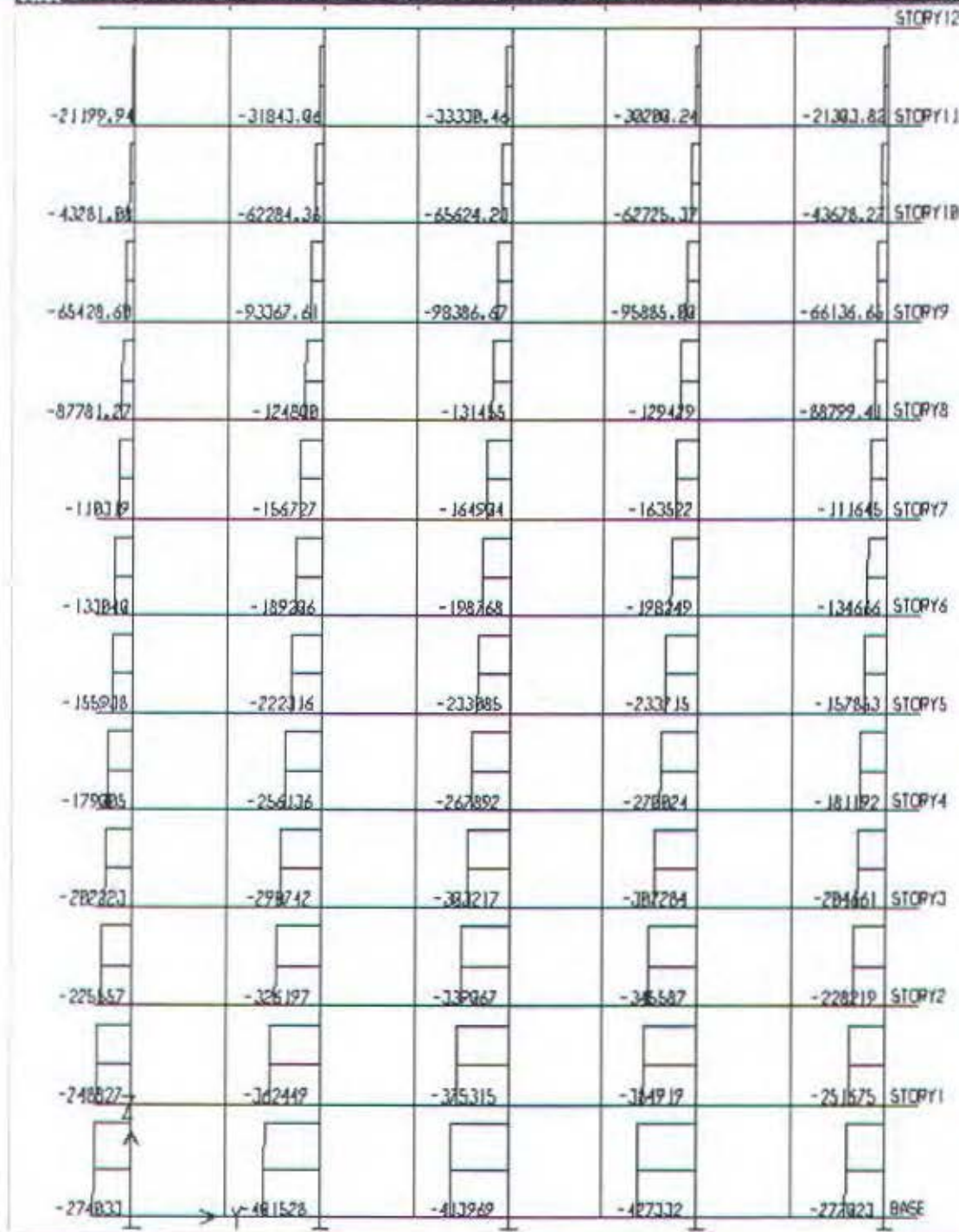
Elevation View - E Axial Force Diagram (COMB3)



Elevation View - E Axial Force Diagram (COMB2)



Elevation View - E Axial Force Diagram (COMB1)



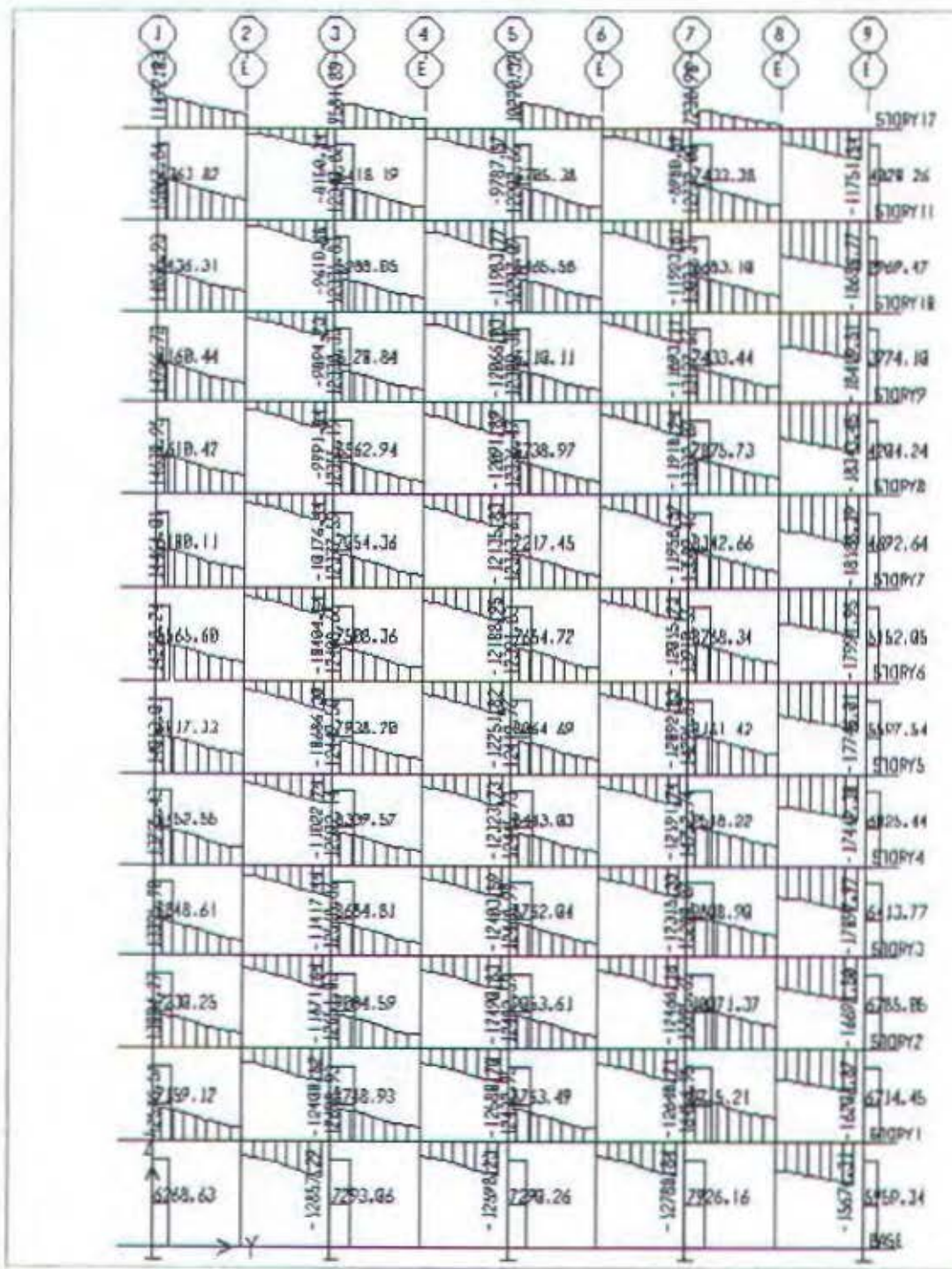
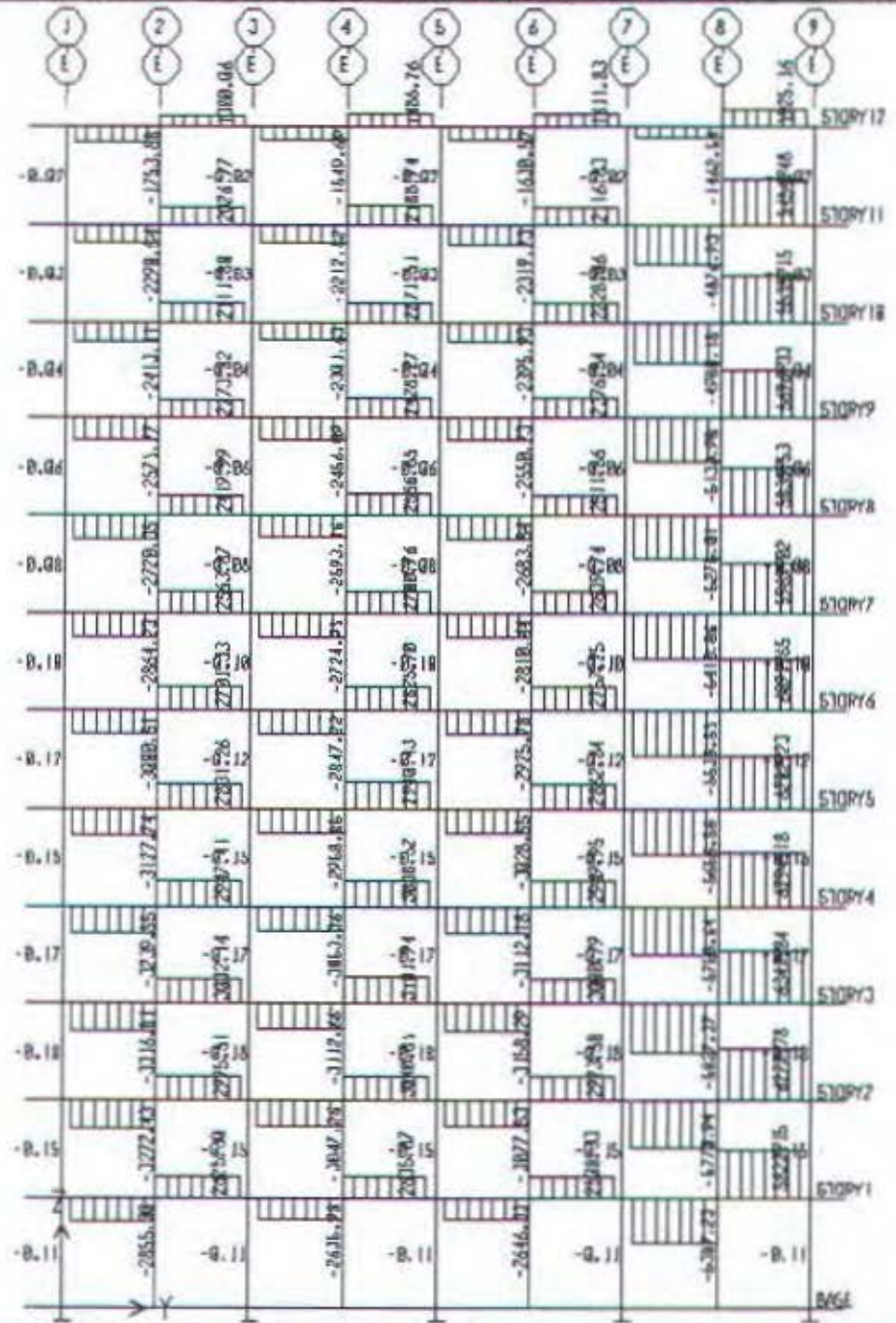


Diagram Geser Elevasi-E (COMB-2)

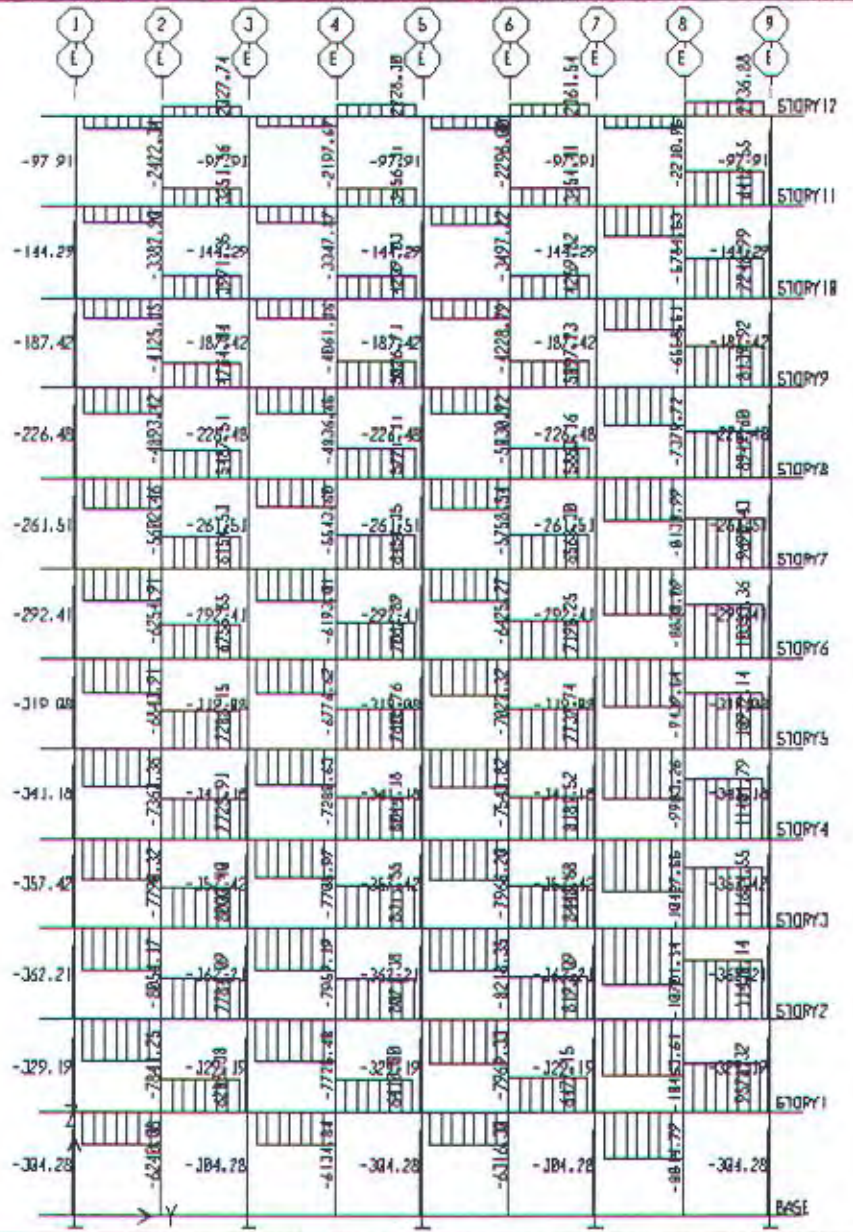


Diagram Geser Elevasi-E (COMB-4)

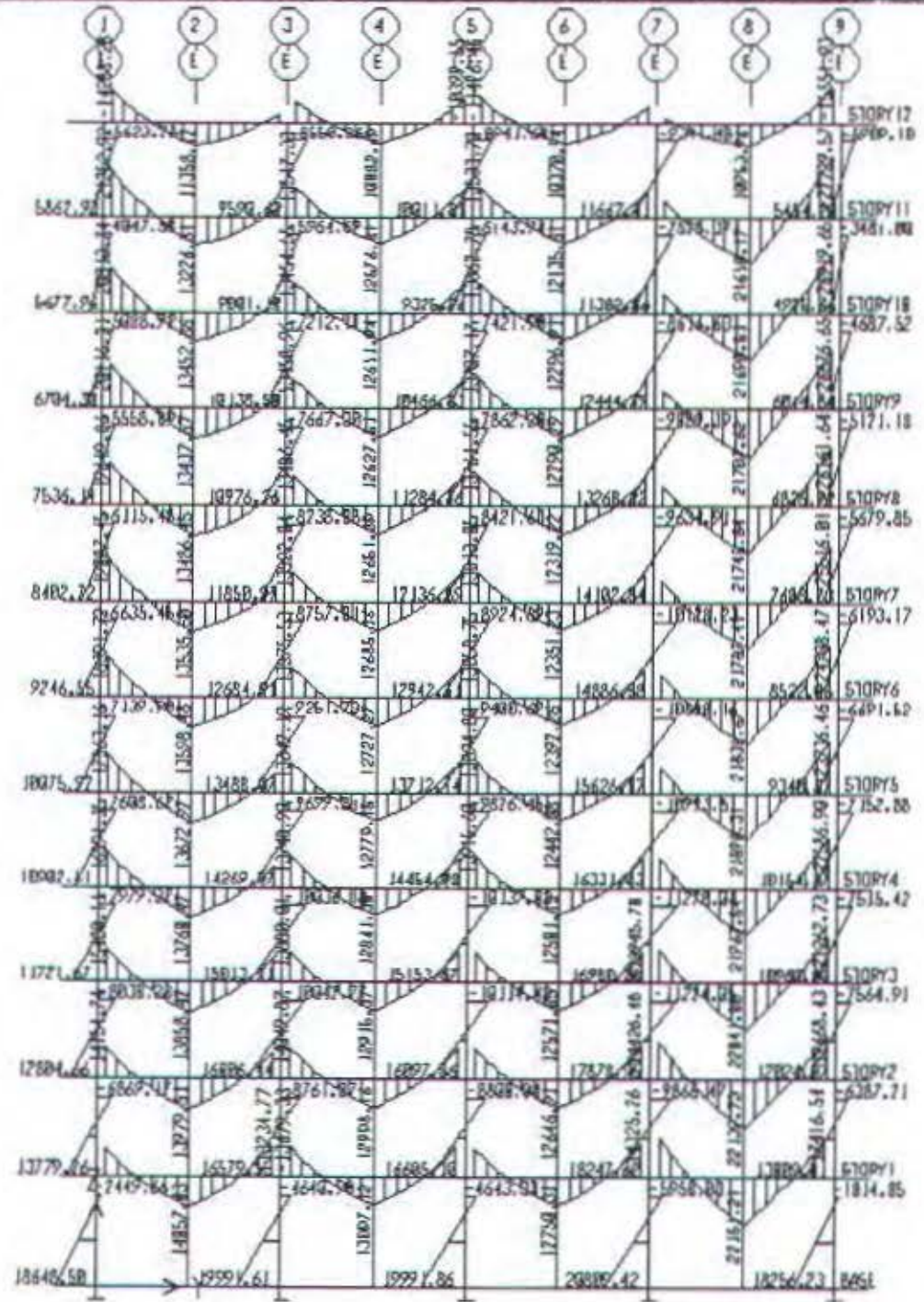
Elevation View - E Torsion Diagram (COMB2)



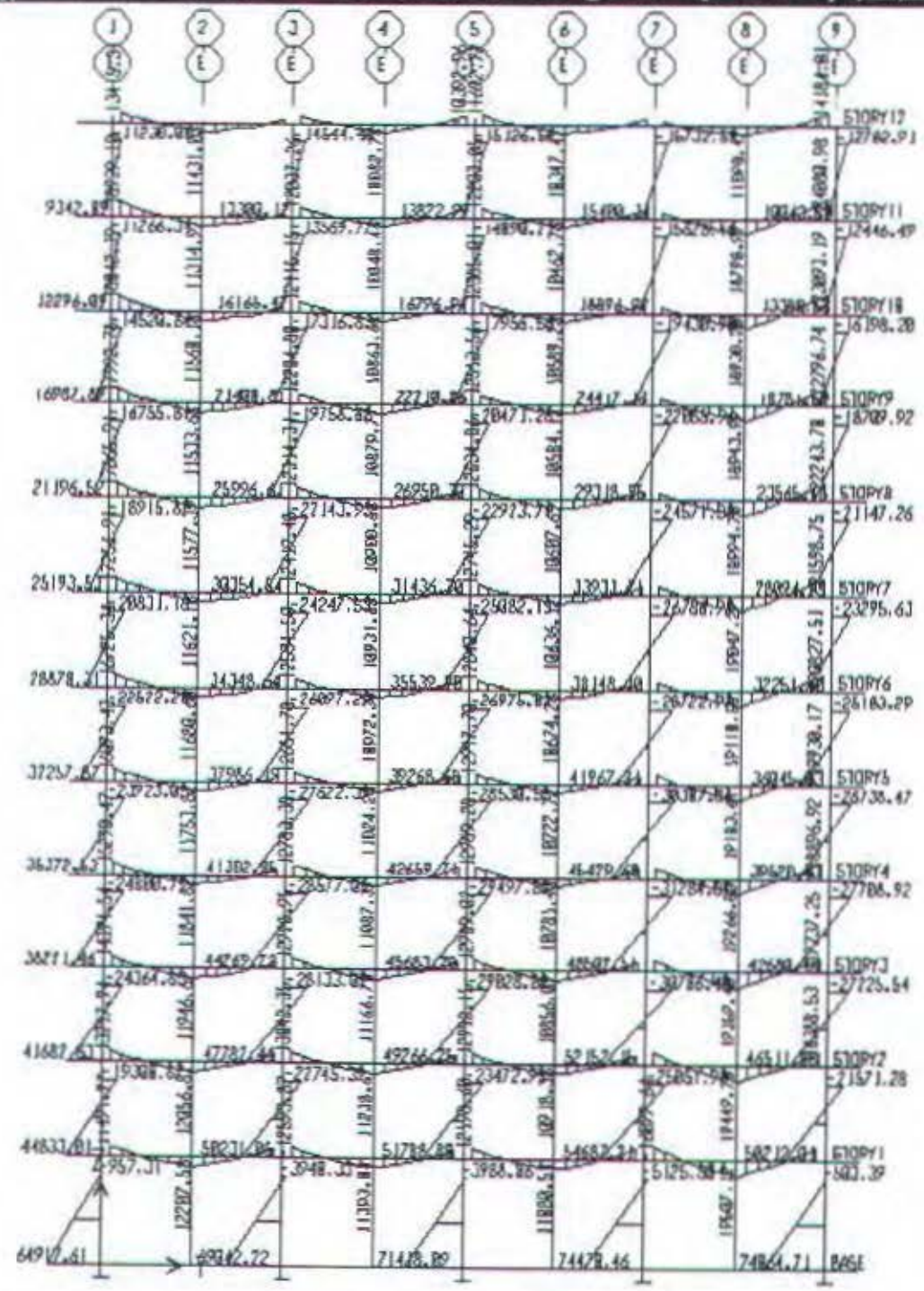
Elevation View - E Torsion Diagram (COMB4)



Elevation View - E Moment 3-3 Diagram (COMB2)



Elevation View - E Moment 3-3 Diagram (COMB4)





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

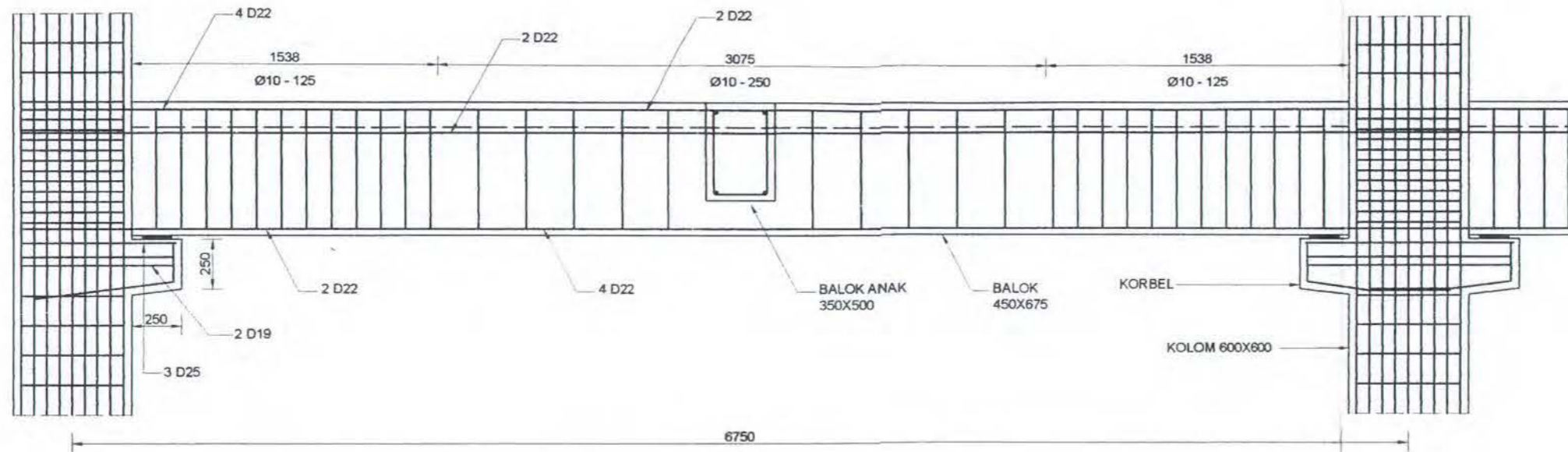
PENULANGAN BALOK
INDUK ATAP

NO. GAMBAR

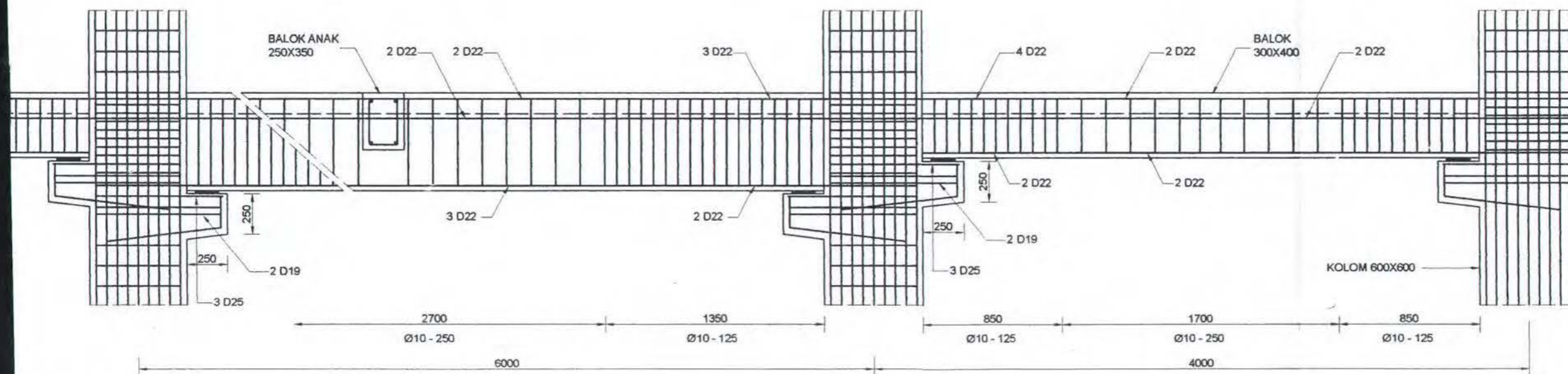
5 | 13

DISETUJUI

CATATAN



BALOK INDUK ATAP BENTANG 6.75M
SKALA 1 : 30



BALOK INDUK ATAP BENTANG 6M DAN
SKALA 1 : 30



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

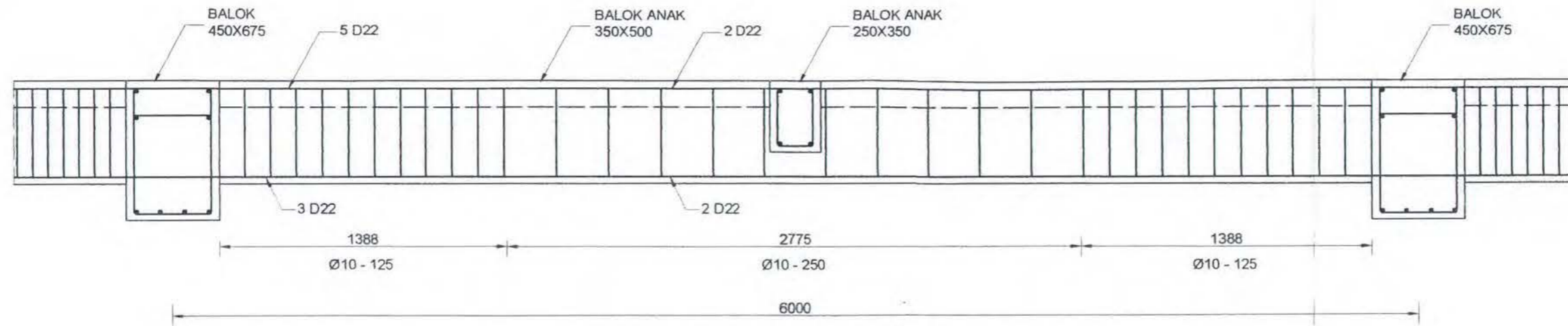
PENULANGAN BALOK ANAK
LANTAI

NO. GAMBAR

4 | 13

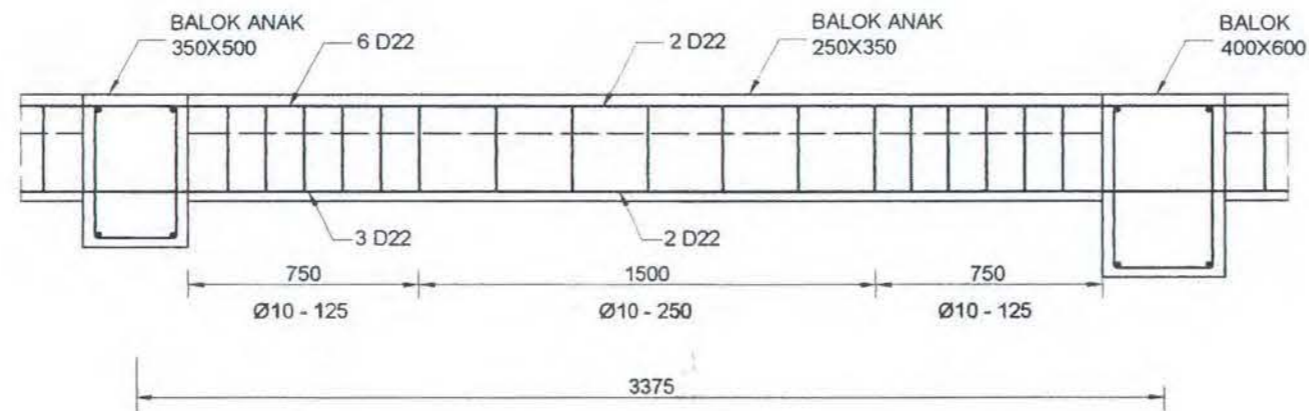
DISETUJUI

CATATAN



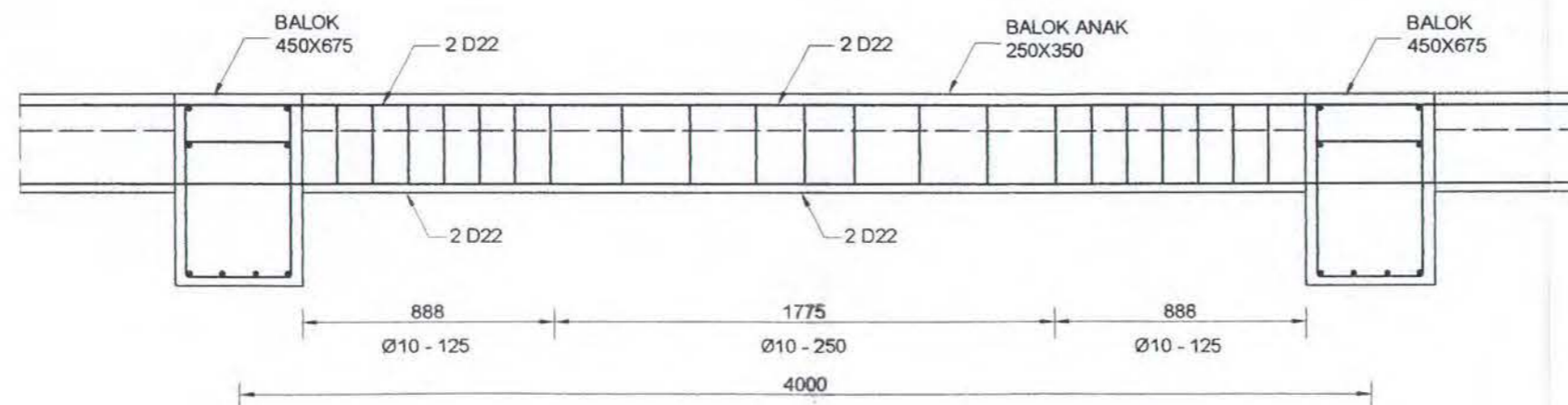
BALOK ANAK LANTAI BENTANG 6M

SKALA 1 : 25



BALOK ANAK LANTAI BENTANG 3.375M

SKALA 1 : 25



BALOK ANAK LANTAI BENTANG 4M

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

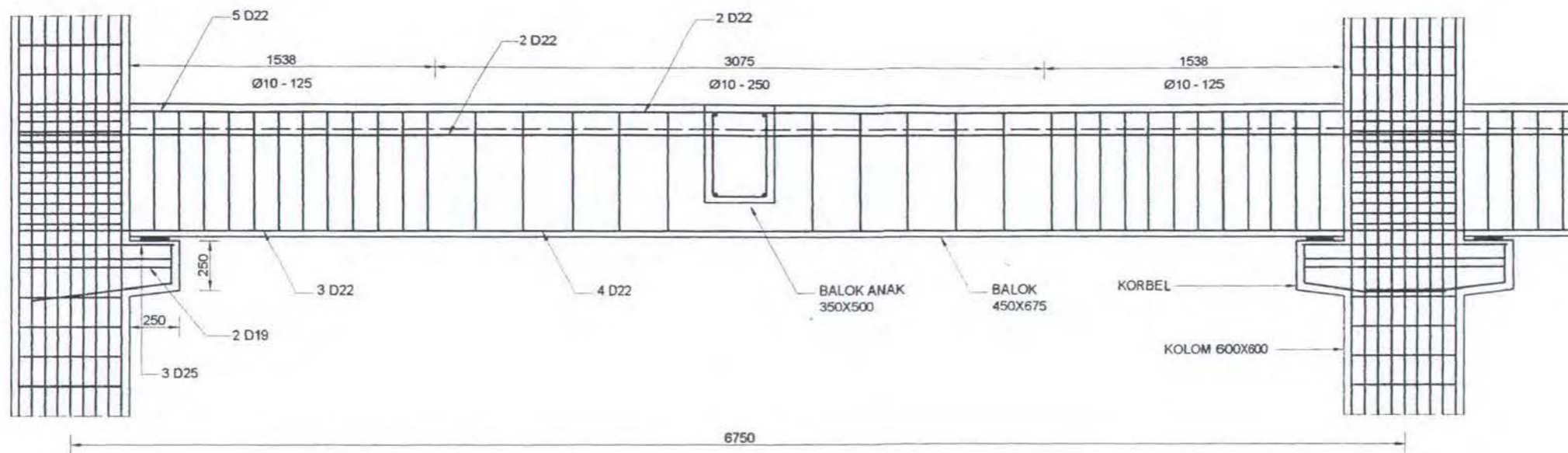
PENULANGAN BALOK
INDUK LANTAI

NO. GAMBAR

3 | 13

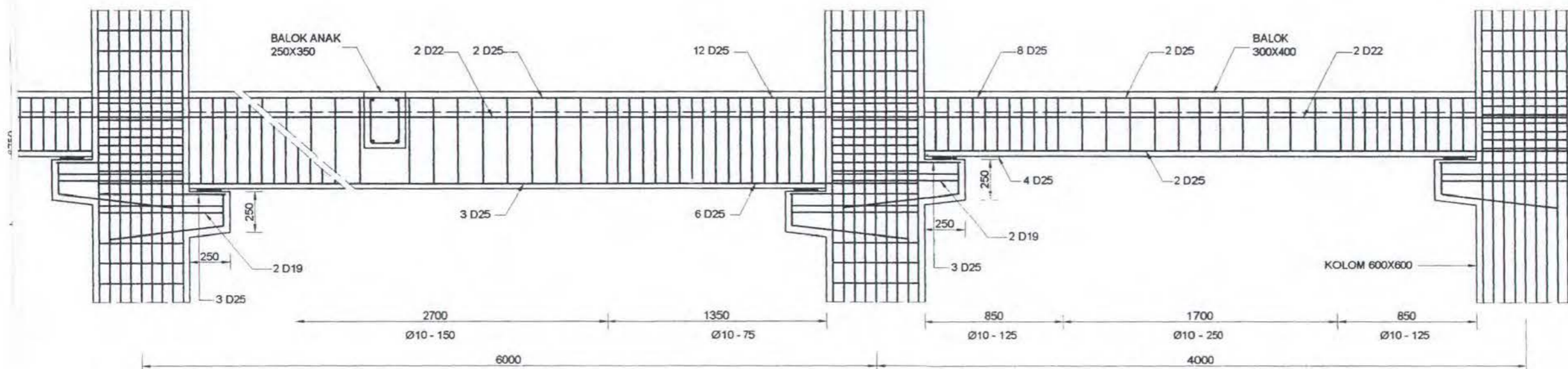
DISETUJUI

CATATAN



BALOK INDUK LANTAI BENTANG 6.75M

SKALA 1 : 30



BALOK INDUK LANTAI BENTANG 6M DAN 4M

SKALA 1 : 30



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

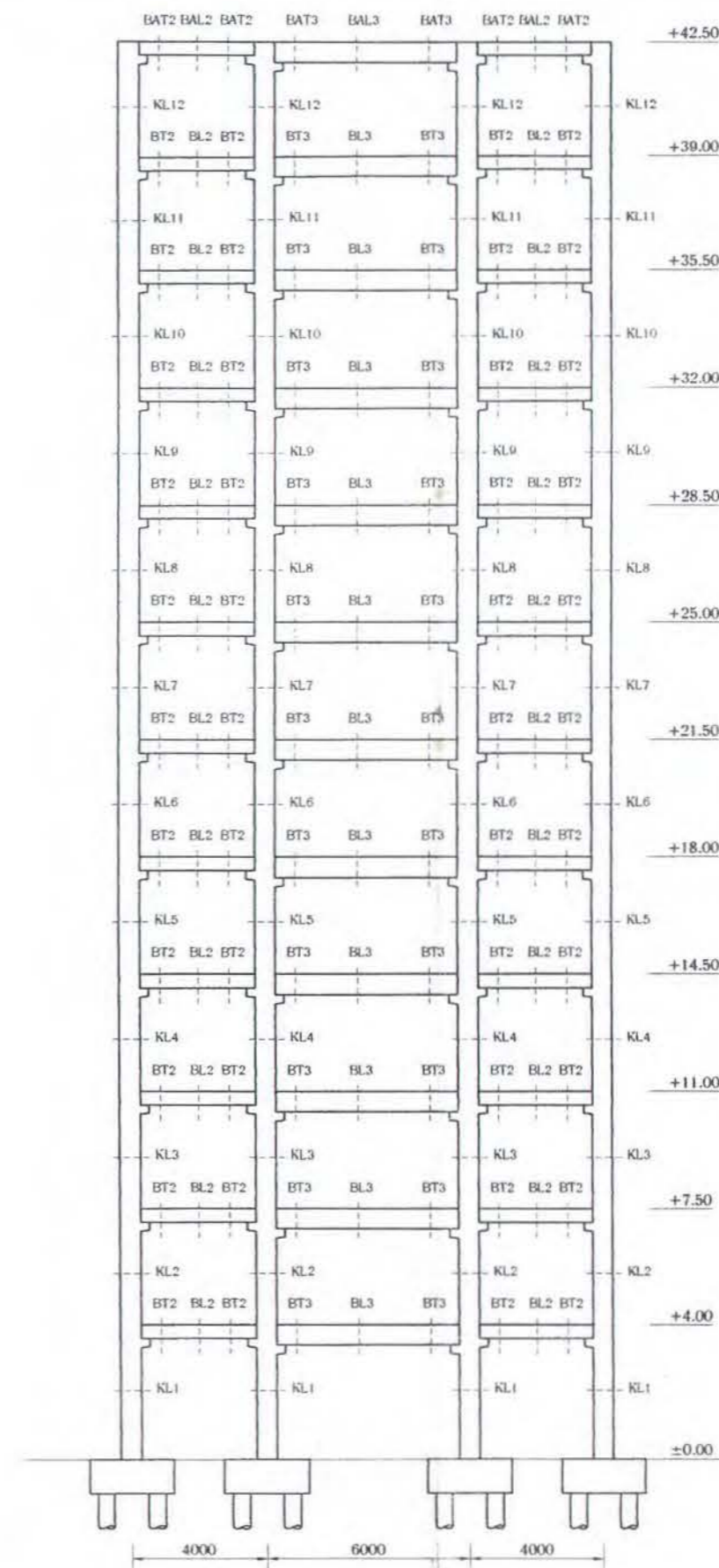
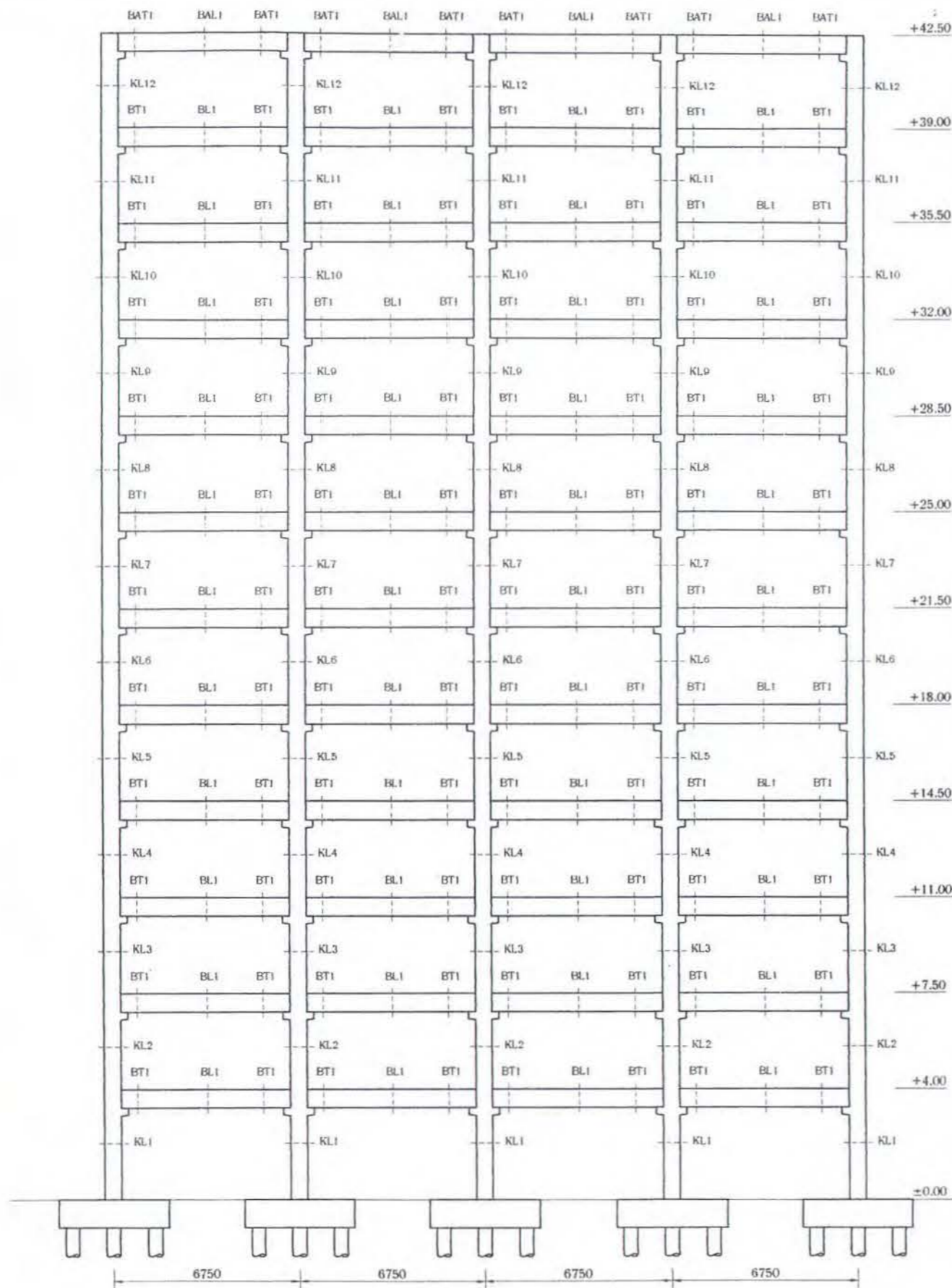
POTONGAN MELINTANG DAN
MEMANJANG

NO. GAMBAR

2 | 13

DISETUJUI

CATATAN





JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

**Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA**

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

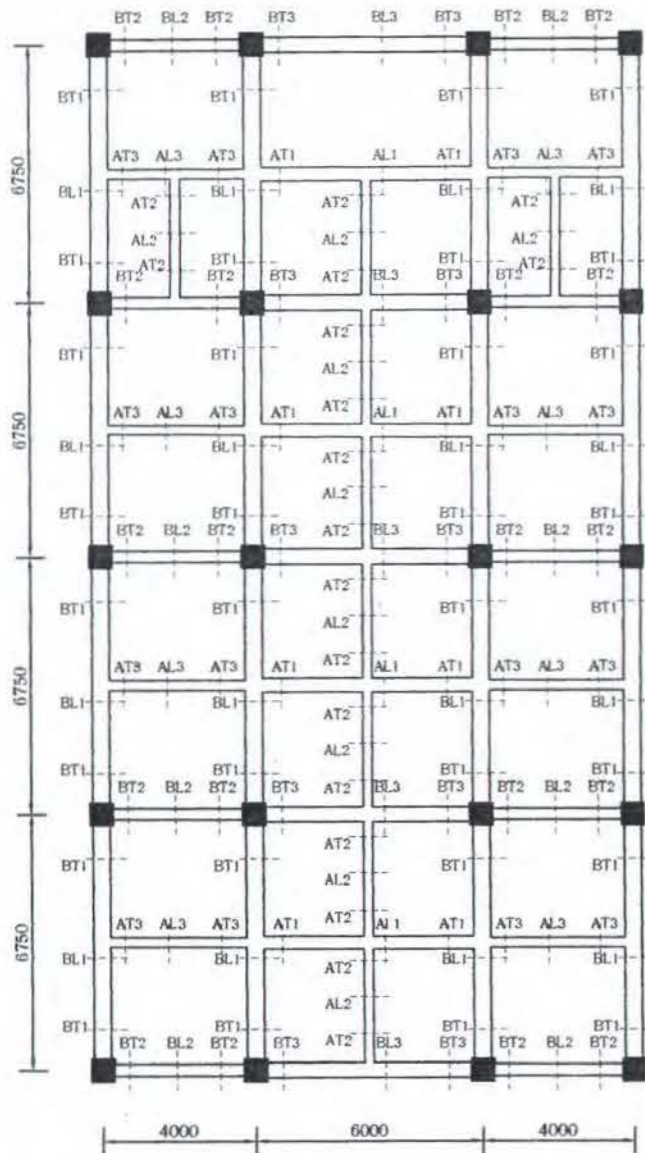
DENAH
PEMBALOKAN DAN
PELAT

NO. GAMBAR

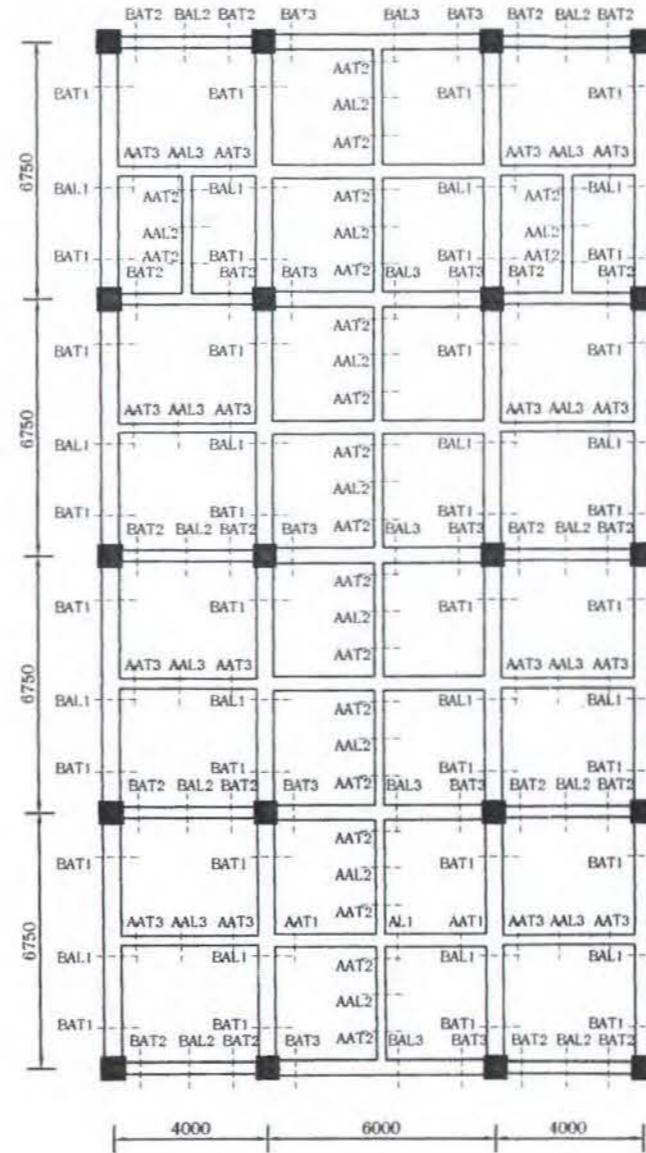
1 | 13

DISETUJUI

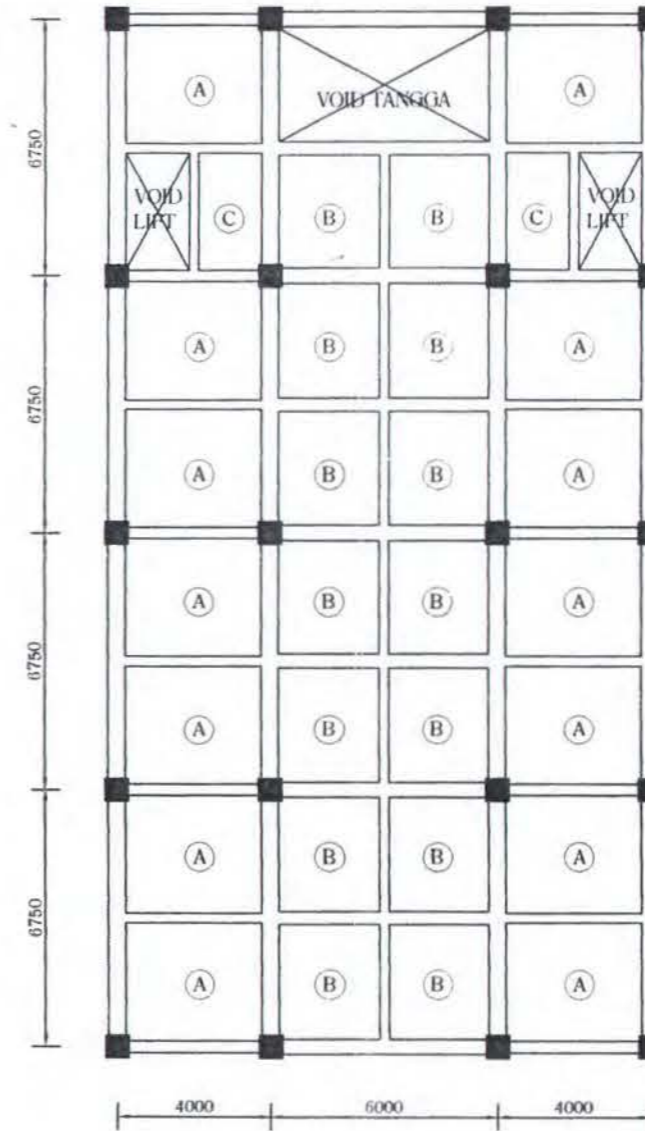
CATATAN



DENAH PEMBALOKAN LANTAI
SKALA 1:200



DENAH PEMBALOKAN ATAP
SKALA 1:200



DENAH PELAT
SKALA 1:200



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. IGP RAKA, DEA.

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

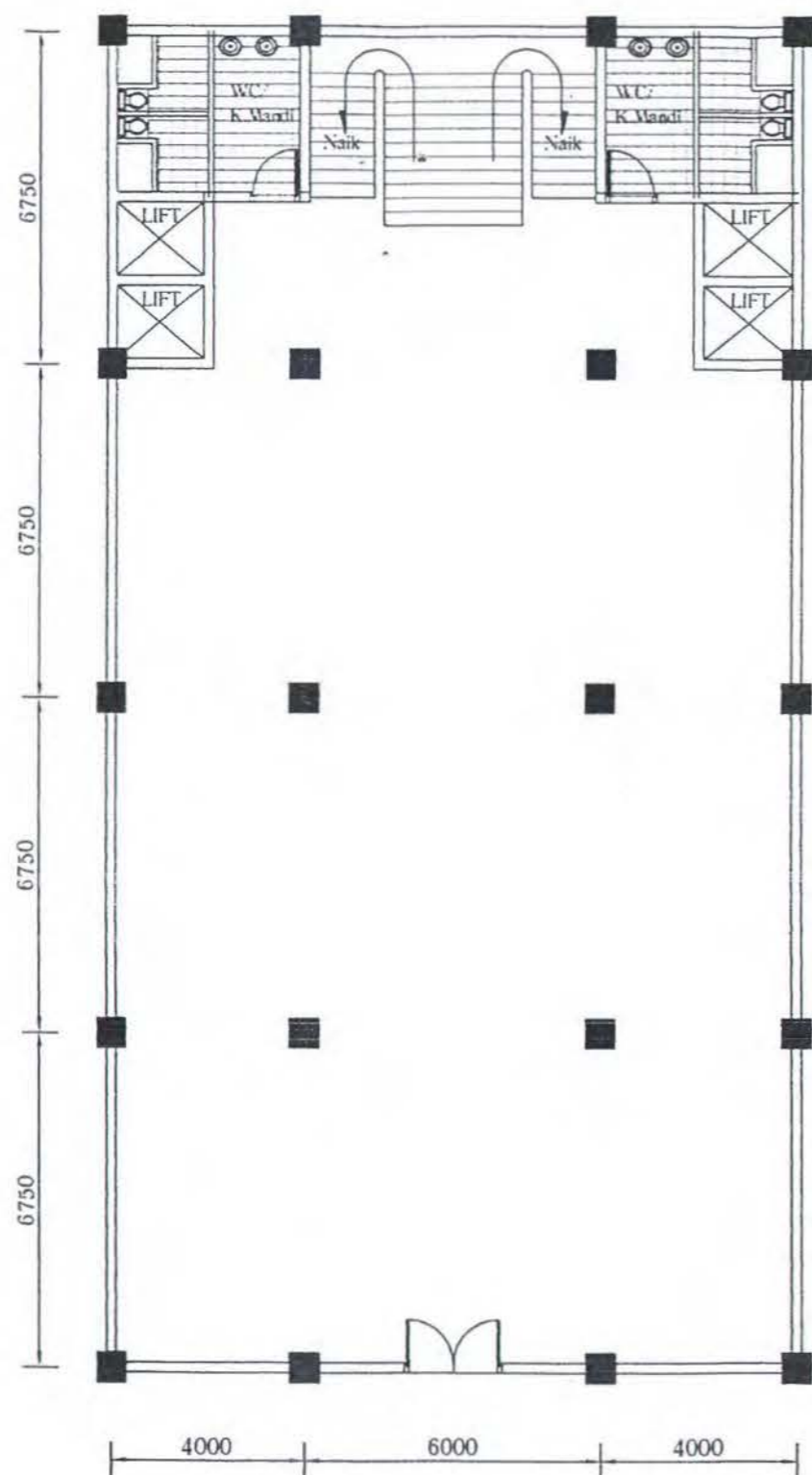
GAMBAR

DENAH BANGUNAN

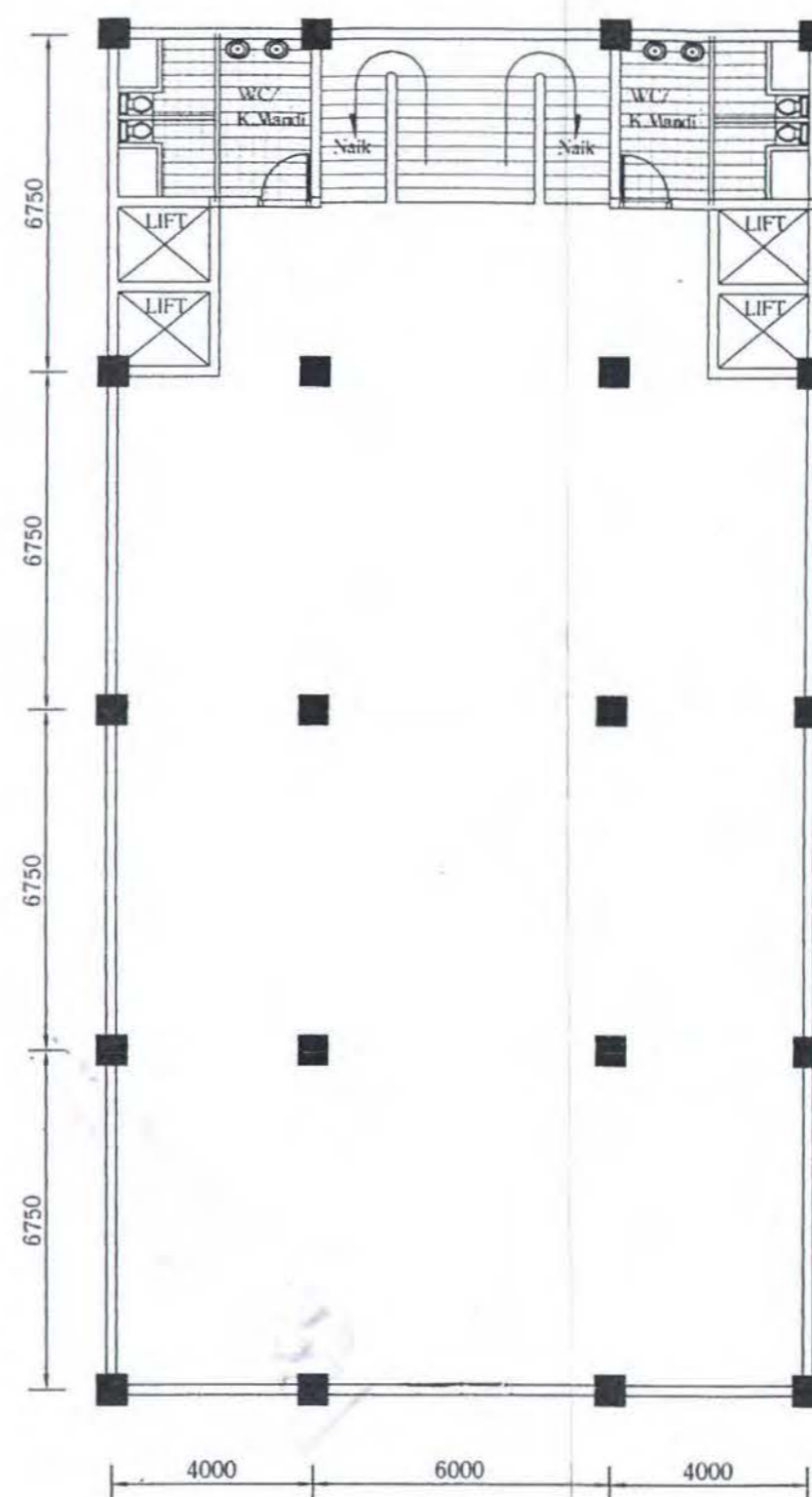
NO. GAMBAR

DISETUJUI

CATATAN



DENAH LANTAI DASAR
SKALA 1:150



DENAH LANTAI 1-12
SKALA 1:150



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

**Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA**

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

PENULANGAN BALOK
ATAP
SKALA 1:30

NO. GAMBAR

13 | 13

DISETUJUI

CATATAN

BALOK INDUK ATAP (PRECAST)	BENTANG 6.75 m		BENTANG 6.00 m		BENTANG 4.00 m	
	(BAT1)	(BAL1)	(BAT3)	(BAL3)	(BAT2)	(BAL2)
TUL. ATAS	4 D22	2 D22	3 D22	2 D22	4 D22	2 D22
TUL. TANGAH	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
TUL. BAWAH	2 D22	4 D22	2 D22	3 D22	2 D22	2 D22
SENGKANG	Ø10 - 125	Ø10 - 250	Ø10 - 125	Ø10 - 250	Ø10 - 125	Ø10 - 250

BALOK ANAK ATAP (CAST IN SITU)	BENTANG 6.00 m		BENTANG 4.00 m		BENTANG 3.375 m	
	(AAT1)	(AAL1)	(AAT3)	(AAL3)	(AAT2)	(AAL2)
TUL. ATAS	3 D22	2 D22	3 D22	2 D22	2 D22	2 D22
TUL. BAWAH	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
SENGKANG	Ø10 - 125	Ø10 - 250	Ø10 - 125	Ø10 - 250	Ø10 - 125	Ø10 - 250



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

PENULANGAN BALOK
INDUK DAN KOLOM
SKALA 1:30

NO. GAMBAR

12 | 13

DISETUJUI

CATATAN

	(KL1)	(KL2)	(KL3)	(KL4)	(KL5-KL6)	(KL7-KL12)
KOLOM						
TULANGAN	32 D22	28 D22	24 D22	20 D22	16 D22	8 D22

	BENTANG 6.75 m		BENTANG 6.00 m		BENTANG 4.00 m	
	(BT1)	(BL1)	(BT3)	(BL3)	(BT2)	(BL2)
BALOK INDUK LANTAI (PRECAST)						
TUL. ATAS	5 D22	2 D22	12 D25	2 D25	8 D22	2 D25
TUL. TANGAH	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22	2 D22
TUL. BAWAH	3 D22	4 D22	6 D25	3 D25	4 D25	2 D25
SENGKANG	Ø10 - 125	Ø10 - 250	Ø10 - 75	Ø10 - 150	Ø10 - 125	Ø10 - 250

	BENTANG 6.00 m		BENTANG 4.00 m		BENTANG 3.375 m	
	(AT1)	(AL1)	(AT3)	(AL3)	(AT2)	(AL2)
BALOK ANAK LANTAI (CAST IN SITU)						
TUL. ATAS	5 D22	2 D22	2 D22	2 D22	6 D22	2 D22
TUL. BAWAH	3 D22	2 D22	2 D22	2 D22	3 D22	2 D22
SENGKANG	Ø10 - 125	Ø10 - 250	Ø10 - 125	Ø10 - 250	Ø10 - 125	Ø10 - 250



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN TOWER GEDUNG
PERKANTORAN DAN PERTOKOAN
GRAHA ARJUNA DENGAN SISTEM
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. IGP RAKA, DEA.

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

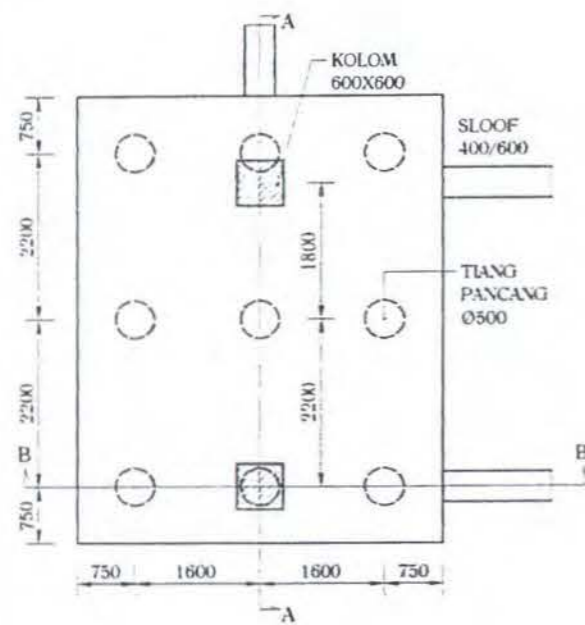
GAMBAR

DETAIL PONDASI

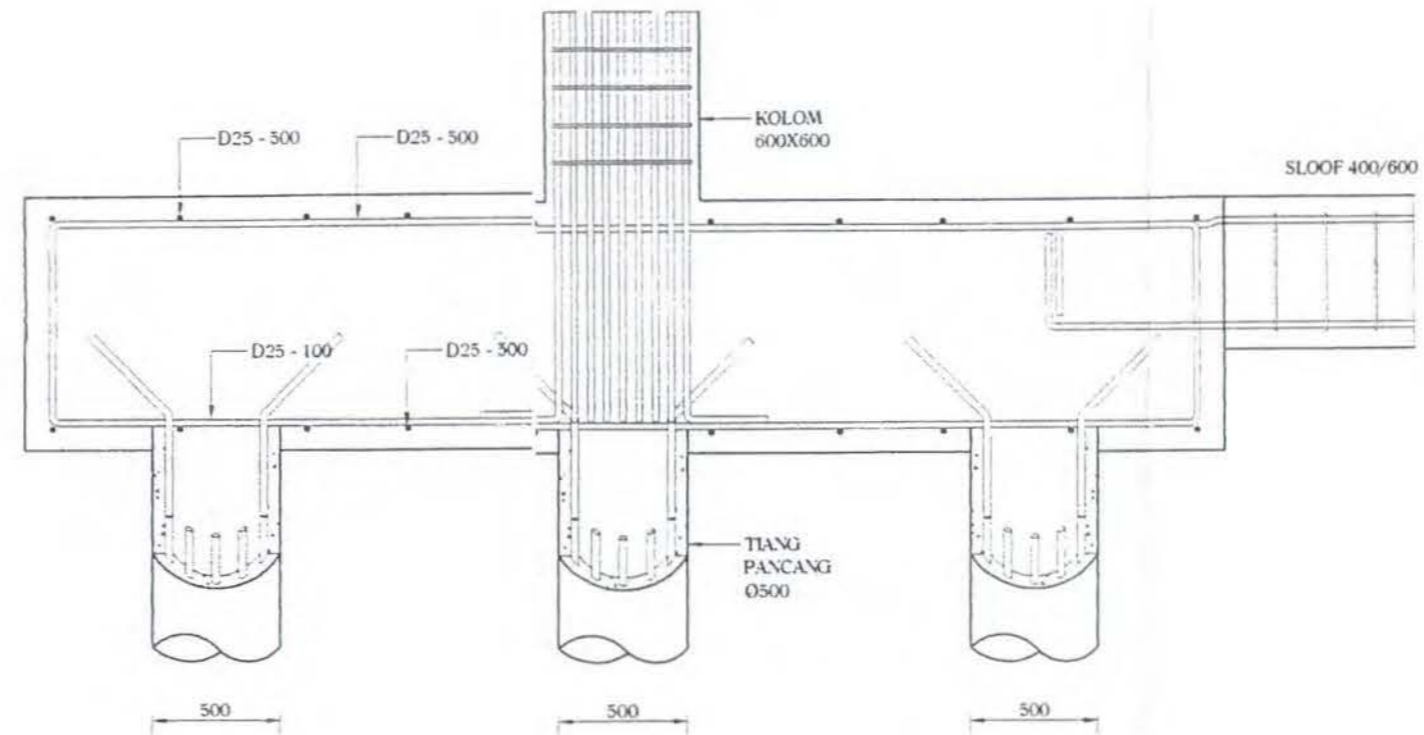
NO. GAMBAR

DISETUJUI

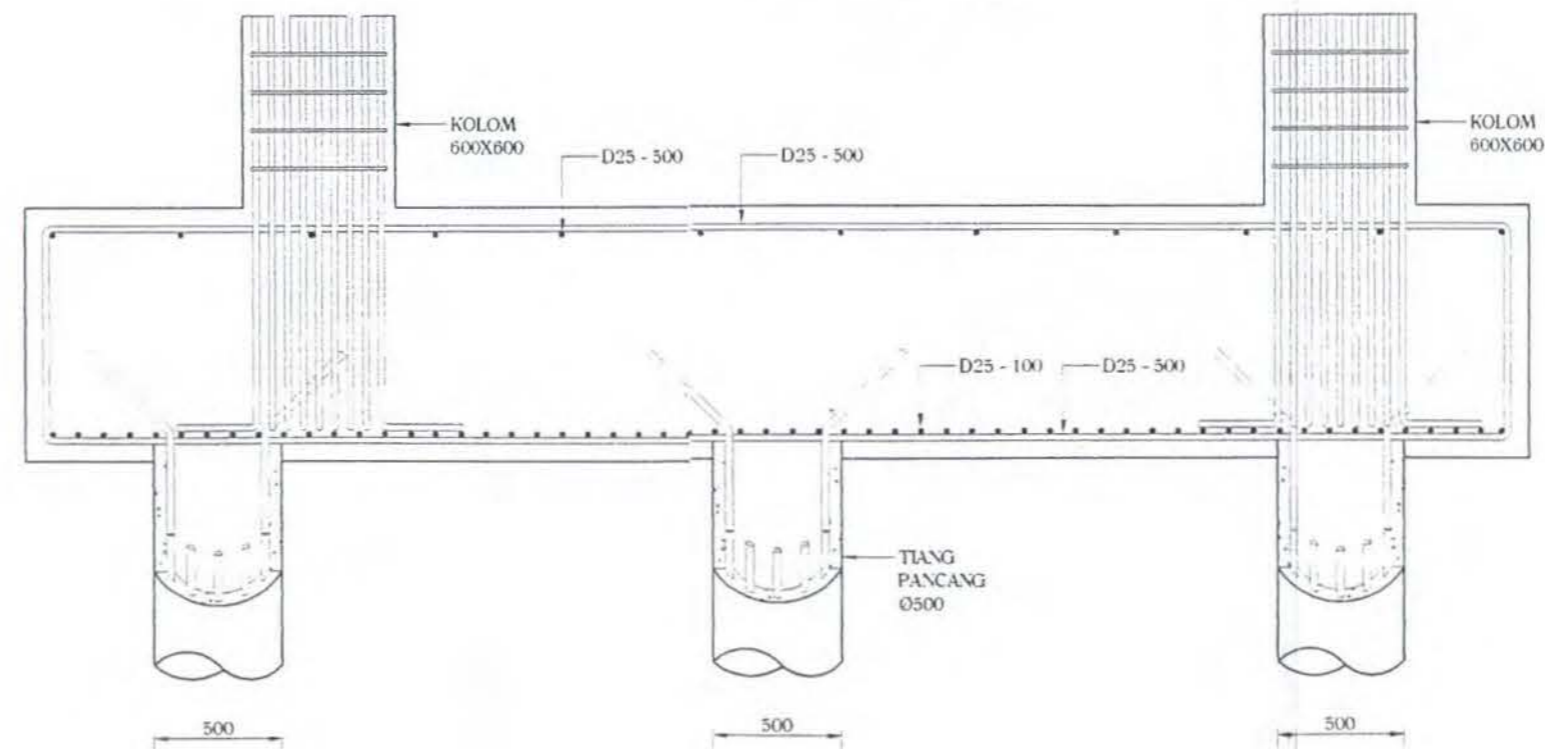
CATATAN



DENAH POER
SKALA 1 : 100



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 30



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 30



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS

PERENCANAAN TOWER GEDUNG
PERKANTORAN DAN PERTOKOAN
GRAHA ARJUNA DENGAN SISTEM
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. IGP RAKA, DEA.

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

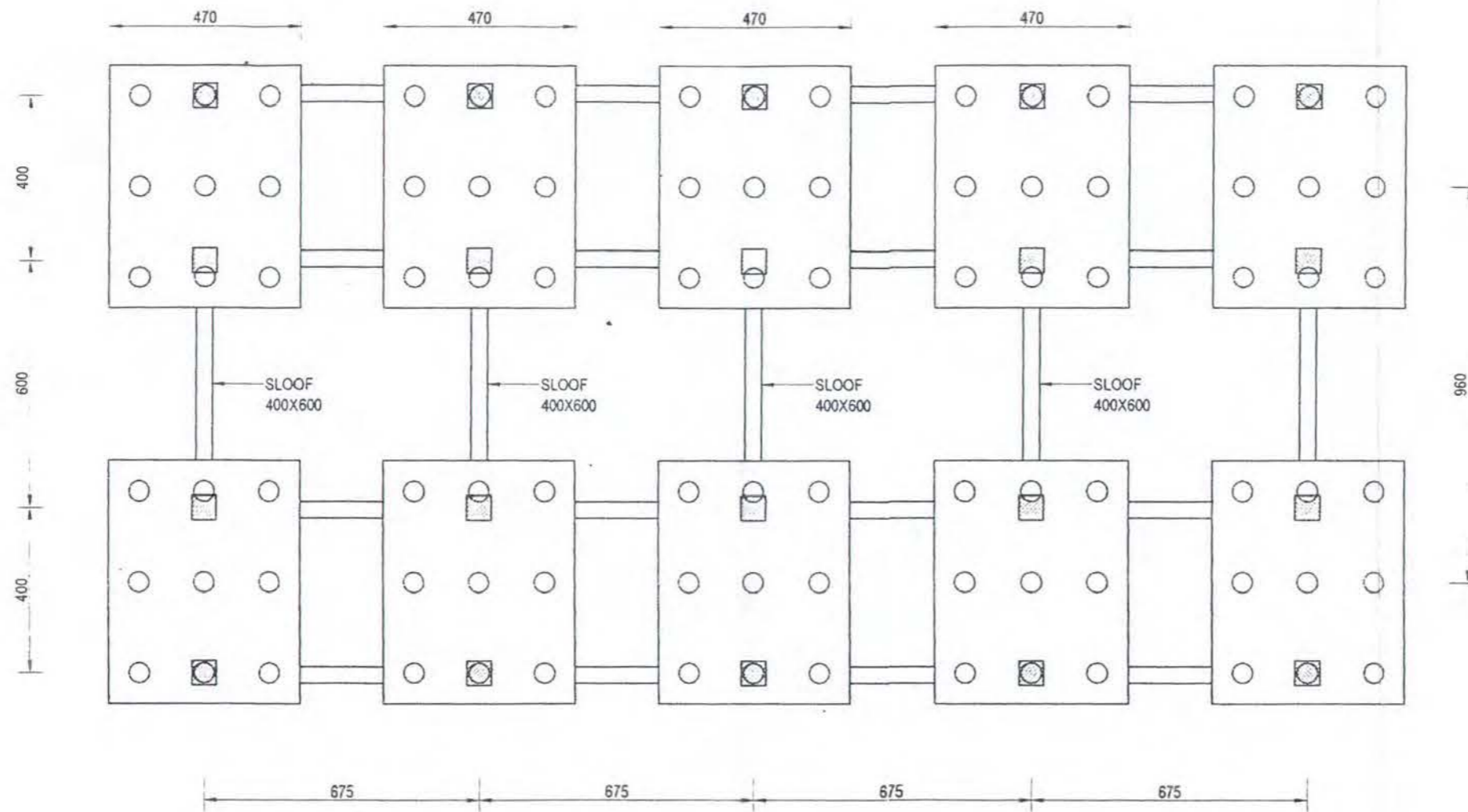
GAMBAR

DENAH POOR

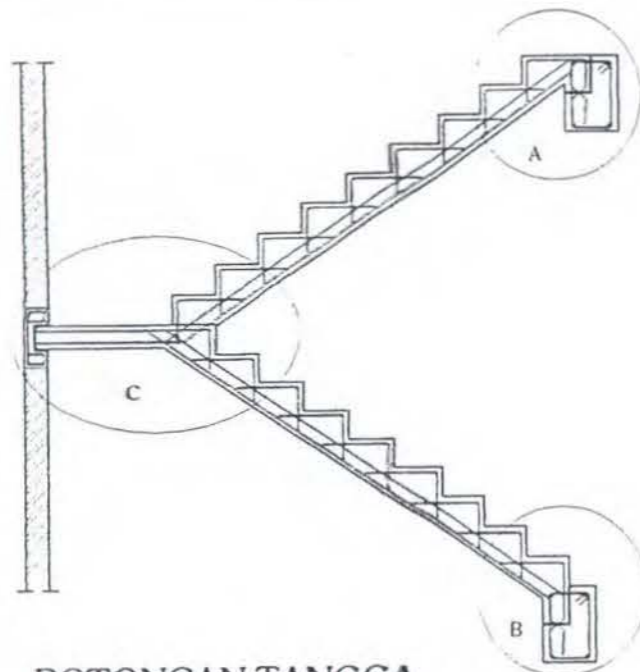
NO. GAMBAR

DISETUJUI

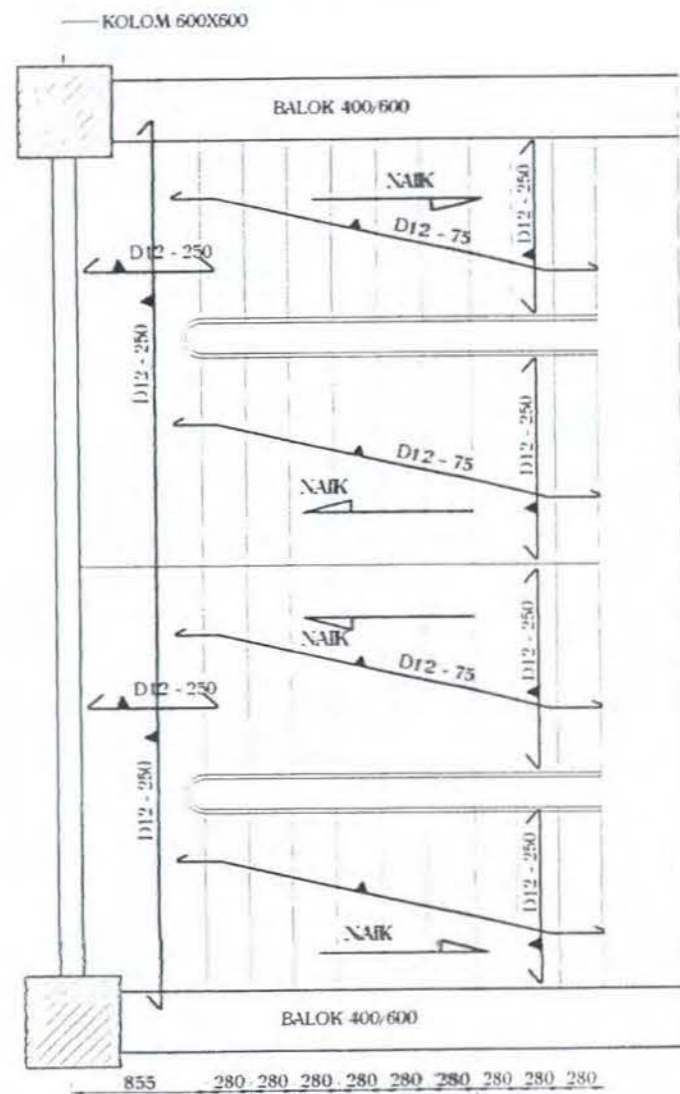
CATATAN



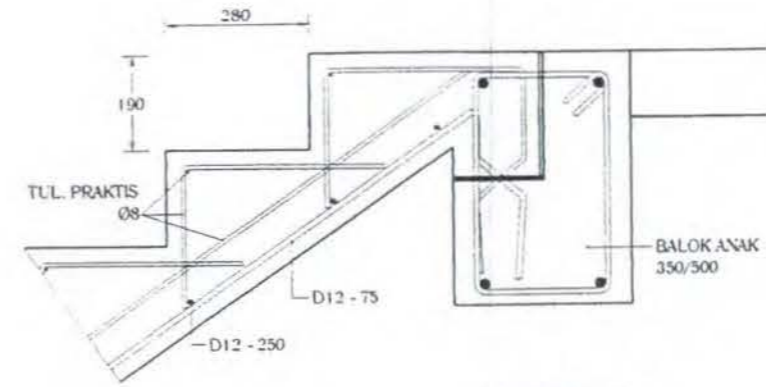
DENAH POOR
SKALA 1 : 150



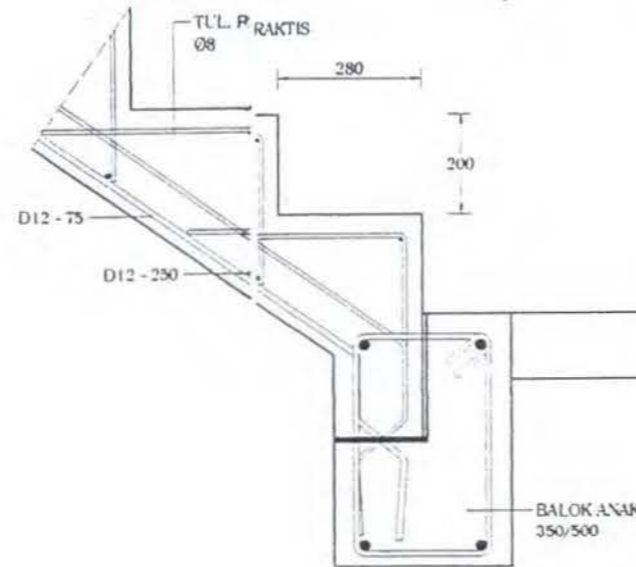
POTONGAN TANGGA
SKALA 1 : 40



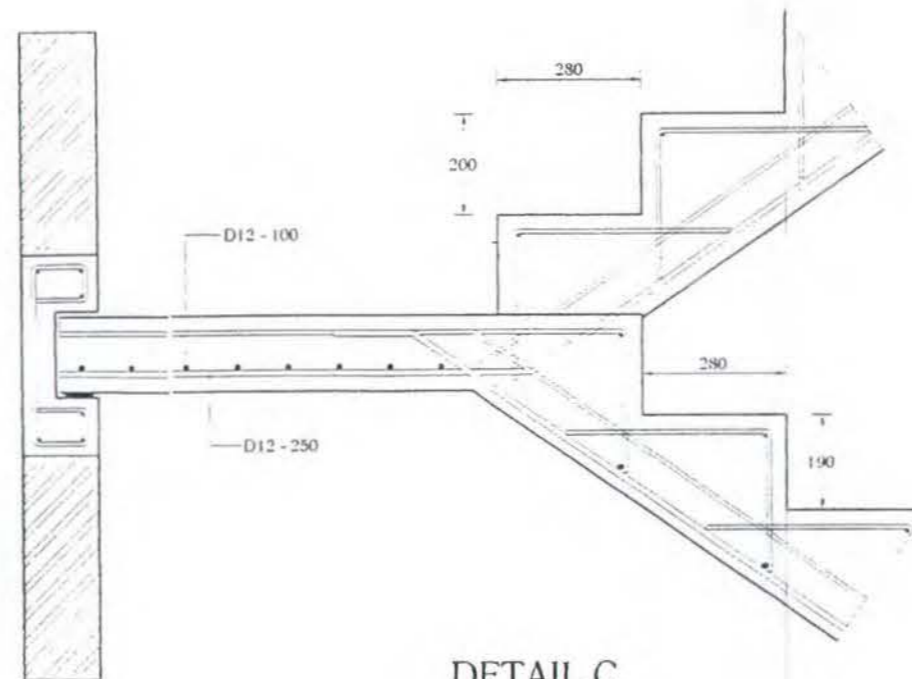
DENAH PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



DETAIL A
SKALA 1 : 15



DETAIL B
SKALA 1 : 15



DETAIL C
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER GEDUNG
PERKANTORAN DAN PERTOKOAN
GRAHA ARJUNA DENGAN SISTEM
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. IGP RAKA, DEA.

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

PENULANGAN TANGGA
LANTAI 1 - 12

NO. GAMBAR

DISETUJUI

CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER GEDUNG
PERKANTORAN DAN PERTOKOAN
GRAHA ARJUNA DENGAN SISTEM
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

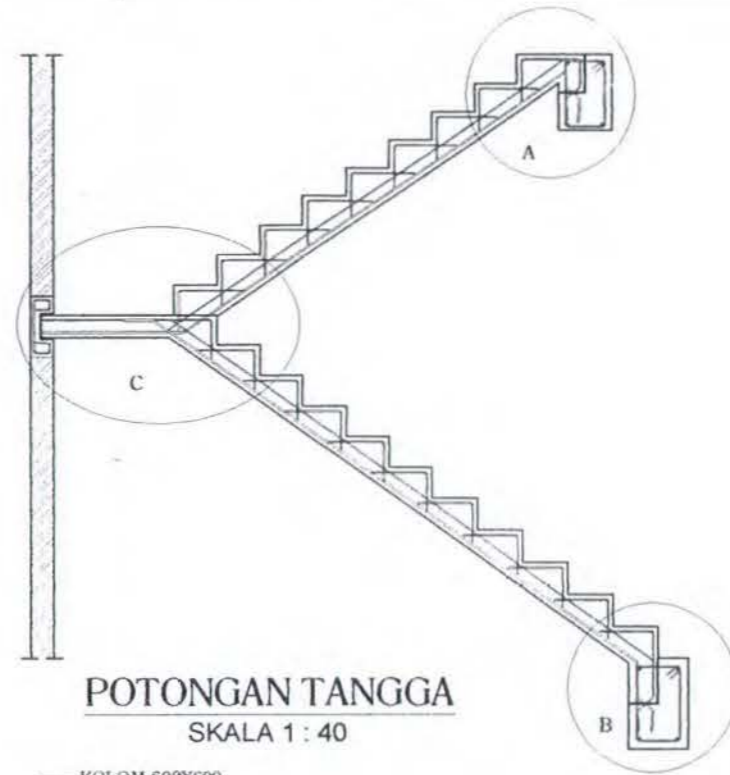
PENULANGAN TANGGA
LANTAI DASAR

NO. GAMBAR

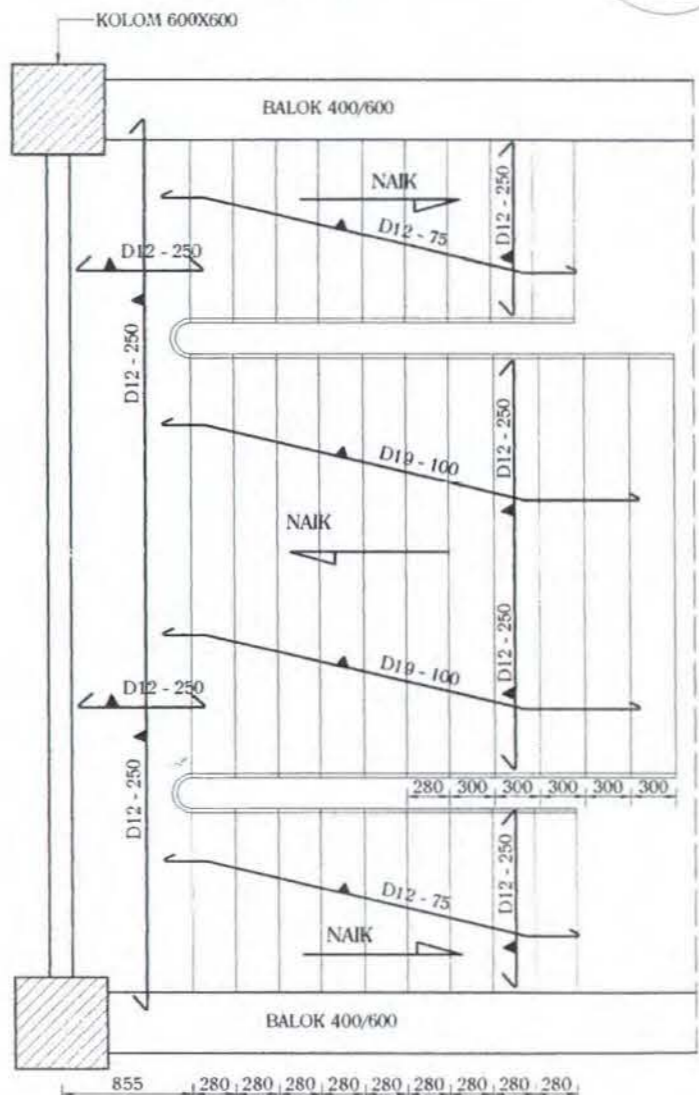
9 | 13

DISETUJUI

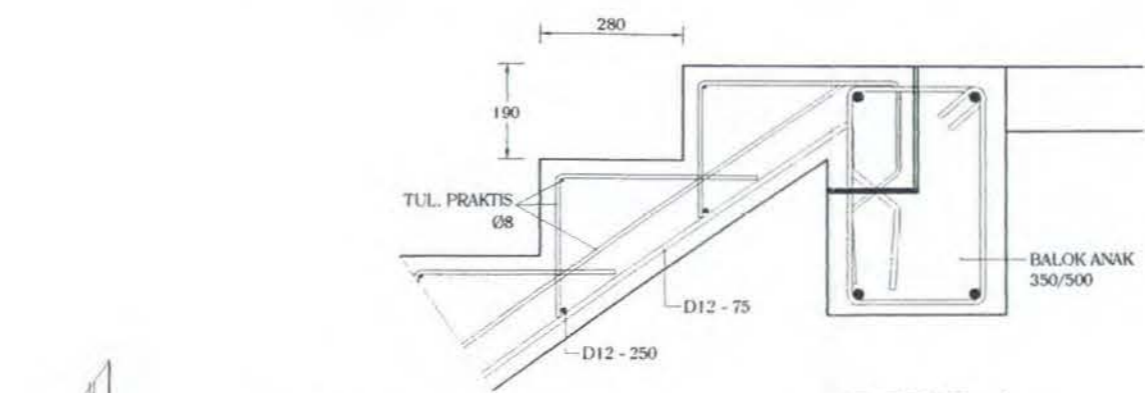
CATATAN



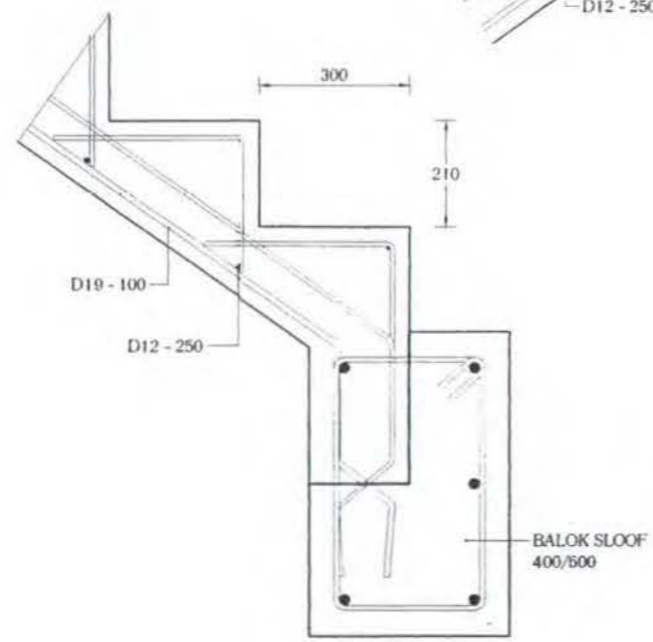
POTONGAN TANGGA
SKALA 1 : 40



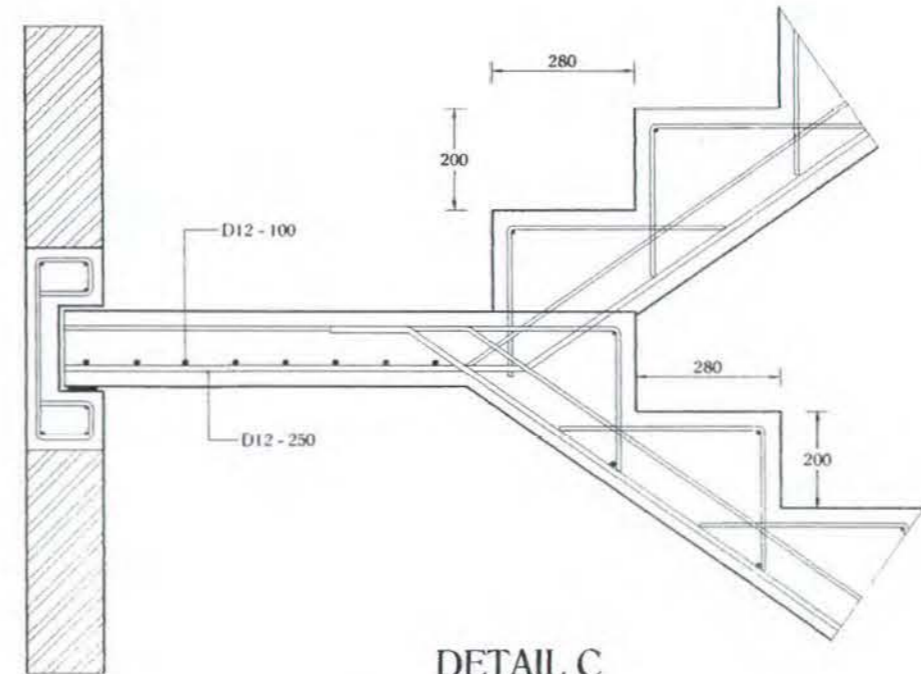
DENAH PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



DETAIL A
SKALA 1 : 15



DETAIL B
SKALA 1 : 15



DETAIL C
SKALA 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. I GUSTI
PUTU RAKA

MAHASISWA

AGUNG BUDIHARTO
3199 100 098

GAMBAR

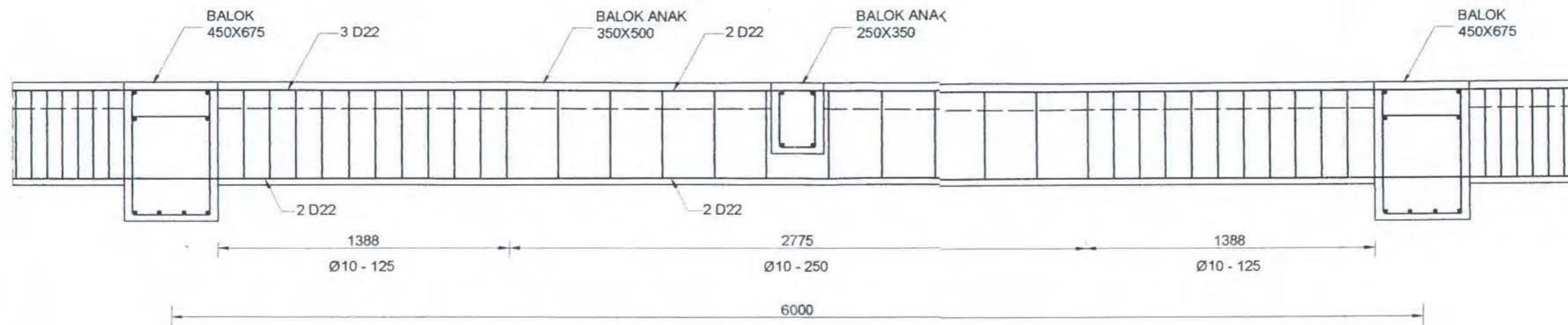
PENULANGAN BALOK ANAK
ATAP

NO. GAMBAR

6 | 13

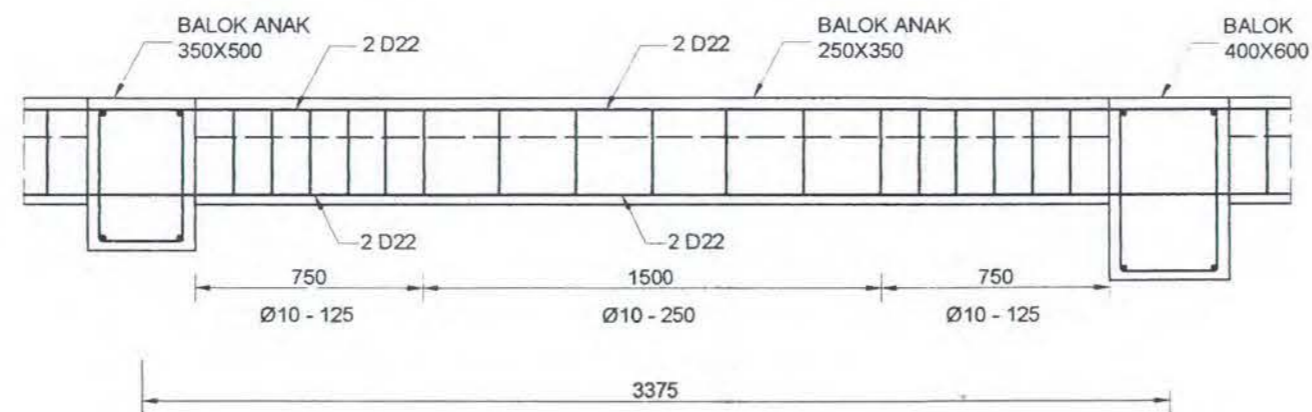
DISETUJUI

CATATAN



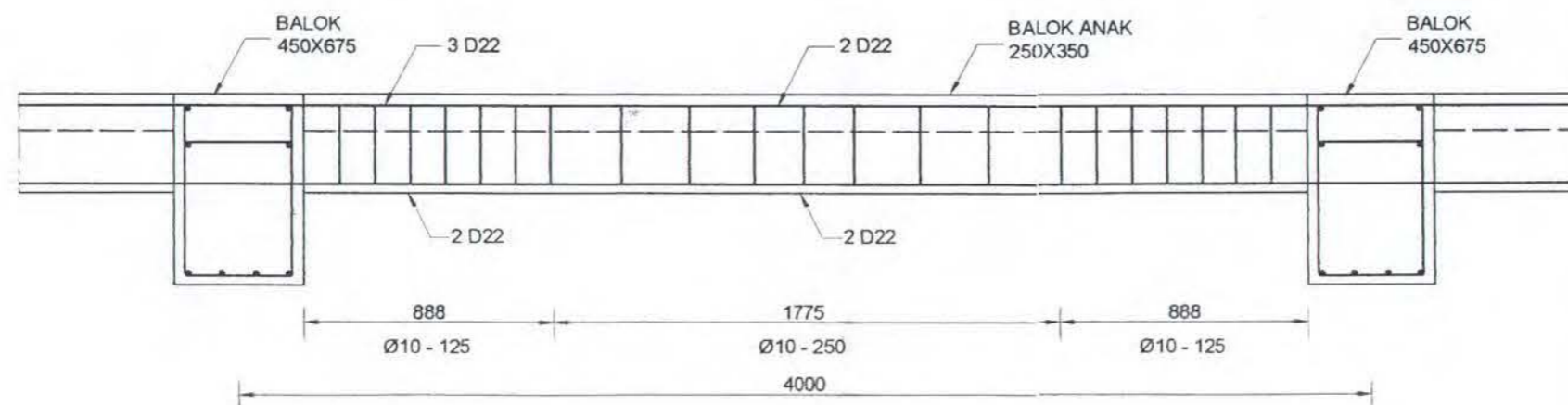
BALOK ANAK ATAP BENTANG 6M

SKALA 1 : 25



BALOK ANAK ATAP BENTANG 3.375M

SKALA 1 : 25



BALOK ANAK ATAP BENTANG 4M

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP - ITS
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN TOWER
GEDUNG PERKANTORAN DAN
PERTOKOAN GRAHA ARJUNA
DENGAN SISTEM PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. IGP RAKA, DEA.

MAHASISWA

AGUNG BUDIARTO
3199 100 098

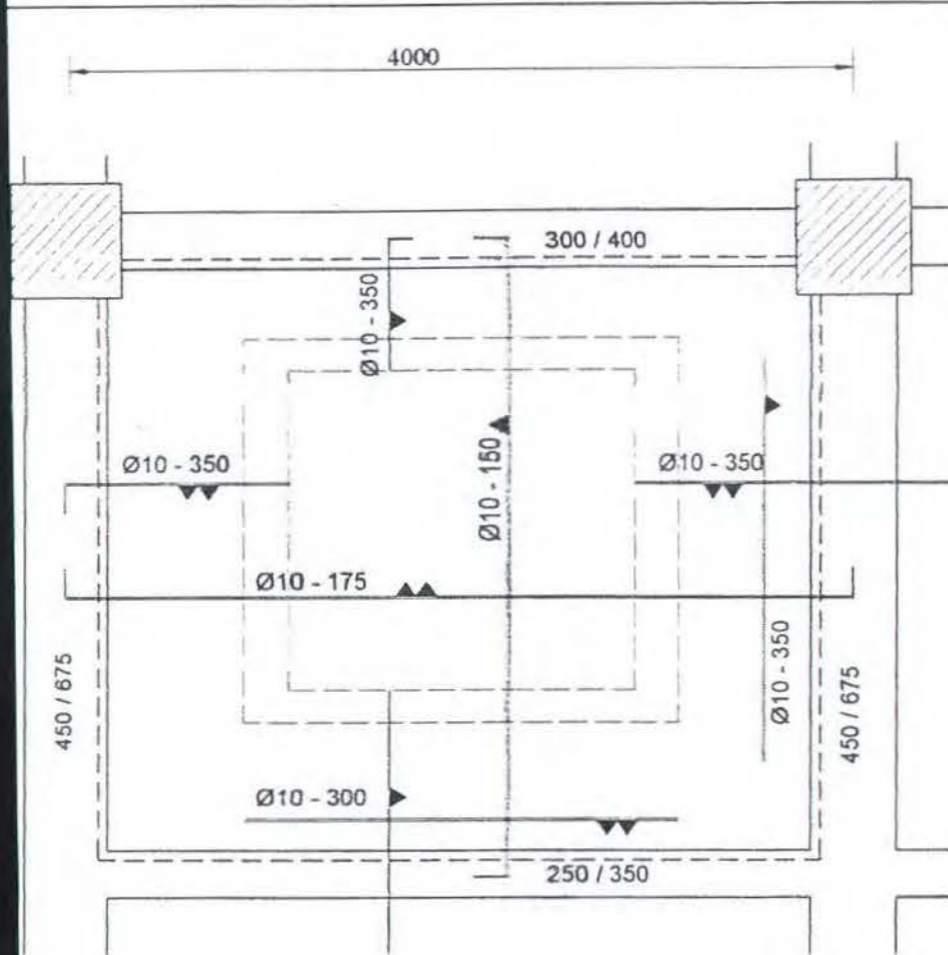
GAMBAR

PENULANGAN
PLAT

NO. GAMBAR

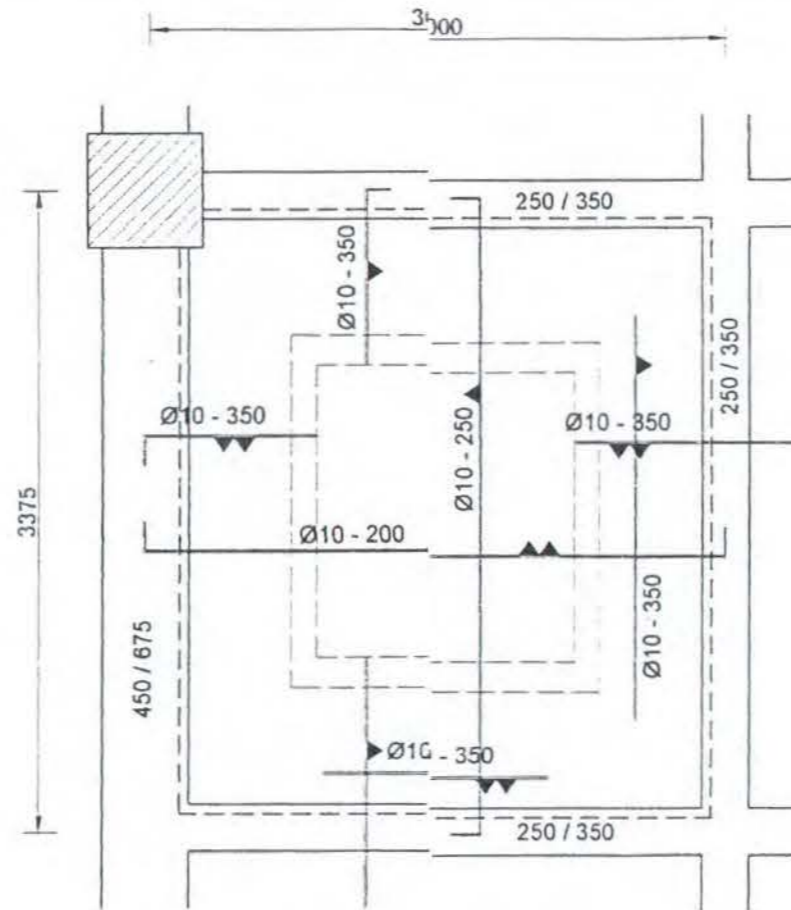
DISETUJUI

CATATAN



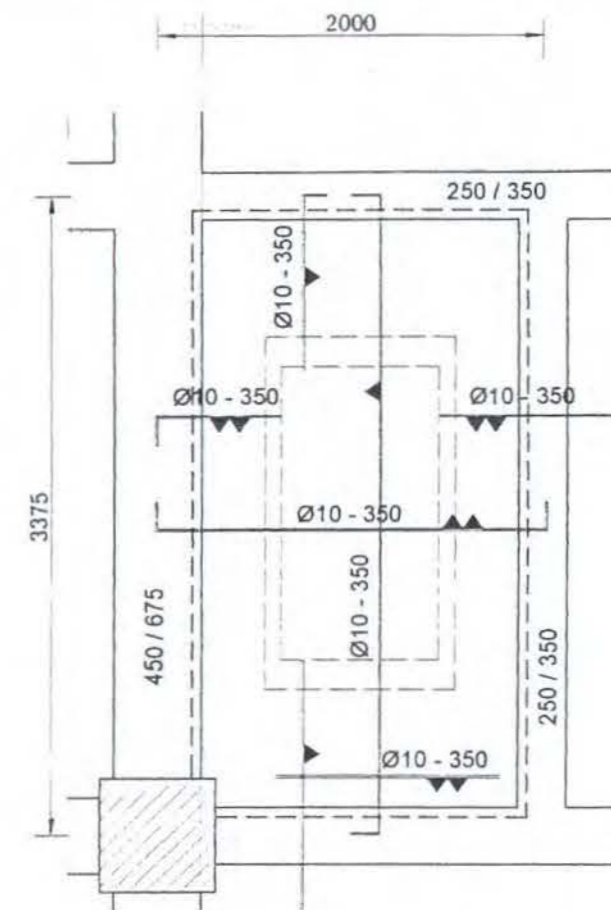
PENULANGAN PLAT A

SKALA 1 : 40



PENULANGAN PLAT B

SKALA 1 : 40



PENULANGAN PLAT C

SKALA 1 : 40



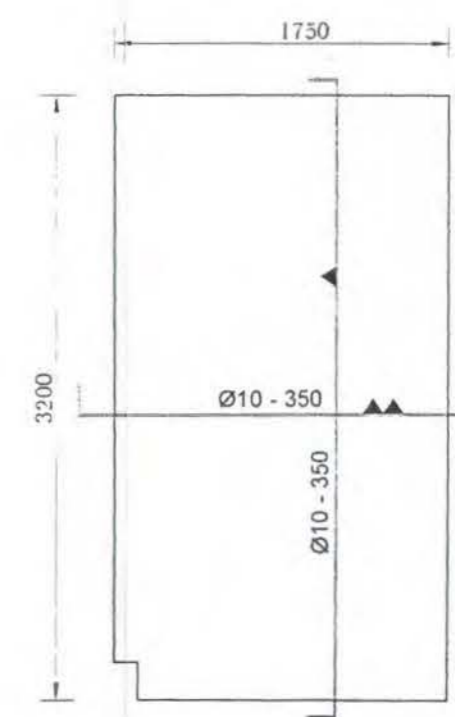
PENULANGAN PLAT PRACETAK A

SKALA 1 : 40



PENULANGAN PLAT PRACETAK B

SKALA 1 : 40



PENULANGAN PLAT PRACETAK C

SKALA 1 : 40